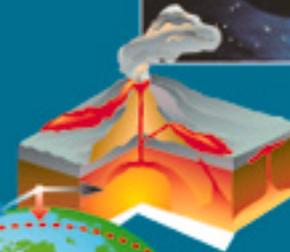


**GEOGRAFÍA**



**GEOGRAFÍA**





# EL FIRMAMENTO

**Existe entre la humanidad la costumbre generalizada de observar el firmamento: el Sol, la Luna, las estrellas. Así lo han hecho los hombres desde los primeros tiempos de la historia, preguntándose a menudo por el origen de toda esa multitud de astros que podemos contemplar en las noches estrelladas. Desde entonces, las respuestas que se han dado al misterio del Universo han sido numerosas, aunque hasta el siglo XVI no tuvieron un carácter científico, basado en la experimentación. A partir de ese momento, las teorías astronómicas serían cada vez más seguras y fiables, pero fue en el siglo XX cuando el Universo dejó de ser un misterio para convertirse en un objeto constante de análisis y de estudio.**

## ¿UN UNIVERSO EN EXPANSIÓN?

Gracias a sus potentes telescopios, sir William Herschel, astrónomo británico de origen alemán, descubrió a fines del siglo XVIII multitud de pequeñas nubes de formas diversas, a las que llamó **nebulosas**. Pasaron años sin que se llegara a saber nada concreto de esas nebulosas, hasta que el astrónomo estadounidense Edwin Hubble descubrió, en 1924, que la nebulosa de Andrómeda estaba compuesta por innumerables estrellas. Fue entonces cuando se estableció el concepto de **galaxia**, y cuando se pudo afirmar con seguridad que el Universo no está formado por una sola galaxia, la Vía Láctea, sino por un sinnúmero de ellas, separadas por amplios espacios donde lo único existente es lo que se dio en llamar **materia intergaláctica**. Hubble observó también que las demás galaxias se alejaban de la nuestra, y ése fue el punto de partida para considerar el Universo como un espacio en expansión, ya que hasta



*Planisferio de Copérnico.*

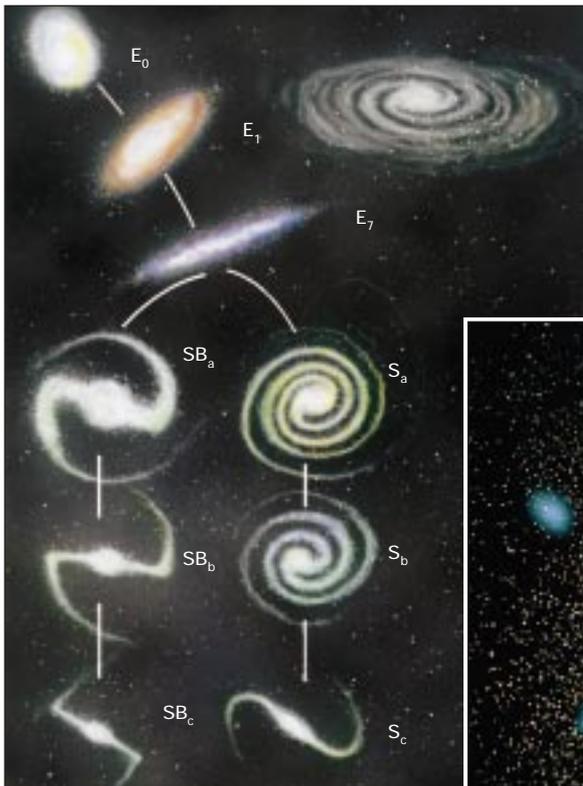
entonces se creía que era un espacio estático e inmóvil.

El siguiente gran avance en el conocimiento del Universo llegó de la mano de George Lemaître, que fue el primero en formular la teoría del **Big Bang** («gran explosión»). Según Lemaître, el Universo debió de ser al principio una enorme acumulación de materia y energía, que estalló violentamente en un momento determinado. Esta «gran explosión» inicial dispersó la materia y dio origen al espacio y al tiempo.

A partir de ella, y por una serie de reacciones en cadena, se formaron todos los elementos que componen el Universo. Aunque subsisten algunos problemas para convertir esta hipótesis en teoría probada, en la actualidad es la explicación más comúnmente aceptada sobre el origen de nuestro mundo.



*La nebulosa de Orión, situada a 1.300 años luz.*



Principales tipos de galaxias: elípticas (E), espirales (S) y espirales barradas (SB).

Galaxia espiral vista a través del telescopio.



## LAS GALAXIAS

Las galaxias son sistemas independientes de estrellas que constituyen los elementos básicos del Universo. Esto equivale a decir que el Universo está formado por galaxias y agrupaciones de galaxias. Para adentrarse en este complejo mundo estelar, los científicos distinguen entre nuestra galaxia, la Vía Láctea, de la que forma parte el sistema solar, y todas las demás galaxias, denominadas **galaxias exteriores**.

Las **estrellas** son cuerpos gaseosos y luminosos, de forma generalmente esférica, que brillan debido a la energía que se genera mediante reacciones de fusión en su núcleo. La masa de una estrella determina su luminosidad, es decir, la cantidad de energía irradiada por la estrella en la unidad de tiempo, y que se expresa en una escala de unidades absoluta.

Estas acumulaciones de estrellas que forman las galaxias están distribuidas por todo el Universo, y presentan características muy diversas tanto en lo que respecta a su configuración como a su antigüedad: hay galaxias viejas y jóvenes, grandes y pequeñas, brillantes y opacas, y de muy variadas formas. Las galaxias más pequeñas contienen alrededor de 3.000 millones de estrellas, y las de

mayor tamaño pueden llegar a albergar más de un billón de astros. Estas últimas suelen tener un diámetro de 170.000 años luz, mientras que las primeras no pasan de los 6.000 años luz.

Además de estrellas, las galaxias contienen también la llamada **materia interestelar**, compuesta de polvo y gas en una proporción que va del 1 al 10 % de su masa.

Las observaciones realizadas hasta el presente indican que el Universo está formado por unos cien mil millones de galaxias, situadas entre sí a distancias de entre 2 y 3 millones de años luz. Desde la Tierra pueden observarse las estrellas de aquellas galaxias situadas a menos de 50 millones de años luz.

### Clasificación de las galaxias

La creciente potencia de los telescopios, que permite observaciones cada vez más detalladas de los distintos elementos del Universo, ha hecho posible una clasificación de las galaxias por su morfología. Se han establecido cuatro tipos distintos: galaxias elípticas, espirales, espirales barradas e irregulares.

Las **galaxias elípticas**, con forma de elipse o de esferoide, se caracterizan por carecer de una



estructura interna definida y contener muy poca materia interestelar. Se consideran las más antiguas del Universo, ya que sus estrellas son viejas y se encuentran en una fase muy avanzada de su evolución.

Las **galaxias espirales** están constituidas por un núcleo central y dos o más brazos en espiral que parten del núcleo. Éste se halla formado por multitud de estrellas y apenas tiene materia interestelar, mientras que en los brazos abunda la materia interestelar y hay gran cantidad de estrellas jóvenes, que son muy brillantes. La mayor parte de las galaxias del Universo (alrededor del 75 %) son de este tipo, y también lo es nuestra galaxia, la Vía Láctea.

Un tipo especial de galaxia espiral es la **galaxia espiral barrada**, que tiene un núcleo de forma elíptica del que parten dos brazos, primero rectos y luego espirales, en direcciones opuestas. En algunos casos, los brazos llegan a cerrarse formando un círculo y dejan el núcleo en el centro, como si fuera el diámetro. Son muy poco numerosas.

Fuera de las tres morfologías expuestas, las galaxias pueden presentar una gran variedad de configuraciones. Pero, pese a su diversidad, todas ellas se agrupan bajo la denominación de **galaxias irregulares**, ya que tienen en común algunas características; entre las principales, que suelen ser más pequeñas y están formadas por una gran proporción de materia interestelar. Se calcula que las galaxias irregulares representan alrededor del 5 % de todas las galaxias del Universo.

Todas las galaxias se encuentran agrupadas en enjambres, grupos o familias de importancia desigual, que pueden reunir desde 20 o 30 galaxias hasta más de un millar.

## La Vía Láctea

Las observaciones astronómicas realizadas a lo largo del siglo xx han permitido establecer algo que ya se sospechaba desde fines del siglo anterior: que la Vía Láctea no se extiende por todo el Universo, sino que es una galaxia más del grupo de las galaxias espirales, constituida por unos 200.000 millones de estrellas, entre las cuales se encuentra el Sol.

A simple vista, la Vía Láctea es una estela blanquecina de forma elíptica, que se puede distinguir con toda claridad en las noches despejadas. Lo que no se aprecian son sus brazos espirales, en uno de los cuales, el llamado **brazo de Orión**, está situado el sistema solar.



*La Vía Láctea vista en su proporción real con respecto a otras galaxias y a tamaño ampliado.*

El núcleo central de la galaxia presenta un espesor uniforme en todos sus puntos, salvo en el centro, donde existe un gran abultamiento con un grosor máximo de 16.000 años luz, siendo el grosor medio de unos 6.000 años luz.

Todas las estrellas y la materia interestelar que contiene la Vía Láctea, tanto en el núcleo central como en los brazos, están situadas dentro de un disco de aproximadamente 100.000 años luz de diámetro, que gira lentamente sobre su eje, a una velocidad lineal que supera los 216 km/s.

Como ya queda dicho, el sistema solar está situado en un extremo de la galaxia, el brazo de Orión, a una distancia del centro de unos 32.000 años luz.

La Vía Láctea está unida gravitacionalmente a un grupo de 30 galaxias que recibe el nombre de **Grupo Local**. De estas 30 galaxias, la más cercana a la Tierra es **Andrómeda**, que también tiene forma espiral y dista de nuestro planeta 2,2 millones de años luz.

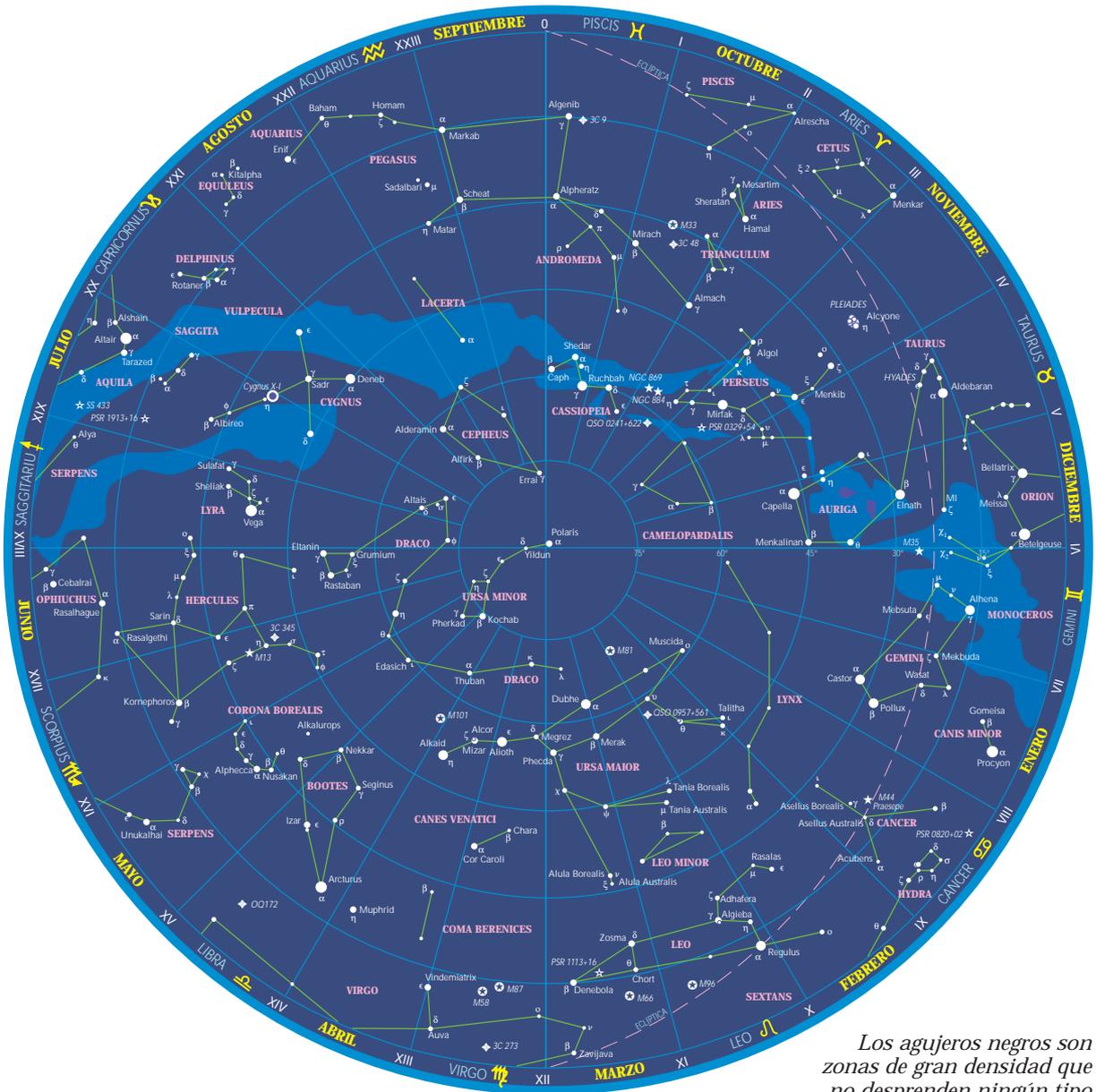
## LAS CONSTELACIONES

Ninguna de las galaxias exteriores, es decir, distintas de la Vía Láctea, es observable desde la Tierra a simple vista. Sí que lo son, en cambio, las estrellas que forman parte de la Vía Láctea. Estas estrellas dibujan a menudo en el cielo figuras

reconocibles, que han recibido diversos nombres en relación con su aspecto. Estos grupos de estrellas de perfil identificable es lo que se conoce con el nombre de **constelaciones**. Hasta el presente se han observado 88 constelaciones, algunas de ellas muy extensas, como Hidra o la Osa Mayor, y otras muy pequeñas, como Flecha y Triángulo.

### LAS CONSTELACIONES

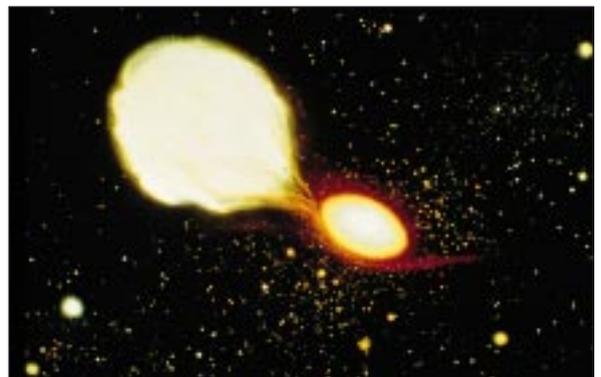
Nombre castellano	Nombre latino	Nombre castellano	Nombre latino
Acuario	Aquarius	Indio	Indus
Águila	Aquila	Jirafa	Camelopardalis
Altar	Ara	Lagarto	Lacerta
Andrómeda	Andromeda	Leo o León	Leo
Aries o Carnero	Aries	León Menor	Leo Minor
Ave del paraíso	Apus	Libra o Balanza	Libra
Ballena	Cetus	Liebre	Lepus
Boyero	Bootes	Lince	Lynx
Brújula	Pyxis	Lira	Lyra
Buril	Caelum	Lobo	Lupus
Caballote del Pintor	Pictor	Máquina neumática	Antlia
Caballo Menor	Equuleus	Mesa	Mensa
Cabellera de Berenice	Coma Berenices	Microscopio	Microscopium
Camaleón	Chamaeleon	Mosca	Musca
Can Mayor	Canis Maior	Octante	Octans
Can Menor	Canis Minor	Ofiuco	Ophiuchus
Cáncer o Cangrejo	Cancer	Orión	Orion
Capricornio	Capricornius	Osa Mayor	Ursa Maior
Carena o Quilla	Carina	Osa Menor	Ursa Minor
Casiopea	Cassiopeia	Paloma	Columba
Cefeo	Cepheus	Pavo real	Pavo
Centauro	Centaurus	Pegaso	Pegasus
Cisne	Cygnus	Perros de Caza o Lebreles	Canes Venatici
Cochero	Auriga	Pez austral	Piscis Austrinus
Compás	Circinus	Pez volador	Volans
Copa o Cráter	Crater	Piscis o Peces	Pisces
Corona austral	Corona australis	Popa	Puppis
Corona boreal	Corona borealis	Reloj	Horologium
Cruz del Sur	Crux	Retículo	Reticulum
Cuervo	Corvus	Sagitario	Sagittarius
Delfín	Delphinus	Serpiente	Serpens
Dorado	Dorado	Sextante	Sextans
Dragón	Draco	Taller de Escultor	Sculptor
Erídano	Eridanus	Tauro o Toro	Taurus
Escorpión	Scorpius	Telescopio	Telescopium
Escuadra o Regla	Norma	Triángulo	Triangulum
Escudo de Sobieski	Scutum Sobiescianum	Triángulo austral	Triangulum Australe
Fénix	Phoenix	Tucán	Tucana
Flecha	Sagitta	Unicornio	Monoceros
Géminis o Gemelos	Gemini	Vela	Vela
Grulla	Grus	Virgo o Virgen	Virgo
Hércules	Hercules	Zorra	Vulpecula
Hidra macho	Hydrus		
Hidra hembra	Hydra		
Horno	Fornax		



Los agujeros negros son zonas de gran densidad que no desprenden ningún tipo de radiación.

Desde antiguo, la fantasía humana ha agrupado a las estrellas más brillantes en estructuras que recuerdan imágenes reales. Son las llamadas constelaciones. A la izquierda, las del hemisferio norte; a la derecha, las del hemisferio sur.

Las estrellas de cada constelación, que inicialmente se designaban con nombres, pasaron después a individualizarse mediante letras griegas o latinas, en orden decreciente de brillo. Esta clasificación, no obstante, ha perdido rigor científico, ya que el brillo de muchas estrellas ha variado con el paso de los siglos.





## LOS AGUJEROS NEGROS

Uno de los últimos descubrimientos realizados por los astrónomos en relación con el Universo son los agujeros negros, que deben su nombre al hecho de que no desprenden ningún tipo de radiación. Según la teoría del **Big Bang**, debieron formarse muy poco tiempo después de la gran explosión inicial, por causa del colapso gravitacional de una masa estelar.

Aunque el fenómeno de los agujeros negros se encuentra todavía en fase de hipótesis y de estu-

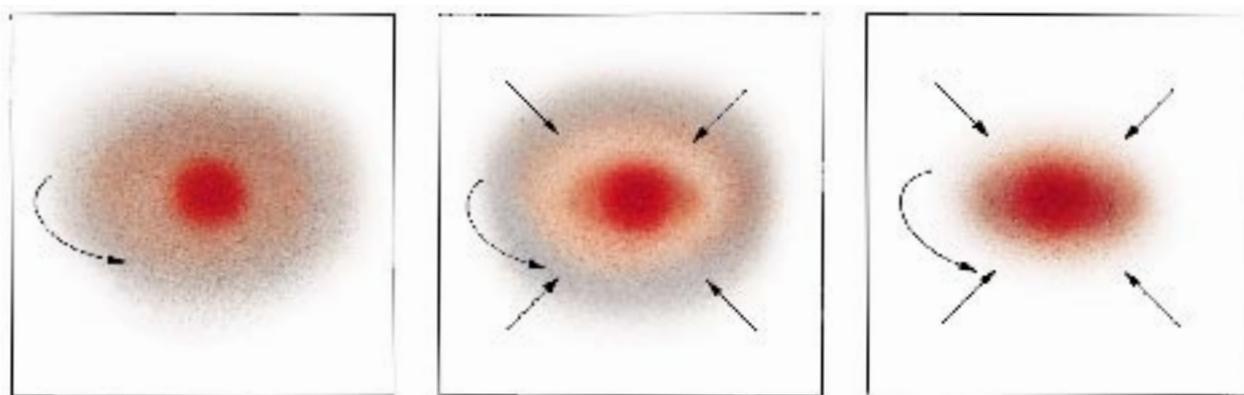
dio, se cree haber observado la existencia de uno de ellos en el centro de nuestra galaxia, que estaría situado, sobre la esfera celeste, en dirección a la constelación de Sagitario.

Lo que no se ha establecido todavía es la evolución de estas «simas cósmicas», cuya parte central, de gran densidad, va desapareciendo lentamente. Los científicos se preguntan si ese proceso de desaparición llevará a la destrucción del Universo, o si será contrarrestado por un proceso inverso, que permita el rejuvenecimiento constante de nuestro mundo.



# EL SISTEMA SOLAR

*Con el nombre de sistema solar se conoce el conjunto, minúsculo en el marco del Universo, pero de grandes dimensiones para nuestras proporciones humanas, formado por toda una serie de cuerpos celestes que giran alrededor de una estrella, el Sol. El Sol contiene el 99,88 % de la masa total del sistema, mientras que el 1,12 % restante se reparte entre 9 planetas, unos 44 satélites y multitud de asteroides, cometas y meteoritos. Todo el sistema se formó hace 4.600 o 5.000 millones de años, y su forma es semejante a la de una esfera.*



## EL ORIGEN DEL SISTEMA SOLAR

Existen diversas teorías sobre la formación del sistema solar, pero la que goza de mayor aceptación en la actualidad es la versión moderna de la **nebulosa protosolar** de Laplace. Según esta hipótesis, la contracción de una nube de gas interestelar dio origen a un disco de gas que comenzó a girar a gran velocidad. La presión de la masa de materia sobre el núcleo de este gran disco en rotación ocasionó un gran aumento de la densidad y la temperatura, de modo que cuando ésta superó los 11 millones de grados, se produjo la fusión de los átomos de hidrógeno y comenzó una reacción de fusión nuclear en cadena que dio origen al Sol.

Simultáneamente, y por la fuerza de la propia fusión nuclear que produjo la formación del Sol, multitud de partículas cósmicas de la nebulosa salieron despedidas a gran velocidad, y comenzaron a juntarse unas con otras dando origen a cuerpos más grandes. Así nacieron los planetas y los satélites.

Al principio, la Tierra no era más que una pequeña masa rocosa cercana al Sol, pero poco a poco fue aumentando su tamaño, al mismo tiempo que crecía su fuerza de gravedad. La formación de la Tierra por efecto de la agregación de

*En este modelo de formación del sistema solar puede verse cómo surgió el protosol, a partir de un fenómeno de contracción y en medio de un disco de gas y polvo en rotación.*

cuerpos cósmicos y la contracción gravitatoria, explica la existencia en el interior del planeta de un núcleo líquido sobre el cual hay dos capas sólidas que constituyen el manto exterior.

## EL SOL

El Sol es una estrella de pequeñas dimensiones, en comparación con otros astros del Universo, que forma parte de una galaxia, la Vía Láctea, y constituye el centro de un sistema planetario denominado sistema solar. Su distancia a la Tierra es de 149,6 millones de km (distancia que recibe el nombre de **unidad astronómica**, UA), y es la única estrella que se encuentra lo bastante cerca de nuestro planeta como para permitirnos estudiar de forma detallada su superficie, las distintas capas que la componen y los fenómenos que en ellas tienen lugar.

Esta estrella a la que debemos la vida tiene un diámetro de 1,4 millones de km, que representa

108,5 veces el diámetro ecuatorial de la Tierra. Está constituida por un 69,5 % de hidrógeno y un 29,5 % de helio, siendo el 1 % restante elementos más pesados.

El Sol gira sobre sí mismo, alrededor de un eje inclinado unos  $7^\circ$  sobre la eclíptica, y tarda una media de 25,38 días en realizar una rotación completa (unos 25 días en el ecuador, y unos 34 días en las proximidades de los polos). Al mismo tiempo, el Sol gira alrededor del centro de la Vía Láctea, a una velocidad de 216 km/s, y tarda 230 millones de años en realizar una rotación completa.

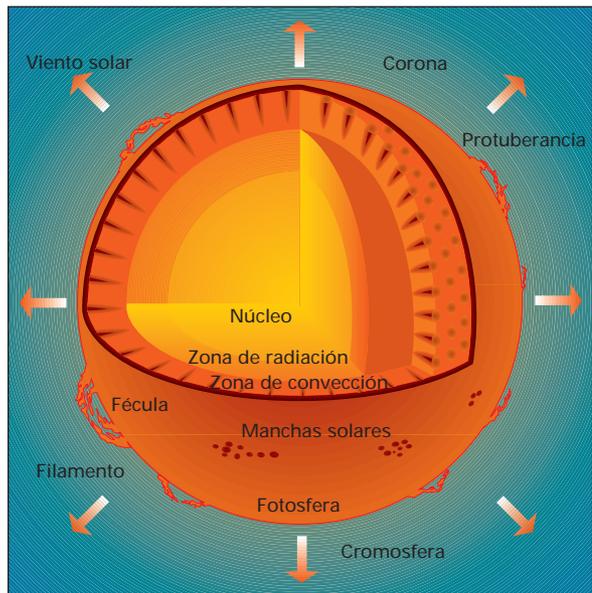
El Sol se compone de un núcleo central y dos capas superpuestas, la fotosfera y la atmósfera solar. El **núcleo central**, que concentra un 60 % de su masa, se encuentra a una temperatura superior a los 15 millones de grados. En esta zona tienen lugar todos los procesos termonucleares que genera la energía del Sol, y muy en particular la importante cadena protón-protón. La energía producida en el núcleo es radiada hacia la superficie y transportada después por convección.

La **fotosfera** o esfera luminosa es la capa que envuelve el núcleo solar. Se encuentra a unos  $6.000^\circ\text{C}$  de temperatura, y es la parte del disco visible a simple vista, es decir, mediante observación directa (a través de un cristal ahumado). En esta zona se sitúan las llamadas **manchas solares**, cuyo diámetro oscila entre 1.500 y 150.000 km. El número de estas manchas, que pueden aparecer aisladas o en grupos, varía según un ciclo preestablecido denominado **ciclo solar**, que alcanza su punto culminante cada 11 años.

Por encima de la fotosfera se extiende la atmósfera solar, que comprende la cromosfera y la corona solar. En la **cromosfera** la temperatura aumenta hasta alcanzar los  $50.000$  grados, mientras que la densidad desciende considerablemente. Esta capa sólo es visible durante los eclipses totales de Sol, cuando aparece como una corona de color violáceo alrededor del astro ennegrecido.

La cromosfera es una de las zonas más activas del Sol, ya que en ella se forman las **protuberancias solares**, que son como inmensos chorros de materia proyectados hacia el exterior, y pueden alcanzar alturas de hasta 300.000 km, adoptando formas muy variadas: arcos, bucles, haces, etc. Estas protuberancias solares han sido fotografiadas con frecuencia, y su aspecto es muy vistoso.

En la **corona**, que es la capa más externa, la temperatura sigue aumentando hasta superar el



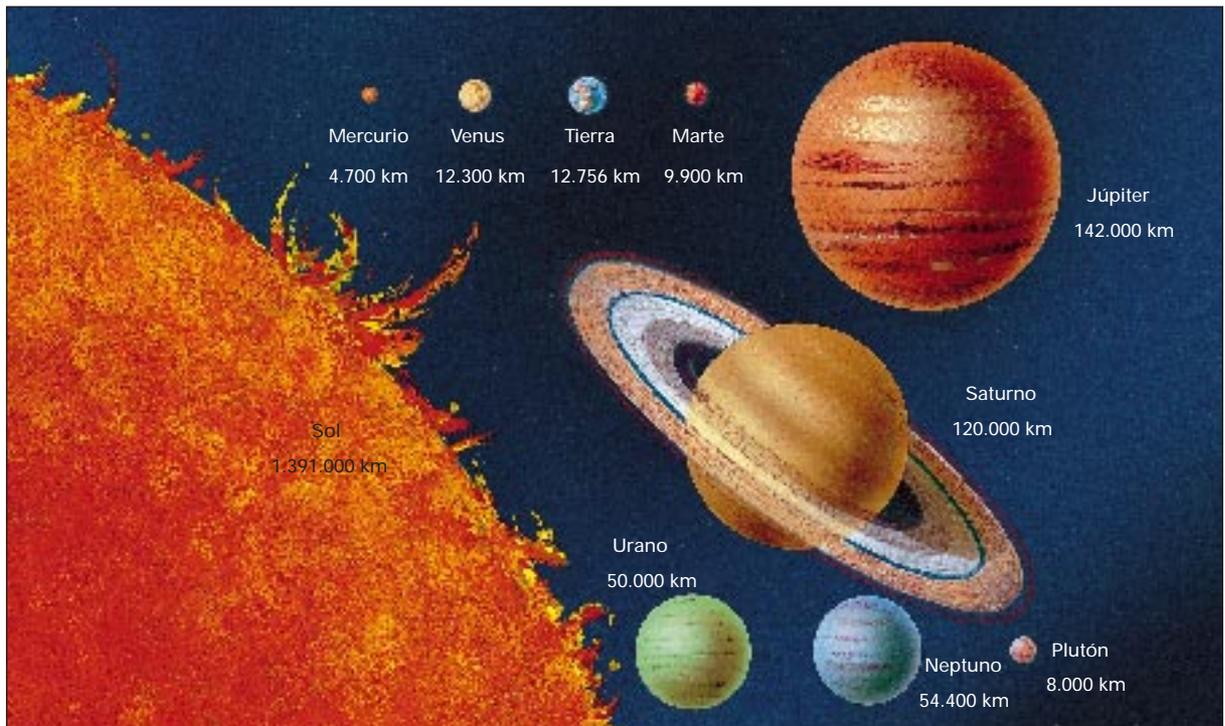
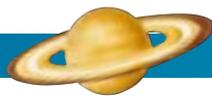
*El Sol está constituido por un gran núcleo central y dos capas superpuestas denominadas fotosfera y atmósfera solar.*

millón de grados. Los astrónomos no se ponen de acuerdo sobre la extensión de esta capa, visible durante los eclipses totales de Sol como un aura grisácea, y algunos consideran que su masa se va enrareciendo paulatinamente hasta diluirse en el vacío sideral.

## LOS PLANETAS

Con el nombre de planetas se designa a los cuerpos celestes sólidos y de forma esférica que giran alrededor de una estrella. Pueden existir planetas en torno a cualquiera de las estrellas del Universo, pero de hecho sólo se conocen los nueve que giran alrededor del Sol: Mercurio, Venus, la Tierra, Marte, Júpiter, Saturno, Urano, Neptuno y Plutón. Los seis primeros son conocidos por el hombre desde la antigüedad, mientras que los tres últimos se han descubierto en épocas relativamente recientes: Urano en 1781, Neptuno en 1846, y Plutón en 1930.

Los planetas carecen de luz propia, y aparecen por tanto, a simple vista, como discos no centelleantes. Su observación precisa desde la Tierra resulta difícil, con excepción de Mercurio y Venus, que aparecen a poca distancia angular del Sol durante la aurora y el crepúsculo.



Todos los planetas llevan a cabo simultáneamente dos movimientos, uno de rotación sobre su propio eje y otro de traslación alrededor del Sol. En este último describen órbitas elípticas, aunque muy próximas a las circulares, con una duración que oscila entre los 87 días de Mercurio y los 247 años de Plutón. El movimiento de rotación lo realizan con una ligera inclinación sobre su eje, y en algunos casos, como Mercurio y Venus, presentando siempre la misma cara al Sol, como consecuencia de la velocidad combinada de los movimientos de traslación y de rotación.

Generalmente, los planetas se clasifican en exteriores e interiores. Los **planetas exteriores**, también llamados superiores, son aquellos cuyas órbitas son exteriores a la terrestre, es decir, Marte, Júpiter, Saturno, Urano, Neptuno y Plutón. Los **planetas interiores** o inferiores son aquellos cuyas órbitas se encuentran situadas entre la terrestre y la solar: Mercurio y Venus. También se habla de **planetas gigantes** o **jovianos**, para referirse a los de grandes dimensiones, de densidad menor que la Tierra y atmósfera muy densa: Júpiter, Saturno, Urano y Neptuno.

### Los planetas uno a uno

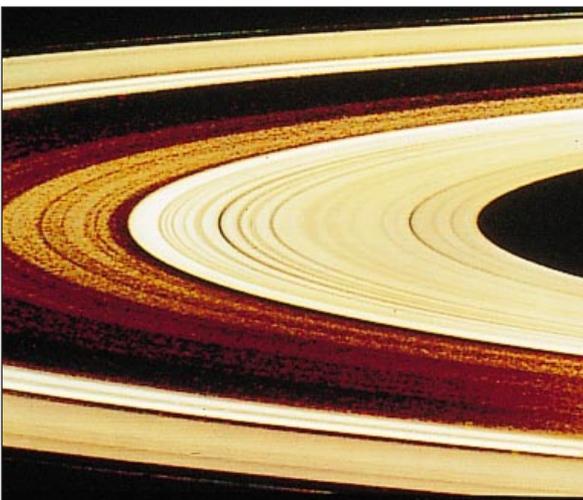
El planeta más cercano al Sol es **Mercurio**, que tiene un diámetro de 4.873 km, lo que significa

que es bastante más pequeño que la Tierra. También su gravedad y su masa son muy inferiores a las terrestres, pero en cambio su densidad es muy parecida a la de nuestro planeta, lo que hace suponer que el núcleo de Mercurio sea similar en tamaño y composición al núcleo de la Tierra. Las fotografías proporcionadas por algunas sondas espaciales muestran que la superficie de Mercurio está poblada de gran cantidad de cráteres, similares a los de la Luna.

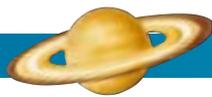
**Venus** es el segundo planeta del sistema solar. Está situado entre Mercurio y la Tierra, y es el más cercano a esta última. Tiene un tamaño muy semejante al de nuestro planeta, y tarda 225 días en completar una órbita alrededor del Sol. Presenta una composición muy similar a la terrestre, y se halla recubierto por una atmósfera muy densa, constituida en un 98 % por dióxido de carbono. Las fotografías de las sondas espaciales muestran un paisaje desértico y rocoso, como no podría ser de otro modo en un lugar donde las temperaturas rebasan los 450 °C.

Por ser el planeta en que vivimos y el mejor conocido, la **Tierra** merece un capítulo aparte, en el que se estudiarán con más detalle sus características más importantes.

El cuarto planeta del sistema solar es **Marte**, cuyas dimensiones representan más o menos la



*Las diferencias de tamaño entre los planetas son enormes, tal como puede verse en la página anterior. También son muy considerables las diferencias de constitución y de aspecto, como demuestran estas cinco imágenes en las que aparece Mercurio (arriba izquierda), fotografiado por el Mariner X en 1974; Venus (arriba derecha), envuelto por una densa atmósfera nebulosa; Marte (centro izquierda), que presenta una superficie rocosa; Júpiter (centro derecha), fotografiado por el Voyager I; y los anillos de Saturno (abajo), que son de una gran delgadez.*



*El planeta Urano está rodeado por un anillo finísimo y a su alrededor giran cinco satélites.*

*Neptuno es un planeta gigantesco y gaseoso.*



mitad de las de la Tierra. Tiene un período orbital de unos 687 días, y su eje de rotación presenta una inclinación semejante al eje terrestre, por lo que también se suceden en su superficie cuatro estaciones. Las temperaturas oscilan entre una máxima de 30 °C durante el día y una mínima de -65 °C por la noche, a la altura del ecuador. Marte está recubierto por una atmósfera compuesta esencialmente de anhídrido carbónico, y su superficie ofrece un aspecto desértico. Presenta un relieve accidentado, con un volcán gigantesco, el Monte Olimpus, y un enorme cañón de 5.000 km de longitud y 6 km de profundidad.

**Júpiter** es uno de los planetas gigantes, el mayor de los que componen el sistema solar. Su diámetro ecuatorial es de 142.800 km, es decir, unas once veces el de la Tierra. Su composición es totalmente distinta a la de nuestro planeta, con

un núcleo rocoso, una capa de hidrógeno metálico, una capa de hidrógeno líquido y, por último, una capa superior que constituye la atmósfera del planeta, formada por hidrógeno y helio en la misma proporción que en el Sol. Esta atmósfera, que aparece como una sucesión de bandas claras y oscuras dispuestas paralelamente al ecuador, es

## LOS PLANETAS

Nombre	Satélites	Distancia media al Sol	Radio	Densidad media*	Gravedad en la superficie	Revolución alrededor del Sol
Mercurio	–	0,387 UA**	2.436 km	5,4	0,377	88 días
Venus	–	0,723 UA	6.052 km	5,3	0,905	224,7 días
Tierra	1	1,0 UA	6.378 km	5,5	1,00	365,26 días
Marte	2	1,52 UA	3.399 km	3,9	0,377	687 días
Júpiter	16	5,20 UA	71.433 km	1,3	2,54	11,86 años
Saturno	17	9,54 UA	60.272 km	0,7	1,07	29,46 años
Urano	5	19,2 UA	26.150 km	1,2	0,869	84,01 años
Neptuno	2	30,1 UA	24.747 km	1,6	1,14	164,8 años
Plutón	1	39,4 UA	1.530 km	0,8	0,03	247,7 años

\* En g/cm<sup>3</sup>

\*\* 1 UA = 149,6 millones de km

lo que puede verse al observar el planeta desde la Tierra. Una de las características más singulares de Júpiter es su gran mancha roja, formada por un torbellino de nubes que giran en sentido contrario a las agujas del reloj.

**Saturno**, el sexto planeta del sistema solar, es también un astro de gran tamaño. Tiene un diámetro ecuatorial de 120.000 km. Es el más achatado de todos los planetas y también el de menor densidad. Su composición, tanto en el núcleo como en la atmósfera, guarda grandes similitudes con la de Júpiter. Saturno se distingue a simple vista por la presencia de un sistema de anillos que lo rodea a la altura del ecuador. Este sistema anular, descubierto en 1656, se extiende hasta una distancia de 137.000 km, es muy aplanado y su espesor es sólo de unos pocos kilómetros.

El séptimo planeta del sistema solar, **Urano**, fue descubierto en 1781 por F. W. Herschel. Su diámetro ecuatorial es de 52.400 km, unas cuatro veces el de la Tierra. Aunque su composición no se conoce con exactitud, se supone que consta de un núcleo rocoso y metálico, recubierto por una capa de hielo de unos 8.000 km de espesor. La superficie visible es una capa de metano e hidrógeno molecular, a una temperatura de aproximadamente  $-210^{\circ}\text{C}$ . Tiene cinco satélites y un sistema de anillos mucho más sencillo que el de Saturno, que fue descubierto en 1977.

**Neptuno** es otro de los planetas gigantes, el octavo y penúltimo del sistema solar (al menos, de los conocidos hasta la fecha). Apenas se sabe nada de su composición, y lo único que han podido apreciar hasta ahora las investigaciones científicas es la presencia de una atmósfera extraordinariamente densa, de metano, hidrógeno y helio. Neptuno está acompañado en su órbita por dos satélites.

El planeta más externo del sistema solar es **Plutón**, que no fue descubierto hasta 1930. Tiene un diámetro ecuatorial de 2.500 km, lo que significa que su tamaño es muy pequeño, y va acompañado de un satélite, que fue descubierto a su vez en 1978.

## LOS SATÉLITES

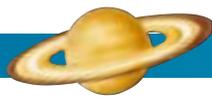
Al igual que los planetas, los satélites son cuerpos celestes sólidos y carentes de luz propia. Su única peculiaridad consiste en que orbitan alrededor de un planeta, en lugar de hacerlo en torno a una estrella. Se han descubierto hasta ahora 44 satéli-

tes, aunque la existencia de algunos de ellos no está plenamente probada todavía. Las dimensiones de estos cuerpos celestes, lo mismo que la excentricidad de sus órbitas, muestran diferencias muy notables.

Los satélites se clasifican en mayores y menores. Hay siete satélites mayores: la Luna, satélite de la

### LOS SATÉLITES

Nombre	Planeta	Radio
Adrastea	Júpiter	20 km
Amaltea	Júpiter	135 km
Ananke	Júpiter	10 km
Ariel	Urano	705 km
Atlas	Saturno	20 km
Calipso	Saturno	17 km
Calisto	Júpiter	2.410 km
Carme	Júpiter	15 km
Caronte	Plutón	400 km
Deimos	Marte	15x11 km
Dione	Saturno	560 km
Dione B	Saturno	18 km
Elara	Júpiter	40 km
Encélado	Saturno	255 km
Epitimeo	Saturno	70 km
Europa	Júpiter	1.563 km
Febe	Saturno	110 km
Fobos	Marte	27x19 km
Ganímedes	Júpiter	2.638 km
Himalia	Júpiter	90 km
Hiperión	Saturno	216 km
Io	Júpiter	1.816 km
Jano	Saturno	110 km
Japeto	Saturno	730 km
Leda	Júpiter	5 km
Lisitea	Júpiter	10 km
Luna	Tierra	1.738 km
Metis	Júpiter	20 km
Mimas	Saturno	196 km
Miranda	Urano	160 km
Nereida	Neptuno	-
Oberón	Urano	760 km
Pasifae	Júpiter	20 km
Pastor F <sub>e</sub>	Saturno	55 km
Pastor F <sub>i</sub>	Saturno	70 km
Rea	Saturno	765 km
Sinope	Júpiter	15 km
Tebe	Júpiter	40 km
Telesto	Saturno	17 km
Tetis	Saturno	530 km
Titán	Saturno	2.576 km
Titania	Urano	845 km
Tritón	Neptuno	-
Umbriel	Urano	580 km



*Tritón, que orbita alrededor de Neptuno, es uno de los siete satélites mayores.*

Tierra, cuatro satélites de Júpiter, uno de Saturno y otro de Neptuno. El de mayor tamaño es Ganimedes, y el más pequeño es Leda, ambos satélites de Júpiter.

## **ASTEROIDES, COMETAS Y METEORITOS**

Los asteroides o planetoides son cuerpos celestes que describen alrededor del Sol órbitas de tipo planetario. Se encuentran en su mayoría entre Marte y Júpiter (en el llamado cinturón de aste-

### **PRINCIPALES ASTEROIDES**

Nombre	Número	Radio
Ceres	1	380 km
Palas	2	240 km
Juno	3	100 km
Vesta	4	240 km
Hebe	6	110 km
Iris	7	100 km
Hygiea	10	160 km
Eunomia	15	140 km
Psyche	16	140 km
Neumasa	51	40 km
Eros	433	7 km
Dauida	511	130 km
Ícaro	1566	0,7 km
Geographos	1620	1,5 km

roides), y son todos de pequeño tamaño, algunos incluso diminutos. Por este motivo, se supone que son los vestigios de un planeta mayor que orbitaba alrededor del Sol a esta altura, y que al fracturarse dejó como restos esos pequeños astros. Otra hipótesis sobre su origen, sin embargo, sostiene que serían pequeños cuerpos procedentes de la gran liberación de energía que dio origen al sistema solar, que nunca llegaron a formar un planeta. Su composición es bastante similar a la de la Tierra, y por eso su estudio permite conocer mejor el interior de nuestro planeta.

Se calcula que existen en total más de 500.000 asteroides, aunque hasta el momento sólo se ha logrado fotografiar unos 30.000, y únicamente conocemos con detalle las órbitas correspondientes a



*Los asteroides son cuerpos celestes que presentan una composición bastante similar a la de la Tierra.*



*El 22 de marzo de 1996 el cometa Hyakutaki pasó muy cerca de la Tierra y pudo ser observado desde nuestro planeta.*

*Detalle de un meteorito.*



### PRINCIPALES COMETAS

Nombre	Número	1ª aparición observada
Encke	1	1787
Tempel (1)	3	1867
Tempel (2)	5	1873
D'Arrest	10	1851
Kopft	14	1906
Giacobini-Zinner	17	1900
Biela (núcleo 1)	21	1772
Biela (núcleo 2)	21	1772
Harrington	27	1953
Brooks 2	29	1889
Finlay	30	1886
Wipple	37	1933
Wolf (1)	43	1884
Comas Solá	44	1927
Tuttle	53	1790
Crommelin	56	1818
Halley	63	-1058
Olbers	61	1815
Pons-Brooks	62	1812
Hyakutaki		1996

unos 1.600. El primer asteroide conocido, bautizado con el nombre de Ceres, fue descubierto en 1801.

Los **cometas** son también cuerpos celestes que orbitan alrededor del Sol, describiendo trayectorias elípticas o parabólicas. Se distinguen de los demás componentes del sistema solar por su peculiar configuración, con un pequeño núcleo formado por polvo cósmico, partículas de hielo y gases, y un gran halo difuso que rodea al núcleo,

y que recibe el nombre de **cabellera** o **coma**. Pero lo más característico de los cometas es la **gran cola** que desarrollan al acercarse al Sol, que puede llegar a superar los 100 millones de km de longitud. Estos astros llegan a veces hasta las proximidades de la Tierra, haciéndose entonces visibles y ocupando una gran extensión del firmamento. Los últimos que se han podido ver desde nuestro planeta son el cometa Halley y el cometa Hyakutaki.

Se da el nombre de **meteoritos** a los restos de materia interplanetaria que caen sobre la superficie de la Tierra, o de algún otro planeta, formando una estrella fugaz al entrar en contacto con la atmósfera. Este brillo pasajero se debe a que la materia interplanetaria se vuelve incandescente, aunque sólo se consume en su totalidad cuando el fragmento que cae es pequeño; si es de gran tamaño, alguna porción llega hasta el suelo y forma un gran orificio que recibe el nombre de **cráter de impacto**. Estos cráteres pueden conservarse durante muchísimos años si no son atacados por la erosión, como ocurre, por ejemplo, en la Luna o en Mercurio. El mayor de los meteoritos descubiertos hasta ahora es el denominado Hoba, que apareció en Namibia en 1920. Todos ellos presentan una composición rocosa o metálica.



# LA TIERRA, UN PLANETA DEL SISTEMA SOLAR

*La Tierra es el tercer planeta del sistema solar, y el único en el que las condiciones climáticas y atmosféricas han permitido el desarrollo de la vida. Tiene un solo satélite, la Luna, y posee una importante atmósfera, constituida principalmente por nitrógeno y oxígeno.*

## FORMA Y DIMENSIONES

La forma de la Tierra es esférica. La esfericidad de la Tierra, aunque los antiguos la intuyeron, tardó mucho en poder demostrarse, de modo que durante largos siglos los hombres permanecieron en la creencia de que su planeta era un disco plano. Las dimensiones del globo terráqueo son de 12.756,78 km para el diámetro ecuatorial y 12.713,82 km para el radio polar. Esta diferencia indica que la Tierra no es en realidad una esfera perfecta, sino un esferoide algo aplastado por los polos (un **elipsoide de revolución**), con un achatamiento de 43 km.

Una característica que distingue a nuestro planeta de todos los demás es la existencia de agua. De hecho, sólo un 29,2 % de la superficie de la Tierra está ocupado por tierra firme, mientras que el 70,8 % restante está cubierto por las aguas. Tierras y mares tienen una distribución muy distinta en los dos hemisferios. Así, mientras que en el hemisferio norte hay unos 100 millones de km<sup>2</sup> de tierras emergidas, frente a 155 millones de km<sup>2</sup> de aguas superficiales, en el hemisferio sur la proporción es de 49 millones de km<sup>2</sup> de tierras emergidas por 206 millones de km<sup>2</sup> de aguas superficiales.

En la actualidad, se calcula que la Tierra se formó hace 4.500 o 5.000 millones de años, a partir de una nube de gas que primero se licuó y después se solidificó en su superficie. Esta zona superficial sólida ha estado sometida desde entonces a un gran número de fuerzas, tanto interiores como exteriores, que la han ido modelando y modificando. A estas fuerzas se debe la formación del relieve terrestre, que es muy variado, con una altura máxima de 8.848 m (monte Everest, en la cordillera del Himalaya) y una profundidad máxima bajo las aguas del mar de 11.022 m (abismo de Vitias, en la fosa de las Marianas).

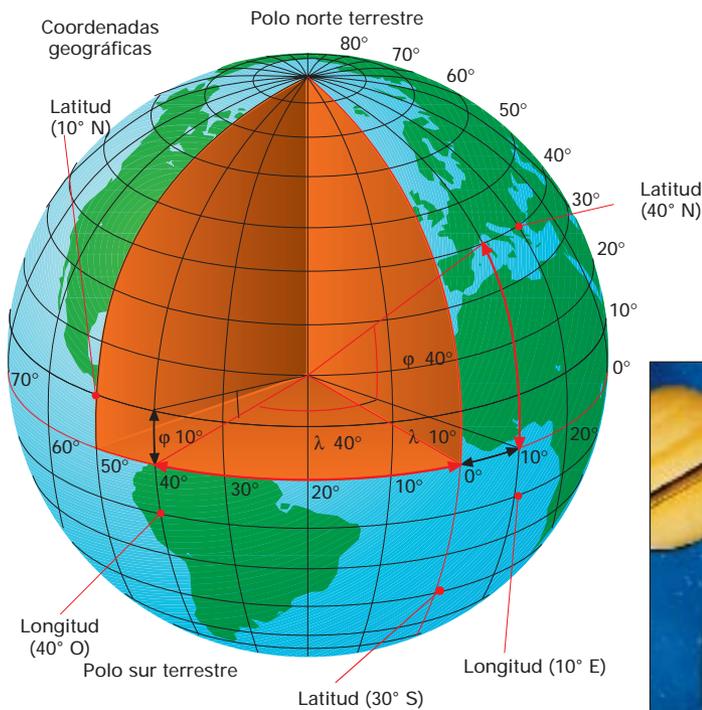
De la permanente evolución de la Tierra ha quedado constancia en los sedimentos o capas en que se estructura la corteza terrestre. El estudio de estos sedimentos aporta datos sobre su edad y sobre el proceso que ha conducido a su formación. Al mismo tiempo, los fósiles que pueden encontrarse en ellos dan testimonio de las formas de vida que han existido en el planeta en las diversas etapas geológicas.

## La situación y orientación en la superficie terrestre

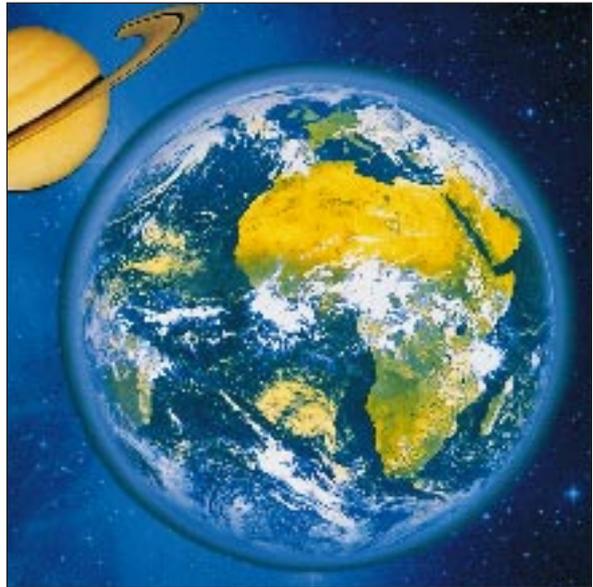
Para poder localizar con exactitud cualquier punto de la superficie terrestre, los hombres se han servido desde antiguo de un sistema referencial o **red geográfica**, que es un entramado determinado por una serie de líneas llamadas **coordenadas**.

Las coordenadas son circunferencias imaginarias trazadas sobre el globo terrestre en dos sentidos, transversal y perpendicular. De las coordenadas transversales, la más importante es el **ecuador**, o línea situada a igual distancia de los dos polos, que divide la Tierra en dos mitades prácticamente idénticas, denominadas **hemisferio norte** y **hemisferio sur**. Al norte y al sur del ecuador se sitúan los **paralelos**, que son circunferencias paralelas al ecuador y unen todos los puntos situados a igual distancia de la línea central del globo terrestre. Los paralelos sirven para determinar la **latitud**, la distancia que separa cualquier punto de la Tierra del ecuador. Dado que la Tierra es una esfera, la latitud se expresa en grados, minutos y segundos, y para definirla con exactitud hay que añadir siempre la indicación «norte» o «sur». Así, por ejemplo, se dice que Ciudad de México está situada a 20° de latitud norte, porque se encuentra al norte del ecuador, y que Lima está a 12° de latitud sur, ya que se halla al sur de dicha coordenada. En total, la distancia del ecuador a cada uno de los polos es de 90°, por lo que la latitud máxima posible es 90° norte o 90° sur.

*Las coordenadas geográficas permiten situar con exactitud cualquier punto del globo terráqueo.*



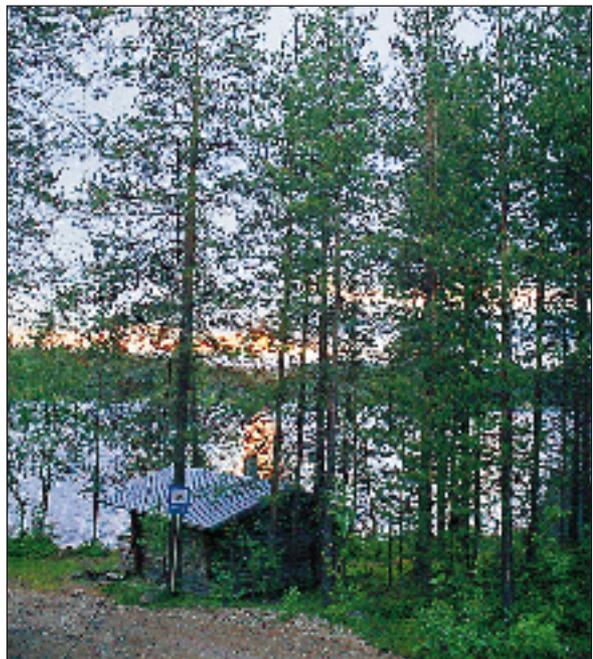
*Composición de la Tierra y Saturno en un campo de estrellas.*

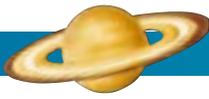


Además del ecuador, hay otros cuatro paralelos destacables, dos en cada hemisferio. A los  $23^{\circ} 27'$  de latitud norte se sitúa el **trópico de Cáncer**, y a los  $23^{\circ} 27'$  de latitud sur se encuentra el **trópico de Capricornio**. Los trópicos señalan la zona en que los rayos del Sol inciden de forma perpendicular en algún momento del año. Más al norte o al sur de los trópicos, los rayos del Sol no se cortan nunca con la superficie terrestre en ángulo recto. Mucho más alejados del ecuador, se encuentran el **Círculo Polar Ártico**, situado a  $66^{\circ} 33'$  de latitud norte, y el **Círculo Polar Antártico**, situado a  $66^{\circ} 33'$  de latitud sur. Los círculos polares señalan el inicio de la zona donde en algún momento del año el Sol no llega a ponerse. Desde un día hasta seis meses, el Sol desciende hasta la línea del horizonte y después vuelve a elevarse sin llegar a desaparecer en ningún momento. Es un fenómeno que se conoce con el nombre de **Sol de medianoche**, que resulta insólito para las personas que vivimos en latitudes tropicales o templadas.

Las coordenadas perpendiculares son las que rodean el globo terrestre pasando por los polos. Se denominan **meridianos**, y se toma como referencia principal el meridiano de  $0^{\circ}$ , llamado también **meridiano de Greenwich** porque pasa por el

*Sol de medianoche en Laponia.  
En las zonas ártica y antártica el Sol permanece durante toda la noche en el horizonte.*





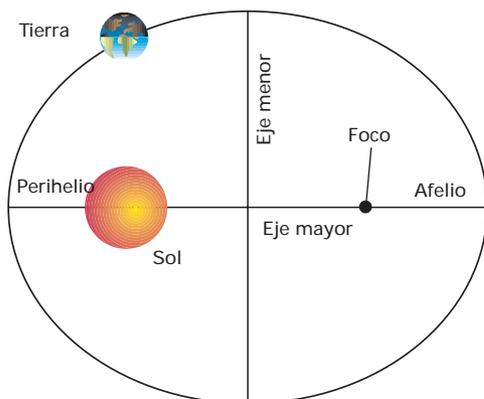
observatorio astronómico de Greenwich (cerca de Londres). Los meridianos unen todos los puntos de nuestro planeta en los que el Sol alcanza su cenit en el mismo momento del día, y sirven para determinar la **longitud**, esto es, la distancia a que se encuentra del meridiano de Greenwich un punto cualquiera de la superficie terrestre. Al igual que la latitud, la longitud se expresa en grados, minutos y segundos, pero añadiendo en este caso la indicación «este» u «oeste». Así, por ejemplo, Acapulco se encuentra a  $100^\circ$  de longitud oeste, porque está situada al oeste del meridiano de Greenwich, mientras que Tokyo, que está situada al este, se halla a  $140^\circ$  de longitud este.

Existen unos meridianos especiales que determinan los denominados **husos horarios**, que sirven para establecer la hora oficial en los distintos puntos de la Tierra. Son 24 meridianos, que dividen la esfera terrestre en 24 franjas horarias, con una diferencia de 1 hora entre cada una de ellas. También en este caso se toma como referencia el meridiano de Greenwich. Los 24 husos horarios se distribuyen a cada lado de este meridiano: 12 al este, con un adelanto de 1 hora en cada uno, y 12 al oeste, con un retraso de 1 hora en cada uno.

## LOS MOVIMIENTOS DE LA TIERRA

Lo mismo que los restantes planetas del sistema solar, la Tierra realiza simultáneamente dos movimientos: uno de rotación alrededor de su eje y otro de traslación alrededor del Sol.

El **movimiento de rotación** se produce en sentido oeste-este, y cada giro completo se lleva a cabo en 23 horas, 56 minutos y 4,1 segundos. Como consecuencia del mismo, la superficie de la Tierra queda expuesta alternativamente a la luz



solar. En la zona expuesta a los rayos del Sol decimos que es de día; en la que queda fuera de su alcance, decimos que es de noche. Así, pues, resulta evidente que el movimiento de rotación nos da la base para medir el tiempo. La unidad de medida es el **día**, el período que tarda la Tierra en dar una vuelta sobre sí misma.

El **movimiento de traslación** se produce a una velocidad media de 29,76 km/s, y la Tierra invierte en realizar un giro completo alrededor del Sol 365 días, 5 horas, 48 minutos y 46 segundos, período al que se llama **año**, otra de las unidades básicas de medida del tiempo. Puesto que para completar cada año del calendario (365 días) sobran 5 horas, 48 minutos y 46 segundos, cada cuatro años se le añade un día al mes de febrero para hacer coincidir el año sideral con el año oficial. Estos años en que febrero tiene 29 días se denominan **años bisiestos**.

El recorrido de la Tierra alrededor del Sol, que recibe el nombre de **revolución**, describe una elipse, cuyo plano constituye la **eclíptica**. Como consecuencia de la posición del Sol dentro de esta elipse, la Tierra se encuentra en el punto de máxima proximidad al mismo o **perihelio** el 2 de enero, y en el de máximo alejamiento o **afelio** el 3 de julio.

## Las estaciones del año

La Tierra lleva a cabo su movimiento de rotación con una inclinación de  $23^\circ 27'$  respecto al plano de la eclíptica. Este hecho, que podría parecer trivial, tiene una enorme importancia, ya que es la causa de que vaya variando la duración de la iluminación solar a lo largo del año y, por tanto, de que existan las estaciones, que son muy marcadas en algunas zonas del planeta, y casi inapreciables en otras.

Si el eje de la Tierra fuera perpendicular al plano de la eclíptica, los polos no recibirían la luz del Sol en ninguna época del año, y en el ecuador, en cambio, la insolación sería siempre máxima. Puesto que el eje es inclinado, la zona donde el Sol incide perpendicularmente varía a lo largo del año, ascendiendo desde el ecuador hacia el hemisferio norte, en una época del año, y descendiendo desde el ecuador hacia el hemisferio sur, en otra época. De este modo, los dos polos quedan alternativamente expuestos a la luz del Sol durante seis meses consecutivos. Cuando el Sol incide verticalmente en un hemisferio, decimos que es **verano**, y cuan-

*Esquema de la órbita de un planeta, con su afelio y su perihelio.*

do incide en el hemisferio opuesto, decimos que en el primero es **invierno**.

Las estaciones también llevan consigo un cambio en la duración de los días y las noches, que es mínimo en el ecuador y máximo en los polos. En invierno, al estar el Sol más cerca del hemisferio opuesto, los días son cortos y las noches largas; en verano, por el contrario, al estar el Sol sobre el propio hemisferio, los días son largos y las noches cortas.

La inclinación del eje terrestre repercute asimismo en la intensidad de la insolación recibida en la

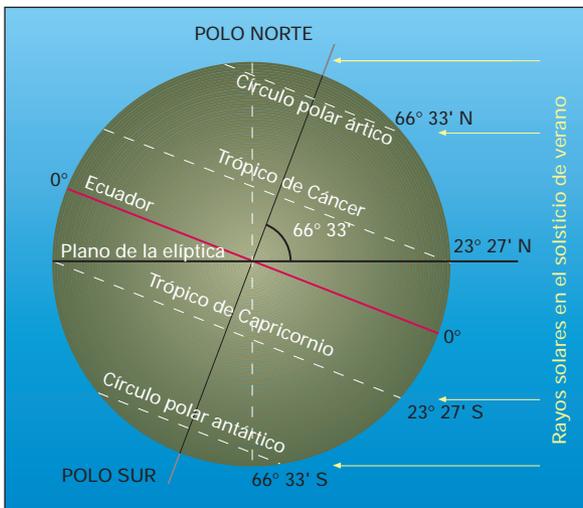
superficie terrestre. En la zona comprendida entre los 23° de latitud norte y los 23° de latitud sur, los rayos del Sol inciden perpendicularmente en alguna época del año. En esta zona la insolación es máxima. Pero a medida que nos alejamos de ella, en dirección a los polos, los rayos de Sol inciden cada vez de forma más oblicua, hasta llegar a ser paralelos a la superficie. Entonces la insolación es mínima, ya que los rayos del Sol, cuando llegan al suelo oblicuamente, deben atravesar más espesor de la atmósfera.

La consecuencia principal de todo ello es que en la Tierra se distingue una serie de zonas climáticas que varían progresivamente, desde las regiones cálidas, situadas en las proximidades del ecuador, hasta las más frías, que coinciden con los polos.

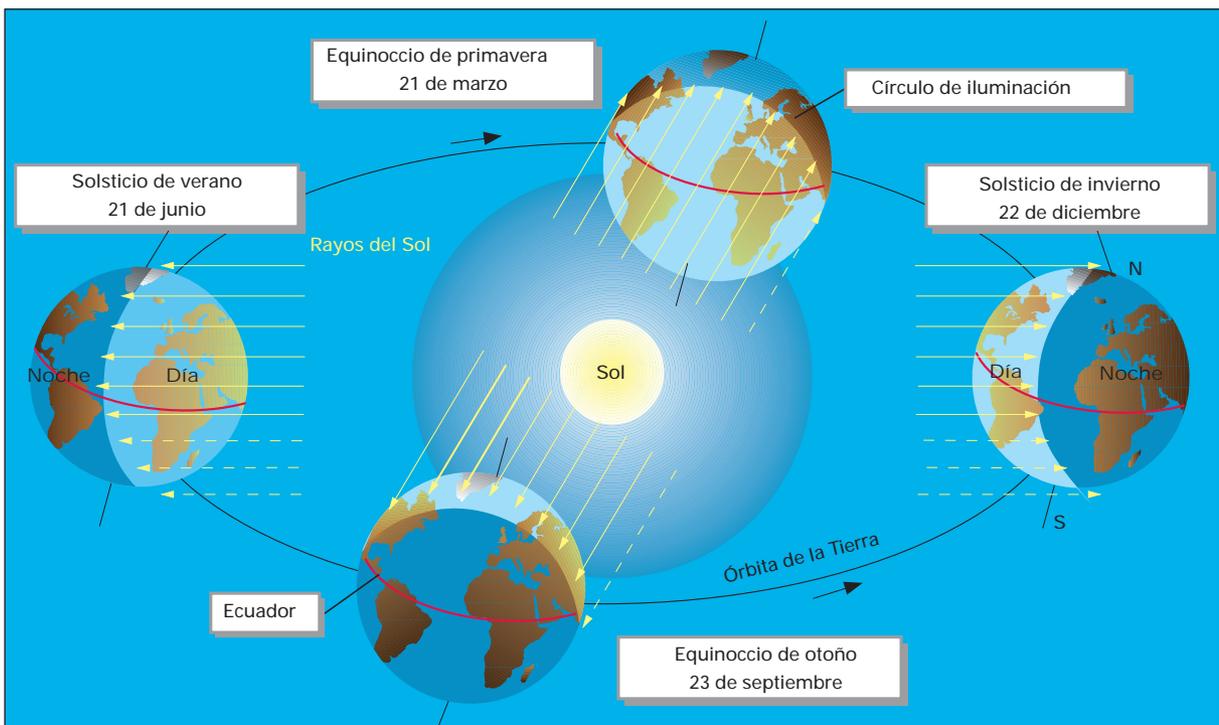
### Solsticios y equinoccios

En su circunvolución alrededor del Sol, la Tierra pasa por cuatro puntos fundamentales que señalan el comienzo de las cuatro estaciones. Dos de ellos se denominan **solsticios**, y los otros dos son los llamados **equinoccios**.

Los solsticios corresponden a los días en que los rayos del Sol inciden en ángulo recto sobre el tró-



*La inclinación con que la Tierra realiza su movimiento de rotación (izquierda) es la causa de que existan distintas estaciones (abajo).*





pico de Cáncer y sobre el trópico de Capricornio. En el primer caso, que tiene lugar el 21 de junio, se habla de **solsticio de verano** en el hemisferio norte y de **solsticio de invierno** en el hemisferio sur. En esta fecha, todo el Círculo Polar Ártico está iluminado al máximo, mientras que el polo sur permanece en una noche constante. En el segundo caso, que tiene lugar el 21 de diciembre, se produce el **solsticio de invierno** en el hemisferio norte y el **solsticio de verano** en el hemisferio sur. Entonces, la situación en los polos se invierte: mientras que en el polo sur la iluminación es máxima, en el polo norte la noche es permanente.

Los equinoccios, que son las posiciones intermedias entre cada solsticio, corresponden a los dos días del año en que los rayos del Sol inciden en ángulo recto sobre el ecuador. En ese momento, los dos hemisferios quedan iluminados por igual, y por tanto ambos polos reciben la misma cantidad de radiación solar. El 21 de marzo tiene lugar el **equinoccio de primavera** en el hemisferio norte, y el **equinoccio de otoño** en el hemisferio sur. El 23 de septiembre la situación se invierte, y mientras que en el hemisferio norte se produce el **equinoccio de otoño**, en el hemisferio sur tiene lugar el **equinoccio de primavera**.

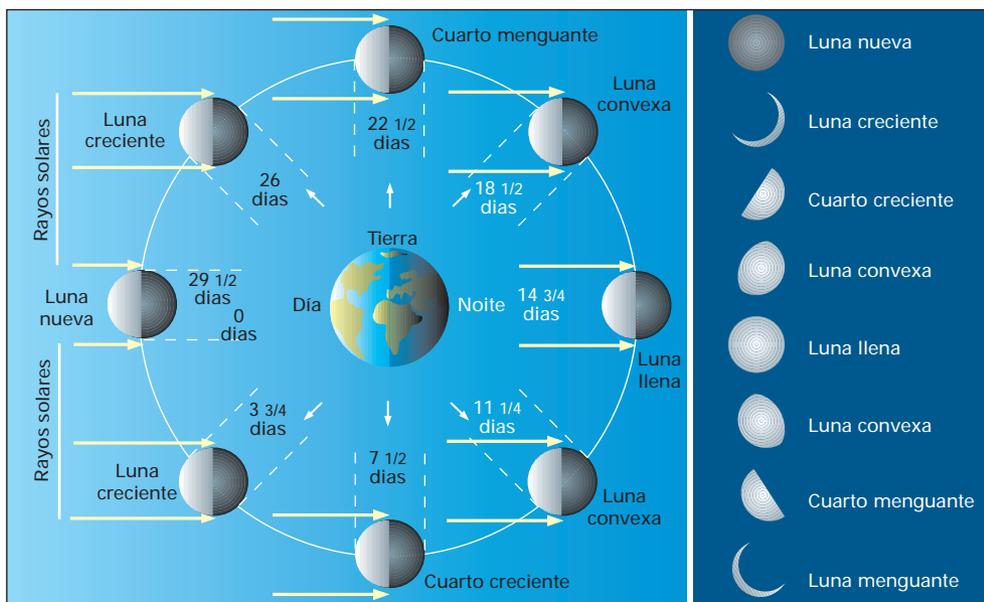
## LA LUNA, SATÉLITE DE LA TIERRA

La Luna es un cuerpo celeste que gira alrededor de la Tierra, de la cual constituye el único satéli-

te. Está situada a 384.400 km de nuestro planeta, y su diámetro es de 3.476 km. Lleva a cabo además un movimiento de rotación alrededor de su eje, que completa en 27 días, 7 horas, 43 minutos y 11,5 segundos. Es el mismo tiempo que emplea en completar la órbita que recorre alrededor de nuestro planeta (en sentido oeste-este), y por eso muestra siempre la misma cara al observador terrestre.

Nuestro satélite entra en conjunción con el Sol cada 29,53 días, período que recibe el nombre de **mes sinódico**. Durante este tiempo, se suceden las cuatro **fases lunares** características: luna nueva, cuarto creciente, luna llena y cuarto menguante.

La Luna carece de atmósfera. Su superficie presenta grandes zonas oscuras y llanas, denomina-



*El 21 de julio de 1969 el hombre pisó por primera vez la Luna.*

*La distinta incidencia de los rayos del Sol sobre la Luna es la causa de que nuestro satélite no ofrezca siempre el mismo aspecto hacia la Tierra.*

das mares, y otras más claras cubiertas de cráteres. Hay además otros accidentes, como montañas, normalmente al borde de los mares, cañones y canales. Los cráteres, cuyos tamaños varían de menos de 1 m a más de 200 km de diámetro, y configuran el paisaje lunar característico, se consideran originados bien por el impacto de grandes meteoritos, bien por una actividad volcánica de la que actualmente no existe ningún vestigio.

Los científicos atribuyen a este satélite una edad de 4.500 a 5.000 millones de años. Según estos cálculos, la Luna se habría formado más o menos al mismo tiempo que la Tierra.

La exploración de la Luna, que se inició a principios de 1959, con el lanzamiento de la sonda *Luna I*, de la antigua Unión Soviética, llegó a su

momento culminante el 21 de julio de 1969, cuando el módulo lunar *Eagle*, tripulado por los astronautas estadounidenses Neil Armstrong y Edwin Aldrin, tomó contacto con la superficie lunar. El hombre pudo entonces dejar por vez primera su huella en nuestro satélite. Además, fue posible obtener abundantes imágenes fotográficas y recoger muestras de las rocas lunares. Posteriormente analizadas por los científicos, las muestras revelaron que el suelo lunar se compone básicamente de basaltos de composición algo diferente a los de la Tierra. Este primer alunizaje se llevó a cabo en el marco del programa espacial estadounidense Apolo, que se inició en el año 1964 y culminó con el vuelo del *Apolo XI* (16 al 24 de julio de 1969), que fue el que condujo al hombre a la Luna.

# ESTRUCTURA Y CARACTERÍSTICAS DE LA TIERRA

***Ya se ha dicho que la Tierra es un planeta esférico, que gira alrededor de sí mismo y alrededor del Sol. Pero, ¿cuál es la estructura y la composición de ese astro, el único del sistema solar en el que se tiene constancia de la existencia de vida?***

## SÓLIDA, LÍQUIDA Y GASEOSA

Lo primero que se puede apreciar, casi a simple vista, es que en la Tierra se distinguen tres capas, una sólida, una líquida y una gaseosa, denominadas respectivamente esfera sólida, hidrosfera y atmósfera.

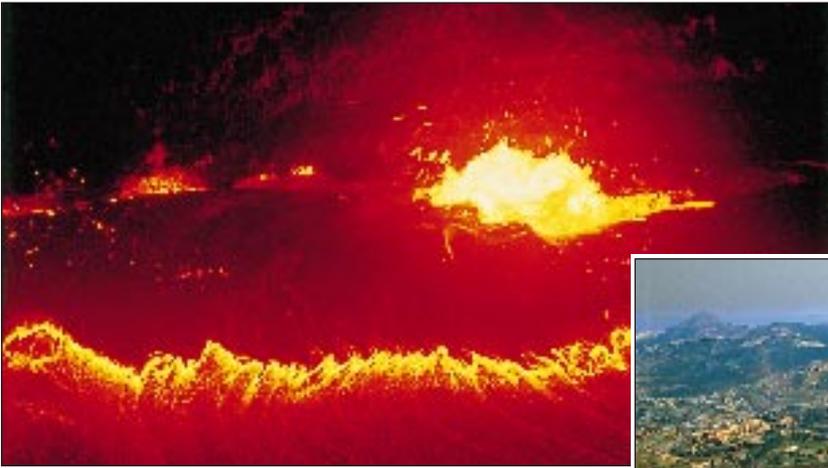
La **esfera sólida** está constituida por la masa compacta que forman los continentes y por las capas sólidas que existen debajo de los océanos y que llegan hasta el centro del planeta.

La **hidrosfera** es la capa líquida de la superficie terrestre. Está constituida por los océanos y mares, y también por las aguas interiores o continentales (lagos, ríos y depósitos subterráneos). Esta capa no existía cuando la Tierra se formó, y no apareció hasta que el enfriamiento del planeta provocó la condensación del vapor de agua que había en la atmósfera primitiva.

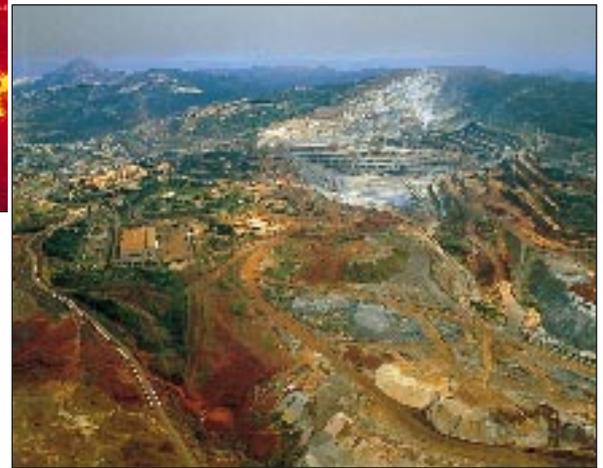
La atmósfera es la capa gaseosa que envuelve la Tierra. Al igual que ocurre con la hidrosfera, su existencia resulta imprescindible para el desarrollo de la vida. La atmósfera protege a la Tierra de las radiaciones que resultarían perjudiciales para la vida y actúa como regulador térmico, evitando el calentamiento o el enfriamiento excesivos de la superficie terrestre. En ella se producen los fenómenos que dan origen a los vientos y las lluvias, y por ello su participación en el clima es decisiva.

## EL ESTUDIO DE LA ESFERA SÓLIDA

Ni el estudio de la hidrosfera ni el estudio de la atmósfera han constituido un problema de excesiva complejidad para los científicos. El agua existente en la Tierra, tanto en los océanos como en los ríos y lagos, puede ser analizada con facilidad para



*Las minas (abajo) y los volcanes (izquierda) son dos estructuras de la corteza terrestre en las que se han podido constatar las elevadas temperaturas existentes en el interior de la Tierra.*



conocer su composición y sus características. Algo más compleja resultó la aproximación a la atmósfera, ya que hubo que esperar al perfeccionamiento de los globos aerostáticos para descubrir su estructura en capas y la composición de cada una de estas capas. Pero lo realmente complicado ha sido conocer la estructura y composición de la esfera sólida, ya que desciende a más de 6.000 km de profundidad y no es posible, con los métodos actuales, extraer muestras de los materiales que constituyen el centro de la Tierra. Para subsanar estos inconvenientes, los científicos han recurrido a diversos métodos que les han permitido aventurar una hipótesis sobre la estructura de la Tierra, comúnmente aceptada y bastante convincente.

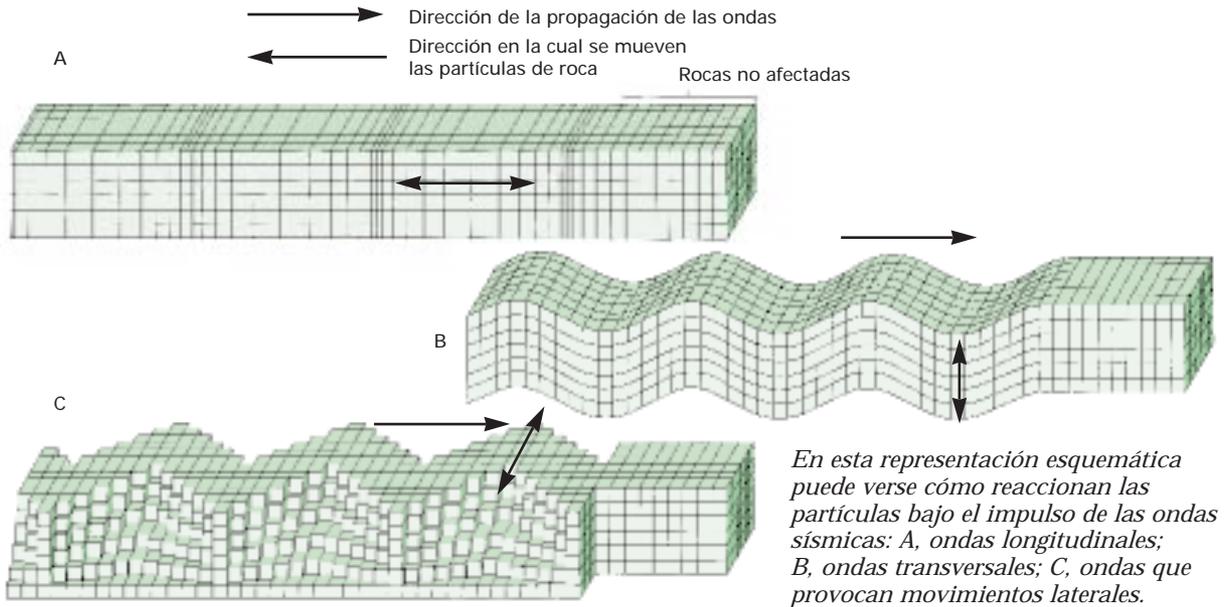
### **Los métodos de estudio de la Tierra**

Por un lado, están los métodos directos, que ponen a los científicos en contacto inmediato con rocas procedentes del interior de la Tierra. Destacan entre éstos los **sondeos de investigación**, que raras veces sobrepasan los 10 km de profundidad, aunque en algunas ocasiones se ha llegado a perforar hasta los 13 km. En general, lo que se hace en los sondeos es abrir un pozo vertical del que se extraen fragmentos de roca para ser analizados, y donde quedan al descubierto estratos que permiten estudiar la historia geológica de la Tierra. A menudo, estos pozos sirven también para perfeccionar los métodos de localización y exploración de los depósitos minerales. Aunque una profundidad de 13 km es insignificante en comparación con los más de 6.300 km que mide el radio de la esfera terrestre, la realidad es que de este tipo de sondeos se obtiene una cantidad muy importante de información.

Algo parecido ocurre cuando se excava el subsuelo, no con una finalidad científica, sino para explotar las reservas minerales que hay en su interior. Indirectamente, las minas, sobre todo las más profundas, pueden convertirse en valiosas fuentes de información.

Hay además otros métodos para tener un conocimiento directo de la composición interior de la Tierra. No se trata de métodos de exploración propiamente dichos, sino que aprovechan circunstancias derivadas de la misma dinámica de nuestro planeta. Es el caso, por ejemplo, de las erupciones volcánicas, en el transcurso de las cuales salen a la superficie lavas que con frecuencia arrastran fragmentos de roca procedentes de zonas muy profundas. El análisis de estas rocas permite conocer la composición del interior de la Tierra. En ocasiones, incluso rocas que han permanecido a grandes profundidades aparecen en la superficie como consecuencia de la erosión. Todos estos fenómenos ponen a disposición de los científicos materiales que pueden ser estudiados sin dificultad alguna.

Sin embargo, todos estos procedimientos nos permitirían conocer, a lo sumo, la estructura de los primeros 1.000 km del interior de la Tierra, mientras que el resto quedaría como una región inaccesible, de la que nada podría saberse. Evi-



dentemente, los científicos no han querido resignarse a esta ignorancia y, para combatirla, han ideado otros métodos que han hecho posible el conocimiento de la Tierra en toda su profundidad.

Estos sistemas son varios, pero el más importante, y del que se han derivado resultados más satisfactorios, es el **método sísmico**, que consiste en estudiar el desplazamiento de las ondas sísmicas por el interior de la Tierra.

Las **ondas sísmicas** son producidas por los terremotos, aunque pueden ser provocadas también artificialmente, por medio de explosiones muy potentes. Las que interesan esencialmente a efectos científicos son las primeras. Estas ondas se propagan en distintos sentidos, y también a menor o mayor velocidad, según los materiales que atraviesan. Por tanto, un cambio en la velocidad de propagación, o en la trayectoria de las ondas sísmicas, indica un cambio de la composición química de las rocas o en el estado físico en que se encuentran los materiales.

Existen tres tipos de ondas sísmicas, llamados, respectivamente, ondas P, ondas S y ondas L. Para el estudio de la composición de la Tierra sólo cuentan los dos primeros, ya que las ondas L se desplazan únicamente por la superficie de la corteza terrestre.

Las **ondas P**, llamadas también **ondas longitudinales**, se desplazan en sentido paralelo al de la fuerza que las ha propagado. Son las que alcanzan mayor velocidad, aunque ésta depende de la densidad del medio por el que se propagan.

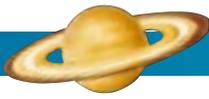
Las **ondas S**, llamadas también **ondas transversales**, se desplazan en sentido perpendicular al de la fuerza que las ha originado. Su máxima importancia radica en que no se propagan por los medios fluidos.

Las zonas en las que las ondas, cualesquiera que sean, cambian su velocidad o su forma de propagación, se denominan **zonas de discontinuidad**.

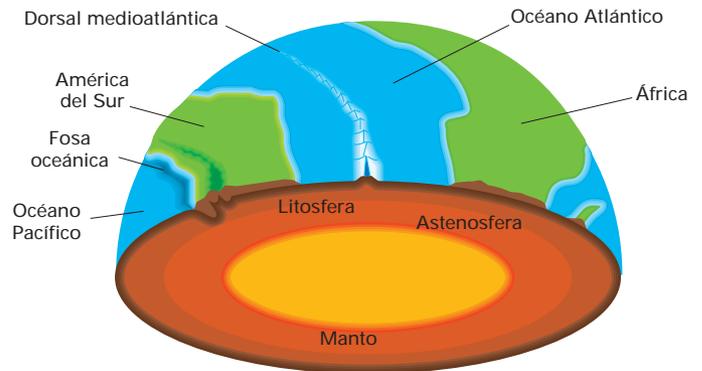
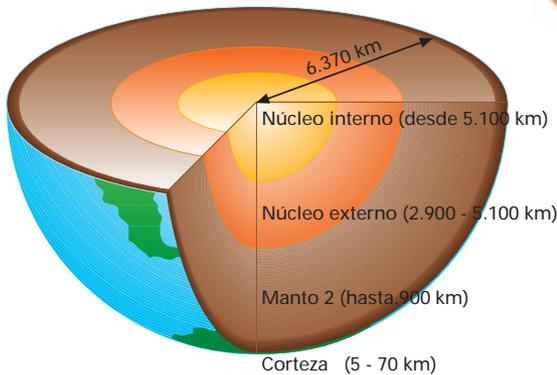
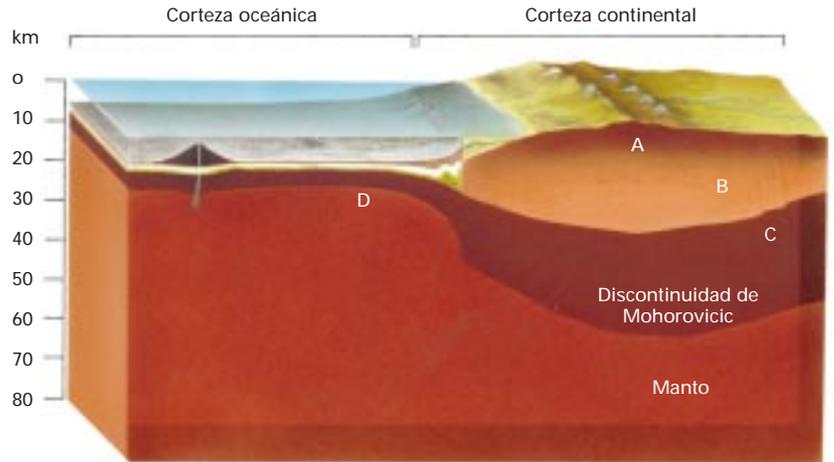
## LA ESTRUCTURA DE LA TIERRA

Como hemos visto, el estudio sistemático de la propagación de las ondas sísmicas ha permitido establecer una teoría sobre la estructura y composición del interior de la Tierra. Esta teoría no es completamente segura, ya que no está perfectamente probada, pero existen razones suficientes para aceptarla, aunque sin descartar que en el futuro pueda modificarse en alguno de sus aspectos.

Según esta teoría, la Tierra se compone de tres capas concéntricas: la **corteza**, el **manto** y el **núcleo**, de menor a mayor profundidad. La separación entre estas tres capas se ha podido establecer gracias a la propagación de las ondas sísmicas, ya que entre la corteza y el manto existe una zona de discontinuidad, llamada **discontinuidad de Mohorovicic**, en la que aumenta la velocidad de propagación de las ondas P y S. Esta discontinuidad se halla situada a unos 30 km de profundidad, y fue descubierta en 1910 por el científico que le da nombre. También la separación entre el



Estas tres ilustraciones muestran, desde distintos puntos de vista, la estructura de la Tierra. En la de la derecha, resulta evidente que la corteza terrestre es mucho más espesa debajo de los continentes que debajo de los océanos.



El manto y el núcleo vienen dadas por una zona de discontinuidad, denominada **discontinuidad de Gutenberg**. Esta zona, que fue descubierta en 1906, se caracteriza por un notable descenso de la velocidad de las ondas P y por la desaparición de las ondas S, que no se propagan a mayor profundidad.

De acuerdo con estos datos, sabemos que la **corteza terrestre** es la zona comprendida entre la superficie y la discontinuidad de Mohorovicic. Su espesor medio es de unos 30 km, pero disminuye notablemente debajo de los océanos, donde varía entre los 5 y los 10 km, y puede aumentar hasta los 70 km debajo de los grandes sistemas montañosos. En general, se acepta que la corteza está dividida en dos capas: una superior en la que predomina el granito, y otra inferior en la que predomina el basalto.

El **manto**, la segunda capa de la estructura terrestre, está formado principalmente por silicatos, y se extiende desde la corteza hasta el núcleo. Está dividido en dos partes: el **manto superior** y el **manto inferior**. El primero llega hasta los 700 km de profundidad, y el segundo hasta

los 2.900 km, donde se encuentra la discontinuidad de Gutenberg. Dentro del manto superior, a una profundidad entre 50 y 200 km, existe una zona donde la velocidad de propagación de las ondas sísmicas disminuye considerablemente. Esta zona se conoce con el nombre de **astenosfera** o **zona de velocidad reducida**, y en ella se originan la mayor parte de los terremotos. Los científicos explican esta disminución de la velocidad de las ondas sísmicas por la existencia de rocas fundidas o semifundidas, que son además las responsables de que existan en la astenosfera corrientes de convección.

El conjunto formado por la corteza y el manto, hasta la astenosfera, recibe el nombre de **litosfera**. Se trata de una zona estructurada en casquetes esféricos, denominados **placas**, que poseen una gran rigidez. Su estudio ha dado lugar a una teoría sobre la formación de los continentes, que es en la actualidad la que goza de mayor aceptación.

Por debajo de la corteza y del manto se encuentra el **núcleo**, que constituye el elemento central de la Tierra. El núcleo se extiende a partir de los 2.900 km, es decir, desde la discontinuidad de

Gutenberg. El hecho de que en esta zona dejen de propagarse las ondas S indica que los materiales se encuentran aquí en estado fluido. Este sector, que llega hasta los 5.100 km de profundidad, se denomina **núcleo externo**. Después, a partir de los 5.100 km, se registra un aumento en la velocidad de propagación de las ondas P, lo que señala el paso a una zona donde los materiales se encuentran de nuevo en estado sólido. Es el **núcleo interno**, que llega hasta los 6.370 km de profundidad, es decir, hasta el centro del planeta. En su conjunto, el núcleo está constituido fundamentalmente por hierro (Fe) y una cierta proporción de níquel (Ni). De ahí proviene el nombre de NIFE, como también se le conoce. Al parecer, en la parte fluida del núcleo existe una serie de corrientes que podrían ser el origen del campo magnético terrestre.

## ALGUNAS CARACTERÍSTICAS DE LA TIERRA

Los diversos métodos de investigación aplicados al conocimiento de la estructura interna de la Tierra han permitido establecer también, con bastante exactitud, su temperatura y su densidad.

Por la actividad de los volcanes, los hombres pudieron comprobar en fechas tempranas que las rocas que constituyen el interior del globo terrestre se encuentran a temperaturas muy elevadas. En efecto, el hecho de que las lavas sean impulsadas con fuerza hacia el exterior, y a temperaturas que pueden superar los 1.000 °C, pone de manifiesto con toda claridad que en el corazón de la Tierra existen grandes presiones y temperaturas infinitamente superiores a las que se registran en la superficie. Por si esto fuera poco, cuando se empezaron a excavar minas profundas para

la extracción de minerales se constató que las mismas rocas podían encontrarse a temperaturas de más de 50 °C.

Éstas y otras experiencias directas han permitido determinar que la temperatura aumenta en el interior del globo en una proporción de 1 °C por cada 100 m de profundidad. Ese incremento de las temperaturas, que afecta esencialmente a las capas externas de nuestro planeta, se conoce con el nombre de **gradiente geotérmico**.

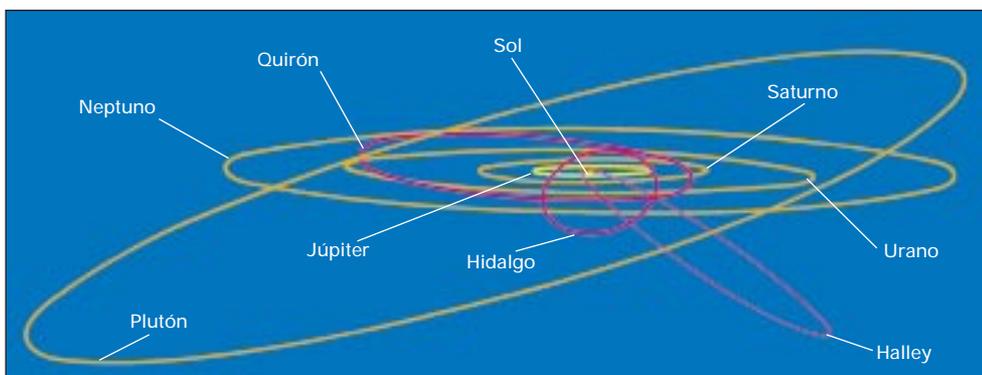
A mayor profundidad, las temperaturas aumentan en menor medida, ya que de mantenerse constante este gradiente en el centro de la Tierra se alcanzarían los 200.000 °C, cuando la realidad es que no se superan los 4.500 °C.

Gracias a complejos cálculos astronómicos, se sabe que la densidad media de la Tierra es de 5,5 g/cm<sup>3</sup>. No obstante, y tal como ocurre con la temperatura, la densidad varía de forma considerable desde la superficie hasta el centro de la Tierra. Así, mientras que las rocas de la superficie tienen una densidad de 2,8 g/cm<sup>3</sup>, las del interior pueden llegar a superar los 7 g/cm<sup>3</sup>.

La existencia de diferentes capas con distinta densidad en el interior del globo terrestre se puede explicar en razón del incremento de la temperatura y también por la radiactividad natural que desprenden las rocas.

## La gravedad

Una característica importante de nuestro planeta es la existencia de la fuerza de la gravedad, que no se observa en otros astros del sistema solar. Esta fuerza gravitatoria, que nos permite mantenernos en pie sobre la superficie terrestre, fue enunciada científicamente por Isaac Newton en el siglo XVII. Este científico británico demostró y enunció la llamada **ley de la gravitación universal**, según la cual los cuerpos se atraen con una fuerza directa-



*En este esquema del sistema solar aparecen representadas las órbitas de cinco planetas exteriores (Júpiter, Saturno, Urano, Neptuno y Plutón), de dos asteroides (Hidalgo y Quirón) y del cometa Halley.*



mente proporcional a su masa e inversamente proporcional al cuadrado de sus distancias.

La gravedad se manifiesta como una fuerza que atrae los cuerpos hacia el centro del planeta, por lo que es mayor cuanto más cerca estamos de él, y disminuye conforme aumenta la distancia que nos separa del mismo. Como consecuencia de esto, la gravedad es mucho mayor al nivel del mar que sobre la cumbre de una montaña, y su fuerza se reduce considerablemente en las capas más elevadas de la atmósfera.

Existe asimismo una diferencia notable de la fuerza de la gravedad en el ecuador y en los polos. Es mucho mayor en los polos, a causa de la

acción de la fuerza centrífuga debida a la rotación de la Tierra.

La observación de la gravedad terrestre, que no es más que una manifestación particular de la gravitación universal, le sirvió a Newton para explicar la gravitación de los planetas alrededor del Sol, y de los satélites alrededor de los planetas. Newton demostró así que los planetas son impulsados por una fuerza centrífuga que tiende a desviarlos de sus órbitas por la tangente, pero que están al mismo tiempo sometidos a la intensa atracción que ejerce sobre ellos la masa del Sol, la cual les impide mantener esta desviación, obligándoles a cerrar sus trayectorias elípticas.

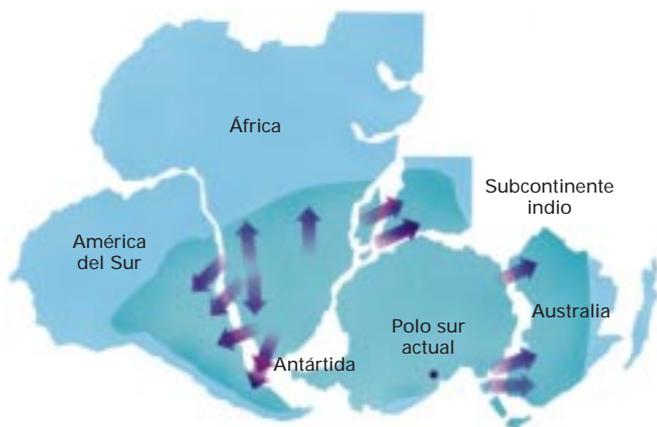
## LA FORMACIÓN DE LOS CONTINENTES

***La corteza terrestre, y más concretamente la litosfera, que engloba la corteza y la parte superior del manto, no es una capa estática, sino que se encuentra en movimiento. Esto es algo que no se ha llegado a saber hasta épocas recientes, y que se ha podido averiguar esencialmente gracias a los datos enviados por los satélites artificiales y al estudio sistemático de los fondos oceánicos.***

### LA TEORÍA DE WEGENER

Los datos obtenidos a través de los satélites artificiales han demostrado que los continentes se separan entre sí unos pocos centímetros cada año. El estudio de los fondos submarinos ha puesto de

*Así se fragmentaron y se desplazaron las masas continentales en el hemisferio sur, a partir del gran continente único.*



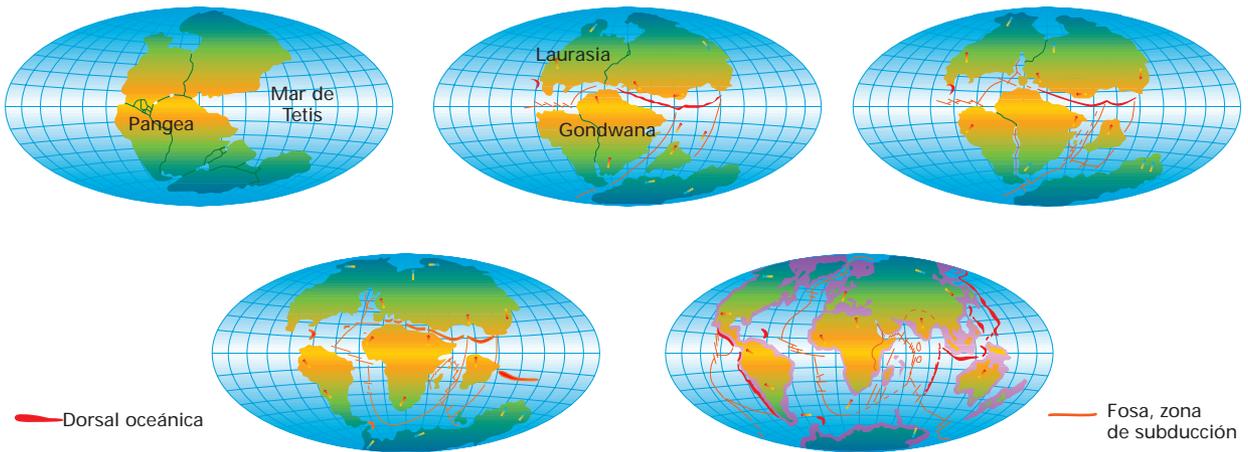
manifiesto además que a través de las grandes dorsales oceánicas brotan constantemente grandes ríos de lava, que contribuyen a la renovación de la corteza submarina.

La constatación de estos y otros procesos ha llevado a la formulación de la teoría de la **tectónica de placas**, que permite explicar todos los fenómenos que tienen lugar en la litosfera y dan origen a la formación de las cordilleras, los océanos, las zonas volcánicas, etc.

Pero antes de formularse la teoría de la tectónica de placas, el meteorólogo y explorador Alfred Wegener ya había intentado explicar la formación de los grandes sistemas montañosos mediante la teoría denominada de la **deriva de los continentes**. A pesar de las pruebas aportadas por Wegener, los científicos de la época no dieron crédito a una teoría que ahora ha podido ser demostrada mediante el dinamismo de la tectónica de placas.

### La deriva de los continentes

Ya en los siglos XVI y XVII, cuando se confeccionaron los primeros mapas del mundo, los cartógra-



*Según la teoría de la tectónica de placas, la formación de los continentes siguió las diversas fases que muestran los planisferios de la ilustración.*

fos observaron que existía una gran semejanza entre las costas situadas a ambos lados del Atlántico; por ejemplo, entre la costa oriental de América del Sur y la occidental de África, así como entre la península Arábiga y las costa nororiental africana. Esta semejanza, que en aquel entonces no pasó de ser una curiosidad, inspiró a Alfred Wegener su teoría de la deriva continental.

Wegener se basó también en la presencia de fósiles idénticos, de la flora y de la fauna, en continentes que actualmente se encuentran muy alejados, y en la existencia de formaciones geológicas asimismo muy parecidas, en zonas que aparentemente nada tenían que ver entre sí.

A raíz de estas constataciones, Wegener llegó a la conclusión de que todas las tierras emergidas del planeta estuvieron unidas en una época geológica muy remota, formando un solo continente de grandes dimensiones. Esta gran masa continental única, que ha sido denominada **Pangea**, empezó a dislocarse poco a poco como consecuencia de las fuerzas centrífugas derivadas de la rotación terrestre. Inicialmente, se habrían formado diversos bloques continentales, y después estos bloques comenzaron a desplazarse, acercándose o alejándose. Este movimiento de «deriva de los continentes» es el que ha dado nombre a la teoría.

La deriva de los continentes permite explicar la formación de los principales sistemas montañosos del planeta. Según esta teoría, los continentes, al avanzar, comprimieron y plegaron los sedi-

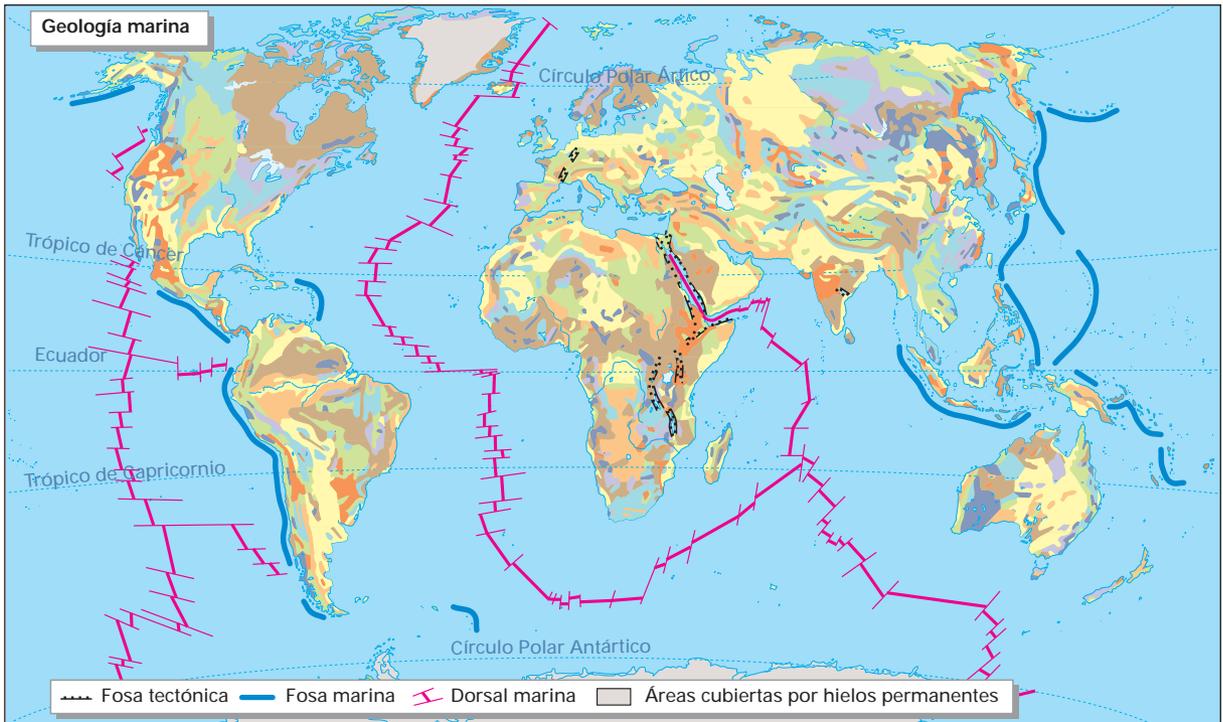
mentos existentes en el fondo de los océanos, haciendo surgir así las grandes cordilleras.

De este modo, el avance hacia el oeste de la gran masa americana dio origen a la formación de las montañas Rocosas y los Andes, situados ambos en la costa oeste del continente. Del mismo modo, el avance de la gran plataforma euroasiática hacia el este propició la formación de las cordilleras que bordean el Pacífico, situadas en este caso en la costa este del continente. Los Alpes y el Himalaya surgieron, en cambio, por aproximación de masas continentales. En el primer caso, por el acercamiento entre Europa y África, y en el segundo, por la aproximación de la gran masa euroasiática y la península del Deccán.

## LA TECTÓNICA DE PLACAS

Hasta mediados del siglo xx, la teoría de la deriva de los continentes fue el único intento de explicación científica de la formación de las grandes masas continentales. Por entonces, el estudio sistemático de los fondos oceánicos permitió elaborar mapas topográficos de las cuencas sumergidas, y se extrajeron muestras de rocas para su análisis. Se descubrió, así, que los fondos de los océanos no son estáticos, sino que se hallan en movimiento, creándose en unas zonas y destruyéndose en otras.

Y de este modo se llegó a la formulación de la teoría de la tectónica de placas, según la cual la litosfera está constituida por grandes placas rígidas que se encuentran en movimiento, ya que no se asientan sobre una capa sólida, sino sobre una capa de material viscoso: la astenosfera.



Esta teoría tiene una gran importancia, puesto que permite explicar satisfactoriamente todos los procesos geotectónicos: la formación de los continentes y de las cadenas montañosas, el origen de los océanos, el vulcanismo y los sismos o terremotos.

Existen seis grandes placas: la africana, la americana, la euroasiática, la indoaustrialiana, la pacífica y la antártica, así como algunas placas menores que se insertan entre ellas. Entre estas últimas cabe destacar la placa arábiga, la filipina y la de nazca. Estas placas pueden ser, según su composición, **continentales, oceánicas o mixtas**.

Las zonas de contacto entre placas son las zonas más inestables de la Tierra, y en ellas suele registrarse una gran actividad volcánica y sísmica.

Sin embargo, las placas litosféricas no existían en los orígenes del planeta. La teoría de la deriva de los continentes acertó al afirmar que en un principio había un único bloque continental de enormes dimensiones. Pero este bloque no se dislocó como consecuencia del movimiento de rotación de la Tierra, sino a raíz de la actividad existente en la astenosfera. Dicha actividad permite explicar la formación de las placas litosféricas y, como consecuencia, la formación de los continentes y océanos. El proceso sería aproximadamente el siguiente:

a) desde la astenosfera ascienden materiales que provocan una fractura en la litosfera, y en concreto, en un bloque continental que hasta entonces estaba unido; b) se produce a la sazón una gran depresión o hundimiento en la masa continental, y se forman dos bloques, uno a cada lado de la depresión, que comienzan a separarse; c) la zona hundida llega a quedar por debajo del nivel del mar y las aguas de los océanos cercanos la invaden, dando origen a un nuevo mar, que es al principio pequeño y estrecho; y d) puesto que los bloques continentales no dejan de separarse, el mar se hace cada vez mayor, hasta llegar a convertirse en un gran océano con el fondo surcado en su centro por una enorme dorsal, por la que sigue emergiendo material procedente de la astenosfera.

Este proceso tuvo su origen en un momento determinado de la historia geológica de la Tierra, pero desde entonces no se ha interrumpido. Los continentes siguen separándose, y los mares agrandándose. Lo que ocurre es que todo tiene lugar a un ritmo tan lento que no es posible advertirlo a simple vista, sino tan sólo por medio de las mediciones científicas. Así, por ejemplo, los continentes han tardado en llegar a su disposición actual unos 225 millones de años; se necesitaría otro tanto, por consiguiente, para que se produjera un cambio sustancial.

En el momento actual, podemos observar océanos plenamente formados, como el Atlántico, que surgió como consecuencia de la separación de las placas americana, africana y euroasiática. Pero existen también océanos que se encuentran en su estadio inicial. Éste sería el caso, por ejemplo, del mar Rojo, surgido a raíz de la separación de las placas africana y arábiga; es muy probable que este mar, tras una larga evolución geológica, llegue a convertirse en un gran océano.

### El movimiento de las placas

Acabamos de conocer los procesos que han llevado a la formación de las placas litosféricas. Pero estas placas siguen en movimiento, por lo que ahora debemos analizar cómo se desplazan y cómo interactúan unas con otras.

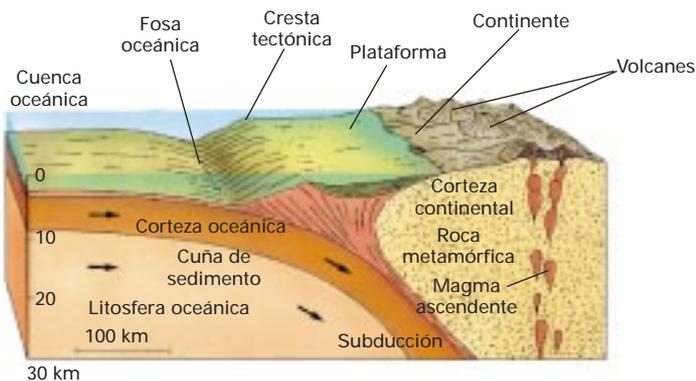
En las denominadas dorsales o crestas centrooceánicas, las placas se separan unos pocos centímetros cada año. Esto se debe al continuo proceso de creación de la litosfera que tiene lugar en el fondo de los océanos.

Por las dorsales o crestas centrooceánicas, que son en realidad los valles hundidos que han dado origen a la separación de los continentes, emergen continuamente materiales volcánicos que renuevan la litosfera oceánica. Estos materiales,

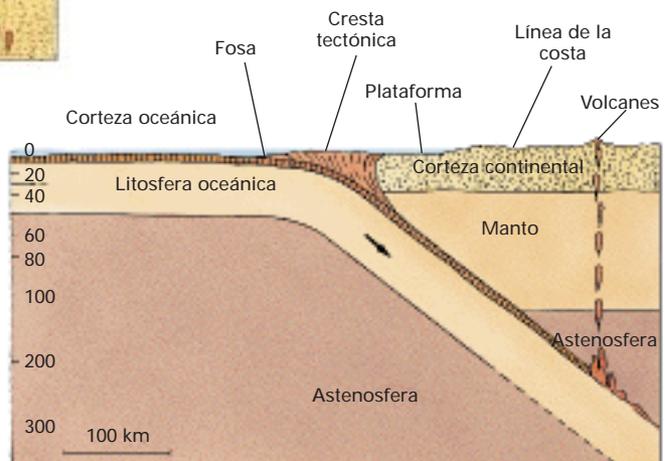
que brotan por lo general en estado líquido o viscoso, se solidifican al llegar a la superficie y se depositan sobre el fondo, a ambos lados de las dorsales, desplazando a los materiales que había anteriormente. Este proceso da lugar a una expansión del fondo oceánico que tiene que ser compensada necesariamente por un proceso de signo contrario, pues en otro caso la superficie de la Tierra aumentaría constantemente, cuando es un hecho constatado que mantiene su tamaño.

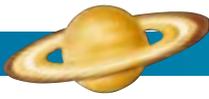
Observamos, por tanto, que al proceso de renovación y creación de la litosfera oceánica se opone otro de destrucción de la misma. Por el primero, las placas litosféricas se separan; por el segundo, se aproximan y se hunden unas debajo de las otras. El primer proceso se denomina de separación; el segundo, de subducción.

La subducción tiene lugar cuando dos placas que avanzan una hacia otra llegan a encontrarse; entonces, una de las placas se pliega y se desliza debajo de la contraria. Esta placa sigue avanzando hacia abajo y alcanza grandes profundidades, donde los materiales se funden y pasan a formar parte de nuevo de la astenosfera. Así se completa el ciclo: por un lado, ascienden materiales de la astenosfera por el centro de las dorsales oceánicas; por otro lado, otros materiales vuelven a ella a través de los



*En las zonas de contacto entre placas es donde la litosfera se muestra más activa. En algunos casos, la aproximación de dos placas distintas da lugar a la subducción de una de ellas, tal como muestra la figura inferior a escala real y la figura de la izquierda a escala muy aumentada. Abajo a la izquierda, vista aérea de la falla de San Andrés.*





márgenes de las placas litosféricas que se hunden. La superficie de la Tierra se renueva permanentemente, pero su tamaño permanece constante.

El acercamiento que da lugar a la subducción puede tener lugar entre dos placas oceánicas o entre una placa oceánica y una continental. Cuando son dos placas oceánicas las que se acercan, normalmente se forma un arco insular volcánico flanqueado por una gran fosa submarina. Es el caso, por ejemplo, del Japón y de las islas Marianas. Cuando se aproximan una placa continental y una oceánica, los materiales sedimentarios acumulados en el fondo del océano se pliegan y se fracturan, dando origen a una cadena montañosa. Así se han formado cordilleras como los Andes.

También puede darse el caso de que se aproximen entre sí dos placas continentales. Entonces, como las dos suelen ser de grosor y composición muy semejantes, no se produce subducción, sino que una se desliza sobre la otra, sufriendo un plegamiento como consecuencia del roce y dando origen asimismo a una cadena montañosa. Así se explica, por ejemplo, la formación del Himalaya, resultado de la colisión de la placa de la península del Deccán con la placa euroasiática. Finalmente, dos placas contiguas pueden resbalar una con-

tra otra, dando origen entonces a las llamadas **fallas transformantes**. Estas zonas son áreas de gran inestabilidad, en las que se registra por lo general una importante actividad sísmica. Constituye un buen ejemplo la falla de San Andrés, en la costa occidental de América del Norte.

### **Cómo se explica el movimiento de las placas**

El origen del movimiento de las placas parece encontrarse en los flujos de calor existentes en la astenosfera. En esta zona del manto se produce una serie de corrientes de convección, como consecuencia de las cuales las masas más calientes ascienden y las más frías descienden, originándose así un movimiento circular constante.

Las masas ascendentes, cuando encuentran una fractura en la litosfera que les permite salir al exterior, abandonan la astenosfera y pasan a formar parte de la corteza terrestre. Si no encuentran ninguna abertura, se enfrían en contacto con la capa superior y vuelven a descender, cerrando el círculo.

Las masas que descienden arrastran a veces consigo partes de la litosfera que se hunden, y que se funden al entrar en contacto con los materiales más calientes y viscosos de la astenosfera.

# **LOS FENÓMENOS VOLCÁNICOS Y SÍSMICOS**

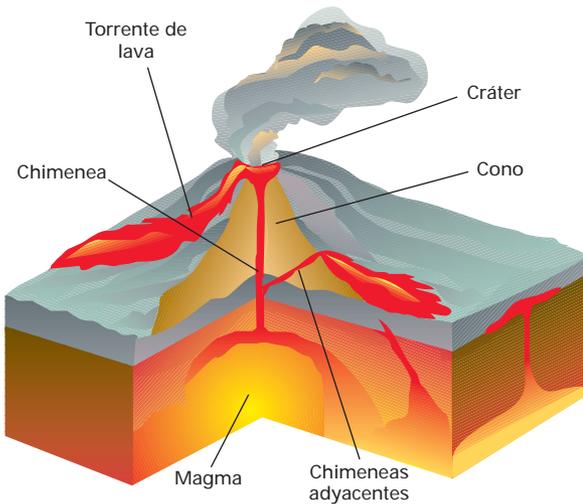
***De lo dicho hasta aquí, se deduce que los fenómenos volcánicos y sísmicos guardan una estrecha relación con la configuración de la litosfera en placas rígidas y con los movimientos que llevan a cabo dichas placas. De hecho, la mayoría de los volcanes están situados en las zonas correspondientes a los límites entre placas, ya que es en dichas zonas donde existen fracturas que permiten salir al exterior los materiales fundidos existentes en la parte inferior de la corteza o en la capa superior del manto. También los sismos o terremotos tienen su origen casi siempre en las zonas de contacto entre placas, y muy particularmente en aquellos lugares donde las placas se deslizan entre sí mediante un desplazamiento lateral.***

## **QUE ES UN VOLCAN**

Un volcán es un punto de la superficie terrestre, que puede encontrarse sobre los continentes o en el fondo de los océanos, por el que son expulsados al exterior productos magmáticos acumulados en el interior de la Tierra. El volcán consta,

por tanto, de una abertura superficial y una estructura interna, aunque en el lenguaje corriente se suele dar este nombre a la montaña que forman los productos magmáticos al depositarse sobre el suelo una vez arrojados al exterior.

En la base de las erupciones volcánicas se encuentra el **magma**, un material fluido acompa-



*A la izquierda, corte longitudinal de un volcán con las distintas partes que lo componen. A la derecha, el volcán Krakatoa, en la isla del mismo nombre.*

ñado por algunos gases, que se origina en el interior de la Tierra por la fusión de rocas sólidas sometidas a elevadas temperaturas. El magma puede introducirse en las grietas de otras rocas y solidificarse en ellas paulatinamente, dando origen en ese caso a las rocas intrusivas o plutónicas, o puede acumularse en grandes cámaras situadas a una profundidad que oscila entre los 10 y los 70 km. En este segundo supuesto, la presión va aumentando en el interior de la cámara hasta que llega a ser tan fuerte que el magma se abre paso hacia la superficie. Entonces tiene lugar lo que se denomina una **erupción volcánica**.

Se ha dicho que el volcán consta de una abertura superficial y una estructura interna. Todo ello está constituido por una serie de partes o elementos estructurales, que son los siguientes: la **cámara magmática**, donde se acumula el magma antes de salir a la superficie; la **chimenea**, que es el conducto de salida o fractura a través de la cual el magma asciende hasta la superficie; el **cráter**, que es el orificio de salida del magma; y el **cono volcánico**, o elevación topográfica que forman los materiales arrojados al exterior; el cono volcánico es lo que habitualmente se conoce con el nombre de «volcán», y en su parte superior se encuentra situado el cráter.

## LA ACTIVIDAD DE LOS VOLCANES

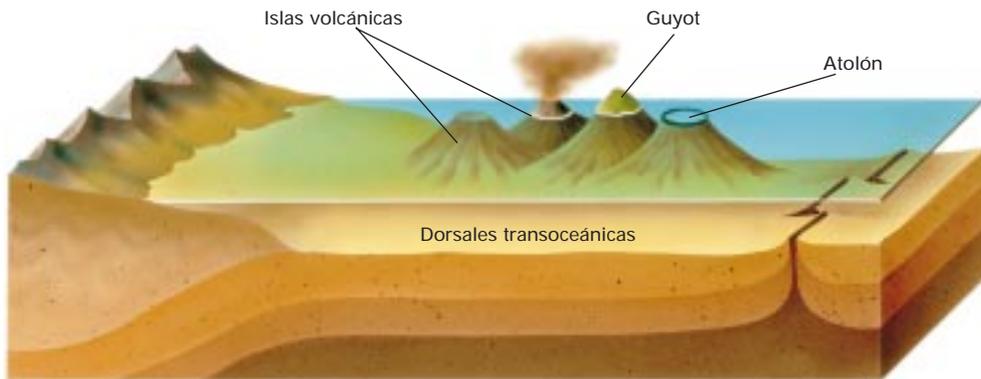
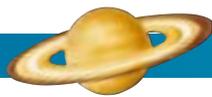
Los volcanes no siempre arrojan productos magmáticos por su boca, ya que el magma no se encuentra siempre a la presión necesaria para salir a la superficie. Por este motivo, un volcán

puede estar **dormido**, **apagado** o **activo**. Está activo cuando arroja materiales por el cráter, y dormido o apagado cuando no los arroja. La diferencia entre esos dos estados consiste en que, cuando está dormido, el volcán puede entrar de nuevo en erupción, mientras que cuando está apagado no se espera que vuelva a hacerlo.

Las erupciones de los volcanes no siempre se producen de la misma forma. A veces son silenciosas y tranquilas, y otras veces van acompañadas de violentas explosiones. Esto depende esencialmente de la composición del magma y de la cantidad de gases que lo acompañan.

Si el magma es muy fluido y de composición básica, normalmente las erupciones son tranquilas. Por el contrario, si es viscoso y de composición ácida, las erupciones van acompañadas de explosiones muy violentas. Cuando una explosión es tan violenta que llega a destruir el cono volcánico en su totalidad, aparece sobre el terreno una depresión de forma redondeada que recibe el nombre de **caldera**.

En cuanto sale a la superficie y se libera de los gases que lo acompañan, el magma recibe el nombre de **lava**. Así, pues, podemos definir la lava como el producto líquido que arrojan los volcanes. Al igual que el magma, la lava puede ser básica o ácida. Cuando es básica, y por tanto pobre en sílice, desciende por las laderas del cono volcánico formando grandes **coladas** o **mantos**, que pueden llegar a cubrir extensiones de varios kilómetros. Cuando es ácida, y por tanto rica en sílice, se solidifica rápidamente y forma coladas cortas. A veces la lava se acumula incluso en la propia chimenea del volcán, obstruyendo la sali-



*En ocasiones, los volcanes emergen de las profundidades oceánicas formando islas, atolones y guyots*



da hasta que la presión de los gases la hace estallar. También puede ocurrir que se acumule por encima del cráter, formando **agujas**, que pueden llegar a alcanzar cientos de metros de altura.

Cuando las erupciones volcánicas tienen lugar en el fondo del mar, la lava puede acumularse en la superficie de las aguas, dando lugar al solidificarse a la formación de islas o archipiélagos, de los que se dice entonces que son de origen volcánico. Es el caso de las islas Canarias, que constituyen todavía un foco de vulcanismo activo.

### Productos que arrojan los volcanes

Los volcanes arrojan productos gaseosos y líquidos, pero a veces las lavas se solidifican en el interior del volcán y salen al exterior en forma de materiales sólidos. Así, pues, por los cráteres de los volcanes salen materiales gaseosos, sólidos y líquidos.

Los materiales gaseosos, que acompañan al magma en la cámara magmática, son los responsables de las explosiones violentas. Los más corrientes son el dióxido de carbono y el dióxido de azufre, aunque a veces también se detecta metano y ácido sulfhídrico.

Los materiales líquidos son las lavas, que salen a temperaturas de entre 1.000 y 2.000 °C. Las lavas son los principales causantes de las catástrofes que a menudo se derivan de las erupciones volcánicas, ya que arrasan a su paso todo lo que encuentran, tanto bosques o tierras de cultivo como asentamientos humanos. Su única ventaja es que al enfriarse se convierten en suelos muy fértiles para la agricultura.

Los materiales sólidos proceden, por lo general, de la solidificación de la lava, que puede producirse en el interior del volcán o al ser arrojada al exterior. A veces, sin embargo, se trata de rocas arrancadas por el magma al ascender hacia la

*Cuando entran en erupción, los volcanes arrojan materiales de tamaño muy diverso, desde pequeños fragmentos rocosos llamados lapilli (arriba) hasta grandes bloques que reciben el nombre de bombas (abajo).*

superficie. Estos materiales se clasifican según su tamaño en:

**Polvo volcánico y cenizas:** son las partículas más finas, y pueden formar grandes nubes oscuras que llegan en forma de lluvia hasta varios kilómetros alrededor del volcán; si no cae en cantidades excesivas, la ceniza, al igual que la lava, aumenta la fertilidad del suelo.

**Lapilli:** formado por fragmentos de 2 a 64 mm.

**Bloques:** los fragmentos irregulares de más de 64 mm.

**Bombas:** fragmentos redondeados formados normalmente en el aire por solidificación de la lava expulsada en estado líquido.

Los bloques y las bombas generalmente presentan un tamaño parecido al de una manzana, por ejemplo, pero pueden llegar a medir varios metros y su peso es entonces de varias toneladas.

## CLASIFICACIÓN DE LOS VOLCANES

En función de los materiales que arrojan y de las características peculiares que presenta su forma de erupción, los volcanes se clasifican en cuatro grupos distintos: hawaiano, estromboliano, vesubiano y peleano.

El tipo **hawaiano** debe su nombre a las islas Hawai, donde se encuentran los ejemplos más representativos. Los volcanes de este tipo arrojan lavas muy líquidas, abundantes y tranquilas, que producen coladas de varios kilómetros de extensión. A veces estas lavas forman grandes lagos en el cráter antes de derramarse por las vertientes del cono volcánico, que son normalmente de pendiente muy suave. Los conos pueden alcanzar gran altura, y los cráteres son normalmente de gran diámetro y presentan formas muy aplanadas.

El tipo **estromboliano** debe su nombre al volcán Stromboli, situado en las islas Lípari, cerca de Italia. Son volcanes que arrojan lavas bastante líquidas, formando largas coladas, pero que proyectan también bombas y cenizas, que salen cata-pultadas por encima del cráter y normalmente vuelven a caer dentro de él.

El tipo **vesubiano**, que debe su nombre al volcán Vesubio (en el sur de Italia), se conoce también como **vulcaniano**. Se caracteriza por producir erupciones muy violentas y la efusión de una lava espesa que se solidifica rápidamente. Esta lava suele taponar el cráter, y es expulsada vio-

lentemente al producirse la explosión que señala el comienzo de la erupción. Los volcanes de este tipo arrojan también cenizas y piedras, y a menudo forman sobre el cráter una gran nube de gases en forma de pino.

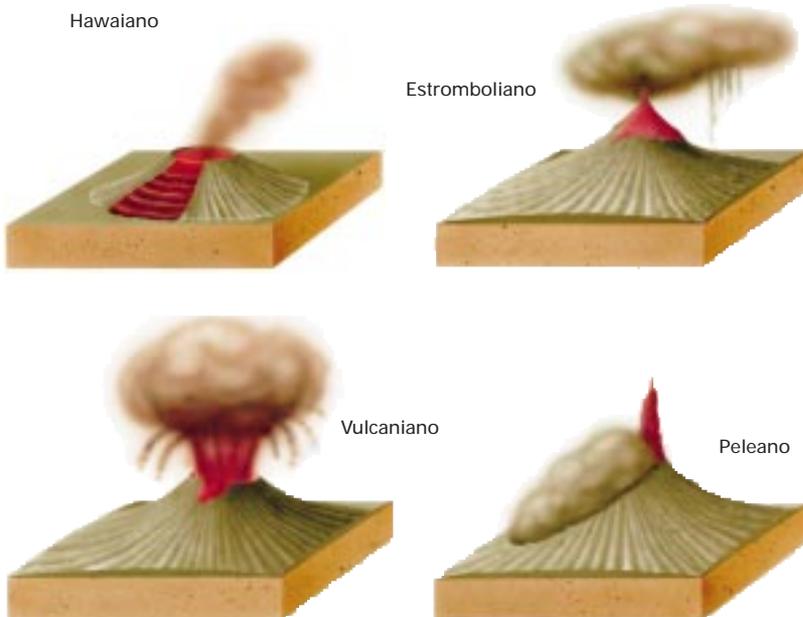
Finalmente, el tipo **peleano**, que debe su nombre a la Montaña Pelada (*Montagne Pelée*), una cumbre volcánica de la isla antillana de la Martinica, se caracteriza por una erupción explosiva que arroja lavas muy viscosas acompañadas de nubes de gases que arrasan todo lo que encuentran a su paso. Estas nubes se denominan **nubes ardientes**, y están formadas por una mezcla de gases, vapor de agua y cenizas. Los volcanes peleanos son también los que pueden formar grandes **agujas** de lava, que se desploman al solidificarse. Es famosa la erupción de la Montaña Pelada que tuvo lugar en 1902, durante la cual llegó a formarse una gran aguja de más de 300 m de altura.

## SITUACIÓN DE LOS VOLCANES

Los volcanes se distribuyen por las áreas más activas del planeta, es decir, por aquellas zonas donde las placas litosféricas presentan un mayor dinamismo. Esencialmente, existen cuatro grandes zonas volcánicas:

El **cinturón de fuego del Pacífico**, que engloba las costas de América y Asia. Esta zona comprende más del 80 % de los volcanes activos, ya que es un área de subducción, en la que existe una placa litosférica que se desliza por debajo de otra más densa y estable. En ella se incluyen todos los grandes volcanes americanos, como el Mount Saint Helene, el Popocatépetl, el Cotopaxi o el Chimborazo, también los principales volcanes asiáticos (Kliutxevski, Fuji-Yama, Krakatoa) y los de las islas Hawai (Mauna Loa).

La región **mediterráneo-asiática**, en la que se encuentran volcanes tan importantes como el Vesubio, el Etna, el Stromboli y el Vulcano. Esta región incluye también

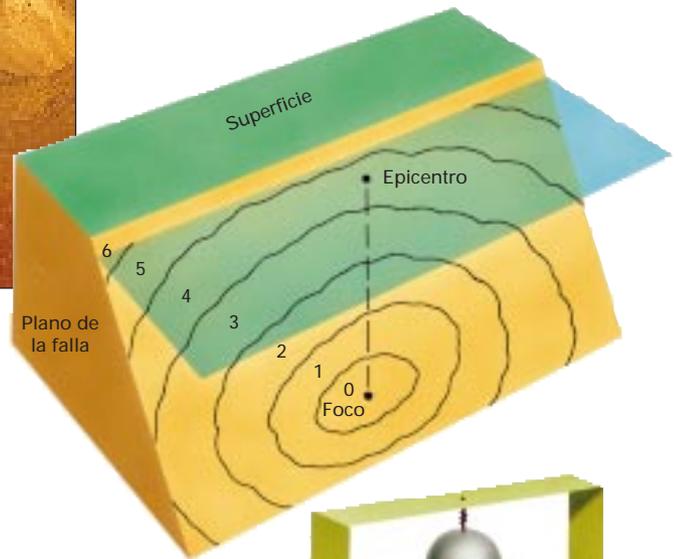


*Este es el aspecto que ofrecen, en líneas generales, los distintos tipos de volcanes cuando entran en erupción.*



*El volcán Chachani es una cumbre de los Andes peruanos, que alcanza los 6.075 m.*

*Propagación de las ondas sísmicas a partir del foco de un terremoto.*



una parte de Asia, que se extiende hasta el mar Caspio, en la que se hallan asimismo algunos volcanes que merecen ser destacados, como el monte Ararat, en Turquía, y el monte Elbruz, en Rusia. En esta zona, la existencia de fenómenos volcánicos se debe a la inestabilidad de la litosfera como consecuencia del desplazamiento lateral de la placa africana con respecto a la euroasiática.

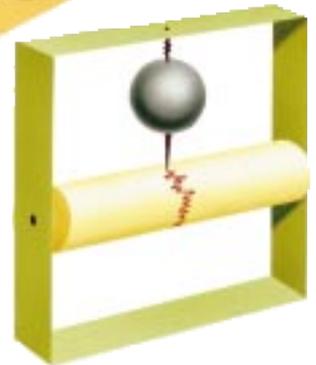
La dorsal atlántica, nombre con que se conoce una alineación submarina que recorre el fondo del océano Atlántico en posición más o menos central, desde el polo Norte hasta el polo Sur. En ella se encuentran numerosos volcanes submarinos y también algunos volcanes superficiales, como los de Islandia (Hekla), las islas Canarias (Teide), Madeira o las Azores. Es una región que presenta actividad volcánica debido a que constituye el área de contacto entre tres placas, la americana, la africana y la euroasiática.

La fosa tectónica del África Oriental y Oriente Medio. Esta zona incluye el este de África y la península de Arabia, y en ella se destacan el Kilimanjaro, en Kenya, y el Niragongo, en la Rep. Dem. del Congo. Existe vulcanismo en esta región porque en ella entran en contacto la placa africana y la indoaustrialiana.

## LOS TERREMOTOS, SUS CAUSAS Y SU DISTRIBUCIÓN

Con el nombre de terremoto se designa una sacudida o vibración rápida y violenta de la superficie terrestre, que puede llegar a producir cambios en el paisaje natural y grandes destrozos en las ciudades y asentamientos humanos. Los terremotos se llaman también sismos o seísmos. Los terremotos o

*Mediante un punzón que traza rayas sobre un papel continuo, el sismógrafo registra la magnitud de los terremotos.*



sismos se registran en las estaciones sísmicas o sismológicas, por medio de aparatos llamados sismómetros y sismógrafos. A veces, son tan ligeros que no llegan a ser apreciados por el hombre y sólo quedan registrados en esos instrumentos. Anualmente se producen en todo el planeta unos 150.000 fenómenos sísmicos, de los que sólo un 20 % son perceptibles.

Los terremotos se originan en el interior de la Tierra, en un punto llamado foco o hipocentro. Cuando el foco está situado a menos de 70 km de profundidad, se dice que el terremoto es superficial; cuando se localiza entre 70 y 300 km de profundidad, se dice que es un terremoto intermedio; y cuando se halla a más de 300 km de profundidad, se habla de terremoto profundo.

El punto de la superficie terrestre situado perpendicularmente sobre el foco o hipocentro recibe el nombre de epicentro, y es normalmente el punto más afectado por el terremoto. Desde el foco y desde el epicentro, el sismo genera unas

ondas mecánicas, denominadas **ondas sísmicas**, que se propagan por el interior de la Tierra y también por la superficie. Las ondas superficiales son más lentas que las profundas, pero desplazan mayor energía y son las que causan los grandes destrozos que provocan a veces los terremotos. Cuanto mayor es la distancia respecto al epicentro, menores son las consecuencias que se derivan de la propagación de las ondas sísmicas.

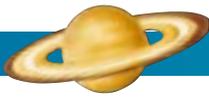
Los sismos pueden tener su hipocentro debajo de los continentes o debajo de los océanos. En este último caso, el epicentro se encuentra en el fondo del océano y no en la superficie de las aguas, y el terremoto se denomina **maremoto** (en Japón, **tsunami**). Los maremotos producen una fuerte convulsión en las aguas del mar y generan olas gigantes que se desplazan a velocidades enormes. Si estas olas alcanzan las proximidades de la costa, provocan terribles inundaciones y daños cuantiosos. El mayor maremoto que se ha

registrado hasta nuestros días se produjo en el año 1946, en las profundidades del océano Pacífico; provocó olas de hasta 14 m de altura, que en cuatro horas recorrieron 3.500 km y arrasaron la ciudad de Hilo, en las islas Hawai.

Los terremotos se miden por medio de dos escalas, una sirve para expresar su intensidad y la otra su magnitud. La intensidad de un sismo se determina a partir de los efectos que producen las ondas sísmicas en la zona afectada, y se mide por medio de la **escala de Mercalli**. Esta escala, llamada también **MSK-1964**, consta de doce grados, desde la intensidad I, cuando el sismo sólo es perceptible por los sismógrafos, hasta la intensidad XII, que corresponde a un cataclismo que provoca cambios importantes en el paisaje natural, como la aparición de grandes grietas en la superficie terrestre o la desviación del cauce de los ríos. Los de intensidad III y IV empiezan a ser perceptibles por los seres humanos, aunque sólo si se

### LOS TERREMOTOS MÁS DEVASTADORES

Fecha	Región o localidad	País	Magnitud	Víctimas
1556 (16-I)	Gansu	China	8,3	1.000.000
1693 (11-I)	Sicilia	Italia	–	60.000
1755 (1-XI)	Lisboa	Portugal	9	60.000
1783 (5-II)	Calabria	Italia	–	100.000
1797 (4-II)	Quito	Ecuador	–	40.000
1906 (18-IV)	San Francisco	EUA	8,2	700
1906 (17-VIII)	Valparaíso	Chile	8,6	2.500
1908 (28-XII)	Sicilia	Italia	–	100.000
1915 (13-I)	Avezzano	Italia	7,5	30.000
1920 (16-XII)	Gansu	China	8,5	180.000
1923 (1-IX)	Tokyo	Japón	8,2	150.000
1932 (26-XII)	Gansu	China	7,6	70.000
1939 (25-I)	Chillán	Chile	8,3	25.000
1960 (29-II)	Agadir	Marruecos	5,8	15.000
1960 (25-XII)	Lebu-Valdivia	Chile	8,3	5.700
1963 (26-VII)	Skopje	Yugoslavia	6	1.100
1970 (4-I)	Yunnan	China	7,5	55.000
1970 (31-V)	Ancash	Perú	7,8	67.000
1972 (23-XII)	Managua	Nicaragua	6,2	10.000
1976 (6-V)	Guatemala	Guatemala	7,5	23.000
1976 (27-VII)	Tangshan	China	7,8	655.000
1976 (24-XI)	Van	Turquía	7,3	3.700
1978 (26-IX)	Tabas	Irán	7,7	15.000
1980 (10-X)	El-Asnam	Argelia	7,3	20.000
1980 (23-XI)	Nápoles	Italia	6,9	2.700
1981 (28-VII)	Kerwan	Irán	7,1	5.000
1985 (3-III)	Santiago	Chile	7,6	180
1985 (19-IX)	C. de México	México	7,8	5.000
1990 (20-VI)	Zanján	Irán	7,7	40.000



encuentran en el interior de algún edificio. Un terremoto de intensidad máxima fue el que tuvo lugar en San Francisco (EUA) en 1906; una de sus consecuencias fue la aparición de una enorme grieta de 470 km de longitud, que todavía puede seguirse en la superficie.

La magnitud de un sismo expresa la cantidad de energía que se libera en el foco en el momento de producirse. Se mide por medio de la escala de Richter, que comprende diez grados. Esta escala fue establecida en 1935 por el sismólogo estadounidense Charles Francis Richter en base a las mediciones obtenidas por los sismógrafos.

Los terremotos se producen siempre como consecuencia de los desplazamientos o interacciones de las placas litosféricas. Por este motivo, representan una fuente de información inapreciable sobre los mecanismos de la tectónica de placas, y su distribución geográfica se corresponde casi milimétricamente con las zonas de contacto entre distintas placas. Las áreas con mayor frecuencia de terremotos, que coinciden con las de mayor actividad volcánica, son el cinturón de fuego del Pacífico y la región mediterráneo-asiática. En ellas tiene lugar el 80 % de los sismos que se registran en nuestro planeta.

## LA ATMÓSFERA

***Con el nombre de atmósfera se designa la capa gaseosa que envuelve la Tierra y otros astros del Universo, aunque por lo común utilizamos esta palabra para referirnos a la atmósfera terrestre. Esta última es una capa de aire que se eleva hasta los 10.000 km, y que va cambiando de composición y temperatura con la altura. Así, pues, se distinguen en ella varias capas superpuestas. Es esencial para la vida de animales y plantas, ya que protege la Tierra de las radiaciones nocivas del Sol, impidiendo al mismo tiempo el calentamiento o enfriamiento excesivos de la superficie terrestre. En la atmósfera se encuentra además el aire que respiramos, y en las capas que la forman, en particular en la más cercana al suelo, se producen la mayor parte de los fenómenos meteorológicos que determinan el tiempo atmosférico y el clima.***

### ESTRATIFICACIÓN DE LA ATMÓSFERA

Son varias las divisiones que pueden hacerse de la atmósfera, en función de las características que sirvan de base para establecer su estratificación en capas homogéneas. La división más antigua es la que considera como valor esencial la temperatura. Según ésta, en la atmósfera se distinguen cuatro capas: troposfera, estratosfera, mesosfera y termosfera.

La **troposfera** es la capa más próxima a la Tierra. Tiene un espesor de 6-8 km sobre los polos, y de 16-18 km sobre el ecuador. En ella se produce el fenómeno llamado **gradiente térmico vertical**, que consiste en un descenso progresivo de la temperatura (a razón de 0,6 °C por cada 100 km).

El límite superior de la troposfera, que se designa con el nombre de **tropopausa**, señala el comienzo de la **estratosfera**, capa que se extiende hasta los 40 km de altura. Antiguamente se consideraba esta capa como una zona en la que la temperatura permanecía constante, pero recientes investigaciones

han demostrado que en la franja superior la temperatura comienza a aumentar. El límite superior de la estratosfera es la **estratopausa**.

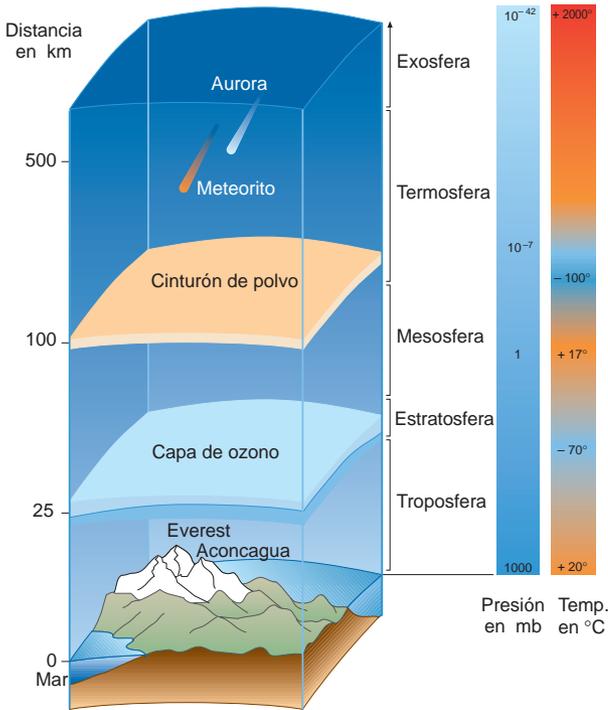
Desde la **estratopausa**, y hasta una altura de 80 km, se extiende la **mesosfera**, una zona en que las temperaturas decrecen progresivamente hasta valores de -90 °C en su límite superior, la temperatura más baja de la atmósfera.

La mesosfera termina en la **mesopausa**, a partir de la cual comienza la **termosfera**, la última capa atmosférica según esta clasificación. La termosfera no tiene límite conocido, y en ella la temperatura vuelve a aumentar.

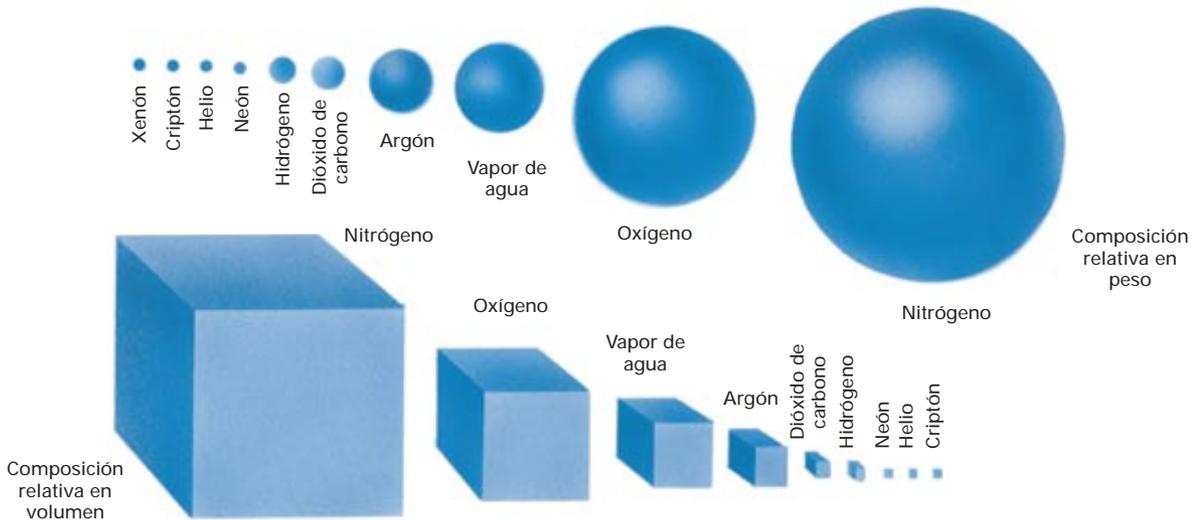
### Homosfera, heterosfera y exosfera

Se puede analizar también la estructura de la atmósfera en función de su composición química. En ese caso se distinguen tres capas diferenciadas: la **homosfera**, la **heterosfera** y la **exosfera**.

La **homosfera**, que se eleva hasta unos 100 km de altura, se compone esencialmente de nitrógeno (78 %) y oxígeno (21 %), y contiene en pro-



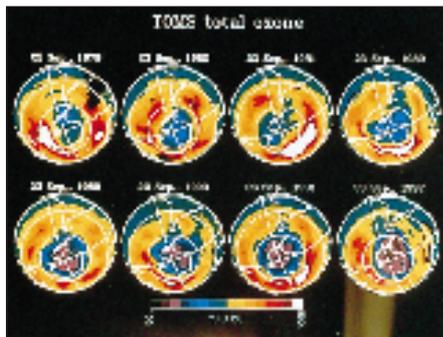
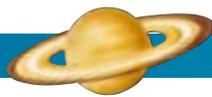
Arriba a la izquierda, estructura en capas de la atmósfera. Arriba a la derecha, incendio en Canadá que provocó la inquietud de los ecologistas por sus terribles efectos contaminantes. Abajo, distintos componentes de la atmósfera representados en tamaños proporcionales a su peso total (esferas) y a su volumen total (cubos).



porciones muy pequeñas argón, dióxido de carbono, hidrógeno y metano.

Uno de los problemas que se plantean actualmente a la humanidad es precisamente el aumento excesivo del dióxido de carbono en la atmósfera. Este incremento del contenido de dióxido de carbono, como consecuencia, entre otras causas, de las emisiones gaseosas de las industrias o de la combustión de los motores de explosión, puede dar origen al llamado **efecto invernadero**, que se produce cuando el exceso de  $\text{CO}_2$  no deja pasar la energía que la Tierra devuelve a la atmósfera

transformada. De hecho, el mayor peligro del efecto invernadero, como su nombre indica, estriba en que podría dar lugar a un recalentamiento global de nuestro planeta que acabaría por hacer imposible la vida sobre la Tierra. Algunos científicos sostienen que el exceso de dióxido de carbono será absorbido por la masa vegetal, en particular por los grandes bosques tropicales, pero otros consideran que no será así y que dentro de 50 años la temperatura ya habrá aumentado en  $2,5\text{ }^\circ\text{C}$  de media, mientras que las precipitaciones habrán disminuido en un 10 %.

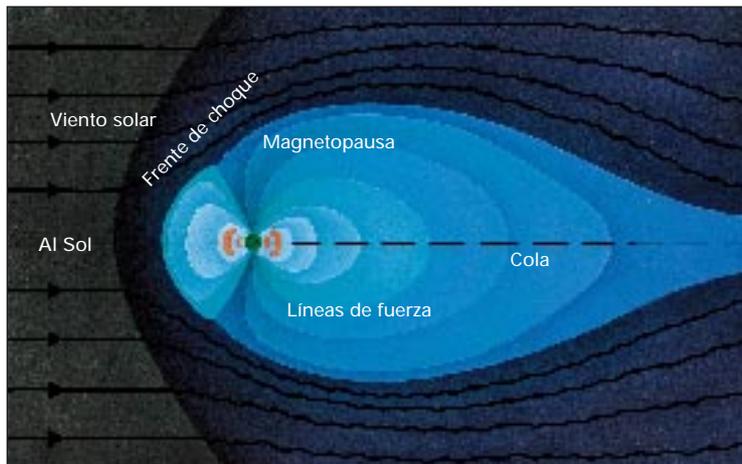


La homosfera coincide aproximadamente con las tres primeras capas térmicas de la atmósfera (troposfera, estratosfera y mesosfera), en las cuales la composición química es la que queda dicha, salvo en la parte superior de la estratosfera, donde predomina el ozono. Es la denominada **ozonosfera** o **capa de ozono**, que absorbe una parte de la radiación ultravioleta del Sol, impidiendo que estos rayos tan perjudiciales para la vida humana lleguen hasta la superficie de nuestro planeta.

El ozono es un gas cuya molécula está formada por tres átomos de oxígeno ( $O_3$ ), que se forma y se descompone en la atmósfera por la absorción de los rayos ultravioletas procedentes del Sol. Este proceso, que ha tenido lugar inalterablemente durante miles de años, se ha visto afectado en los últimos tiempos por ciertas emisiones contaminantes que han producido un «agujero» en la capa de ozono. Es decir, que el ozono ha dejado de formarse como hasta entonces y, a consecuencia de esto, una parte de nuestro planeta ha quedado sin su protección benefactora.

Según los científicos, los causantes de esta alteración en la capa de ozono son ciertos gases derivados del cloro denominados clorofluorocarbonados (CFC). Estos gases, empleados en los aerosoles, en neveras y sistemas de refrigeración, han sido prohibidos por muchos gobiernos a raíz de la voz de alarma lanzada por científicos y ecologistas. Los resultados no se harían esperar y, por fin, en 1996, los investigadores pudieron constatar que el agujero de la capa de ozono comenzaba a cerrarse.

En la parte inferior de la homosfera, es decir, en la troposfera, y especialmente en los primeros 3 km, el aire contiene algunas impurezas, como vapor de agua, polvo, cristales de sal, gases sulfurosos, etc. De todas estas impurezas, la más importante es el vapor de agua, que procede de la evaporación de las



*A la izquierda, evolución del agujero de la capa de ozono sobre la Antártida desde 1979 hasta 1992, según las imágenes obtenidas por el satélite Nimbus-7. A la derecha, esquema de la magnetosfera.*

aguas superficiales y la transpiración de las plantas. El vapor de agua atmosférico tiene una gran importancia en la vida humana, ya que es causante de fenómenos esenciales del tiempo meteorológico, como la humedad, las nubes, la lluvia, el rocío, etc.

La **heterosfera**, que se extiende aproximadamente entre los 100 y los 1.000 km, se caracteriza por el predominio de gases ligeros que se superponen en cuatro capas, la primera de nitrógeno molecular, la segunda de oxígeno atómico, la tercera de helio y la cuarta de hidrógeno atómico.

Por encima de la heterosfera se encuentra la **exosfera**, formada por moléculas que no están sujetas a la fuerza de gravedad terrestre y escapan lentamente hacia el espacio exterior.

### Propiedades eléctricas de la atmósfera

Existe una tercera división posible de la atmósfera, la que se establece en función de sus propiedades eléctricas y magnéticas. Según estas propiedades, se distinguen tres capas homogéneas: la atmósfera neutra, la ionosfera y la magnetosfera.

La **atmósfera neutra** abarca hasta los 60-70 km de altura, prácticamente donde terminan también la homosfera y de la mesosfera. En ella las ondas radioeléctricas se propagan de forma parecida a como lo hacen en el vacío.

La **ionosfera**, que se extiende desde el límite de la atmósfera neutra hasta los 700-800 km, coincide aproximadamente con la heterosfera. Esta capa se caracteriza por el alto nivel de ionización, y en

ella el aire es conductor de la electricidad. Los rayos luminosos del Sol la atraviesan sin reflejarse ni ser absorbidos.

Por encima de la ionosfera se sitúa la **magnetosfera**, caracterizada por la gran influencia del campo magnético terrestre.

## LA PRESIÓN ATMOSFÉRICA: CICLONES Y ANTICICLONES

Llamamos presión atmosférica al peso del aire sobre un punto determinado de la superficie terrestre. El nombre de «presión» no es arbitrario, ya que el aire ejerce efectivamente una fuerza sobre el suelo. Esta fuerza se mide con el **barómetro**, instrumento inventado por Torricelli en el siglo XVII, que permite determinar la presión ejercida sobre 1 cm<sup>2</sup> de la superficie terrestre por una columna de aire que llega hasta el límite exterior de la atmósfera.

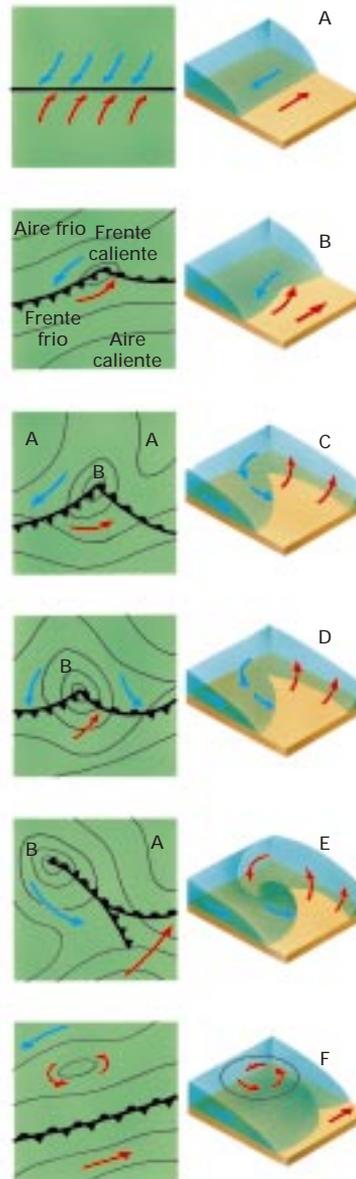
Como valor medio de la presión atmosférica se toma el que corresponde a la altura del nivel del mar, que es de 760 mm o 1.013 milibares. El milibar es una unidad de medida empleada en meteorología que se aplica al peso del aire, y que equivale a 0,75 mm de mercurio.

El hecho de que se haya establecido una presión media significa que en nuestro planeta existen grandes diferencias en la presión atmosférica. En efecto, la presión disminuye con la altura, por lo que es menor en la cumbre de una montaña que a orillas del mar.

Existen además grandes áreas a distintas presiones, que se suceden desde el ecuador hasta los polos con una distribución semejante en los dos hemisferios. Forman amplias franjas que rodean la Tierra y en las que se van alternando las altas y las bajas presiones. El conjunto de estas grandes unidades de presión homogénea recibe el nombre de **circulación general atmosférica**, y se trata en un epígrafe especial dentro de este mismo capítulo.

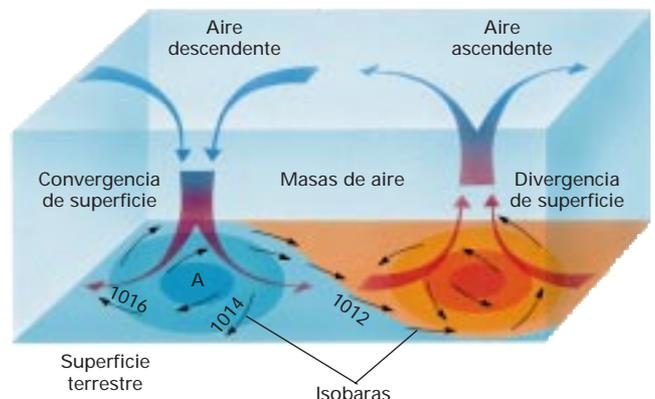
Antes, sin embargo, conviene formular y responder algunas preguntas: ¿qué son las altas y bajas presiones?, ¿cómo se forman y cómo se comportan estas unidades atmosféricas?

Las respuestas son muy sencillas. Una alta presión es una zona de la atmósfera donde el aire tiene un peso superior al de su valor medio. Las altas presiones se denominan también **anticiclones**, y pueden ser de origen térmico o dinámico. Son de origen térmico cuando se forman por



*En las latitudes medias, el contacto entre una masa de aire frío y una masa de aire caliente da lugar a la formación de frentes, que a menudo evolucionan a través de las fases siguientes: A. masa de aire estacionaria; B. desdoblamiento de un frente frío y un frente cálido; C. crecimiento de la depresión; D. aumento de la inestabilidad; E. oclusión del frente cálido con el frente frío; F. final de la perturbación.*

*En los anticiclones el aire realiza un movimiento descendente, mientras que en los ciclones lo realiza ascendente.*





enfriamiento del aire, ya que el aire frío es más pesado que el aire caliente, y son de origen dinámico cuando surgen bajo el impulso de alguna fuerza atmosférica. En ambos casos, este aire más pesado tiende a descender, y se forma entonces el torbellino descendente que caracteriza a los anticiclones. Éstos no son, por tanto, zonas estáticas sino dinámicas, en las que el aire gira (en el sentido de las agujas del reloj, en el hemisferio norte, y en sentido contrario, en el hemisferio sur) y descende al mismo tiempo, dando lugar a una dispersión de los vientos al llegar al suelo.

Las bajas presiones, por su parte, son zonas de la atmósfera donde el aire tiene un peso inferior al de su valor medio. Se denominan también ciclones, depresiones o borrascas y, al igual que los anticiclones, pueden ser de origen térmico o dinámico. Son de origen térmico cuando se deben a un calentamiento del aire, ya que el aire caliente es menos pesado que el aire frío, y de origen dinámico cuando es una fuerza cualquiera la que obliga al aire a elevarse. Así, pues, en los ciclones el aire se eleva en lugar de descender, que es lo que ocurre en los anticiclones. Los ciclones son, por consiguiente, centros en los que los vientos convergen al nivel del suelo, desde donde se elevan girando en sentido contrario al de las agujas del reloj, en el hemisferio norte, y en el mismo sentido de las agujas, en el hemisferio sur.

Por lo general los anticiclones dan lugar a tiempo seco y soleado, mientras que los ciclones son focos de nubes y de precipitaciones. Esto es así porque en los ciclones el aire asciende y, al ascender, se enfría, y este enfriamiento que provoca la condensación del vapor de agua y la consiguiente aparición de la nubosidad.

Por este motivo, cuando en las previsiones meteorológicas se muestra un mapa que indica la presencia de un anticiclón (A), o se nos dice que estamos bajo el efecto de una zona de altas presiones, se puede deducir ya, sin necesidad de más información, que dominará el tiempo soleado. En cambio, si se muestra un mapa con una o varias borrascas (B), o se señala el predominio de bajas presiones, hay que prever que el tiempo será desapacible, con nubes aseguradas y acaso también precipitaciones.

En los mapas del tiempo, los meteorólogos representan las zonas de altas y bajas presiones como círculos más o menos irregulares y grandes formados por líneas concéntricas. Estas líneas, que se denominan **isobaras**, sirven para represen-

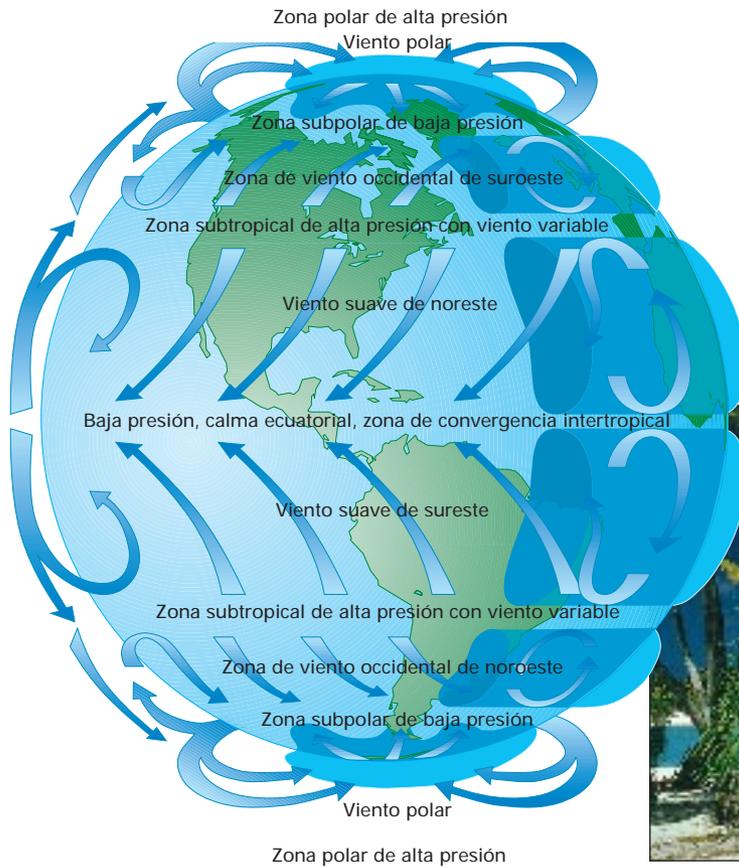
tar gráficamente la presión atmosférica, ya que unen los puntos en los que en un momento dado, el aire pesa exactamente lo mismo, es decir, los puntos que tienen la misma presión atmosférica. Cuando las isobaras están muy juntas, significa que existe una gran diferencia de presión entre puntos muy cercanos de la superficie terrestre, lo que suele dar origen a fuertes vientos. En cambio, cuando están más distanciadas unas de otras, indican que las diferencias de presión son menores y la estabilidad atmosférica mayor. Estas diferencias de presión representadas por las isobaras se designan con el nombre de **gradiente de presión o pendiente barométrica**.

### **La circulación general atmosférica**

Sabemos ya que existen alrededor de la Tierra grandes franjas de bajas y altas presiones, que se van alternando desde el ecuador hasta los polos. Estas franjas son permanentes y, aunque se desplazan ligeramente hacia el norte o hacia el sur, determinan el clima de todo el planeta, puesto que cada región del globo terráqueo se ve sometida al efecto dominante de una de ellas o de dos franjas contiguas. Además, entre unas y otras soplan vientos constantes que tienen también una gran incidencia en el tiempo y el clima.

En un principio, los científicos explicaron esta sucesión de bajas y altas presiones, denominada circulación general atmosférica, como resultado de la existencia sobre el ecuador de una corriente de aire ascendente derivada de las altas temperaturas reinantes. Según esta teoría, esa corriente ascendente ecuatorial desencadenaría una sucesión de ciclos de ascenso y descenso del aire mediante los cuales sería posible explicar el dinamismo atmosférico en su totalidad. Sin embargo, en la actualidad se piensa que la distribución de las altas y bajas presiones se debe más bien a la intervención de una corriente muy rápida existente en las capas altas de la atmósfera. Esta corriente, que recibe el nombre de **Jet-stream** o **corriente del chorro**, se encuentra situada entre las latitudes 50° y 60° norte y sur, es decir, existe en los dos hemisferios, y provoca a cada uno de sus lados una serie de movimientos ascendentes y descendentes del aire que explicarían la existencia de altas presiones a su derecha y de bajas presiones a su izquierda.

Sea cual fuere, no obstante, el origen de la circulación general atmosférica, lo cierto es que existen sobre la Tierra grandes franjas de bajas y



altas presiones, denominadas **centros de acción atmosférica**. Son las siguientes: una zona de bajas presiones ecuatoriales, dos zonas de altas presiones subtropicales que flanquean la anterior, dos zonas de bajas presiones templadas y dos zonas de altas presiones polares.

Las **bajas presiones ecuatoriales** se encuentran sobre el ecuador, entre los 5° de latitud norte y sur. En ellas, el aire recalentado junto al suelo va ascendiendo hasta formar dos corrientes divergentes de vientos, en el extremo superior de la troposfera, denominadas **contralisios**.

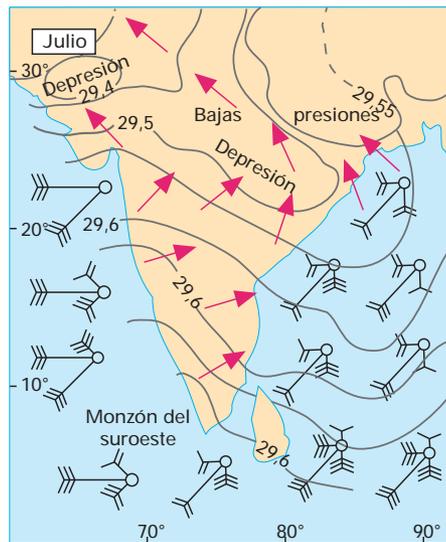
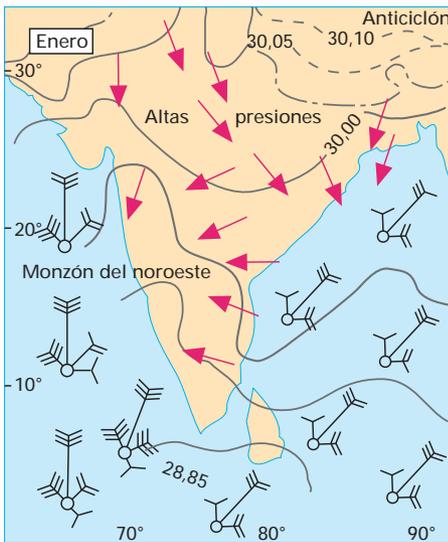
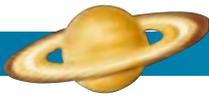
Entre los 30° y 35° de latitud norte y sur se sitúan las **altas presiones subtropicales**, donde el aire desciende desde las capas altas de la atmósfera hasta el suelo. Este descenso del aire elimina toda humedad e impide la formación de nubes, y es la causa de que en esa zona se encuentren los grandes desiertos de la Tierra.

Desde las altas presiones subtropicales soplan vientos superficiales hacia las bajas presiones ecuatoriales. Recuérdese que las altas presiones son centros de divergencia de vientos, y las bajas presiones, zonas de convergencia. Estos vientos constantes de las latitudes tropicales se denominan **ali-**

*La distinta distribución sobre la Tierra de las zonas de altas y bajas presiones y de las masas de aire, representada en la figura de la izquierda, da lugar a la aparición de ecosistemas tan distintos como el polar (arriba) o el tropical (abajo).*

**sios**, y soplan en dirección noreste-suroeste en el hemisferio norte, y sureste-noroeste en el hemisferio sur. Son, por tanto, vientos del este, y fueron muy utilizados durante la época de la navegación a vela, ya que los navegantes elegían como ruta desde Europa a América la zona afectada por ellos, puesto que impulsaban las naves hacia el oeste.

Las **bajas presiones templadas** están situadas a unos 50° de latitud norte y sur. En estas zonas ascienden hacia las capas altas de la atmósfera los vientos procedentes de las altas presiones subtropicales, llamados **vientos del oeste** porque soplan desde dicho punto cardinal. Estos vientos se orientan de suroeste a noreste en el hemisferio norte, y de noroeste a sureste en el hemisferio sur. Así, por ejemplo, en las costas occidentales de Europa soplan desde el mar, y son en consecuencia los vientos húmedos que dan origen a la elevada pluviosidad característica de la región atlántica.



*Los monzones en invierno y en verano en el sur de Asia.*

Al margen de este comportamiento general de la atmósfera, se dan algunas situaciones especiales que son, por lo común, de origen térmico. En Siberia, por ejemplo, las bajas temperaturas dan origen en invierno a un anticiclón, en una zona que debería verse afectada por las bajas presiones templadas.

Hacia los 70° de latitud, norte y sur, se sitúan los últimos centros de acción importantes, las **altas presiones polares**, que se forman como consecuencia del frío reinante en los polos. En ellas el aire desciende desde las capas altas de la atmósfera hasta el suelo, desde donde se dirige, en forma de vientos del este, hacia las bajas presiones templadas.

En esta zona, el contacto entre el aire frío polar y el aire cálido tropical da origen al denominado **frente polar**, que se presenta como una especie de plano inclinado en que el aire polar, más denso, se introduce en cuña por debajo del aire tropical, más ligero. El frente polar es una zona meteorológicamente muy activa, en la que se forman constantemente **frentes fríos** y **frentes cálidos**, que son a menudo el origen del tiempo inestable en las regiones templadas. Por encima del frente polar circula la corriente del Jet-stream.

Como consecuencia del movimiento de rotación de la Tierra, este sistema de altas y bajas presiones se desplaza hacia el norte, en una época del año, y hacia el sur, en otra. A raíz de esto, las regiones templadas se ven afectadas, en verano y en invierno, respectivamente, por las altas presiones subtropicales y por las bajas presiones templadas. Es decir, en esas regiones el tiempo es estable en verano e inestable en invierno. Del mismo modo, el desplazamiento de las bajas presiones ecuatoriales aporta lluvias a las franjas situadas al norte y al sur del ecuador, que de otro modo se verían afectadas constantemente por las altas presiones subtropicales y, en consecuencia, sometidas a una permanente sequía.

Lo contrario ocurre en las regiones tropicales, donde el calor reinante durante el verano, en una zona que debería estar sometida a las altas presiones subtropicales, puede generar sobre los continentes depresiones aisladas.

Como consecuencia de estos cambios térmicos que se producen sobre los continentes, el sureste de Asia está sometido permanentemente a una situación especial con vientos propios. En invierno, el anticiclón siberiano hace soplar los vientos de tierra a mar, donde existe una zona de bajas presiones. Aparece entonces el llamado **monzón de invierno**, un viento seco que aporta buen tiempo. En verano la situación se invierte, y entonces las presiones son más elevadas sobre el océano que en el interior del continente. En esa época, los vientos soplan de mar a tierra, originando el llamado **monzón de verano**, viento cargado de humedad que genera gran abundancia de precipitaciones.

## LAS NUBES

El aire, que normalmente es invisible, se hace visible cuando en él aparecen las nubes, que anuncian lluvias y pueden adoptar tamaños y formas muy diversos.

Las nubes surgen como consecuencia de dos procesos que tienen lugar constantemente en la atmósfera: la evaporación y la condensación. Por la **evaporación**, una parte del agua que hay en la superficie terrestre pasa al aire en forma de vapor de agua.

La cantidad de vapor de agua que contiene el aire determina la **humedad atmosférica**, un factor que posee una gran incidencia en el clima ya que, por ejemplo, aumenta la sensación de calor en las regiones cálidas. También suele ocurrir que en las zonas con una elevada humedad atmosférica se reduzca la ingesta de agua, y la sensación de sed sea menor que en las zonas más secas. La humedad atmosférica se mide con el **higrómetro**.

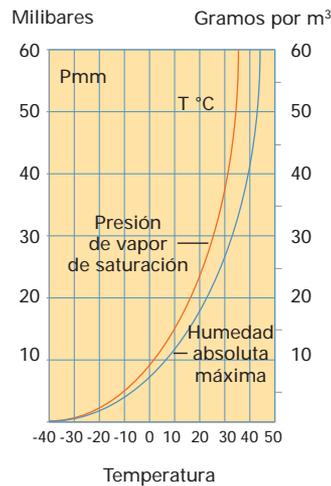
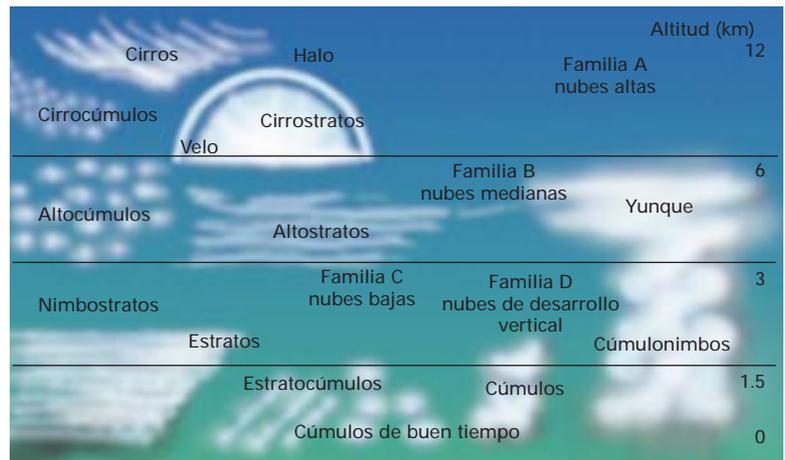
La evaporación y una tasa elevada de humedad atmosférica son imprescindibles para que se formen las nubes. Pero éstas aparecen, de hecho, como consecuencia de la **condensación**, el proceso contrario a la evaporación, por cuanto provoca que el vapor de agua se convierta de nuevo en agua líquida. Para que esto ocurra es necesario que el aire se enfríe hasta alcanzar su **punto de saturación**, es decir, el nivel a partir del cual no puede contener más vapor de agua, y que la atmósfera contenga además partículas de polvo o cristales de sal sobre los que el agua pueda depositarse.

Las nubes así formadas pueden ser blancas, grises o negras, en función de su densidad y de la iluminación que reciben del Sol. Las nubes blancas son las menos densas y más iluminadas por el Sol, y a la inversa.

### Clasificación de las nubes

Las nubes pueden clasificarse atendiendo a su forma y a la altura a que se desarrollan. Ambas clasificaciones fueron adoptadas oficialmente por la Conferencia Meteorológica Internacional hace ya varios años, puesto que las distintas clases de nubes son representativas de situaciones atmosféricas o estados del tiempo concretos, lo que les confiere un gran valor de cara a la predicción del tiempo meteorológico.

En función de la altura se distinguen cuatro grupos o familias. La **familia A** incluye las nubes altas, que aparecen a más de 6.000 m de altitud y suelen ser cirroformes. A la **familia B** corresponden las nubes intermedias, que suelen situarse entre los 6.000 y los 2.000 m, y que son cumuliiformes o estratiformes. La **familia C** está integrada por las nubes bajas, que no sobrepasan los 2.000 m y son generalmente estratiformes. Finalmente, la **familia D** comprende las nubes de desarrollo vertical, que pueden aparecer relativamen-



*Las nubes pueden adoptar formas muy diversas y cada tipo distinto aparece a una altura determinada.*

*Relación existente entre el nivel de vapor de agua de la atmósfera, la humedad absoluta y la temperatura.*

te cerca del suelo y llegar hasta los 6.000 m, y son siempre cumuliiformes.

Por su forma, las nubes se clasifican en cuatro tipos y siete géneros. Los cuatro tipos son: cirros, estratos, cúmulos y nimbos (en latín, *cirrus*, *stratus*, *cumulus* y *nimbus*). Los géneros, que se obtienen combinando los cuatro tipos, son: cirrocúmulos, cirrostratos, altocúmulos, altostratos, nimbostratos, estratocúmulos y cumulonimbos.

Empleando definiciones sencillas, se puede decir que los **cirros** son nubes filamentosas; los **estratos**, nubes de desarrollo horizontal y dispuestas en capas; los **cúmulos**, nubes de desarrollo vertical, redondeadas y de aspecto algodono-so; y los **nimbos**, nubes oscuras y sin forma determinada.

Profundizando un poco más, es posible determinar con mayor precisión las principales características de estos cuatro grandes tipos. Los cirros son nubes blancas y ligeras, fibrosas y frágiles, que aparecen a más de 6.000 m de altitud y ofre-



cen normalmente un brillo intenso. Están formadas por finísimos cristales de hielo.

Los estratos son nubes bajas, paralelas al horizonte, que se estructuran en capas delgadas y muy uniformes, y que suelen dar origen a las lluvias suaves que llamamos lloviznas. Los estratos, que pueden ser blancos o negros, se sitúan al nivel del suelo, dando origen entonces a la **niebla**.

Los cúmulos son nubes densas, de desarrollo vertical, con la parte inferior plana y la superior arqueada y con protuberancias más o menos acentuadas. Forman masas muy espesas y suelen aparecer en los días calurosos del verano como consecuencia de las corrientes ascendentes de aire caliente.

Finalmente, los nimbos son nubes de color gris oscuro, portadoras de lluvias, que por regla general aparecen siempre en forma de nimbostratos.

En cuanto a los géneros, sus propios nombres indican que combinan en cada caso las características de dos de los grandes tipos descritos. Los **cirrocúmulos** son nubes situadas a altitudes superiores a los 6.000 m, formadas por masas globulares muy apretadas. Generalmente están constituidas por cristales de hielo, y son las que dan origen al llamado «cielo aborregado».

Los **cirrostratos**, que combinan características de los cirros y de los estratos, son nubes de estructura fibrosa, como los cirros, que forman una especie de gran velo, como los estratos. Suelen ser nubes muy blancas y se encuentran a más de 6.000 m de altitud.

Los **altocúmulos** y los **altostratos** son sencillamente estratos o cúmulos situados entre los 2.000 y los 6.000 m de altitud.

Los **nimbostratos**, por su parte, son nubes oscuras, amorfas y de bordes desgarrados, que suelen provocar lluvias o nevadas de larga duración. Suelen desarrollarse desde las proximidades del suelo hasta poco más de 1.000 m de altitud, y son tan opacas que impiden ver el Sol.

Los **estratocúmulos** son nubes bajas, al igual que los estratos, y gruesas y densas, como los cúmulos; son normalmente oscuras, de aspecto muy irregular, y con algunas aberturas por las que puede verse el azul del cielo.

Los **cumulonimbos**, por último, son nubes gigantescas en forma de torre, que se hallan a alturas comprendidas entre 500 y 6.000 m. Suelen provocar intensas precipitaciones en forma de lluvia o de granizo, principalmente durante la época estival.

## LAS PRECIPITACIONES

Cuando el aire se enfría, el vapor de agua que contiene se condensa en pequeñas gotitas que, mediante un fenómeno que llamamos de **coalescencia**, se reúnen formando gotas más gruesas. Al ir aumentando su tamaño, estas gotas descienden desde las nubes hasta el suelo, por la acción de la gravedad, y dan origen a las precipitaciones.

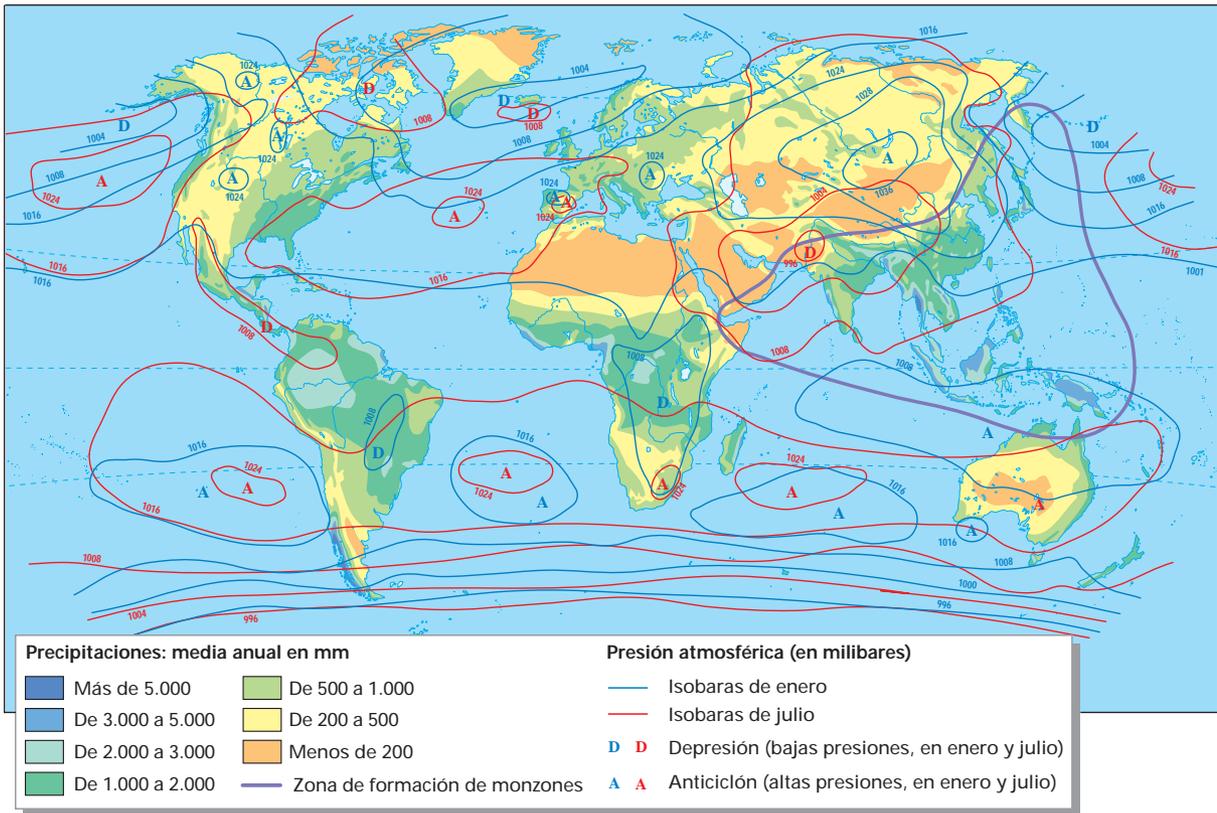
Podemos definir las precipitaciones como el agua procedente de la atmósfera que, en forma líquida o sólida, se deposita sobre la superficie terrestre. Las precipitaciones se miden con el **pluviómetro**, y se clasifican en líquidas, sólidas y ocultas. Son líquidas la lluvia y la llovizna; sólidas, la nieve y el gránizo; y ocultas, el rocío y la escarcha. Estas últimas se denominan «ocultas» por cuanto escapan al control de todos los aparatos de medición.

Se entiende por **lluvia** la precipitación en forma de gotas de agua cuyo diámetro es superior a los 0,5 mm. Normalmente, se habla de lluvia cuando el agua cae mientras el viento está en calma, y de **chaparrón**, cuando el agua cae acompañada de un fuerte viento. La **llovizna** no es más que una lluvia muy fina, de gotas de agua de menos de 0,5 mm.

Además de agua, las lluvias arrojan a la tierra polvo, gases disueltos, sales y a veces incluso compuestos químicos. Éste sería el caso, por ejemplo, de la llamada **lluvia ácida**, que afecta a algunas zonas de nuestro planeta y resulta muy perjudicial para los bosques. La lluvia ácida, que se produce a consecuencia de los elementos contaminantes que expulsan a la atmósfera las industrias, los medios de transporte y las calefacciones, entre otros, es agua cargada con diversos ácidos (sulfúrico, nítrico, clorhídrico) y algunos óxidos, que además de perjudicar gravemente las coníferas, las hayas y los robles, provoca la acidificación de los suelos y causa un aumento considerable de las enfermedades respiratorias.

La **nieve** es la forma más habitual en que se producen las precipitaciones sólidas. Tiene lugar cuando de las nubes no se desprenden gotas de agua sino finísimos cristales de hielo. Estos cristales se agrupan al caer, y por eso llegan al suelo en forma de copos blancos.

Tanto la lluvia como la nieve son imprescindibles para la vida en nuestro planeta, ya que devuelven a la Tierra el agua que se pierde por evaporación. Sin ellas, la superficie terrestre se resecaría progresivamente, hasta hacer imposible no sólo la agricultura sino incluso la vida de animales y plantas.



Las distintas regiones de la Tierra reciben al año un volumen de precipitaciones muy diverso, tal como figura en el mapa de la parte superior; en el que se establece una relación entre precipitaciones y zonas de altas y bajas presiones. Las precipitaciones pueden producirse en forma de lluvia, nieve, escarcha o rocío, fenómenos vinculados en algunos casos a la niebla como se aprecia en las fotografías.





# COMPOSICIÓN Y MODELADO DEL PAISAJE

*La variedad de paisajes que podemos ver en la naturaleza, como una montaña, un lago, un acantilado o una llanura, no se han formado al azar. Son el resultado de largos procesos geológicos en los que han intervenido diversos factores.*

## FACTORES QUE INFLUYEN EN EL MODELADO DEL PAISAJE

Las montañas han aparecido como consecuencia de la tectónica de placas; las llanuras, en cambio, son consecuencia de la acción geológica de los ríos, y las playas se deben a la acción del mar.

También el clima influye en el modelado del paisaje, ya que sobre el mismo tipo de materiales no aparecerá el mismo relieve en una zona desértica, por ejemplo, que en una zona húmeda y lluviosa.

Y, asimismo, el hombre, con sus grandes obras de ingeniería, interviene sobre el entorno de una manera cada vez más importante y continuada. Puede construir ciudades y lagos artificiales, desviar el cauce de un río, construir una playa artificial o perforar una montaña.

No obstante, el factor que más influye en el modelado del paisaje es la composición de las rocas, de la cual dependen su dureza y su respuesta ante la acción de los diversos agentes erosivos.

## LAS ROCAS

La corteza terrestre está constituida en su totalidad por rocas. Hay rocas que afloran en la superficie y otras que permanecen cubiertas por una capa más o menos espesa de suelo. Este suelo, a

su vez, no es más que el resultado de la descomposición de las mismas rocas y la materia vegetal y animal.

Las rocas son asociaciones de diversos minerales, que pueden aparecer unidos, como en el caso del granito, cimentados, como en el gres, o sueltos, como en el caolín.

Atendiendo a su origen, las rocas se clasifican en magmáticas, sedimentarias y metamórficas.

Las rocas magmáticas son las que se han formado a partir del magma incandescente, bien en el interior de la tierra, bien cuando el magma es arrojado al exterior a través de las erupciones de los volcanes.

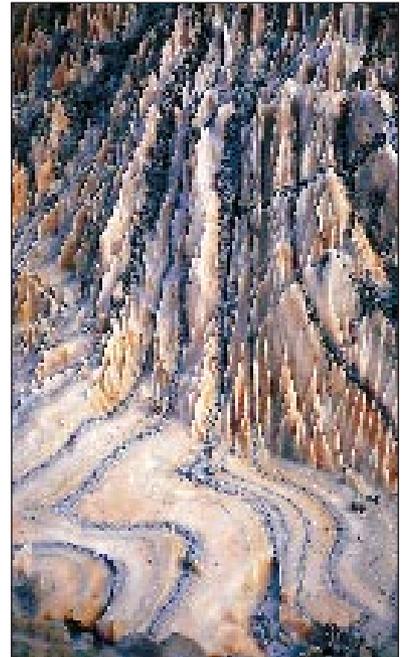
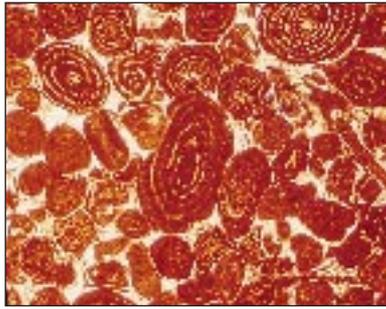
Son rocas sedimentarias las que se han formado en una cuenca de sedimentación, como consecuencia de la acción de los agentes geológicos externos. Cuando las rocas sedimentarias quedan sepultadas a grandes profundidades, la acción combinada de la presión y la temperatura del interior de la Tierra origina un proceso de transformación que modifica su composición mineralógica y la disposición de los minerales. Entonces aparecen las rocas metamórficas.

### Tipos de rocas magmáticas

Las rocas magmáticas, llamadas también rocas eruptivas o rocas ígneas, se forman por solidificación del magma incandescente. Esta solidificación puede tener lugar en la superficie terrestre, y



*Las rocas, que son las unidades básicas de la corteza terrestre, a veces aparecen al descubierto, como en estas dos fotografías, mientras que en otras ocasiones permanecen ocultas bajo el suelo.*



entonces aparecen las rocas volcánicas o extrusivas; cuando tiene lugar bajo tierra, con una gran lentitud, se forman las rocas plutónicas o intrusivas; y si se produce en las grietas de otras rocas, surgen las rocas filonianas.

Según su composición química y mineralógica, las rocas volcánicas se clasifican en basaltos, traquitas, andesitas y riolitas. De estas cuatro familias, las más importantes son los basaltos y las andesitas.

Los **basaltos**, que constituyen el grupo más extendido de rocas volcánicas, son de color muy oscuro, casi negro, y están constituidos esencialmente por feldespatos, olivina y piroxenos. Son las rocas más abundantes en el fondo de los océanos, debido a las emisiones de tipo volcánico que tienen lugar constantemente, a través de la depresión central de las grandes dorsales oceánicas.

La **andesita** es una roca de color gris claro, de textura porfírica (grandes cristales sobre un fondo de grano fino) y aspecto bastante compacto. Debe su nombre a que es muy abundante en la cordillera de los Andes.

También las rocas plutónicas, según su composición, se dividen en varias familias, siendo la más destacada la de los granitos. Los **granitos** están formados por cuarzo, feldespato y mica, y son las rocas plutónicas más abundantes. Se han usado desde tiempos remotos, principalmente en la construcción y por los escultores.

Dentro de las rocas filonianas, el grupo más importante es el de las **pagmatitas**, formadas por cuarzo y feldespato. Estas rocas poseen una gran importancia económica, ya que se emplean como materia prima en la industria del vidrio y la cerámica, y además pueden contener piedras preciosas, como esmeraldas y topacios.



*Los distintos tipos de roca no sólo se distinguen por su composición química y sus características, sino también por su apariencia. Arriba, a la izquierda, columnas basálticas; centro, caliza fosilizada vista al microscopio; derecha, rocas salinas; abajo, a la izquierda, arcillas marinas.*

## Tipos de rocas sedimentarias

Las rocas sedimentarias son las que más abundan en la corteza terrestre. Su constitución y su composición química, muy diversas, dan origen a tipos muy distintos que se clasifican en cuatro grandes grupos: las rocas detríticas, las calizas, las rocas salinas o evaporitas y las rocas orgánicas.

Se llama **rocas detríticas** las que están constituidas por fragmentos desprendidos de otras rocas por la erosión. Estos fragmentos, denominados **clastos**, pueden estar sueltos, como en la arena, o unidos por un material compacto, llamado  **cemento**. Las rocas detríticas más importantes son los conglomerados, las areniscas y la arcilla.

Los **conglomerados** están constituidos por fragmentos de roca de un tamaño superior a los 2 mm, unidos por un cemento casi siempre calcáreo o silíceo. Según la forma de los fragmentos, se



clasifican en **pudingas** (fragmentos redondeados) y **brechas** (fragmentos angulosos).

Las **areniscas** son las rocas detríticas formadas por fragmentos de entre 1/16 y 2 mm, unidos mediante un cemento calcáreo, silíceo o ferruginoso. La arenisca más importante es el **gres**, constituido por granos de cuarzo cimentados, pero también son destacables las **arcosas**, de grano grueso y con una elevada proporción de feldespatos.

La **arcilla** está integrada por granos microscópicos, de un tamaño inferior a 1/16 mm. Es la roca sedimentaria que más abunda sobre la superficie de la Tierra, y constituye la materia prima básica en la industria cerámica.

Las rocas **calizas** o **calcáreas** se caracterizan por estar constituidas esencialmente por calcita, es decir, carbonato cálcico. Pueden ser de origen orgánico, cuando provienen de la acumulación de restos de seres vivos que habitaban en el mar (esqueletos, conchas, etc.), o de origen químico, cuando se originan por precipitación química del carbonato cálcico. Entre las de origen orgánico hay que destacar la **creta**, que procede de la acumulación de las conchas de los foraminíferos, y entre las de origen químico, las **tovas** y los **travertinos**. Las rocas calcáreas se utilizan desde tiempos remotos en la construcción y también en la fabricación de cemento, que se obtiene con tres partes de caliza y una de arcilla. Esta es la causa de que las grandes industrias cementeras estén situadas casi siempre junto a canteras de piedra caliza.

Las **rocas salinas** se forman en lagos costeros o interiores, por la precipitación química derivada de la evaporación del agua. Si la evaporación tiene lugar en los lagos costeros, surgen la **sal gema** y la **silvina**, y si se produce en los lagos interiores, aparece el **yeso**. Éste es un material muy usado en el revestimiento de paredes interiores, y también para moldes y esculturas.

El último grupo de rocas sedimentarias es el de las **rocas orgánicas**, al que también pertenecen algunas calizas. Estas rocas se forman por acumulación de restos de seres vivos, vegetales o animales. La más importante es el carbón, formado de la acumulación de restos vegetales. Por acumulación de microorganismos marinos se forma el petróleo, que no es propiamente una roca sino un hidrocarburo.

### Tipos de rocas metamórficas

Las rocas metamórficas provienen de la transformación de otras rocas, cuando éstas han sido so-

*A la derecha, el salar de Atacama, en Chile, un lugar adecuado para la formación de rocas salinas. Abajo, canteras de mármol en Carrara, Italia.*



metidas a condiciones extremas de presión y temperatura. Por transformación de la arcilla se forman las pizarras, los esquistos y los gneis; la transformación de la caliza produce el mármol, y la del gres produce la cuarcita.

Las **pizarras** se forman en condiciones de presión y temperatura no excesivamente elevadas. Son rocas de grano muy fino y hojosas, que se exfolian con gran facilidad. Se utilizan desde muy antiguo en la construcción, sobre todo para tejados.

Los **esquistos** surgen con presiones y temperaturas más elevadas. Tienen una estructura de laminas paralelas, delgadas y planas, claramente visibles, que definen los llamados **planos de esquistosidad**.

Los **gneis** aparecen en condiciones de presión y temperatura muy elevadas, que dan lugar a un alto grado de metamorfismo. Son rocas con poca esquistosidad y una composición similar a la del granito, del que se diferencian claramente por la estructura de los materiales.

El **mármol** se forma cuando un aumento de temperatura provoca la recristalización de las rocas calizas, haciéndolas mucho más compactas. Es un material conocido desde la antigüedad, que

se ha utilizado abundantemente tanto en escultura como en construcción.

La **cuarcita**, que proviene de la metamorfización del gres, tiene la misma composición química y mineralógica que éste, pero una orientación distinta de los granos de cuarzo. Es una roca muy dura y de color claro.

### La formación del paisaje

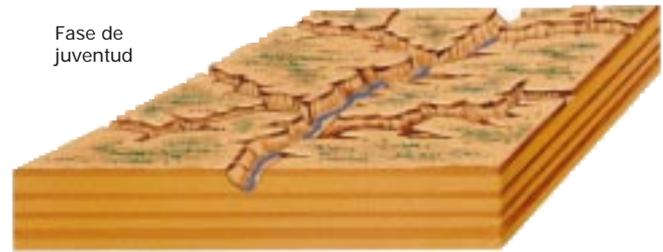
Todos los paisajes que existen en nuestro planeta se han formado o bien como consecuencia de la tectónica de placas o bien como resultado de la acción de los agentes geológicos externos. Estos dos grandes grupos de fuerzas modelan o accidentan la superficie terrestre dando origen a toda una serie de formas a las que se conoce con el nombre de **relieve**. Cuando el relieve se deriva de la tectónica de placas, se denomina **estructural**; en cambio, si ha sido producido por los agentes geológicos externos, se denomina **de erosión**. Las montañas, por ejemplo, son siempre relieves estructurales, mientras que las llanuras a menudo son relieves de erosión. Otras formas características del relieve terrestre son los valles, las mesetas o altiplanicies y las depresiones.

Los agentes geológicos externos, o agentes erosivos responsables de las formas de relieve llamadas de erosión, son esencialmente el agua, el hielo, el viento, la temperatura y la vegetación. Casi todos llevan a cabo su acción en tres etapas: la erosión, el transporte y la sedimentación.

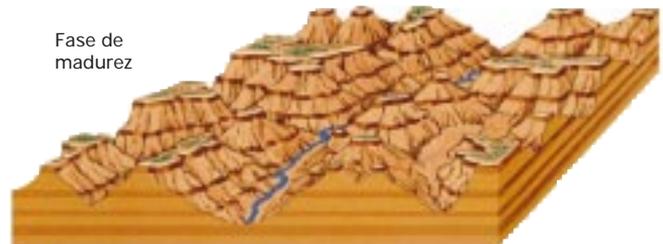
La **erosión** constituye la primera fase de la acción sobre el relieve terrestre, y consiste en la alteración de las rocas superficiales. Esta alteración de las rocas, que puede tener diversas causas, se conoce con el nombre de **meteorización**. Las rocas sometidas a un proceso de meteorización sufren un ataque constante que provoca primero su ruptura, después su descomposición y, finalmente, su transformación y los mil aspectos de su configuración.

La erosión es una fase fundamental en la formación del relieve, gracias a la cual montañas que en un principio fueron muy agudas y escarpadas adquieren formas redondeadas (por el continuo desgaste de las rocas) o incluso llegan a convertirse en mesetas de superficie aplanada. También con la erosión los ríos excavan profundos valles y abren desfiladeros en las montañas, y asimismo se forman las grutas y cavernas en las regiones calcáreas.

El **transporte** es la segunda fase de la transformación del relieve, que consiste en el desplazamiento de los materiales arrancados durante la



Fase de juventud

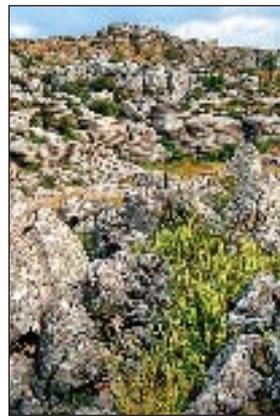


Fase de madurez



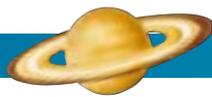
Fase de senectud

*Cuando se ven afectados por la erosión, los estratos horizontales evolucionan en la forma que indican los dibujos.*



*Agentes erosivos externos, modeladores del paisaje.*

fase erosiva. Normalmente va unido a la erosión, ya que los materiales que son transportados, por ejemplo, por las aguas o por el viento, al mismo tiempo van desgastándose y erosionando las rocas que encuentran a su paso.



*Rocas modeladas por la acción del hielo en Laponia (izquierda) y el delta del río Canning en Alaska (derecha).*



## La meteorización

Con el nombre de meteorización se designa el conjunto de procesos externos que modifican la forma de la superficie terrestre, y más concretamente la desintegración y descomposición de las rocas. Según responda a procesos físicos, químicos o biológicos, se habla de meteorización física, química y orgánica.

La meteorización

El transporte puede producirse como consecuencia de la fuerza de gravedad y por la acción del viento, del hielo o de las aguas, continentales y marítimas. Sus formas más habituales son las siguientes:

Transporte por **flotación**: cuando los materiales son acarreados en la superficie del agua.

Transporte por **disolución**: cuando los materiales van mezclados con el agua.

Transporte por **suspensión**: si las partículas se desplazan flotando, pero no sólo en la superficie, sino en toda la masa de agua.

Transporte por **saltación**: cuando los remolinos, de agua o de aire, levantan piedras o gravas que vuelven a depositarse en el suelo al cesar la fuerza que las había impulsado.

Transporte por **rodamiento**: cuando las partículas o piedras van rodando por el suelo.

Transporte por **reptación**: cuando los materiales son transportados lentamente por arrastre.

La última fase del modelado del paisaje es la **sedimentación**, que se produce cuando cesa el transporte de los materiales y éstos quedan depositados en depresiones del terreno o en el fondo submarino. En tierra firme la sedimentación tiene lugar principalmente al pie de las montañas, en el lecho de los ríos, en los lagos y en zonas deprimidas que reciben el nombre de **cuencas sedimentarias**.

La sedimentación constituye también un proceso fundamental en la formación del paisaje, ya que gracias a ella se forman muchas llanuras, las playas, los deltas de los ríos y otras formas características de nuestro entorno.

física, llamada también **meteorización mecánica**, origina la disgregación y fragmentación de las rocas, pero sin producir cambios en su composición química. Tiene su origen en causas muy diversas:

El **hielo**: en las grietas de las rocas se introduce agua que, al descender la temperatura, se transforma en hielo, aumenta entonces de volumen y actúa como una cuña que destruye la roca.

Los **cambios de temperatura**: el continuo calentamiento y el enfriamiento de las rocas, en lugares donde hay grandes cambios de temperatura a lo largo del día, provocan dilataciones y contracciones bruscas y constantes que acaban fragmentándolas.

La **dilatación por descompresión**: se produce en rocas profundas que ascienden a la superficie de la tierra y, al encontrarse entonces sometidas a una presión menor, sufren una dilatación y se fragmentan en bloques.

Estos fenómenos son los que dan origen a los grandes canchales rocosos que pueden verse en las cumbres o las vertientes de algunos sistemas montañosos.

La **meteorización química**, que conlleva la alteración de los minerales que componen la roca, se produce principalmente por la acción del agua. Sus formas más frecuentes son:

La **oxidación**: el óxido disuelto en el agua se combina con alguno de los componentes de las rocas.

La **hidrólisis**: el agua forma soluciones con alguno de los elementos de la roca.

La **carbonatación**: en contacto con las rocas calizas, el anhídrido carbónico disuelto en el agua forma carbonato cálcico.



*Sobre los terrenos que no están cubiertos de vegetación, las aguas de los ríos y también los glaciares arrastran las rocas, erosionando así el paisaje. También son un agente erosivo de primer orden las aguas del mar, que actúan constantemente sobre los acantilados y las playas.*

La **deflación** consiste en el arrastre de piedras o partículas sueltas que se encuentran depositadas sobre el suelo. De esta forma de erosión se derivan unas cuencas de escasa profundidad, denominadas **superficies de deflación**, y también el llamado **pavimento desértico**, que es un terreno pedregoso formado como consecuencia del arrastre selectivo de materiales por parte del viento. En el norte de África, el pavimento desértico recibe el nombre de **reg**.

La **corrosión** es el desgaste que produce el viento sobre las rocas compactas, por sí mismo o mediante la arena que transporta. Si la corrosión tiene lugar sobre rocas duras, produce su pulimentación y la homogeneización de su superficie. Si tiene lugar sobre rocas blandas, da origen a una erosión más intensa que perfora cavidades en las rocas y modela curiosas formas.

El viento lleva a cabo también una operación de sedimentación de materiales, por medio de la cual se forman los rizamientos, las dunas y los loess.

Los **rizamientos** son pequeñas ondulaciones de la arena que aparecen con frecuencia en desiertos y playas.

Las **dunas** son grandes acumulaciones de arena que se forman generalmente cuando algún obstáculo impide que el viento siga transportando los granos que llevaba en suspensión. Existen di-

Finalmente, la **meteorización orgánica** es la que llevan a cabo los seres vivos, y puede ser tanto física como química. Es física, por ejemplo, cuando las raíces de las plantas penetran en las rocas, dilatándolas o fragmentándolas; y química, cuando algunos organismos, como las bacterias o los hongos, producen sustancias ácidas que atacan químicamente las rocas.

## LA ACCIÓN GEOLÓGICA DEL VIENTO

La acción geológica del viento afecta sobre todo a las regiones desérticas y áridas, a las zonas desprovistas de vegetación y a las playas. Las principales formas en que actúa son la deflación y la corrosión.



versos tipos de dunas, pero todas presentan dos caras: la expuesta al viento, que es de pendiente suave, y la vertiente opuesta, situada a sotavento, que forma una pendiente brusca por la que resbalan los granos de arena. Las dunas son frecuentes en los desiertos, pero aparecen también en regiones litorales, donde el hombre suele fijarlas por medio de vegetación para evitar que se

desplacen hacia el interior arrasando los campos de cultivo.

Cuando el viento transporta la llamada harina glacial y la deposita en regiones húmedas se forman los loess, que son suelos de polvo fino, muy fértiles y adecuados para la agricultura. Los suelos de loess son importantes en China y en el centro de Europa.

## LAS AGUAS CONTINENTALES

***Al hablar de la Tierra como planeta, ya se ha dicho que las tierras emergidas representan un 29,2 % de la superficie, mientras que el 70,8 % restante corresponde a las aguas de océanos y mares. El agua es, pues, mucho más abundante que la tierra firme. Sin embargo, del total de la masa líquida de la esfera terrestre las aguas continentales representan tan sólo un 6 %, es decir, una pequeñísima parte. Y todavía resulta menor este porcentaje si consideramos únicamente el agua dulce líquida, o sea, la de los ríos y lagos. Esta última supone el 2 % del total del agua existente en nuestro planeta, mientras que los hielos polares y los glaciares retienen el 4 %.***

### IMPORTANCIA DE LAS AGUAS CONTINENTALES

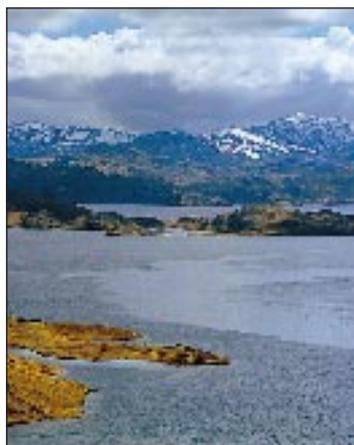
El agua dulce es totalmente imprescindible para la vida y, pese a no ser muy abundante porcentualmente, resulta suficiente, en líneas generales, para cubrir las necesidades de subsistencia de todos los seres vivos del planeta. Ocurre, no obstante, que mientras en algunas regiones sobra agua, en otras el agua escasea, por lo que es preciso recurrir a medios técnicos para cubrir las necesidades de aprovisionamiento.

El principal problema que se plantea al mundo industrializado en este campo no es, pues, de canti-

dad, sino de calidad, ya que a menudo el incremento de las industrias y el crecimiento de las ciudades provocan la contaminación de las aguas, imposibilitando su aprovechamiento o haciendo necesaria la construcción de grandes centrales depuradoras que suponen una costosa inversión. Muchos gobiernos han dictado ya normas para evitar que las industrias contaminen los ríos y lagos.

De todos modos, la importancia de las aguas continentales no se debe sólo al papel que desempeñan de cara a los seres vivos. Estas aguas tienen también un gran valor geológico y geográfico, ya que llevan a cabo importantes procesos de erosión que contribuyen a la formación y al modelado del paisaje. Gracias a su fuerza erosiva, ríos y torrentes consiguen atravesar las montañas, o abrir caminos en ellas que hacen accesibles a los hombres parajes que de otro modo estarían totalmente incomunicados.

Las aguas continentales deben su existencia a las precipitaciones, que constantemente arrojan agua sólida o líquida sobre la superficie terrestre. De toda el agua que cae desde la atmósfera, alrededor de una tercera parte fluye a través de los ríos en dirección al mar o permanece remansada en los lagos; otra tercera parte se filtra en el terreno y pasa a constituir las aguas subterráneas; y la tercera parte restante vuelve a la atmósfera en forma de vapor de agua.



*Las aguas continentales, es decir las de los ríos, lagos y corrientes subterráneas, desempeñan un papel fundamental en la vida humana y en el paisaje. En la imagen, una laguna en Huancaavelica.*

El agua que circula da origen a las torrenteras, los torrentes, los ríos y los lagos; la que se filtra da origen a las pozos artesianos y a los acuíferos.

## LAS TORRENTERAS

Las torrenteras, denominadas también **aguas salvajes** o **aguas de escorrentía**, son las aguas que circulan por la superficie de la tierra libremente, es decir, sin seguir un cauce fijo. Estas aguas circulan de forma esporádica, sólo cuando las lluvias son tan intensas que sobrepasan la capacidad de absorción del suelo.

Las aguas de escorrentía resultan más bien perjudiciales, ya que su fuerza erosiva es enorme. Por este motivo, en las regiones áridas, donde no existe una cubierta vegetal capaz de proteger el suelo, causan grandes estragos en el paisaje.

Cuando discurren sobre terrenos rocosos, las aguas salvajes erosionan las rocas, alisándolas y quitándoles las aristas más salientes y agudas. Sus efectos, en estos casos, se advierten con el paso del tiempo y no son graves. En cambio, cuando las escorrentías circulan sobre materiales blandos, como las arcillas, por ejemplo, o en zonas desprovistas de vegetación, dan origen a un paisaje muy característico denominado **badlands**. Ya el propio término inglés que lo designa, que en castellano traducimos por «tierras malas», indica los efectos tan perjudiciales que tienen las torrenteras. De hecho, estas aguas salvajes arrancan el suelo y erosionan profundamente el terreno, sobre todo en las cuevas y vertientes, abriendo en ellas profundas brechas que les confieren un aspecto abarrancado, muy quebrado y accidentado. Los badlands son característicos de las regiones áridas y desérticas, y están constituidos por surcos profundos separados entre sí por pronunciadas crestas.



En algunas zonas, el agua de las torrenteras puede dar lugar a curiosas formas de erosión, como las **pirámides de tierra** o **dame coiffée**. Como su nombre indica, son pirámides que sobresalen claramente del terreno circundante y, como sugiere el término francés, tienen encima una especie de cobertera o sombrero. Esta cobertera es un retazo de roca dura que ha protegido a la roca más blanda que hay debajo, impidiendo su erosión, mientras que el entorno de la pirámide, falto de protección, ha sido devorado por la fuerza de las aguas.

## LOS TORRENTES

Los torrentes son aguas superficiales que comparten características de las torrenteras y de los ríos. Se asemejan a las primeras en que permanecen secos la mayor parte del año, y sólo llevan agua después de lluvias intensas o cuando se produce el deshielo. Con los ríos tienen en común el hecho de discurrir por un cauce fijo.

Un torrente se puede definir, por consiguiente, como un curso de agua irregular, violento e impenetrable, que aparece por lo general en regiones montañosas o en zonas de relieve abrupto.

En los torrentes se distinguen tres zonas, que se diferencian por su forma y también por el tipo de erosión predominante en cada una de ellas.

La **cuenca de recepción** es la parte alta o cabecera del torrente. Tiene forma de embudo y concentra las aguas salvajes que a partir de allí fluyen ya canalizadamente. La fuerza de las aguas origina una intensa erosión,

*Izquierda, cono de deyección de un torrente; derecha, paisaje con «dames coiffées» en Capadocia.*





que se centra fundamentalmente en el arranque de materiales.

El canal de **desagüe** es propiamente el cauce del torrente por el que descienden las aguas, normalmente a gran velocidad. Aquí las aguas siguen erosionando el terreno, excavando cada vez más profundamente el cauce y arrancando rocas a su paso, pero el fenómeno que tiene mayor importancia es el transporte de los materiales arrancados en la cabecera. En el lecho del canal de desagüe aparecen unas formaciones muy característica, las **ollas**, que son las cavidades excavadas en el fondo. Cuando son muy grandes, reciben el nombre de **marmitas gigantes**.

El **cono de deyección** es la parte inferior del torrente. Aparece en la zona de contacto entre la vertiente montañosa y la llanura, y se forma como consecuencia de la pérdida de velocidad de las aguas causada por la disminución de la pendiente. Tiene forma de cono, y no es zona de erosión, sino de sedimentación de los materiales transportados por las aguas, que presentan una gran variedad de formas y tamaños.

En la cabecera de los torrentes puede producirse el fenómeno conocido con el nombre de **captura**, que consiste en que el torrente, sobrepasando la línea divisoria de su cuenca hidrográfica, capta las aguas de otro río o torrente. Este fenómeno suele originarse por **retroceso de cabecera**, es decir, a causa de una erosión muy intensa que va desplazando la cabecera o cuenca de recepción en sentido contrario a la dirección de las aguas.

## LOS RÍOS

Los ríos son las corrientes permanentes de agua que recolectan el agua de las precipitaciones, directamente o a través de manantiales, y las conducen hasta el mar, un lago u otro río. Normalmente, el río nace en un punto conocido que constituye el **nacimiento** o las **fuentes** del río, pero también puede formarse por la confluencia de varios torrentes o de varios ríos de cabecera. En este caso, su nacimiento suele identificarse con el del río de cabecera que tiene mayor caudal.

Los ríos poseen una enorme importancia para la vida humana, ya que son una fuente de recursos alimentarios (pesca fluvial), aportan reservas de agua para el regadío y para el consumo, constituyen también fuentes energéticas aprovechables a



*Los cursos fluviales pueden ser desde pequeñas corrientes, como el río Tungnaá, en Islandia (abajo) hasta enormes masas de agua con islas en el centro, como el río Negro, en Brasil (arriba).*

través de las centrales hidroeléctricas y son asimismo importantes vías de comunicación.

Sus aguas discurren por un **lecho** o **cauce** fijo, que consta de varias partes: el **lecho inferior** o **canal de estiaje**, que es la zona ocupada permanentemente por las aguas; el **lecho ordinario**, que se inunda durante las crecidas; y el **lecho de inundación**, que sólo lleva agua en las crecidas más importantes. Este último suele estar ocupado por cultivos, ya que constituye un terreno muy fértil.

La cantidad de agua que transportan los ríos se denomina **caudal**, y puede medirse en términos absolutos o relativos. Se habla entonces de **caudal absoluto**, o cantidad de agua que pasa por un punto determinado en una unidad de tiempo, y de **caudal relativo**, que relaciona el caudal absoluto con la extensión superficial de la cuenca fluvial.

En las regiones donde las precipitaciones son regulares todo el año, los ríos mantienen un caudal estable, pero normalmente el caudal varía bas-

tante con las estaciones. De un río que siempre transporta más o menos la misma cantidad de agua, se dice que es de **caudal regular**, y de un río que experimenta numerosas oscilaciones a lo largo del año, se dice que es de **caudal irregular**.

Cuando el caudal es muy inferior al normal, se produce un **estiaje**, y cuando aumenta por encima de la media, se produce una **crecida**. En las regiones tropicales las crecidas tienen lugar durante la estación de las lluvias, y los estiajes, durante la estación seca. En las zonas templadas, en cambio, las crecidas se producen principalmente en primavera, que es la época del deshielo, y los estiajes en verano, que es cuando llueve menos y la evaporación es mayor.

El conjunto de las crecidas y los estiajes de un río a lo largo del año determina su **régimen**, que puede ser simple o complejo. Es simple en los casos en que sólo se registra una crecida y un estiaje al año, y complejo cuando las crecidas y estiajes son más de uno.

Los regímenes de los ríos pueden clasificarse también en función de sus principales fuentes de alimentación. En este caso, se habla de régimen **pluvial**, **nival**, **pluvionival** y **nivopluvial**. Un río tiene régimen pluvial cuando sus aguas provienen básicamente de las lluvias, y régimen nival cuando sus aguas proceden esencialmente de la nieve. En los regímenes pluvionival y nivopluvial, las aguas proceden tanto de la lluvia como de la nieve, con predominio de la primera en el régimen pluvionival, y de la segunda en el nivopluvial.

El régimen de un río no depende sólo de su propio comportamiento, sino también del de to-

dos sus afluentes. Éstos configuran lo que se denomina una **red fluvial**, que ocupa una determinada **cuenca fluvial**.

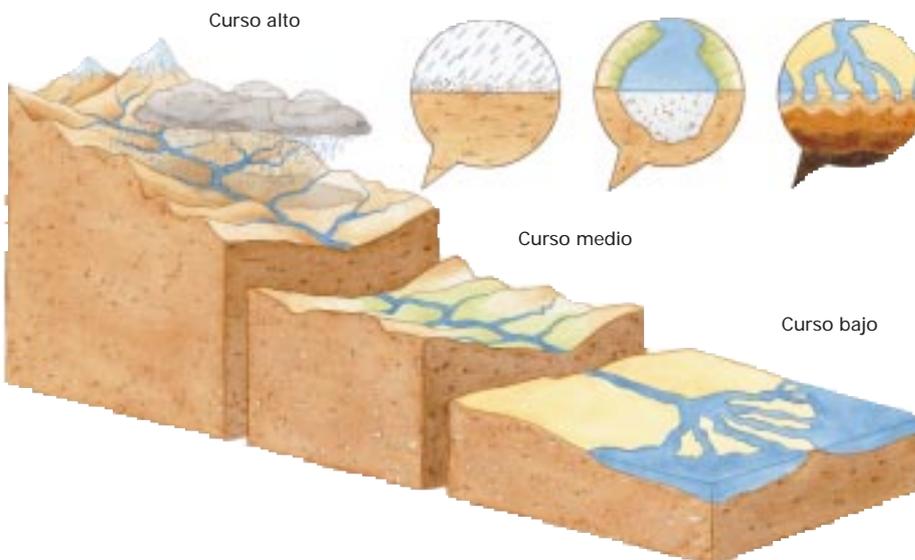
La cuenca fluvial, llamada también **cuenca hidrográfica**, es una extensión superficial que comprende todo el territorio que vierte sus aguas en una misma red fluvial.

### Los ríos como agente erosivo

Los ríos transportan, por diversos procedimientos, una gran cantidad de materiales que previamente han arrancado del terreno. La capacidad del río para arrancar estos materiales constituye su fuerza erosiva.

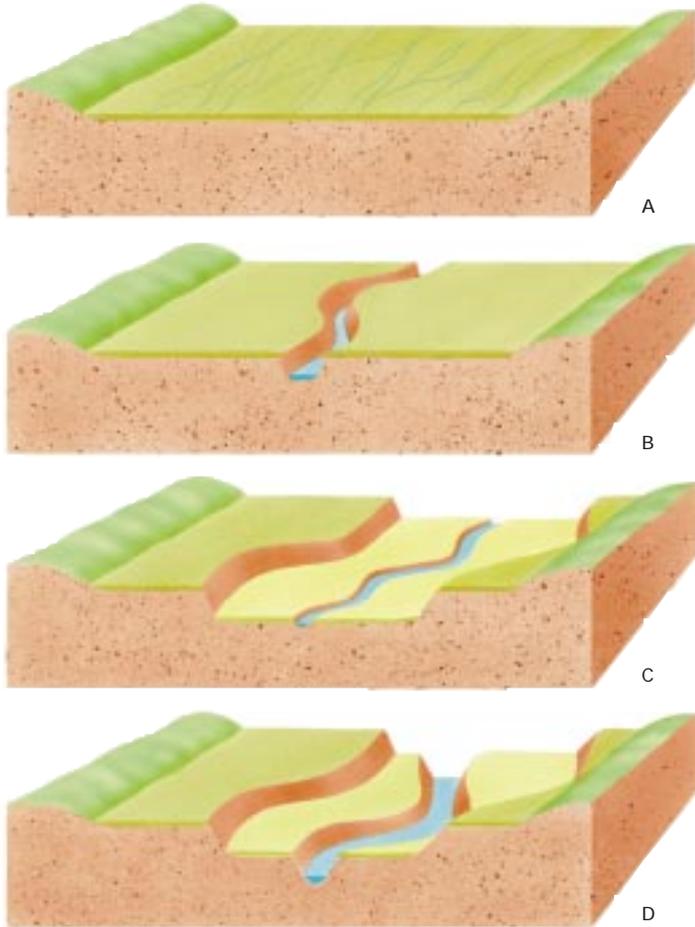
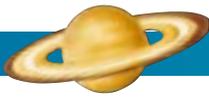
Una vez arrancados, los materiales son transportados por las aguas, lo que origina a su vez la erosión del cauce y las orillas del río, y finalmente son depositados en forma de **sedimentos** o **aluviones**. Todo este proceso tiene lugar según unos ritmos preestablecidos y da origen a una serie de paisajes y formaciones características.

Los elementos de mayor tamaño que se desplazan junto con las aguas del río son los guijarros. Estas piedras pueden ser conducidas por **arrastre** y por **saltación**. En el primer caso, avanzan unos metros por el lecho del río hasta que embarrancan y después vuelven a ser arrastrados, en un proceso que se repite continuamente. La saltación tiene lugar principalmente durante las crecidas, cuando las aguas circulan con más fuerza. Entonces, los guijarros avanzan a saltos, y se van rompiendo y desgastando hasta quedar reducidos a pequeñas piedras redondeadas y pulidas, denominadas **cantos rodados**. Los materiales más fi-



*Diseño esquemático de los tres tramos del curso de un río con delta (izquierda) y los típicos cantos rodados que aparecen en el curso alto (abajo).*





*Proceso de formación de las terrazas fluviales.*

rocoso, aparecen las **gargantas** y los **congostos**, lugares estrechos y profundos por los que su curso discurre muy hundido, encajado entre elevadas paredes verticales.

Cuando las gargantas, en lugar de ser de escasa longitud y muy cerradas, son muy largas y forman un valle angosto, de paredes escarpadas, constituyen lo que se denomina un **cañón**. Los cañones son un tipo de formación muy espectacular que suelen excavar los ríos en las regiones áridas. El más famoso es el Gran Cañón del Colorado, en Estados Unidos, donde en el transcurso de los siglos el río Colorado ha ido ahondando cada vez más su cauce hasta formar un valle que en algunos lugares alcanza los 2 km de profundidad. Su anchura oscila entre 7 y 25 km, y su longitud alcanza los 380 km.

En el curso alto de un río, donde la fuerza erosiva es muy intensa, puede ocurrir también que los materiales del lecho sean más o menos duros. Entonces, el tramo de materiales duros, más resistente a la erosión, conserva mayor altura, mientras que el de materiales blandos se va rebajando cada vez más. Este es el motivo de la aparición de **rápidos**, **cascadas** o **cataratas** y **saltos de agua**, que son más frecuentes en el curso alto, aunque también pueden aparecer en el curso medio y en el curso bajo.

El **curso medio** de un río empieza donde las aguas abandonan la región montañosa y comienzan a discurrir por un terreno con menos pendiente. La corriente no tiene tanta fuerza, y las aguas circulan a velocidad mucho menor que en el curso alto, pero el caudal es más abundante y el cauce más profundo. En el curso medio la fuerza erosiva del río no es tan intensa, y adquiere mayor importancia en cambio el transporte de materiales. No obstante, algunos fenómenos erosivos típicos de esta zona son los meandros y las terrazas.

Los **meandros** son una sucesión de amplias curvas que el río forma cuando discurre muy lentamente al transitar por un terreno completamente llano. En ellos existe una gran diferencia entre la parte cóncava, donde las aguas fluyen con mayor rapidez, erosionando profundamente la orilla, y la parte convexa, en la que apenas hay corriente y la erosión es sustituida por una abundante sedimentación. Esta diferencia entre una orilla y otra

nos, como las arenas y las arcillas, son transportados en **suspensión**, mientras que otros materiales diversos son transportados por **disolución** y por **flotación**. Estos últimos carecen de importancia en el proceso erosivo del río.

En su recorrido desde el nacimiento hasta la desembocadura (**curso**), el río puede llevar a cabo principalmente un trabajo de erosión, de transporte o de sedimentación. En función de esto, y de algunos otros factores, se habla de **curso alto**, **curso medio** y **curso bajo** de un río.

El **curso alto** de un río es el más cercano a su nacimiento, y normalmente el más accidentado. En esta zona, el río discurre entre montañas y a menudo se ve obligado a abrirse paso en lugares donde no lo hay. La pendiente suele ser pronunciada, y la fuerza de las aguas es enorme, por lo que la corriente arranca muchos materiales del sustrato que excavan, por rozamiento, un lecho profundo. Así se forman los valles característicos del curso alto, que tienen forma de «V». Cuando el río se ve obligado a abrirse paso en un terreno



puede llegar a cerrar tanto la curva del meandro que acabe por estrangularlo, formándose entonces un **meandro abandonado**, que también recibe el nombre de **oxbows**. Si este proceso se repite a menudo, todo el valle queda cubierto de sedimentos fluviales y salpicado por pequeñas lagunas en forma de media luna de los meandros abandonados.

Las **terrazas fluviales** se forman cuando se produce un descenso del nivel del agua del mar. En este caso, la pendiente del río aumenta y las aguas fluyen con más fuerza, produciéndose una erosión más intensa que ahonda el cauce del río. Las terrazas fluviales originan un paisaje característico, constituido por llanuras horizontales, alargadas y paralelas al curso del río, que terminan en una especie de acantilado totalmente vertical, perpendicular al cauce. La formación de terrazas es un proceso que se repite y da origen a un paisaje escalonado, con sucesivas superficies horizontales terminadas en acantilados que van descendiendo hasta el lecho del río. Se habla entonces de **terrazas escalonadas**, y es fácil deducir que las inferiores son de formación más reciente que las superiores. Desde tiempos muy remotos, las terrazas de los ríos han constituido uno de los espacios preferidos por el hombre para establecer sus asentamientos.

El último tramo de un río, es decir, el más cercano a su desembocadura, es el **curso bajo**. En este tramo ya casi no hay pendiente, y la erosión y el transporte dejan paso a la sedimentación. De toda la carga que transportan las aguas, los primeros materiales que se depositan son los guijarros, los cantos rodados y las gravas, que empiezan ya



*Los ríos pueden dar origen a paisajes tan variados como las cataratas del Iguazú, en Argentina (arriba, izquierda), el cañón de Yellowstone, en Estados Unidos (arriba, centro), el delta del Mekong, en Vietnam (abajo) y los meandros del Orinoco en Venezuela (sobre estas líneas).*

a sedimentarse en el curso alto. Después, la corriente deposita las arenas y finalmente, ya en la desembocadura, las arcillas que lleva en suspensión y los iones disueltos en las aguas. Esta continua aportación de sedimentos o aluviones por parte del río da lugar

normalmente a la formación, junto al curso bajo, de grandes planicies, llamadas **llanuras aluviales**, que son terrenos muy fértiles para la agricultura.

En el punto donde el río entra en contacto con el mar, la fuerza de sus aguas decrece por la acción combinada de las corrientes costeras y de los flujos de las mareas, y entonces tiene lugar una acumulación de los sedimentos que transporta el curso fluvial. Esta acumulación de sedimentos puede producirse de varias maneras, dando origen a distintos tipos de desembocaduras. Las más importantes son los deltas y los estuarios.

Los **deltas** se forman generalmente en costas resguardadas, donde las mareas y las corrientes marinas tienen poca importancia. La escasa fuerza de las aguas marinas hace que la corriente vaya depositando sus aluviones cada vez más lejos del litoral, constituyendo un depósito de sedimentos de forma triangular que sobresale claramente de la línea de costa. A menudo, la acumulación de aluviones llega a cerrar el propio cauce del río y éste se ve obligado a abrirse paso por otro lugar,



lo que da origen a la aparición de varios brazos. Tres ríos que desembocan formando grandes deltas son el Orinoco, en Venezuela, el Nilo, en Egipto, y el Mississippi, en Estados Unidos.

Al contrario que los deltas, los **estuarios** se forman normalmente en costas abiertas, en las que tienen gran importancia las mareas y las corrientes marinas. La fuerza de las aguas arrastra los aluviones hasta zonas muy alejadas de la desembocadura y los deposita en el fondo del océano. Como el estuario se comunica abiertamente con el mar o con el océano, se forma una mezcla de aguas y de sedimentos. Uno de los estuarios más grandes del mundo es el del río Amazonas.

## LOS LAGOS

Un lago es una extensión permanente de agua que carece de contacto con el mar. Los lagos están situados normalmente en zonas deprimidas de la corteza terrestre, y su origen puede ser de lo más diverso. Algunos constituyen el último vestigio de antiguos mares lentamente desecados, mientras que otros se han producido como consecuencia de hundimientos de la corteza terrestre, que han dado lugar a invasiones marinas. También hay los lagos de origen glaciar, es decir, creados por la fusión o por el desplazamiento de grandes masas de hielo.

A diferencia de los ríos, los lagos no son agentes erosivos, y su existencia no provoca alteración alguna en el paisaje. La importancia para el hombre radica en que constituyen una fuente de recursos alimentarios y de agua potable, y también en que

pueden utilizarse para el transporte, el esparcimiento y la producción de energía eléctrica.

Los lagos se alimentan de diversas maneras, pero esencialmente reciben sus aguas de las precipitaciones, de los ríos o glaciares y de las capas freáticas. Según la principal fuente de alimentación, se habla de lagos de régimen pluvial, nival, pluvionival, nivopluvial, fluvial, glaciar y freático.

Cuando un lago es de régimen fluvial, puede ser alimentado por las aguas de uno o de varios ríos, de los que se dice que son **tributarios** del lago. Pero también puede darse el caso de que en las aguas del mismo lago nazca un río, o de que la corriente que llega por un orilla salga por la orilla contraria. Estos ríos que nacen en los lagos se denominan **emisarios**.

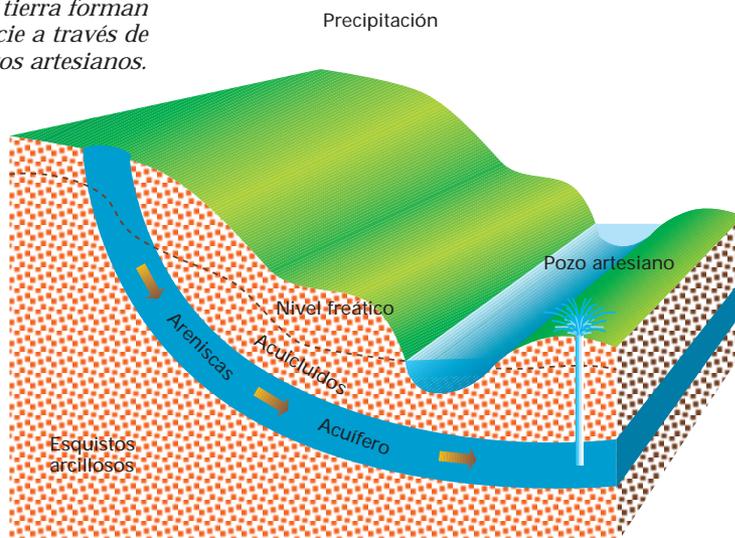
Los lagos más grandes de la Tierra son el Superior, en la frontera de Estados Unidos y Canadá, que tiene una extensión de 82.414 km<sup>2</sup>, y el Victoria, situado entre Tanzania, Uganda y Kenia, cuya extensión es de 68.800 km<sup>2</sup>.

## LAS AGUAS SUBTERRÁNEAS

Una tercera parte del agua que cae a la Tierra procedente de la atmósfera se filtra hacia el subsuelo. Pero, además, también se filtra una parte del agua de los ríos, de los lagos y de los glaciares. Todas estas filtraciones dan origen a las aguas subterráneas, que en algunos casos realizan una intensa acción erosiva, y en otros casos, en que carecen de fuerza erosiva, actúan como fuente de alimentación de lagos o de pozos artesianos.

*Las aguas que se filtran en el interior de la tierra forman acuíferos que pueden salir a la superficie a través de manantiales o de pozos artesianos.*

*El lago Titicaca, situado entre Perú y Bolivia.*



La cantidad de agua que se filtra a través del suelo depende de numerosos factores. Los más importantes son la naturaleza de las rocas, la pendiente, la vegetación y la evaporación.

Existen **rocas permeables** y **rocas impermeables**, es decir, rocas que dejan pasar el agua y rocas que impiden su paso. Las primeras suelen tener muchos poros o grietas comunicados entre sí, mientras que las segundas son formaciones más compactas, con pocas aberturas o con aberturas no comunicadas. Si el agua cae en un terreno de rocas permeables, se filtrará en gran parte hacia el subsuelo. En cambio, si cae en un terreno de rocas impermeables, se deslizará por la superficie hasta llegar a un lago, un río o un torrente.

La pendiente del terreno influye también en la infiltración de las aguas, pues cuando es acentuada actúa como repelente, enviando las aguas cuesta abajo e impidiendo su filtración. Por ello, la filtración es mucho más abundante en zonas llanas, donde las aguas se estancan.

La vegetación y la evaporación son otros factores que asimismo hacen disminuir la cantidad de agua que llega hasta el subsuelo. La primera, porque acapara el agua para su propia supervivencia, y la segunda, porque devuelve el agua a la atmósfera. En zonas donde hace mucho calor y la evaporación es abundante, queda poca agua en la superficie que pueda filtrarse hacia el interior.

### Las aguas freáticas

Las aguas que se filtran y forman depósitos en el subsuelo se denominan aguas freáticas. Como consecuencia de la fuerza de gravedad, estas aguas van descendiendo a través de los poros y grietas



de las rocas hasta que encuentran una capa de roca impermeable. Entonces, se acumulan y forman los llamados **acuíferos** o **capas freáticas**.

Existen dos tipos de acuíferos. Los que están encerrados entre dos capas de rocas impermeables, que se llaman **acuíferos cautivos**, y los que sólo están limitados por rocas impermeables en su parte inferior. Estos últimos son los **acuíferos libres**. En los acuíferos cautivos, sobre todo cuando forman pendiente, el agua se halla a presión suficiente como para brotar espontáneamente en la superficie si se perfora un pozo. Estos pozos se llaman **artesianos**, y han sido desde tiempos remotos una importante fuente de abastecimiento de agua potable.

Los acuíferos contienen una determinada cantidad de agua que recibe el nombre de **nivel freático**. Este nivel varía en función de las precipitaciones, y puede llegar a emerger a la superficie en época de intensas lluvias o quedar reducido a un mínimo en tiempos de sequía.

Si la superficie del terreno, principalmente en zonas de montaña, corta un acuífero, el agua que éste almacena emerge al exterior formando una **fuelle** o un **manantial**. Estas fuentes pueden llegar a tener una gran importancia si se convierten en el origen de grandes ríos, o bien quedar como modestas afloraciones que se limitan a abastecer el consumo humano.

### Las aguas subterráneas como agente erosivo

Existen en la superficie terrestre algunos tipos de roca, como las rocas calcáreas o las rocas calizas, que son particularmente sensibles a la acción de las aguas. En estas rocas, el agua se infiltra rápidamente y da lugar a la aparición de un relieve característico, con una serie de formaciones muy particulares. Los relieves de este tipo se estudiaron por primera vez en una región de Eslovenia llamada Karst o Carso, por lo que reciben el nombre de relieves **cársticos** o **cársicos**.

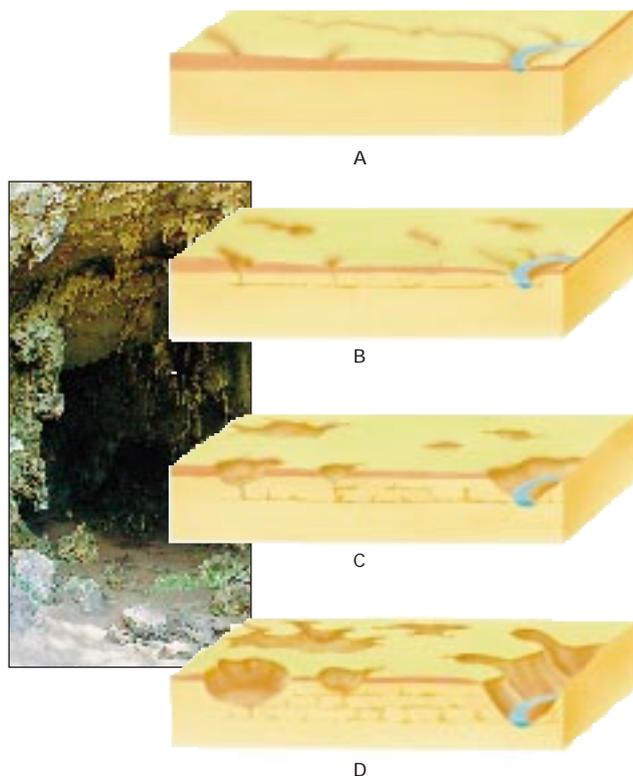
La acción del agua de lluvia sobre las rocas calcáreas tiene como primera consecuencia la aparición sobre el terreno de un conjunto de surcos y crestas, o de surcos y aristas, que recibe el nombre de **lapiaz**.

*El río Guadiana, desde su nacimiento hasta los Ojos del Guadiana, presenta un curso intermitente, que a veces discurre por la superficie y otras bajo tierra.*



En una fase más avanzada de la evolución del paisaje cárstico, el agua se filtra por las grietas de las rocas y forma profundos pozos o **simas**. Puede llegar un momento en que las paredes y el techo de las simas se hundan, y entonces aparecen en la superficie unas cubetas en forma de embudo que reciben el nombre de **dolinas**. Las dolinas son depresiones circulares u ovaladas, de dimensiones muy variables, que pueden llegar a alcanzar más de un centenar de metros de profundidad. A veces se originan directamente por la disolución superficial de las rocas calizas, y su fondo puede estar constituido por arcillas de color rojizo, la llamada **terra rossa**. Cuando el desagüe que suele haber en el fondo se obstruye, la dolina se llena de agua.

El lapiaz y las dolinas son formas cársticas superficiales. Las simas son formas cársticas subterráneas. Y también lo son las galerías y las cuevas. Las **galerías** se forman cuando el agua filtrada bajo tierra disuelve las rocas, y las **cuevas** aparecen cuando las galerías se ensanchan y alcanzan grandes dimensiones. Normalmente, tanto las galerías como las cuevas presentan unas curiosas formaciones denominadas **estalagmitas** y **estalagmitas**. Ambas son concreciones calizas de forma cilíndrica o puntiaguada, y la única diferencia entre ellas es que las **estalagmitas** se forman suspendidas del techo, mientras que las **estalagmitas** surgen verticalmente desde el suelo. Si una estalagmita y una estalagmita se juntan, dan origen a una **columna**. Las estalagmitas y estalagmitas aparecen cuando el agua que lleva disuelto anhídrido carbónico se evapora, y el bicarbonato se transforma en carbonato cálcico y precipita en estas curiosas concreciones. Lo



*En las regiones constituidas por rocas calizas el agua va erosionando el terreno de la forma que indican los dibujos y la fotografía de la cueva.*

mismo que las simas, las cuevas y las galerías pueden hundirse y dejar su estructura al descubierto. Es la última fase de evolución del paisaje cárstico, en la que suelen quedar en medio de un terreno rebajado rocas muy altas no afectadas por la erosión.

## GLACIARES Y GLACIACIONES

***En algunas regiones de nuestro planeta, a consecuencia de las bajas temperaturas, las precipitaciones se producen casi siempre en forma de nieve. Esto ocurre en los polos y en las cumbres más elevadas de las montañas. En estas regiones, la nieve no llega a fundirse en ninguna época del año y se va acumulando en capas. Las capas superiores presionan entonces sobre las inferiores, las cuales pierden el aire que contenían y se transforman en hielo. Además, la presión ejercida por las capas superiores hace que el hielo se vuelva flexible y viscoso, y que se desplace a zonas más bajas. Cuando esto ocurre, significa que se ha formado un glaciar.***

### LOS GLACIARES

Los glaciares son masas de hielo que se desplazan lentamente, a velocidades que varían entre 10 m

y 8 km por año. Se forman en los polos, donde reciben el nombre de **casquetes polares**, y en las altas montañas, en las que se distinguen los **glaciares alpinos**, los **glaciares de circo** y los **glacia-**

res de pie de monte. Todos ellos difieren en sus características y comportamiento, que estudiaremos más adelante.

Los glaciares arrancan materiales de los terrenos por donde avanzan, y al arrastrarlos consigo erosionan intensamente el territorio. Por este motivo, desempeñan un papel muy activo en el modelado del paisaje.

Actualmente, podemos encontrar formas características de la erosión glacial en lugares donde no existen glaciares. Eso significa que en otro tiempo los hielos cubrieron una superficie mucho mayor de la que ocupan actualmente. En nuestros días, la capa de hielo que cubre la Tierra tiene una extensión de unos 15,6 millones de km<sup>2</sup>, lo que representa un 3 % de la superficie total del globo terrestre.

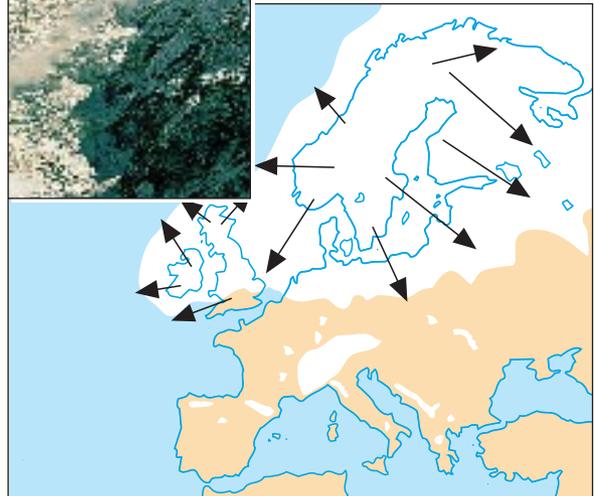
### Las grandes glaciaciones

Gracias a las huellas dejadas por la erosión glacial en zonas que actualmente no están cubiertas por los hielos, y gracias también a las regresiones y trasgresiones marinas, los científicos han podido determinar la existencia de diversos períodos en la historia de nuestro planeta en los que los hielos cubrieron una gran parte de Europa, de América del Norte y de América del Sur. Estos períodos se conocen con el nombre de **glaciaciones**.

Las regresiones marinas son retrocesos del nivel del mar que se relacionan generalmente con las glaciaciones, ya que al aumentar la cantidad de hielo existente sobre la Tierra, se reduce el agua acumulada en los océanos. Las trasgresiones, por el contrario, son subidas del nivel de las aguas del mar que tienen lugar cuando se produce el deshielo después de una época glacial. De ambos fenómenos existen vestigios en las costas marinas que han permitido determinar el número y la duración de las glaciaciones.



*Durante la era Cuaternaria, los hielos cubrieron una gran parte de Europa y América, retirándose después y quedando reducidos a dos grandes casquetes (el de la Antártida y el de Groenlandia) y a los glaciares.*



Así, se ha podido establecer la existencia de cuatro glaciaciones o períodos glaciales, separados por otros tantos períodos intermedios, éstos denominados **períodos interglaciales**. En la actualidad vivimos en un período interglacial.

Todos estos períodos, glaciales e interglaciales, se designan con nombres distintos en América del Norte y en Europa. Aunque no se conoce con exactitud la cronología de las glaciaciones, se cree que se iniciaron hace 1,6 millones de años, y que la última glaciación tuvo lugar hace 10.000 o 15.000 años. Durante ese larguísimo espacio de tiempo, las épocas cálidas y las épocas frías se al-

## GLACIACIONES Y PERÍODOS INTERGLACIALES

Período	América del Norte	Europa (Alpes)	Europa central
Glacial	Wisconsin	Würm	Vístula
Interglacial	Sangamon	Riss-Würm	Saale-Vístula
Glacial	Illinois	Riss	Saale
Interglacial	Yarmouht	Mindel-Riss	Elster-Saale
Glacial	Kansas	Mindel	Elster
Interglacial	Afton	Günz-Mindel	Elba-Elster
Glacial	Nebraska	Günz	Elba



ternaron con una periodicidad de unos 40.000 años. Existen diversas teorías acerca del origen de las glaciaciones. Una de ellas se funda en la reducción del anhídrido carbónico de la atmósfera, que habría dado lugar a un enfriamiento general de la corteza terrestre. Otra, en cambio, atribuye el enfriamiento general del globo a una disminución de la radiación solar. Sea como fuere, el hecho es que los hielos avanzaron enormemente, llegando a cubrir en total una superficie de unos 55 millones de km<sup>2</sup>, lo que supone algo más de una tercera parte de las tierras emergidas.

## LOS CASQUETES POLARES

Los casquetes polares, que reciben también el nombre de **glaciares continentales** o **inlandsis**, son los glaciares más importantes que existen actualmente sobre la Tierra. Ocupan en total 15 millones de km<sup>2</sup>, lo que significa el 90 % las áreas cubiertas por el hielo. Son dos: el casquete de la Antártida y el casquete de Groenlandia.

El casquete de la Antártida, que es el más extenso, tiene una superficie de 13 millones de km<sup>2</sup>, y cubre el continente antártico en su totalidad, salvo algunas cumbres montañosas, los **nunataks**, que sobresalen por encima del hielo. Este glaciar, de un enorme espesor, se adentra en las aguas circundantes, donde llega a formar plataformas de hielo que se elevan hasta 70 m por encima del nivel del mar.

El casquete de Groenlandia, mucho menor, abarca una extensión de 1,7 millones de km<sup>2</sup>, lo que representa casi la totalidad de la isla de Groenlandia. Alcanza su mayor espesor en el centro, donde alcanza los 3.000 m de altura.

Tanto el casquete de la Antártida como el de Groenlandia se desplazan en forma radial, desde el centro y en todas direcciones. El hielo llega así a las aguas cir-

cundantes, donde a veces se fragmenta en grandes bloques denominados **icebergs**, que son masas gigantes de hielo que flotan sobre las aguas del mar. La parte emergida representa tan sólo una décima parte de su volumen total, y a veces permanecen flotando durante varios años antes de fundirse. Normalmente, van cargados de los materiales que el glaciar ha arrancado y arrastrado durante su trayecto, y al fundirse los depositan en el fondo marino.

## LOS GLACIARES ALPINOS

Los glaciares alpinos son los que se forman en alta montaña, por encima del nivel de las nieves perpetuas. Abundan, por ejemplo, en los Andes argentinos y chilenos, en los Alpes y en el Himalaya. Suelen ser de limitada extensión, alcanzando apenas unas decenas de kilómetros. Reciben también el nombre de **glaciares de valle** y **glaciares de montaña**, aunque esta última denominación es más amplia y engloba asimismo los glaciares de circo.

A diferencia de los casquetes polares, que aparecen incluso al nivel del mar, los glaciares alpi-



*En la Antártida, las bases científicas se instalan sobre el casquete glaciar que cubre el continente (izquierda) y que, al llegar al océano, se fragmenta en grandes bloques de hielo llamados icebergs (derecha).*

nos se forman a altitudes considerables, aunque muy variables. Así, en las zonas tropicales los glaciares se encuentran por encima de los 5.000 m de altitud, por lo que apenas existen, mientras que en las zonas templadas pueden encontrarse por encima de los 2.000 m.

Estos glaciares presentan una estructura muy característica, que se asemeja a la de los torrentes. Se pueden distinguir tres partes:

El **circo** o cuenca de recepción, donde la nieve se acumula y se transforma en hielo; suele ser de forma semicircular, normalmente está rodeado por altas paredes rocosas y siempre situado por encima del límite de las nieves perpetuas, es decir, en zonas donde la temperatura estival es insuficiente para fundir las nieves caídas durante el invierno; por extensión, se conocen también con este nombre antiguos circos glaciares que actualmente no están cubiertos ya por los hielos, y en esta segunda acepción, el circo es una forma de relieve originada por la acción de los antiguos glaciares.

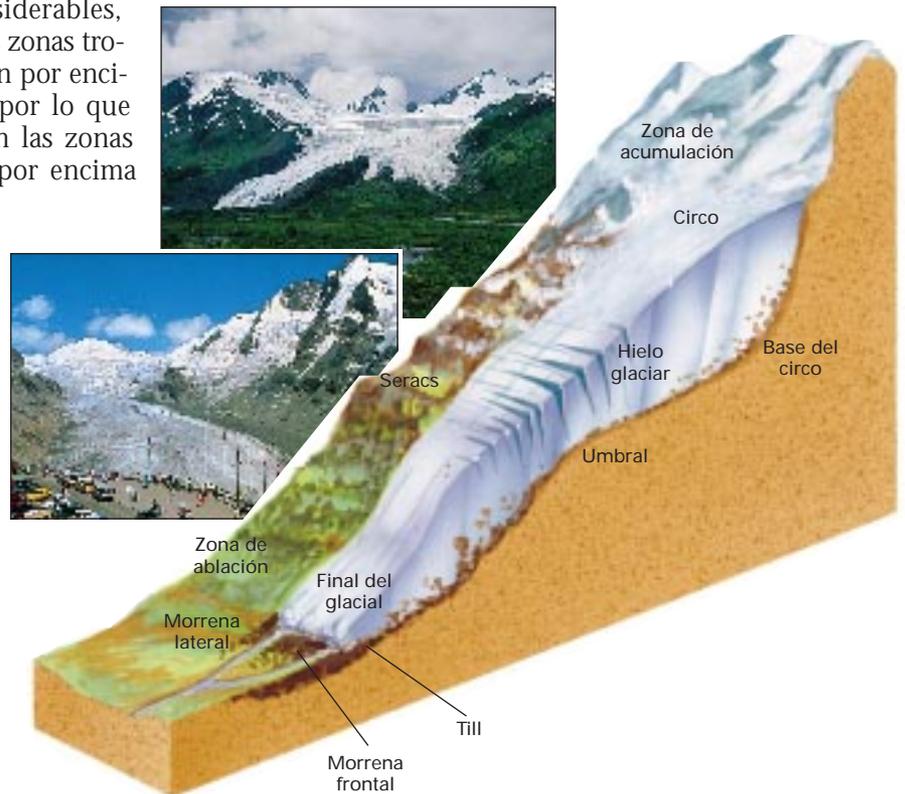
La **lengua** del glaciar que desciende lentamente desde el circo, generalmente de forma abombada, más abultada en el centro que en los lados, y normalmente fragmentada por numerosas grietas.

El **frente** o parte delantera de la lengua glaciar, que se funde cuando alcanza el denominado **nivel de ablación**, es decir, una zona donde las temperaturas no son ya demasiado elevadas para que el hielo pueda mantenerse.

Una variedad de los glaciares alpinos típicos son los **glaciares de circo**. Estos glaciares se reducen sólo al circo, ya que la acumulación de nieve no llega a ser suficiente para que el hielo se deslice por la vertiente.

### Los glaciares de pie de monte

Son glaciares que aparecen por lo general en áreas cercanas a los polos, y suelen discurrir desde la parte inferior de las montañas hacia las llanuras circundantes. Presentan escasa pendiente, y normalmente se desplazan con gran lentitud sobre una capa de fango. Son muy abundantes, por ejemplo, en Alaska.



*Los glaciares alpinos son como un río de hielo que nace en el circo y muere en la zona de ablación. En su trayecto arrastran rocas y materiales diversos que se acumulan formando las morrenas.*

## LA EROSIÓN GLACIAR

Los glaciares llevan a cabo una intensa acción erosiva, que se debe esencialmente a la fuerza del hielo. Éste arranca rocas del suelo y las transporta consigo, originando paisajes muy característicos, que incluso después de la retirada de los glaciares muestran inequívocamente que una zona determinada estuvo cubierta por el hielo en algún momento.

Los materiales que transportan los glaciares se acumulan en determinados puntos de la lengua de hielo, y reciben el nombre de **morrenas**. Según su situación, las morrenas pueden ser de fondo, laterales, centrales y frontales.

La **morrena de fondo** es aquella que se acumula en la parte inferior de la lengua glaciar. Lleva a cabo una intensa acción erosiva derivada del desgaste por rozamiento y da origen a un paisaje típico, llamado de **rocas aborregadas**, que consiste en pequeños montículos redondeados formados



*La acción de los glaciares en las costas da lugar, cuando se retiran los hielos, a los fiordos. Fiordo Geiranger, en Noruega.*

por rocas con estrías longitudinales. Los paisajes de este tipo son muy característicos de Escandinavia. La acción de la morrena de fondo produce también un desgaste muy lento de las rocas del sustrato, que llegan a descomponerse formando un suelo muy fino y limoso compuesto de lo que se denomina **harina glaciár**.

Las **morrenas laterales** son las que se forman a ambos lados de la lengua glaciár. Cuando el glaciár desaparece, dan origen a pequeñas colinas muy características que constituyen una prueba inequívoca de la existencia de una lengua de hielo.

La **morrena central** aparece cuando se unen dos lenguas glaciares que, a partir de un punto

determinado, avanzan unidas. Sus efectos sobre el paisaje son muy similares a los de las morrenas laterales, y los montículos que quedan como testimonio de la presencia del glaciár reciben el nombre de **colinas morrénicas**.

Finalmente, la **morrena frontal** es el depósito de materiales que permanece en el lugar donde se funde el glaciár. Suele formar una acumulación caótica de rocas muy fragmentadas y llenas de aristas. A veces, en esta zona las aguas de fusión dan origen al nacimiento de un río.

Al descender por las vertientes de las montañas, los glaciares alpinos excavan valles en forma de «U», con el fondo plano y las paredes verticales. Ante un valle de este tipo, los geógrafos deducen enseguida que ha sido formado por un glaciár (pues los ríos, como se ha dicho, excavan valles en forma de «V»).

Otras formaciones derivadas de la acción de los glaciares sobre el relieve son los **fiordos**, accidentes geográficos propios de las costas de las regiones frías, y los **lagos glaciares**, que aparecen cuando una morrena impide que el agua de una zona determinada pueda fluir libremente, o cuando las aguas de fusión de un glaciár se acumulan en una zona deprimida.

## OCÉANOS Y MARES

***La Tierra es el único planeta del sistema solar en el que se conoce la presencia de agua en cantidades importantes, y precisamente por esto, es también el único en el que han podido desarrollarse los seres vivos. Pero los científicos creen que no fue así desde el principio, sino que los océanos se habrían formado a causa de la fragmentación de la gran masa continental inicial.***

### LOS OCÉANOS

Al separarse las tierras como consecuencia de la deriva de los continentes, las cuencas que aparecieron se fueron llenando de agua de lluvia a lo largo de más de 60.000 años.

Esta es una de las teorías existentes para explicar que en la actualidad el agua cubra 361 millones de km<sup>2</sup> de la superficie terrestre, es decir, el 70,8 % de la extensión total de nuestro

planeta. Esta gran masa líquida está repartida entre las aguas continentales, los océanos y los mares. Las primeras representan una parte insignificante, mientras que los océanos y mares reúnen el 94 % de todas las aguas que existen sobre la Tierra.

Con el nombre de **océano** se designa, en primer lugar, la masa total de agua salada que cubre la Tierra. Este nombre lo introdujeron los antiguos griegos, quienes suponían que la tierra firme esta-

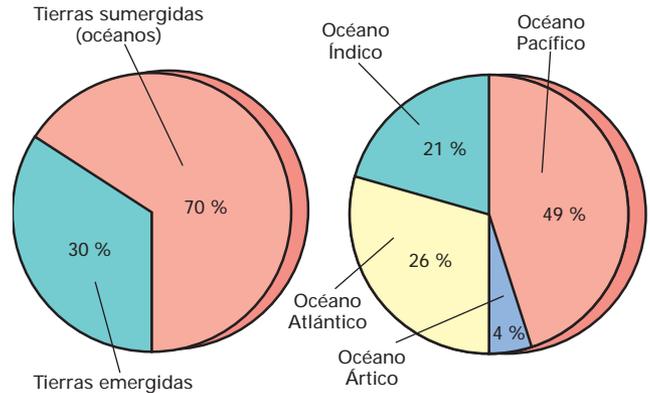
ba totalmente rodeada por una gran masa de agua poblada de todo tipo de seres fantásticos.

Con mayor frecuencia, sin embargo, el término se aplica a las grandes porciones en que se subdivide esta masa de agua delimitadas por su situación entre los continentes. En ese sentido, se distinguen cinco océanos: océano Pacífico, océano Atlántico, océano Índico, océano Glacial Ártico y océano Glacial Antártico. De todos ellos, el de mayor extensión es el océano Pacífico, situado entre América y Asia, que representa un 49 % de la extensión total de los océanos. Le sigue en importancia el océano Atlántico, que separa América de Europa y África, y representa el 26 % de la masa oceánica. A éste le sigue el océano Índico, situado entre África y Asia, al que corresponde una extensión proporcional del 21 %. Los dos restantes, el océano Glacial Ártico y el océano Glacial Antártico, son mucho más pequeños, y en conjunto representan tan sólo el 4 %. El océano Glacial Ártico está situado en el polo norte, rodeado por las costas septentrionales de Europa, Asia y América. El océano Glacial Antártico rodea la Antártida. Ambos se caracterizan por la presencia de la **banquisa**, bancos de hielo flotantes que dificultan la navegación. Durante el invierno, las banquisas se unen entre sí dando origen a la formación de extensas plataformas.

## LOS MARES

El nombre de **mar** designa asimismo la totalidad de las aguas saladas, pero más concretamente se usa para referirse a pequeñas divisiones de los océanos situadas en el interior o en la periferia de los continentes. Según su situación, los mares pueden ser **exteriores** o **costeros**, como el mar Cantábrico, que bordea la costa septentrional de la península Ibérica; **continentales**, cuando están situados entre grandes masas continentales; y **cerrados** o **interiores**, cuando están completamente rodeados de tierra y solamente se unen al mar abierto a través de pasos muy estrechos. Son ejemplos de mares interiores el Negro, el Caspio y el Muerto. Los mares continentales pueden dividirse a su vez en **intracontinentales**, como el mar Caribe, e **intercontinentales**, como es el caso del mar Mediterráneo.

El mar es una de las grandes despensas del mundo. De sus aguas los hombres extraen cada año cerca de 100 millones de tm de pescado, que



*Fue en los océanos donde surgió la vida y de su contacto con los continentes se derivan algunos de los más bellos paisajes.*



representan el 6 % del total de proteínas que consume la humanidad. El mar ha sido en efecto una fuente de recursos alimentarios durante siglos, pero en la actualidad algunas regiones marinas se encuentran sometidas a una severa sobreexplotación que amenaza con agotar las reservas piscícolas. Las zonas más afectadas son el noroeste del Pacífico y el Atlántico norte. Es preciso que todos los gobiernos apliquen con rigor los convenios internacionales, para que todas las especies marinas puedan seguir reproduciéndose y no se origine un colapso que sería muy perjudicial para la vida sobre la Tierra.

Otro peligro que amenaza en nuestros días las aguas marinas es la contaminación. Desde las grandes plataformas petrolíferas se filtran miles de toneladas de petróleo que van a parar a los



océanos, a donde llegan también sustancias químicas muy dañinas transportadas por los ríos, que proceden de los vertidos industriales. Todos estos productos pueden extinguir la fauna marina y, especialmente, el fitoplancton, que son los organismos clorofilicos a los que se debe la renovación del oxígeno en las aguas marinas.

### Composición, temperatura y densidad de las aguas marinas

El agua del mar es una solución compleja, constituida por un 96,5 % de agua pura y un 3,5 % de sales. Estas sales son las responsables de que el agua de los océanos y mares sea salada, y su presencia da origen a lo que se llama la **salinidad** de las aguas. Los científicos suelen expresar este contenido en sales en partes por mil (‰), y por eso se dice que la salinidad media de las aguas del mar es del 35 por mil (35 ‰).

De todas las sales disueltas en el agua marina, las que se encuentran en mayor proporción son el cloro (18,98 ‰) y el sodio (10,54 ‰). Ambas forman el cloruro sódico o sal común, y representan el 85,6 % de todas las sales marinas. En pequeñas cantidades, el agua de mar contiene también magnesio, potasio, bromo, bicarbonato, etc.

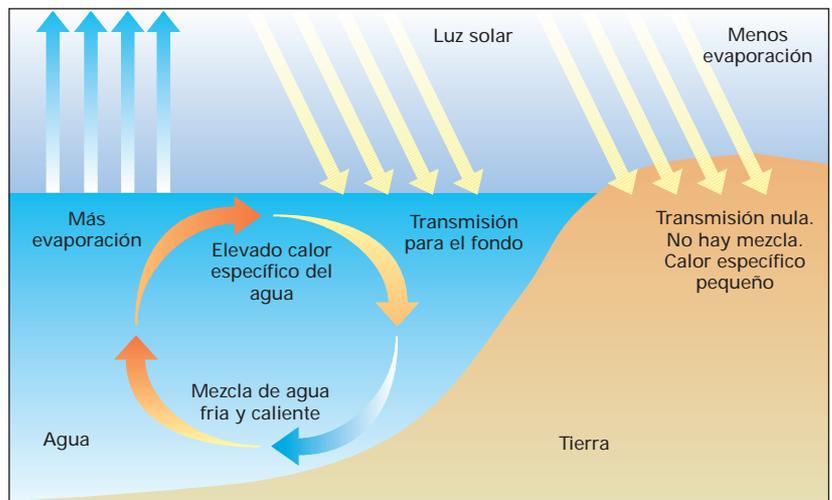
Aunque existe un valor medio para expresar la salinidad de las aguas del mar, este factor es de hecho muy variable. Así, mientras que en algunos mares, como el Mediterráneo y el mar Rojo, se aproxima al 40 ‰, en otros, como el Báltico o el mar de Bering, a veces se sitúa por debajo del 10 ‰. Estas fluctuaciones dependen básicamente de la evaporación y de la cantidad de agua dulce que reciben los océanos y ma-

res a través de los ríos y de las precipitaciones. En zonas donde las temperaturas son habitualmente elevadas y existe, por tanto, una intensa evaporación, la salinidad de las aguas es mayor que en zonas frías, donde la evaporación es escasa, o que en las regiones con pluviosidad elevada, donde la aportación de agua dulce es abundante. En la zona ecuatorial, por ejemplo, donde llueve constante y copiosamente, la salinidad del agua es muy inferior a la de la zona subtropical, donde apenas llueve y la evaporación es muy fuerte. También es muy baja la salinidad junto a la desembocadura del Amazonas, ya que el río más caudaloso del mundo vierte en el océano grandes caudales de agua dulce, que pueden llegar hasta 300 e incluso 500 km mar adentro.

Por causa de su salinidad, el agua del mar no es adecuada para el consumo humano. Sin embargo, en algunos lugares donde el agua dulce escasea, se han instalado plantas potabilizadoras que desali-



*La sal, muy abundante en algunas cuencas cerradas como el mar Muerto (arriba izquierda), puede extraerse en las salinas (arriba derecha) para su aprovechamiento. La salinidad, junto con la temperatura, es responsable también de las corrientes de convección (derecha) que a menudo aparecen en los océanos y mares.*



nizan las aguas marinas convirtiéndolas en agua potable, y permitiendo en consecuencia su aprovechamiento tanto para la industria como para el consumo doméstico. La posibilidad de aprovechar así las aguas marinas supone que la humanidad cuenta con una inmensa reserva de agua potable.

Al igual que la salinidad, también la temperatura del agua del mar es muy variable. Las temperaturas de las aguas superficiales oscilan desde 29 °C en los cálidos mares tropicales hasta -1,9 °C en los mares polares, que son los que se hielan y forman la banquisa. Pero la temperatura de los mares varía también con la profundidad. A partir de los 1.400 o 1.500 m, donde ya no penetran los rayos del Sol, la temperatura desciende hasta los 4 °C, y más al fondo el termómetro registra 1 °C. A estas profundidades, las diferencias de temperatura, entre unos mares y otros, y también entre unas regiones y otras, son mucho menores que en las aguas superficiales, pero también en este caso el Caribe, por ejemplo, consigue mantener temperaturas algo más elevadas que el mar de Bering.

La densidad media del agua del mar es de 1,027 g/cm<sup>3</sup>. Se trata de una densidad baja y sujeta a grandes variaciones, ya que depende al mismo tiempo de la temperatura y de la salinidad: las aguas más frías y más saladas son más densas. Por este motivo, la densidad es mayor a grandes profundidades, donde el agua está más fría, y también en los polos.

El fenómeno más interesante, de todos los relacionados con la densidad, son las llamadas **corrientes de convección**. Estas corrientes aparecen cuando aumenta la salinidad de las aguas superficiales por la evaporación o disminuye su temperatura por enfriamiento. Entonces, la densidad de esta capa de agua es mayor que la de las que están situadas por debajo, y se inicia un movimiento descendente de las aguas superficiales, compensando por otro ascendente de aguas más profundas. Es un movimiento compensatorio, que sirve para igualar los valores de salinidad, temperatura y densidad entre distintas masas de agua.

## EL DINAMISMO DE LAS AGUAS MARINAS

Que los océanos y los mares no son masas estáticas, sino animadas por un dinamismo constante, es algo que se advierte a simple vista. El movimiento más evidente es el de las olas, que rompen

sin cesar contra las costas y agitan los barcos en alta mar. En algunas zonas también es muy visible el vaivén de las mareas, pero ya resulta muy difícil de distinguir, si no es desde la perspectiva que proporciona la fotografía aérea, el movimiento de las corrientes marinas, que sin embargo tienen una influencia extraordinaria en la climatología.

### Las olas

Llamamos **olas** al movimiento ondulatorio y rítmico de las aguas del mar, provocado generalmente por el viento. Las olas son verticales a la dirección de su propagación, y en su seno las partículas de agua se mueven describiendo órbitas circulares o elípticas, que disminuyen de tamaño conforme aumenta la profundidad. Las olas se propagan a una velocidad media comprendida entre 10 y 50 m/s.

Para comprender la forma y el mecanismo de las olas, hay que distinguir en ellas diversos elementos y características:

La **cresta**, que es la zona más alta de la ondulación.

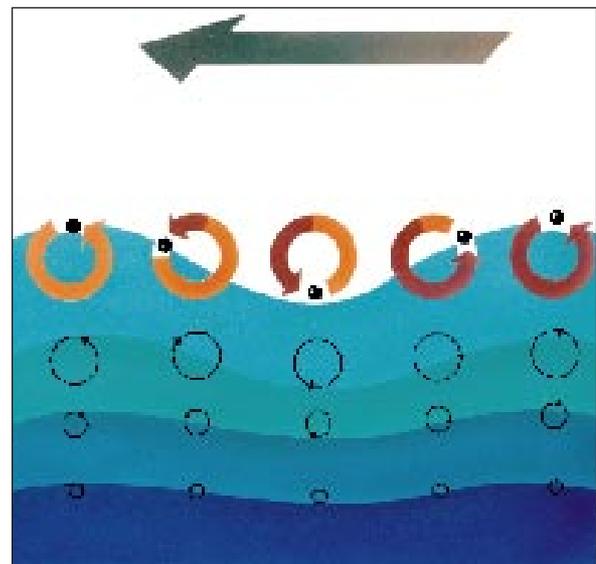
El **seno**, la zona más baja de la ondulación.

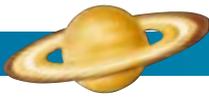
La **altura**, o distancia vertical entre la cresta y el seno, medida en metros.

La **longitud de onda**, que es la distancia horizontal entre dos crestas o dos senos.

La altura de las olas depende básicamente de la fuerza del viento y de la profundidad del agua. Cuando el viento es fuerte y constante, puede su-

*En las olas, las partículas de agua no suben y bajan, sino que describen un movimiento circular cuyo diámetro disminuye con la profundidad*





perar los 10 m, y en los grandes temporales puede rebasar incluso los 15 m. En cambio, si el viento está encalmado, las olas pueden llegar a ser casi inapreciables. Existe, no obstante, una situación especial en la que se registra un oleaje notable a pesar de que el viento permanece en calma. Es el llamado **mar de fondo**, constituido por olas que se han desplazado desde regiones muy lejanas, donde se han formado por la acción de vientos intensos.

Las olas chocan contra las costas, rompiéndose y produciendo normalmente una gran cantidad de espuma. Esta fuerza de rompimiento es la que da origen a la formación de los acantilados, mientras que los materiales que las aguas depositan al romperse dan lugar a la aparición de las playas. De todo ello se tratará con más detenimiento en el capítulo siguiente.

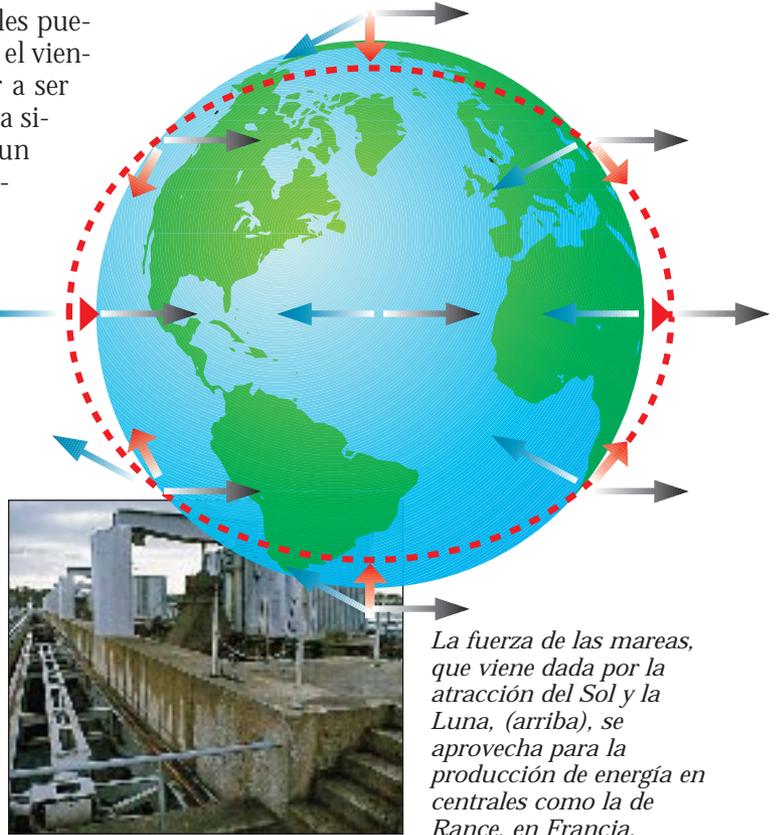
### Las mareas

Un dinamismo muy distinto de las aguas marinas es el que provocan las **mareas**, que son movimientos oscilatorios de ascenso y descenso del nivel del mar producidos por la influencia perturbadora que sobre la gravedad terrestre ejercen el Sol y la Luna, y especialmente la atracción que la Luna ejerce sobre la Tierra.

Durante las mareas, el agua del mar oscila entre un punto denominado **bajamar** o **marea baja**, y otro denominado **pleamar** o **marea alta**. Estas diferencias del nivel del agua son perfectamente apreciables en las playas, ya que durante la marea alta queda al descubierto una franja de arena mucho más estrecha que durante la marea baja. La diferencia entre la pleamar y la bajamar se denomina **amplitud** de las mareas, que se mide en metros.

Existe una fuerza o dinamismo, denominado **flujo**, que impulsa las aguas a ascender hasta la pleamar, y un impulso de sentido contrario, llamado **reflujo**, que arrastra las aguas hacia la bajamar.

Las mareas se producen como consecuencia de la atracción que ejercen sobre la Tierra el Sol y la Luna. Veamos el mecanismo exacto por el que se rige esta atracción. La Tierra y la Luna giran en torno a un centro de gravedad común, situado en el núcleo de nuestro planeta. Por este motivo, cualquier punto de la Tierra experimenta una fuerza centrífuga opuesta a la dirección de la



*La fuerza de las mareas, que viene dada por la atracción del Sol y la Luna, (arriba), se aprovecha para la producción de energía en centrales como la de Rance, en Francia.*

Luna. Esta fuerza centrífuga anula casi por completo la fuerza opuesta, es decir, la atracción que ejerce la Luna sobre cualquier punto de nuestro planeta. Sin embargo, en algunos lugares de la superficie terrestre queda una parte sobrante de estas fuerzas, la fuerza centrífuga terrestre y la fuerza de atracción lunar, y esta fracción residual es la causante de las mareas.

El ritmo y la amplitud de las mareas presentan valores localmente muy distintos. Así, por ejemplo, mientras que en el Mediterráneo las mareas son prácticamente inapreciables, en el canal de Bristol, en Inglaterra, alcanzan entre 12 y 14 m de amplitud, y en la bahía de Fundy, en Canadá, sobrepasan los 21 m. En los lugares donde las mareas son apreciables, se registran una pleamar y una bajamar cada 24 h 50', o dos pleamares y dos bajamares en el mismo espacio de tiempo. Esto último es lo más habitual.

La amplitud de las mareas no sólo varía entre unas regiones y otras, sino también en una misma región, dependiendo en este último caso de la posición del Sol y de la Luna. Durante el novilunio y el plenilunio, el Sol y la Luna se encuentran alineados, y entonces sus efectos se suman, dando

origen a mareas de una gran amplitud, que reciben el nombre de **mareas vivas**. En cambio, durante el cuarto creciente y el cuarto menguante, el Sol y la Luna se encuentran en cuadratura, y entonces sus efectos se contrarrestan, pudiendo llegar incluso a anularse. Las mareas que tienen lugar bajo estas condiciones se denominan **mareas muertas**.

Desde fechas relativamente recientes, las mareas se aprovechan como fuente de producción de energía eléctrica en las llamadas **centrales mareomotrices**. Estas centrales están dotadas de turbinas reversibles, capaces de aprovechar la fuerza del agua tanto durante la marea ascendente como durante la descendente. La primera central mareomotriz se instaló en la ciudad francesa de Saint-Malo, a orillas del canal de la Mancha. Fue inaugurada en 1966, y su potencial energético alcanza los 180.000 megavatios.

## Las corrientes marinas

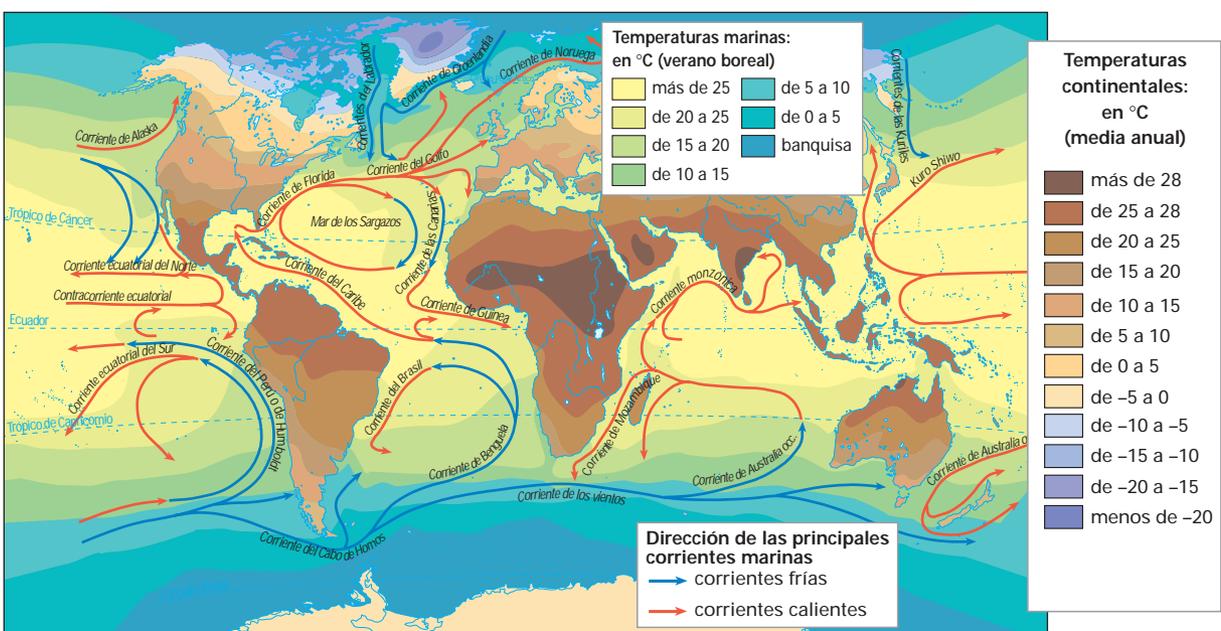
Las corrientes marinas son movimientos permanentes de las aguas del mar, producidos por los vientos dominantes o bien por diferencias de temperatura, salinidad y densidad, que como ya sabemos provocan desplazamientos compensatorios en las aguas marinas.

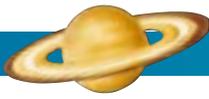
La característica más importante de estas corrientes es que son estables, es decir, que se desplazan siempre en la misma dirección y siguiendo recorridos fijos. Esto ha permitido identificarlas y designarlas con diversos nombres.

Sus principales efectos son de carácter climático, ya que transportan aguas cálidas hasta regiones frías, suavizando así sus temperaturas, o a la inversa, aguas frías hasta regiones cálidas, provocando su enfriamiento e incluso la desertización de las costas.

En las latitudes ecuatoriales existen dos corrientes cálidas, llamadas **norecuatorial** y **surecuatorial**, que van de las costas occidentales de África a las costas orientales de América, y de las costas occidentales de América a las orientales de Asia. Al llegar a los continentes, chocan contra ellos y se desplazan hacia el norte (la norecuatorial) y hacia el sur (la surecuatorial), llevando aguas cálidas hasta regiones muy alejadas del ecuador.

Aproximadamente en las mismas latitudes, soplan unas corrientes frías procedentes del sur, que llevan aguas frías a las costas occidentales de África y de América del Sur. Junto al continente africano circula la **corriente de Benguela**, que desde el cabo de Buena Esperanza asciende hasta el ecuador, en dirección norte-noroeste, bordeando buena parte de las costas del continente. Junto al continente americano circula la **corriente del Perú**, que bordea las costas de este país en dirección norte-noroeste. Estas dos corrientes tienen su réplica, en el hemisferio norte, con las corrientes de **California** y las **Canarias**, que circulan en dirección sur-suroeste y llevan aguas frías a las costas noroccidentales de África y las suroccidentales de América del Norte.





En las latitudes templadas ocurre lo contrario que en las latitudes ecuatoriales; es decir, las corrientes cálidas afectan a las costas occidentales de los continentes, y las corrientes frías a las costas orientales. Así, las costas occidentales de América del Norte y Europa están bañadas, respectivamente, por las corrientes cálidas de **Kuro Sivo** y del **Golfo**, mientras que las costas orientales de América del Norte y las nororientales de Asia están bañadas por las corrientes frías del **Labrador** y de **Oya Sivo**.

Para tener una referencia de la velocidad de estas corrientes y de su influencia sobre las temperaturas, conviene saber que una de ellas, la corriente del Golfo, llamada también **Gulf Stream**, circula a una velocidad de 2 a 3 m/s, y en ese espacio de tiempo transporta unos 150 millones de m<sup>3</sup> de agua. La cantidad de calor que desplaza se calcula en unos 40 trillones de calorías cada 24 horas, y sus efectos, desde el mar de las Antillas, donde se inicia, se dejan sentir en toda la costa occidental europea e incluso en el norte de Noruega.

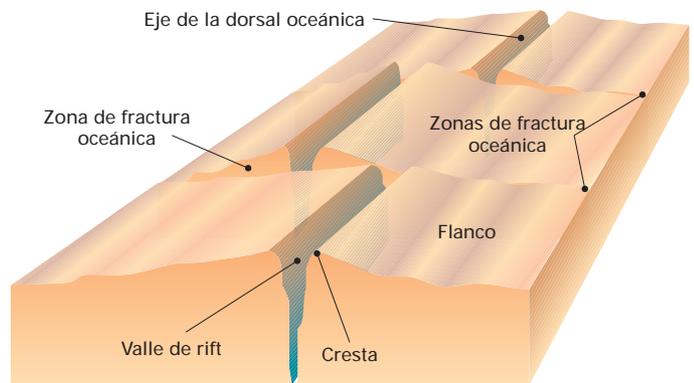
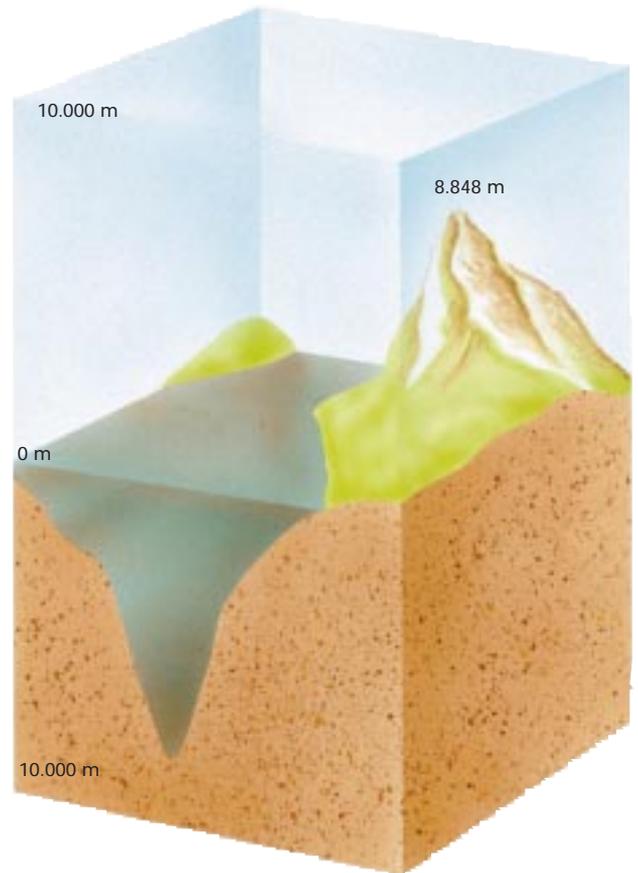
## EL RELIEVE SUBMARINO

El fondo de los océanos es un lugar todavía poco conocido por el hombre, ya que los grandes batiscafos sólo han conseguido llegar hasta unos 4.000 m de profundidad, siendo así que existen regiones submarinas situadas a profundidades de más de 10.000 m. Se han realizado, no obstante, mediciones e investigaciones que han permitido determinar la profundidad media de los océanos y conocer la estructura del fondo del mar.

Según diversos estudios, la profundidad media de los mares es de 3.790 m. Pero hay en la superficie submarina unos 72 millones de km<sup>2</sup> que se encuentran a una profundidad de más de 5.000 m, y unos 5,4 millones de km<sup>2</sup> que se hallan a más de 6.000 m.

Sin embargo, para tener una idea más exacta de la profundidad de los océanos, hay que tener en cuenta que el fondo del mar se divide en dos grandes zonas:

Las **plataformas continentales**, que son las áreas próximas a los continentes, en las que se concentra la mayor parte de la fauna submarina, y que no sobrepasan los 150 m de profundidad; estas plataformas son más amplias cuando están en contacto con llanuras litorales, y más estrechas cuando limitan con montañas y cordilleras.



*Desde las mayores fosas oceánicas, que alcanzan más de 10.000 m de profundidad, hasta la cima del Everest, situada por encima de los 8.000 m, el relieve salva una distancia enorme (arriba). El fondo de los océanos no es plano, sino que aparece fracturado por grandes dorsales, que son zonas de contacto con la astenosfera (abajo).*

Los **fondos oceánicos medios**, que se sitúan a continuación de las plataformas continentales y están separados de ellas por una pendiente muy inclinada denominada **talud continental**; su pro-

fundidad varía entre 2.000 y 6.000 m, y en ellos se encuentran las principales formas del relieve submarino.

Durante mucho tiempo, se suponía que el fondo de los mares estaba constituido por grandes llanuras carentes de relieve. Pero los recientes estudios sobre la tectónica de placas así como algunas mediciones llevadas a cabo han permitido descubrir que en el fondo de los océanos existen grandes cordilleras, llamadas dorsales oceánicas, y profundas depresiones o fosas marinas.

Las **dorsales oceánicas** son grandes cadenas montañosas que se extienden en el fondo de los océanos, generalmente en su zona media, con alturas comprendidas entre 2.000 y 4.000 m y una amplitud que puede alcanzar los 4.000 km. En su zona central, estas cadenas montañosas presentan una gran fractura por donde fluye el material procedente de la astenosfera. Una de estas grandes dorsales oceánicas es la **dorsal Atlántica**, que tiene forma de «S» y se extiende a lo largo de 16.000 km, desde Islandia hasta el Antártico, aflorando en las islas Azores.

Las **fosas submarinas** son depresiones estrechas y alargadas en las que el fondo del mar desciende por debajo de los 6.000 m de profundidad. De las conocidas hasta ahora, la mayor es la de las islas Marianas, en el Pacífico, en la que se ha medido una profundidad máxima de 11.034 m. Como es evidente, en estas fosas reina la oscuridad más absoluta. Una curiosidad del relieve submarino la constituye el volcán Manua Kea, en Hawai. Se trata de una gran montaña submarina, la más elevada del mundo, que desde su base hasta su cima alcanza una altura total de 10.203 m. Sin embargo, por encima de la superficie de las aguas sólo emergen 4.213 m.

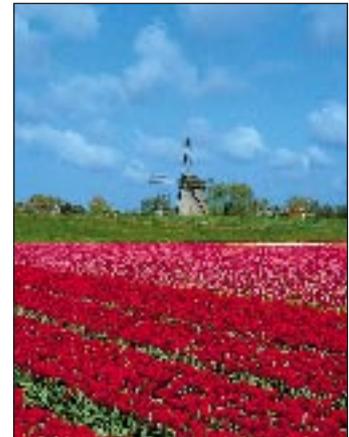
## El aprovechamiento de los fondos submarinos

En ocasiones, el hombre ha sabido aprovechar para la agricultura los fondos submarinos, desecándolos y convirtiéndolos en fértiles campos de cultivo.

El caso más ejemplar es el de los pólderes holandeses. Los pólderes se encuentran en una región de la costa holandesa que permanecía anegada bajo aguas poco profundas. Mediante un complicado sistema de diques, canales y bombas de drenaje, se ha conseguido que las aguas no cubran estos terrenos, ganándolos así para la agricultura y para la población.

El reverso de la moneda se encuentra en el aprovechamiento que hacen actualmente algunos países de los fondos submarinos como cementerios nucleares.

Son muchos ya los residuos nucleares que descansan bajo las aguas, y los movimientos ecologistas han denunciado repetidamente estas prácticas, que pueden entrañar un grave riesgo para nuestro planeta. Por ello, en los últimos tiempos se ha optado por construir cementerios nucleares en tierra firme, bien instalados y sometidos a un control estricto.



*En Holanda, los pólderes son un ejemplo de aprovechamiento de los fondos oceánicos.*

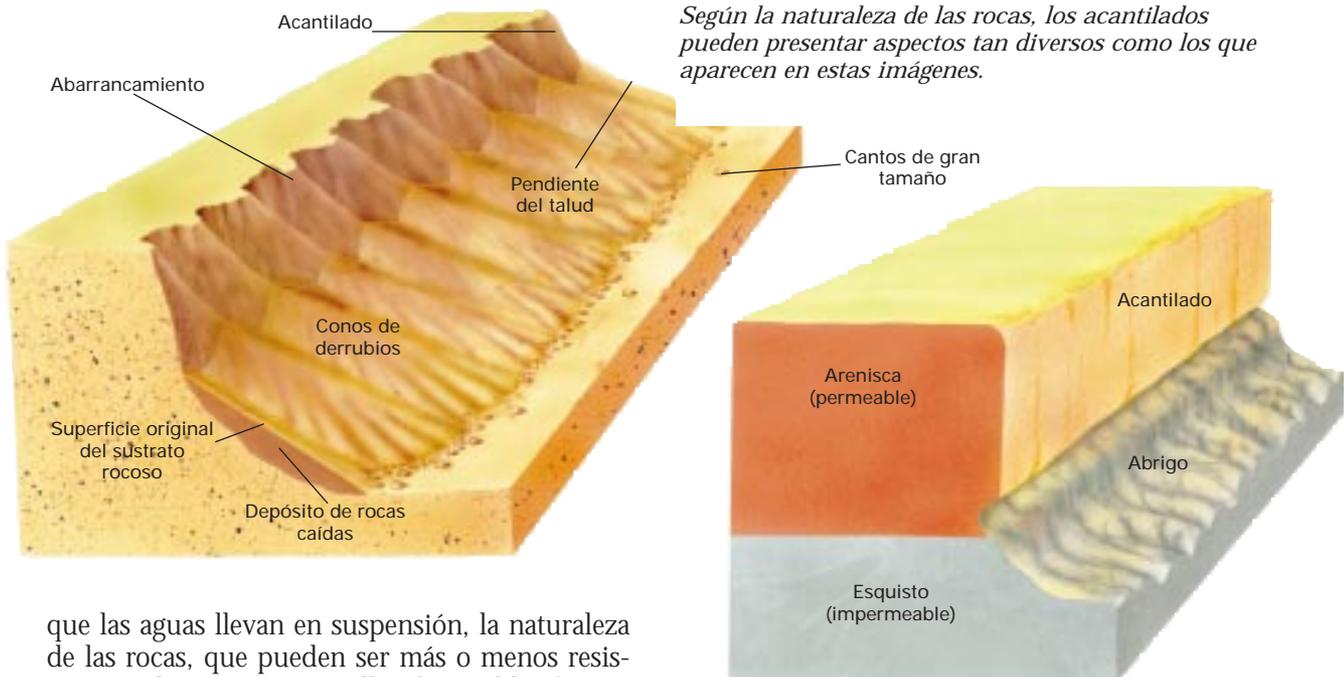
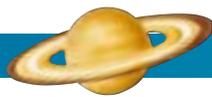
# LAS COSTAS

***Puesto que los océanos y mares son muy extensos, y ocupan por consiguiente una gran proporción de la superficie del globo, las costas, o zonas de contacto entre el mar y la tierra, alcanzan asimismo un gran desarrollo y representan una parte muy importante del paisaje del nuestro planeta.***

## EL MODELADO LITORAL

La configuración de las costas presenta una gran variedad de formas, y se debe en parte al relieve de las zonas cercanas al mar, y en parte a la acción de las aguas marinas.

La acción geológica del mar sobre las costas proviene esencialmente de los movimientos de las aguas, es decir, las olas, las mareas y las corrientes marinas. No obstante, en la acción modeladora del mar intervienen también de manera decisiva algunos otros factores, como las gravas y arenas



Según la naturaleza de las rocas, los acantilados pueden presentar aspectos tan diversos como los que aparecen en estas imágenes.

que las aguas llevan en suspensión, la naturaleza de las rocas, que pueden ser más o menos resistentes, y la existencia en ellas de posibles fracturas y fallas. De la acción combinada de todos estos factores surgen los distintos tipos de costas.

### Los acantilados

Los acantilados constituyen una de las formaciones costeras más bellas y espectaculares. Suelen aparecer en aquellos lugares donde las montañas se adentran en el mar, cuando estas montañas están constituidas por rocas duras, resistentes a la acción de las aguas. Su origen explica que den lugar normalmente a costas altas y muy accidentadas, poco propicias para la existencia de asentamientos humanos y puertos.

Las aguas del mar actúan sin cesar sobre los acantilados, principalmente a través de las olas, abriendo en ellos grietas y fallas, y modelando las diversas formas que pueden presentar, que son muy variadas. En algunos casos, van socavando la base hasta que la parte superior se desploma. Entonces, si el acantilado queda fuera del alcance de las aguas, se dice que es un **acantilado muerto**, y el proceso que ha llevado a su destrucción se denomina **retroceso de los acantilados**.

### Playas y cordones litorales

Al mismo tiempo que llevan a cabo una acción destructiva en los acantilados, las aguas del mar realizan una acción constructiva en las playas y en los cordones litorales.

Los materiales que las aguas marinas transportan en suspensión, sobre todo arenas y gravas, se depo-

*El mar forma las playas mediante un proceso de acumulación de arena y de rocas, como la de Bora Bora, en Tahití.*



sitan en las costas de formas diversas, en función de los movimientos dominantes.

Si el movimiento que predomina es el de las olas, la arena y las gravas forman grandes acumulaciones, normalmente en zonas del litoral bien protegidas, y dan origen a las **playas**. Éstas pueden aumentar o disminuir de tamaño, e incluso desaparecer, por la acción combinada del viento y de las aguas. Si, después de formarse una playa, y como consecuencia, por ejemplo, de la construcción de un muelle o de un espolón, cambia la dinámica de las aguas del mar, puede ocurrir que éstas arrastren la arena que hasta entonces habían ido depositando, provocando la desaparición de la playa existente o reduciendo considerablemente su tamaño. Puede desaparecer también la pla-

ya, si los vientos dominantes le arrebatan más arena de la que aporta el mar. En general, sin embargo, las playas son formaciones estables y duraderas.

Cuando el movimiento que predomina es el de las corrientes marinas paralelas a la costa, pueden aparecer los **cordones litorales**, que son acumulaciones de arena dispuestas a lo largo de la línea costera y separadas de ella por un estrecho brazo de mar. Los cordones litorales surgen normalmente en zonas poco profundas, y a menudo quedan cubiertos por las aguas durante la pleamar.

Una variación de los cordones litorales lo constituyen las **flechas**, que son acumulaciones de arena unidas a tierra firme por uno de sus extremos. Las flechas pueden unir el continente con una pequeña península, y entonces reciben el nombre de **tómbolos**, o cerrar casi completamente una bahía, formando una laguna litoral llamada **albufera**.

Las albuferas son lagunas costeras de agua salada que tienen comunicación con el mar abierto. Normalmente son poco profundas, y con frecuencia se hallan rodeadas de juncos y cañaverales que constituyen el hábitat natural de numerosas aves acuáticas. La laguna Madre, en la costa nororiental de México, es un buen ejemplo de albufera, así como el peñón de Gibraltar, en el sur de la península Ibérica, lo es del tómbolo.

## LOS ACCIDENTES COSTEROS

Basta contemplar con cierto detenimiento un mapa de cualquier país o continente para darse cuenta de que las costas no son rectilíneas. Al contrario, en general dibujan líneas muy irregulares, llenas de entrantes y salientes que reciben el nombre de **accidentes costeros**. Una costa que presenta pocos accidentes se dice que es rectilínea, y en caso contrario, si tiene muchos accidentes, se dice que es sinuosa o accidentada. Las costas de Perú son rectilíneas, y las de Venezuela son accidentadas.

Los accidentes costeros fundamentales son cuatro: cabos, golfos, bahías y penínsulas.

Con el nombre de **cabo** se designa una porción de tierra más o menos extensa y pronunciada que se adentra en el mar. Los cabos suelen ser el lugar por donde se sumerge una montaña o cordillera, y por consiguiente tienen casi siempre costas acantiladas, altas y escarpadas. Por este motivo,



*Bahía de la Concha, en San Sebastián.*



*En esta imagen de Italia tomada por el satélite Landsat se aprecian los accidentes costeros.*

normalmente no son lugares apropiados para los puertos, pero en cambio contribuyen de otro modo a hacer posible la navegación, ya que al ser la parte de la costa que primero se distingue desde el mar, constituyen un emplazamiento ideal para los faros. Un cabo importante es el cabo Corrientes, en la costa occidental de México. A veces, cuando son pequeños y de forma puntiguada, reciben el nombre de **puntas**.

Un **golfo** es exactamente lo contrario de un cabo, es decir, es una porción de mar que se adentra más o menos profundamente en tierra. Los golfos presentan formas y tamaños muy variados, y pueden ser desde ensenadas amplias y extensas, como el golfo de México, hasta canales estrechos y alargados, como el golfo de California. A menudo, los golfos se alternan en la línea de costa con los cabos y, a diferencia de éstos, son lugares apropiados para la navegación, en los que con frecuencia existen playas y puertos. Los golfos pequeños, que se adentran poco en la costa, reciben normalmente el nombre de **bahías**.

Las **penínsulas** son porciones de tierra rodeadas de agua por todas partes menos por una, generalmente estrecha, por la que se unen al continente a otra tierra de extensión mayor. La franja que une la península a esta otra tierra se denomina **istmo**. Las penínsulas contribuyen a hacer las costas sinuosas y accidentadas, ya que se adentran pro-



fundamente en el mar. Existen penínsulas relativamente pequeñas, como las de Florida y California, y penínsulas de gran extensión, como las que bordean el litoral europeo: la Escandinava, que comprende los territorios de Noruega, Suecia y Finlandia; la península Ibérica, que incluye España y Portugal; y la península Itálica, que abarca gran parte del territorio italiano. También tiene una gran extensión la península Arábiga, en Asia. Las penínsulas se forman cuando el mar inunda una porción de tierra, por la unión de una o varias islas a tierra firme, o por la elevación general del territorio con respecto al nivel del mar.

### Un tipo especial de costa: las rías y los fiordos

Al estudiar los glaciares se ha tratado de las regresiones y trasgresiones marinas, es decir, de la disminución y el aumento del nivel de los océanos como consecuencia de las glaciaciones. Se debe a estas variaciones de nivel la formación de las rías y los fiordos, accidentes costeros propios de ciertos países o regiones, que se adentran profundamente en el litoral creando paisajes bellísimos.

Durante las regresiones marinas, cuando desciende el nivel de los océanos, los ríos y los glaciares se ven obligados a excavar cauces más profundos, para igualar su nivel con el del mar. Pero después, durante las trasgresiones, cuando vuelve a subir el nivel de las aguas, estos valles, sobre todo en su parte inferior, quedan invadidos por las aguas.

Si el mar invade un valle fluvial, se forma una ría. Si invade una valle glaciar, se forma un fiordo. Los dos tienen en común que se ven afectados por las mareas, y se distinguen en cambio porque las rías son muy estrechas y pueden estar ramificadas, y los fiordos tienen paredes verticales, abruptas y altas, que se sumergen profundamente bajo el nivel de las

aguas. Hay numerosas rías en las costas de Galicia (España) y de Escocia (Gran Bretaña), y los fiordos son muy numerosos en Noruega, Groenlandia y Alaska. Ambos constituyen un buen refugio para la pesca y un lugar de gran atracción turística.

Los estuarios, que son una formación particular de la desembocadura de algunos ríos, se distinguen de las rías y los fiordos en que normalmente tienen costas bajas. Y además, en que el mar penetra hacia el río durante la pleamar, y el río se adentra en el mar durante la bajamar.

### LOS ARRECIFES CORALINOS

Los corales son animales marinos que viven en grandes colonias y que al morir depositan sus esqueletos calizos sobre alguna roca. Estos esqueletos no tardan en formar, por acumulación, grandes superficies que a veces llegan a emerger de las aguas dando origen a barras o a pequeñas islas, que reciben el nombre de arrecifes.

Para que los corales puedan desarrollar sus colonias es imprescindible que encuentren aguas claras y a una temperatura superior a los 18 °C (son óptimas las comprendidas entre los 20 y 30 °C). También es preciso que no sean aguas muy profundas, sino de entre 4 y 10 m de profundidad. Este tipo de hábitat, que se encuentra normalmente entre los 25° de latitud norte y sur, da origen al ecosistema coralino, que tiene una gran importancia, ya que lleva consigo una extraordinaria riqueza de flora y fauna.

Los arrecifes pueden ser de varios tipos. Los más corrientes son los arrecifes costeros, los arrecifes barrera y los atolones.



*El fiordo de Lyngenf, en Noruega (izquierda) y el atolón de Lady Musgrave, en Australia (derecha).*

Se llama **arrecifes costeros** a las formaciones coralinas que tienen algún punto de unión con la costa. Por regla general, sólo emergen durante la bajamar, y quedan sumergidos durante la pleamar.

Son **arrecifes barrera** los que se forman a cierta distancia del litoral, quedando separados de éste por un brazo de mar. Su nombre se debe a que actúan como una barrera que impide el paso de las embarcaciones. Uno de los más conocidos es

el que forma la Gran Barrera Australiana, de casi 2.500 km de longitud.

Los **atolones** son, de todas las formaciones coralinas, sin duda las más curiosas, ya que constituyen islas de forma anular que encierran en su interior una laguna, normalmente de escasa profundidad. Son muy frecuentes en el Índico y en el Pacífico, y algunos incluso están habitados, a pesar de que no ofrecen unas condiciones demasiado favorables.

## CLIMA Y VEGETACIÓN

**Llamamos clima al conjunto de circunstancias que caracteriza el estado medio de la atmósfera en un lugar determinado y a lo largo de un gran período de tiempo. El clima se refiere siempre a una región más o menos extensa, en la que no sólo condiciona el tipo de vegetación y fauna, sino incluso las formas de poblamiento y la vida de sus habitantes.**

### EL CLIMA Y TIEMPO ATMOSFÉRICO

La definición de «clima» puede parecer un tanto compleja, pero se entenderá mejor analizando detalladamente cada una de sus partes. En primer lugar, «las circunstancias que caracterizan el estado medio de la atmósfera» son, entre otras, la latitud, la altitud, las temperaturas y las precipitaciones, y se conocen en general con el nombre de **factores y elementos del clima**.

Estos factores y elementos del clima se combinan de distintas maneras en las diferentes zonas y regiones de la Tierra, por lo que el clima se refiere siempre a una región determinada. No se puede hablar del clima de todo el planeta o del clima global de un continente, ya que se dan muchísimas variedades locales, como luego se verá. Además, el clima condiciona estrechamente la vida de las plantas, por lo que es el responsable de las distintas formaciones vegetales que crecen en las diversas regiones del globo. Por este motivo, al estudiar los distintos climas estudiaremos también las formaciones vegetales que corresponden a cada uno de ellos.

Pero, además, hay que destacar que el clima considera la combinación de los factores y elementos climáticos durante un largo período de tiempo, normalmente de 30 años como mínimo, para obtener los valores medios de dicho período. El clima es, pues, algo estable, que experimenta muy pocas variaciones de unos años a

otros. En eso se diferencia del **tiempo atmosférico**, que representa una combinación pasajera, y en algunos casos excepcional, de los elementos del clima. Así, por ejemplo, se dice que el clima de tipo mediterráneo se caracteriza por un verano caluroso y seco, lo que no impide que, esporádicamente, pueda haber algunos

días frescos y lluviosos en los meses veraniegos. Tendríamos entonces unos días de tiempo fresco y lluvioso en el marco de un clima caluroso y seco.

Al ser estable, el clima puede conocerse con mucha antelación, de modo que desde siempre se sabe que todos los años durante el verano hace calor y durante el invierno hace frío. En cambio, el tiempo nos sorprende constantemente, ya que lo mismo puede llover o descargar una tormenta



*La Puya raimondii es una hermosa especie vegetal que crece en el parque nacional de Huascarán, en Perú.*



en el momento más inesperado, como depararnos en pleno invierno un día de temperaturas inusualmente elevadas.

El tiempo atmosférico constituye el objeto de estudio de la **meteorología**, ciencia que se dedica esencialmente a recoger datos para poder predecir los estados atmosféricos que cabe esperar en el día o prever los de los días siguientes. El clima es objeto de estudio de una ciencia propia, la **climatología**, que analiza la sucesión y combinación de los distintos tipos de tiempo que se registran en un lugar determinado para establecer sus valores medios.

## FACTORES Y ELEMENTOS DEL CLIMA

Se consideran factores del clima las distintas circunstancias que constituyen la causa de que varíen los elementos del clima, los cuales son a su vez los distintos valores que caracterizan un clima determinado.

Los factores del clima son la latitud, la altitud y la proximidad o alejamiento del mar. Los elementos del clima son la temperatura, las precipitaciones, los vientos, la humedad, la presión atmosférica, etc.

### La latitud

La latitud es un factor del clima por cuanto resulta determinante para la distribución de las temperaturas sobre el planeta. Ya se ha dicho, al estudiar la Tierra como planeta, que los rayos del Sol sólo inciden perpendicularmente en una franja situada a norte y sur del ecuador, delimitada por el trópico de Cáncer y el trópico de Capricornio. Esta zona, por ser aquella en que la radiación

solar registra una mayor intensidad, es la más cálida del globo terrestre.

A partir de los dos trópicos, los rayos del Sol inciden siempre sobre la Tierra oblicuamente, siendo mayor su inclinación cuanto mayor es el alejamiento del ecuador y la proximidad a los polos. Por este motivo, las temperaturas van disminuyendo progresivamente en dirección a los polos.

También ocurre que, cuanto mayor es la distancia de un punto al ecuador, más larga es la noche y más corto el día, durante la mayor parte del año. Y, en consecuencia, menor es el número de horas de Sol y menor también la cantidad de calor y energía. Por todo ello, en función de la latitud y de la consiguiente variación de las temperaturas, la superficie de la Tierra puede dividirse en cinco grandes zonas:

Una **zona cálida**, comprendida entre los 35° de latitud norte y sur, donde las temperaturas no bajan nunca de los 20°.

Las **zonas templadas**, que se extienden aproximadamente de 35° a 66° de latitud, una al norte y otra al sur del ecuador, donde las temperaturas oscilan entre 20 °C y -10 °C.

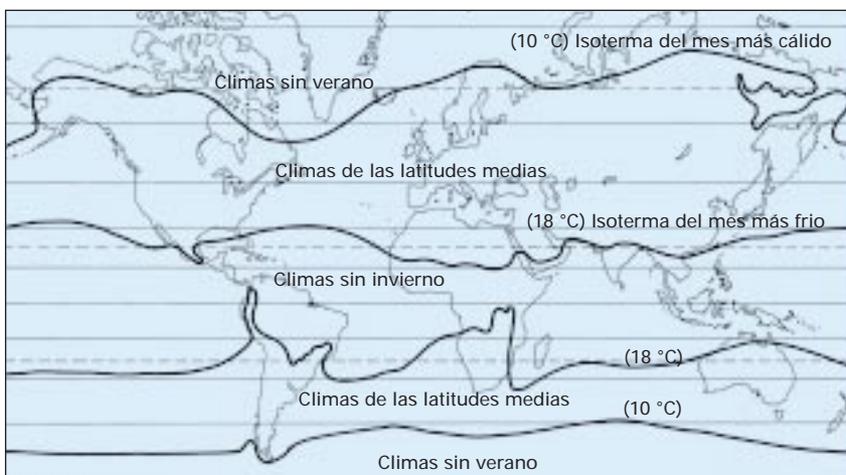
Las **zonas frías**, situadas por encima de las latitudes de 66°, norte y sur, donde las temperaturas no superan nunca los 10 °C y pueden descender por debajo de -20 °C.

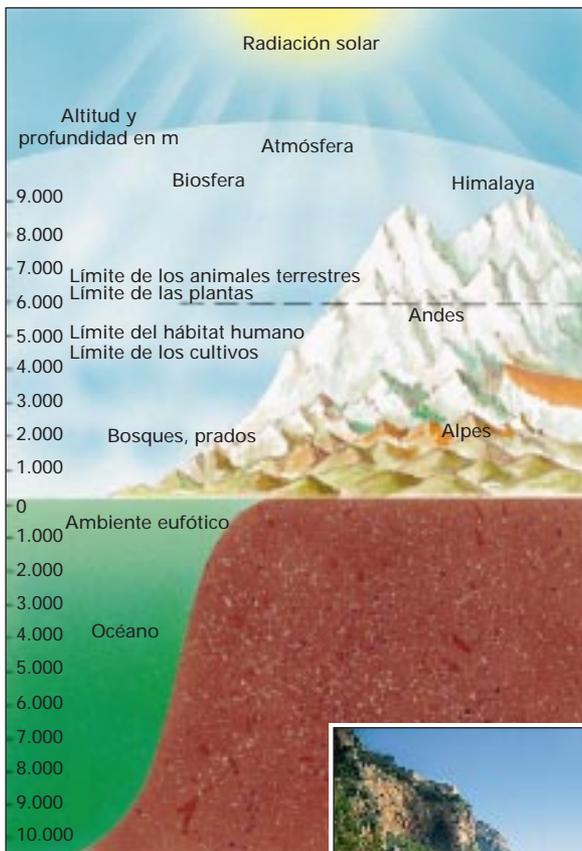
### La altitud

La altitud es otro de los factores del clima, porque repercute tanto en las temperaturas como en las precipitaciones. El efecto de la altitud sobre las temperaturas consiste en que provoca su disminución, a razón de 1 °C cada 150 m. La explicación es que con la altura disminuye la densidad del aire, y cuanto menos denso es el aire, menos capacidad tiene para retener y reflejar el calor.

Las precipitaciones, en cambio, aumentan con la altitud, ya que el aire al elevarse se enfría, y al enfriarse alcanza su nivel de saturación, lo que provoca la

*En nuestro planeta existen cinco grandes regiones climáticas: una zona tropical (sin invierno), dos zonas templadas y dos zonas polares (sin verano).*





*Algunos factores como la altitud o la proximidad al mar resultan determinantes para el clima de las diversas regiones de la Tierra.*

condensación del vapor de agua y la aparición de las precipitaciones.

Las montañas, de hecho, son las causantes de un tipo peculiar de precipitaciones, llamadas **precipitaciones de relieve**, que se originan cuando una masa de aire húmeda tropieza con una montaña y se ve obligada a ascender para poder salvar el obstáculo montañoso y continuar su camino.

Estas precipitaciones de relieve pueden dar origen a un fenómeno peculiar denominado **efecto foehn**. El efecto foehn consiste en que, cuando el aire se eleva para salvar una masa montañosa, descarga toda su humedad en la vertiente expuesta a los vientos dominantes (**vertiente de barlovento**), convirtiéndose después en una masa de

aire seco que desciende por la otra vertiente (**vertiente de sotavento**), con ausencia de precipitaciones y una intensa sensación de bochorno, ya que al descender, el aire se va recalentando progresivamente. Se da entonces el contraste de que en las vertientes de barlovento el tiempo es casi siempre nublado y lluvioso, mientras que en las de sotavento es totalmente claro y despejado. Como consecuencia de esto, se observa también una gran diferencia en el paisaje de las dos vertientes, ya que mientras una se mantiene siempre verde y húmeda, con una cubierta vegetal abundante, la otra acusa la sequía y apenas puede desarrollarse la vegetación.

Hay que tener en cuenta, no obstante, que las zonas más elevadas de las montañas (a partir de los 3.000 m en la zona templada, y de los 5.000 en la zona tropical) registran en general una gran escasez de precipitaciones, puesto que cuando llegan a cierta altitud las masas de aire ya han descargado toda la humedad.

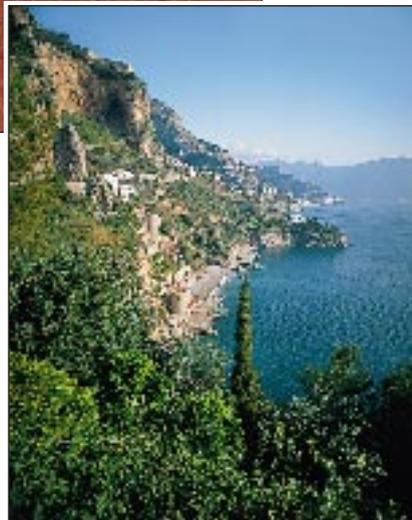
### La proximidad o alejamiento del mar

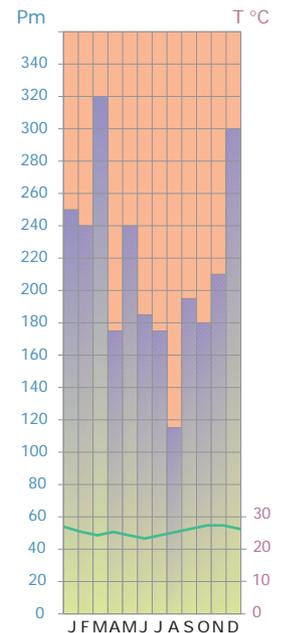
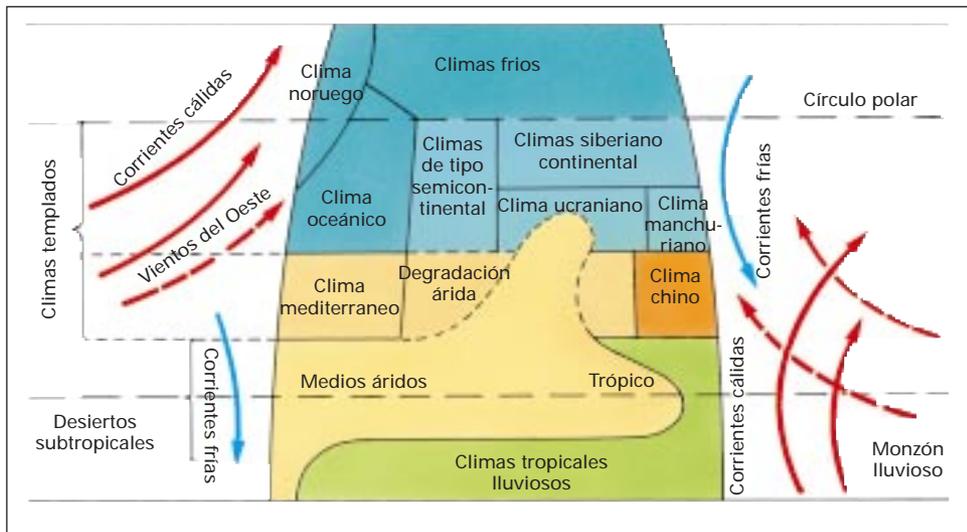
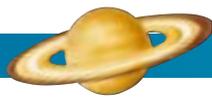
La proximidad o alejamiento del mar se considera también un factor climático, ya que como los anteriores incide sobre las temperaturas y sobre las precipitaciones.

Las grandes masas de agua (océanos, mares e incluso lagos de gran tamaño) se calientan y enfrían más lentamente que la corteza terrestre. Por esta causa, actúan como un **regulador térmico**, es decir, haciendo que en las regiones más próximas la tierra no pierda tan rápidamente el calor que ha recibido del Sol, o que no conserve durante tanto tiempo el frío acumulado.

Es habitual, en efecto, que las regiones cercanas al mar se beneficien de un clima más benigno que las regiones alejadas de él, registrando menores oscilaciones térmicas diarias y menores diferencias entre las temperaturas medias del mes más cálido y el mes más frío.

La proximidad del mar influye asimismo en las precipitaciones, principalmente cuando el viento sopla desde la costa hacia el interior. En ese caso, las regiones marítimas no sólo tendrán un clima más suave, sino también más húmedo y lluvioso. Un caso característico es la costa atlántica de





Este gráfico muestra la distribución que presentarían los climas en un continente ideal que se extendiera desde el ecuador hasta los polos.

Estación: Iquitos (Perú)  
Local: 4,5° S. 73° O  
Altitud: 100 m  
Precip. media anual: 2.618 mm  
Temp. media anual: 25 °C

Europa, donde soplan vientos constantes del oeste que convierte las islas Británicas y las regiones costeras de Francia, Bélgica y Holanda, por ejemplo, en zonas muy húmedas.

No obstante, en las regiones costeras suele registrarse también un mayor grado de humedad, como consecuencia de la evaporación del agua del mar, que puede hacer entonces el clima más pesado y agobiante, sobre todo durante las estaciones cálidas.

### Las temperaturas

Las temperaturas son, junto con las precipitaciones, uno de los elementos fundamentales del clima. Es decir, uno de los dos valores que mejor caracterizan el clima de un lugar determinado.

Las temperaturas indican el grado de calor o de frío que se registra sobre la superficie terrestre, y se miden con el **termómetro**. Como ya se ha dicho, varían en función de la latitud, de la altitud y de la proximidad al mar.

Para poder definir los grandes climas de la tierra, los climatólogos establecen las **temperaturas medias** de las distintas regiones del planeta. Estas temperaturas medias se obtienen sumando las temperaturas que se registran a diario, durante un período de tiempo determinado, y dividiendo después el resultado por el número de días considerado: 30 o 31 días si se trata de un mes, 365 días si se trata de un año, etc. De este modo se establecen la **temperatura media men-**

Arriba, a la derecha, gráfico termopluviométrico del clima ecuatorial. Abajo, a la derecha, gráfico termopluviométrico del clima polar continental.



Estación: Eismitte (Groenlandia)  
Local: 70° 3'5 N. 40° 42' O  
Altitud: 3.000 m  
Precip. media anual: 104 mm  
Temp. media anual: -30,2 °C

sual y la **temperatura media anual**, lo que permite averiguar, por ejemplo, que en Lima la temperatura media anual es de 28 °C.

Para fijar estas medias térmicas se toman en consideración normalmente los dos valores extremos que se registran cada día, es decir, la **temperatura máxima** y la **temperatura mínima**. La diferencia entre ambas es lo que se llama **oscilación térmica diaria**, que permite saber si en un lugar determinado las temperaturas diurnas y nocturnas son muy distintas. Del mismo modo, la diferencia entre la temperatura media del mes más cálido y la del mes más frío permite conocer la **oscilación térmica anual**, que sirve para caracterizar los distintos climas de la Tierra.

Así, cuando de un lugar se dice que registra una gran oscilación térmica diaria, se está indicando que la diferencia entre las temperaturas diurnas y las nocturnas es mayor de lo habitual. De igual modo, cuando se dice que en una región se registra una gran oscilación térmica anual, se está señalando que existe una gran diferencia de temperaturas entre el mes más cálido y el mes más frío.

Se pueden elaborar mapas térmicos o de temperaturas uniendo todos los puntos que registran una misma temperatura en un momento dado mediante líneas continuas llamadas **isotermas**.

## Las precipitaciones

Ya se ha dicho al tratar de la atmósfera que las precipitaciones son el agua que cae a la Tierra tanto en forma líquida (lluvia, llovizna) como sólida (nieve, granizo). Junto con las temperaturas, constituyen el elemento que más caracteriza el clima de un lugar.

Si en función de la temperatura los climas se dividen en cálidos, templados y fríos, atendiendo a las precipitaciones se pueden clasificar en húmedos, secos y áridos.

Las precipitaciones se miden con un aparato llamado **pluviómetro**, y se expresan en litros por metro cuadrado ( $l/m^2$ ) o en milímetros de espesor (mm). Sumando las precipitaciones que se registran cada día en los observatorios meteorológicos se obtiene las precipitaciones mensuales y anuales de un lugar, expresadas en cifras absolutas. Con las precipitaciones de varios años se obtiene los valores medios. Son estos valores los que se utilizan cuando se dice, por ejemplo, que en el observatorio meteorológico de Cajamarca se registra la máxima pluviosidad del Perú (aproximadamente 620 mm de precipitaciones al año).

Según su origen, las precipitaciones se clasifican en tres grandes grupos:

**Lluvias de convección:** se producen cuando el calentamiento de la superfi-

cie terrestre obliga al aire a elevarse, ya que el aire caliente es menos pesado, y son características de las regiones ecuatoriales y del interior de las grandes masas continentales.

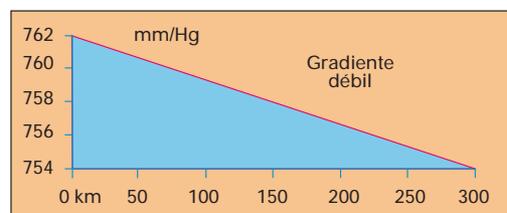
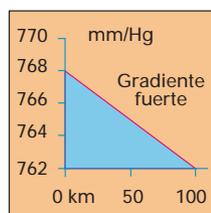
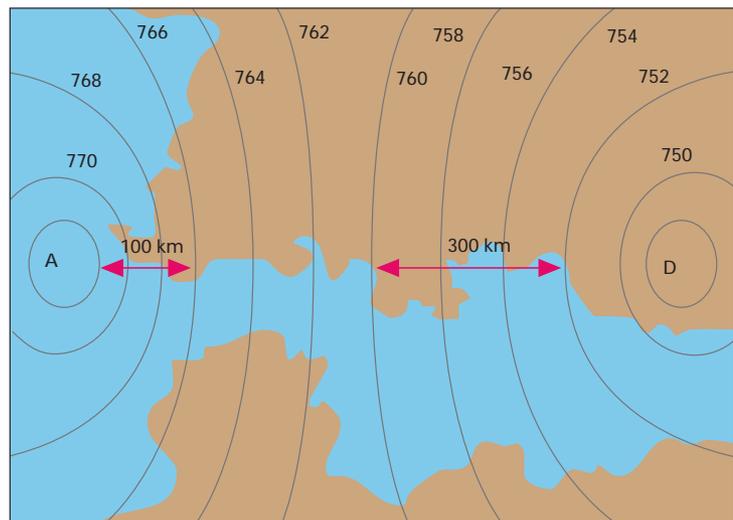
**Lluvias de relieve:** se producen cuando es una montaña o cordillera la que obliga al aire a elevarse para poder seguir su camino.

**Lluvias ciclónicas o de frente:** aparecen al chocar dos masas de aire, una cálida y otra fría, formando un frente donde el aire frío se introduce en forma de cuña por debajo del aire cálido, obligándolo a ascender; son propias de las latitudes templadas, situadas en las proximidades del frente polar.

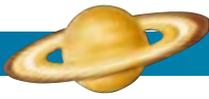
Para confeccionar los mapas pluviométricos, todos los puntos que reciben la misma cantidad de precipitaciones en un determinado período de tiempo se unen por medio de líneas continuas denominadas **isoyetas**.

## Los vientos

Los vientos, que son masas de aire en movimiento, inciden en el clima de diversas maneras. Por un lado, y en un sentido más inmediato, aumentan o disminuyen la sensación de frío o de calor, haciendo el clima más pesado o más tolerable. Por otro lado, y en un sentido más remoto, desplazan grandes masas de aire, que pueden dar el



*Los vientos soplan de las altas a las bajas presiones y su velocidad es mayor cuanto mayor es el gradiente barométrico. Por ello, cuando en un mapa del tiempo las isobaras están muy juntas, lo que indica un rápido descenso de la presión atmosférica, hay que entender que en esa zona los vientos son muy violentos.*



origen, por ejemplo, a una ola de calor, una ola de frío o un período de lluvias.

Es habitual, en invierno, sentir más intenso el frío cuando sopla un viento fuerte, o experimentar cierto alivio, en verano, cuando una brisa aligera un tanto el calor. Estas son las consecuencias más tangibles de los llamados **vientos periódicos**, que soplan en algunos momentos del día o en determinadas épocas del año, y no siempre en la misma dirección. Tal es el caso, por ejemplo, de la brisa marina, que sopla del mar a la tierra durante el día, y de la tierra al mar durante la noche. Un tipo especial de vientos periódicos son los denominados **vientos locales**, que soplan sólo en determinados lugares. Un ejemplo característico podría ser el llamado **pampero**, viento que sopla en la Pampa argentina.

Pero existen otros vientos, llamados **vientos constantes**, que soplan continuamente y siempre en la misma dirección. Son vientos constantes, por ejemplo, los alisios y los vientos del oeste, que se ha mencionado al explicar la circulación general atmosférica.

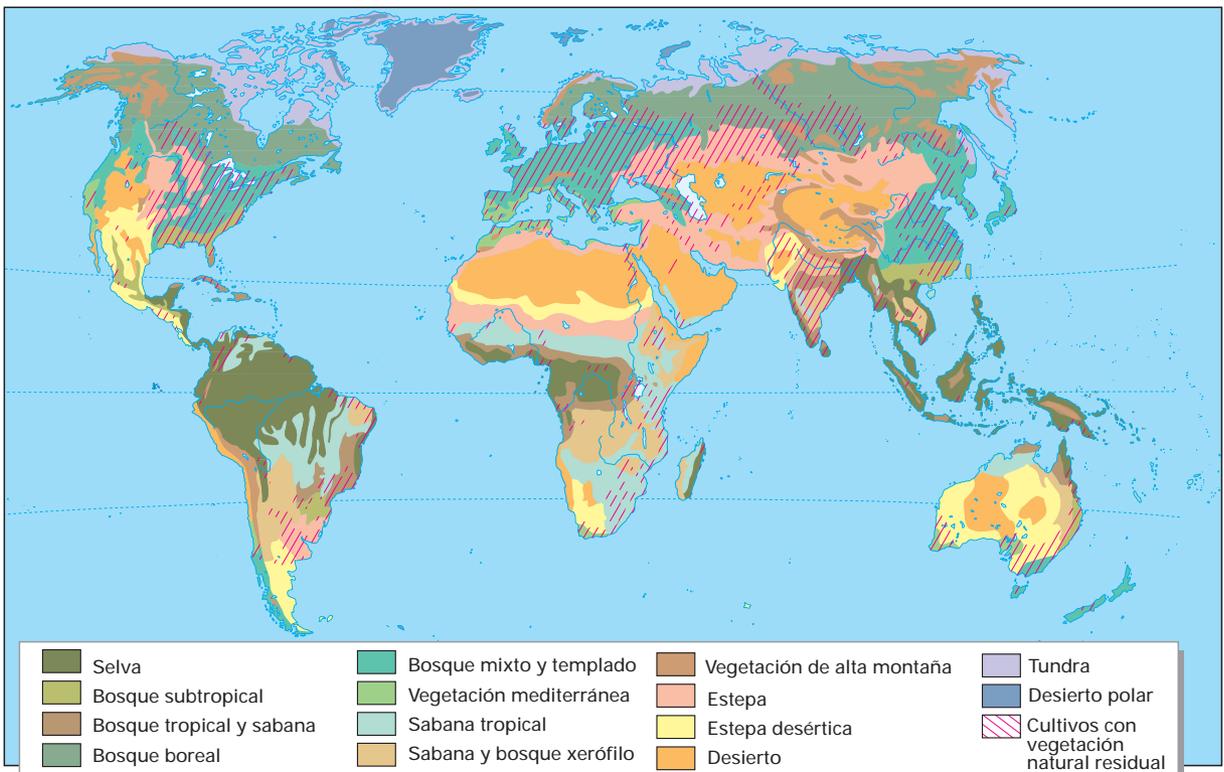
Para definir los vientos se toman en consideración dos factores, que son velocidad y dirección. La velocidad se mide con el **anemómetro**, y se expresa en kilómetros/hora (km/h). Puede

dar lugar a vientos suaves (10 km/h), fuertes (100 km/h) y huracanados (más de 120 km/h). La dirección del viento se determina con la **veleta**, y se expresa en relación a los puntos cardinales de procedencia: viento del norte, del este, del noroeste, etc.

Las temperaturas, las precipitaciones y los vientos, como se ha dicho, son los tres elementos más importantes a la hora de definir un clima. Pero hay que tener en cuenta también otros elementos secundarios, como la **nubosidad** o número de días a lo largo del año en que el cielo permanece cubierto de nubes; la **humedad atmosférica**, es decir, la cantidad de vapor de agua que contiene la atmósfera; la **presión atmosférica**, que influye en la mayor o menor abundancia de precipitaciones, etc. Estos elementos no son tan determinantes como los tres anteriores, pero pueden hacer más o menos agradable el clima de un lugar.

## LAS GRANDES ZONAS CLIMÁTICAS

La combinación de los distintos factores y elementos climáticos que acabamos de analizar permite dividir la superficie de la Tierra en grandes zonas que tienen un clima muy semejante. Estas zo-



nas guardan una estrecha relación con los centros de acción de la circulación general atmosférica, y engloban todos los puntos de nuestro planeta.

Conviene tener en cuenta, sin embargo, que dentro de una misma zona climática pueden darse importantes variaciones regionales, como consecuencia, por ejemplo, de la presencia de una cadena montañosa. Ello permite distinguir entre **climas zonales**, que corresponden a las grandes áreas climáticas de la Tierra, y **climas regionales**, las diferencias locales que se registran dentro de un clima zonal.

Los climas zonales de la tierra son: ecuatorial, tropical, desértico, templado y polar.

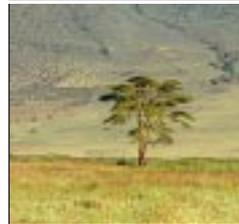
### El clima ecuatorial y la selva virgen

El clima ecuatorial es el propio de la franja comprendida entre los 5° de latitud norte y sur. Se caracteriza por temperaturas elevadas a lo largo de todo el año y precipitaciones muy abundantes. De hecho, en las regiones ecuatoriales llueve prácticamente a diario, ya que la intensidad de la radiación solar provoca el calentamiento de la corteza terrestre, calentándose a su vez el aire que está en contacto con ella, que entonces empieza a elevarse y da origen a lluvias de convección, que son normalmente torrenciales. La oscilación térmica anual es reducida, inferior a los 3 °C, pero en cambio la oscilación térmica diaria es importante, ya que se aproxima a los 10 °C. El total de precipitaciones oscila entre 2.000 y 4.000 mm anuales.

En consonancia con este clima cálido y húmedo, en la zona ecuatorial se desarrolla una vegetación característica, denominada **selva ecuatorial** y también **selva virgen**, **bosque tropical húmedo** y **pluviselva ecuatorial**. Es una formación de bosque muy denso, donde los árboles y arbustos se superponen en pisos y llegan a grandes alturas persiguiendo la luz solar. El suelo permanece en tinieblas, y por eso en el nivel inferior viven pocas plantas. La selva ecuatorial, que se mantiene en gran medida inalterada, ya que la acción del hombre sobre ella ha sido escasa, presenta una gran variedad de especies arbóreas, muchas de las cuales proporcionan maderas nobles, y se caracteriza asimismo por la abundancia de lianas y plantas trepadoras. La permanencia de esta formación vegetal tiene una gran importancia para la vida en la Tierra, ya que absorbe gran parte del anhídrido carbónico que se acumula en la atmósfera y evita así el efecto invernadero.



*Las distintas formaciones vegetales que cubren la Tierra están estrechamente vinculadas con el clima. Arriba, selva ecuatorial; en el centro, sabana arbolada; abajo, bosque tropical húmedo.*



### El clima tropical y la sabana

El clima tropical es el que se registra en las regiones situadas entre 5° y 23° de latitud norte y sur. Se caracteriza por tempe-



raturas muy elevadas a lo largo de todo el año (unos 26 °C de media anual) y la alternancia de dos estaciones, una estación seca, con lluvias inexistentes o muy escasas, y otra húmeda, durante la cual se producen lluvias abundantes. La duración de la estación seca va aumentando en la misma medida que la distancia al ecuador, de alrededor de tres meses en las regiones más próximas, a unos nueve meses en las más alejadas. El balance total de las precipitaciones oscila entre 600 y 1.000 mm anuales.

La formación vegetal característica de esta región es la **sabana**, una pradera de hierbas muy altas, que llegan a alcanzar hasta 2 m durante la estación de las lluvias y que se agostan durante la estación seca. La sabana puede estar poblada además por árboles aislados bien adaptados a la



sequía, como las acacias y los baobabs, que forman entonces la sabana arbolada. También se encuentran en esta zona los **bosques tropicales**, que se concentran generalmente en las orillas de los ríos formando el llamado **bosque-galería**. La composición y la espesura de estos bosques depende de las lluvias.

### El clima monzónico y el bosque monzónico

En lugar del clima que les correspondería por su latitud, las regiones tropicales del sureste de Asia tienen un clima propio, denominado **clima monzónico**. Este clima está determinado por la existencia en invierno de una zona de altas presiones sobre Siberia, región que por su situación geográfica debería verse afectada por las bajas presiones templadas.

Al igual que el clima tropical, el clima monzónico presenta temperaturas elevadas a lo largo de todo el año, aunque puede distinguirse un clima de invierno con temperaturas algo más bajas. Tiene asimismo dos estaciones, una seca y otra lluviosa, de seis meses de duración cada una, que coinciden con el invierno, la estación seca, y con el verano, la lluviosa. En total, a lo largo del año se registran unos 1.000 mm de precipitaciones. En esta región las lluvias están condicionadas por el mecanismo de los **monzones**, vientos periódicos que soplan del continente hacia el océano en invierno, y en sentido inverso en verano.

En el clima monzónico prospera un bosque muy denso, rico en especies y con un sotobosque espeso, que recibe el nombre de **bosque monzónico**. Esta formación cubre extensas áreas en el sureste de Asia, con su característica combinación de palmeras, bambúes, magnolias, camelias y algunas especies propias de los climas templados.

### El clima desértico

Es característico de las zonas situadas al norte del trópico de Cáncer y al sur del trópico de Capricornio, y se debe a la acción de las altas presiones subtropicales, que ejercen su influencia constantemente sobre esta área, obligando al aire a descender e impidiendo la formación de nubes.

El rasgo principal del clima desértico es la ausencia casi total de precipitaciones, que a su



*Existe una gran diferencia entre los paisajes boscosos (arriba, bosque monzónico en China) y los paisajes desérticos (abajo, desierto de Tumbes, en Perú).*



vez hace imposible el desarrollo de la vegetación. Los desiertos son, pues, zonas de suelos desnudos, cubiertos de arena o piedras, sin ríos ni manantiales, en las que es extraordinariamente difícil la vida humana. El único aprovechamiento posible es la explotación de las riquezas del subsuelo, a menudo rico en yacimientos minerales o depósitos de hidrocarburos (en efecto, no es raro que en los desiertos existan importantes bolsas de petróleo).

Otra característica del clima desértico es la elevación de las temperaturas diurnas, con máximas que pueden superar los 50 °C, y su marcado descenso durante la noche, a menudo por debajo de los 0 °C. Es decir, la acusada oscilación térmica diaria, normalmente del orden de 30 °C.

Además de los desiertos subtropicales, situados entre 23° y 35° de latitud norte y sur, hay otros desiertos que deben su existencia a la acción de las corrientes frías marinas y a la continentalidad.

Los desiertos originados por las corrientes frías se encuentran en América del Sur, en las costas de Chile (desierto de Atacama) y Perú. Su existencia se debe a que el aire húmedo y fresco que transportan las aguas del mar se convierte en aire calien-

te y seco al entrar en contacto con las elevadas temperaturas del continente. Estos desiertos son los más áridos del planeta, y pueden permanecer años enteros sin recibir una sola gota de lluvia.

Los desiertos continentales deben su origen al alejamiento del mar, que impide la llegada de aire húmedo y por tanto las lluvias. Son característicos del interior de Asia. En verano, las temperaturas no son tan elevadas como en los desiertos subtropicales, y en invierno el termómetro llega a registrar mínimas de hasta  $-33\text{ }^{\circ}\text{C}$ . Son los desiertos menos áridos, ya que reciben entre 100 y 200 mm de lluvias al año.

### El clima templado, el bosque templado y las praderas

El clima templado es el que se registra en las regiones templadas, es decir, las situadas entre  $35^{\circ}$  y  $66^{\circ}$  de latitud norte y sur. Su característica distintiva es la existencia de cuatro estaciones bien diferenciadas, con dos estaciones extremas, el invierno, durante el cual se registran las temperaturas más bajas, y el verano, cuando se registran las temperaturas más elevadas, y otras dos intermedias, otoño y primavera, que sirven de transición entre las anteriores.

No obstante, dentro del clima templado pueden distinguirse cuatro variedades: el clima oceánico, el mediterráneo, el continental y el templado frío.

El **clima oceánico** se caracteriza por la suavidad de las temperaturas a lo largo de todo el año, ya que ni los inviernos son demasiado fríos ni los veranos demasiado calurosos. Por otra parte, la pluviosidad, muy abundante, supera los 2.000 mm anuales.

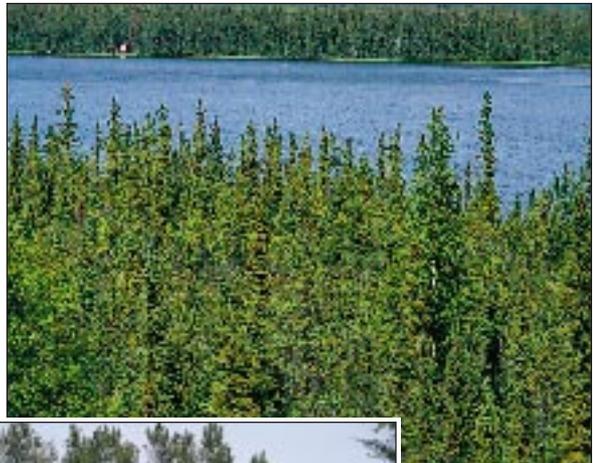
El **clima mediterráneo** es de inviernos suaves y veranos calurosos y secos. Las dos estaciones intermedias, primavera y otoño, son muy marcadas y a menudo lluviosas. Las precipitaciones oscilan entre 400 y 700 mm anuales.

El **clima continental** que predomina en las regiones de la zona templada alejadas del mar. Se caracteriza por inviernos muy fríos y veranos muy calurosos, con una oscilación térmica anual que supera los  $20\text{ }^{\circ}\text{C}$ . Las precipitaciones se producen principalmente durante el invierno, y varían entre 500 y 1.000 mm anuales.

El **clima templado frío** se considera una variedad del clima oceánico o del clima continental, en la que las temperaturas son sensiblemente más bajas tanto en verano como en invierno. Es propio de las latitudes más elevadas de la zona templada.

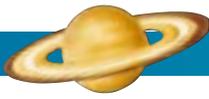
Al existir tantas variedades climáticas, existen asimismo en la zona templada numerosas formaciones vegetales distintas. Las más características son el bosque templado, el bosque de coníferas o taigá, la pradera y el matorral mediterráneo.

El **bosque templado** se distingue del bosque tropical en que es mucho más abierto y más homogéneo en las especies que lo componen. Existen dos variedades: el bosque mediterráneo y el bosque oceánico o de frondosas.



*La taiga es una de las principales formaciones vegetales del planeta. La pampa argentina está cubierta en buena parte por praderas, una formación de hierbas altas, húmedas o secas.*

El **bosque mediterráneo** está formado por especies de hoja perenne, como la encina o el alcornoque, que tienen hojas pequeñas y espinosas bien adaptadas al frío y a la aridez. El **bosque oceánico** o **de frondosas**, en cambio, está constituido por especies de hoja caduca, como el haya,



el roble o el castaño, y es mucho más verde y exuberante. Tiene un sotobosque espeso, en el que abundan los helechos. A veces, la mezcla de encinas y robles o de robles y alcornoques da lugar a la aparición de **bosques mixtos**. Los bosques de la zona templada cubrían una enorme extensión en otras épocas históricas, pero fueron objeto de una tala intensiva, para el aprovechamiento económico de la madera y para aumentar las tierras de cultivo. Por este motivo, en la actualidad ocupan una superficie relativamente reducida.

En las latitudes donde el frío es excesivo para el desarrollo de estos bosques, aparece el **bosque boreal de coníferas** o **taiga**, formado por abetos, piceas, alerces y pinos. Es un bosque abierto, con sotobosque pobre, que constituye una de las regiones naturales mejor conservadas del planeta. Se desarrolla en la zona de contacto entre las regiones templadas y frías, en torno a los 60° y 70° de latitud norte.

La degradación del bosque mediterráneo da origen a su vez a un matorral de plantas esclerófilas, que puede ser de dos tipos: **garriga** y **maquia**. Por su parte, la degradación del bosque oceánico o de frondosas da lugar a la **landa**, un matorral de brezos y tojos que se utiliza como pastizal.

También son características de las regiones templadas la pradera y la estepa. La **pradera** es una formación de hierbas altas, que crecen en invierno y se agostan en verano. Ocupaba grandes extensiones de terreno, en el pasado, sobre todo en Estados Unidos y Argentina, pero ha sido sustituida en gran medida por campos de cultivo. La **estepa** es una formación vegetal muy pobre, constituida por plantas espinosas y hierbas ralas, propia de las regiones templadas con gran escasez de precipitaciones.

### El clima polar y la tundra

Por encima de los 66° de latitud norte y sur, aparece el clima polar, que se caracteriza por inviernos muy largos y veranos muy cortos, temperaturas siempre bajas, que nunca sobrepasan los 10°, y una gran oscilación térmica anual (25-30 °C). Además, la mayor parte del año los días son cortos y las noches largas. Las precipitaciones, escasas y casi siempre en forma de nieve, se sitúan en unos 350 mm anuales.

Una variedad del clima polar es el **clima ártico**, propio de Groenlandia y la Antártida. Es un clima de invierno permanente, en el que los termómetros nunca registran temperaturas por encima de los 0 °C. Normalmente soplan fuertes vientos huracanados, y se registra una gran escasez de precipitaciones.

La vegetación propia de los climas polares es la **tundra**, un matorral de musgos, líquenes y hierbas, con raíces pequeñas bien adaptadas a los suelos permanentemente helados.

Las zonas de clima ártico carecen de vegetación, puesto que están cubiertas de grandes casquetes de hielo.

### LOS CLIMAS DE ALTA MONTAÑA

Los climas de alta montaña, que pueden aparecer en cualquiera de las regiones anteriormente señaladas, son climas de tipo frío, con temperaturas bajas a lo largo de todo el año, más rigurosas en invierno, y precipitaciones no demasiado abundantes, que se producen casi siempre en forma de nieve. Estos climas se hallan condicionados por la altitud.

En las regiones tropicales, de clima caluroso, existen climas templados en las alturas medias de alta montaña, aproximadamente entre 2.000 y 3.500 m de altitud.

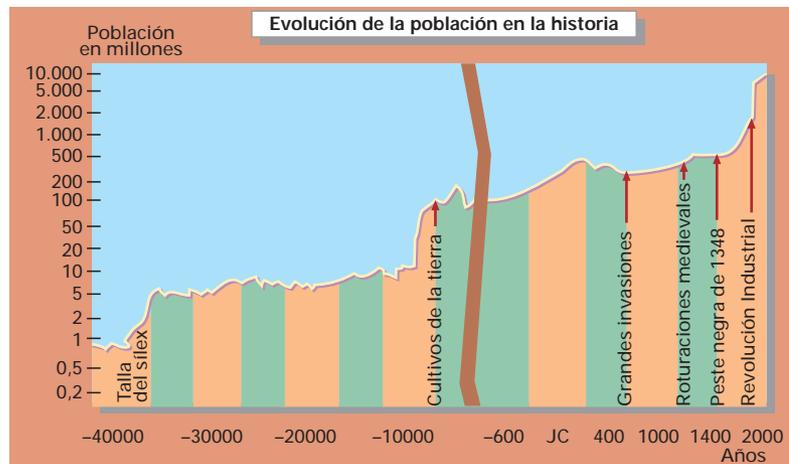


*Prados de alta montaña (izquierda) y tundra en las planicies de Alaska (abajo).*



# DEMOGRAFÍA

**La demografía es la ciencia que estudia la población. El propio término lo indica: es un vocablo compuesto con las palabras griegas «demos» (pueblo) y «grafos» (tratado, estudio). Tiene en cuenta los aspectos cuantitativos (número de habitantes de una ciudad, de un país, etc.) y cualitativos (distribución por sexos y por edades, nivel de educación, económico, etc.). Estos últimos proporcionan un conocimiento amplio, que abarca tanto los fenómenos esencialmente biológicos (natalidad, mortalidad, fertilidad, crecimiento, esperanza de vida) como los sociales (estado civil, ocupación, renta o migraciones).**



## LA CIENCIA DE LA POBLACIÓN

Aunque los censos, uno de los principales métodos para estudiar la población, se conocen desde la antigüedad, la demografía como ciencia no apareció hasta mediados del siglo XIX, cuando el crecimiento urbano y las grandes migraciones hicieron necesario el estudio sistemático del comportamiento de los habitantes del planeta.

En la actualidad, la demografía es una ciencia muy desarrollada y rigurosa, que se apoya en una gran infraestructura informática.

## LA POBLACIÓN MUNDIAL: EVOLUCIÓN Y DISTRIBUCIÓN

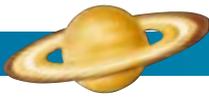
Al estudiar la población mundial, lo primero que nos interesa saber es cuántas personas viven actualmente sobre la Tierra, y cómo ha evolucionado, y evolucionará en el futuro, el número de habitantes.

Durante muchos siglos, la población de nuestro planeta permaneció prácticamente estable. El número de nacimientos era casi igual al de defunciones, y

*El gráfico superior ilustra la evolución de la población a lo largo de la historia, con su espectacular despegue a partir de la Revolución Industrial, que ha dado origen a la aparición de enormes núcleos urbanos como Nueva York (izquierda).*

eso impedía que las sociedades crecieran. Además, cuando por fin conseguían crecer, sobrevenían una epidemia, una guerra o una hambruna. De este modo, desde la época del nacimiento de Cristo, inicio de nuestra era, hasta el año 1850, es decir, en más de diecinueve siglos, el número de habitantes de la Tierra pasó de 250 millones a 1.000 millones. Un avance realmente muy pequeño.

Sin embargo, a partir de 1850 las cosas cambiaron. El aumento de la higiene pública y privada, así como los avances de la medicina, hicieron que el número de nacimientos comenzara a superar en mucho al de fallecimientos, y en sólo un siglo (1850-1950) la población mundial pasó de 1.000 millones a 2.500 millones. Desde entonces el crecimiento ha sido espectacular: hacia 1975 se alcanzaron los 4.000 millones, y en nuestros días pueblan la Tierra unos 5.600 millones de seres



humanos. Si la población sigue creciendo al ritmo actual, los expertos calculan que en el año 2025 la población del planeta será de 8.500 millones, que habrán aumentado a 11.600 millones el año 2050.

### La explosión demográfica

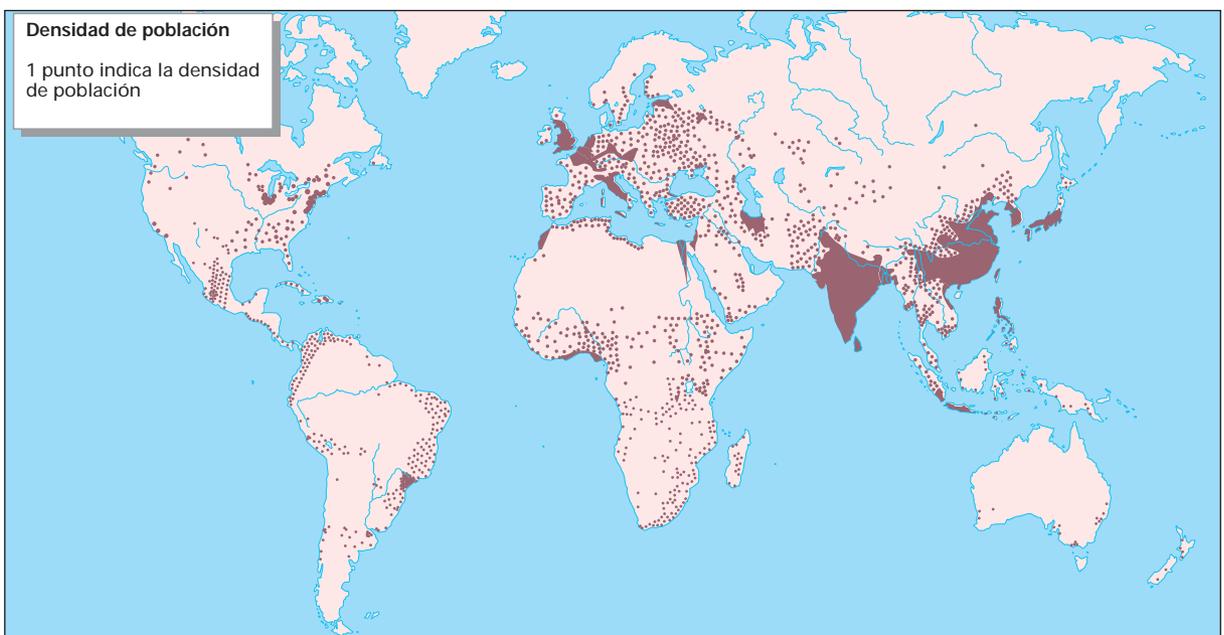
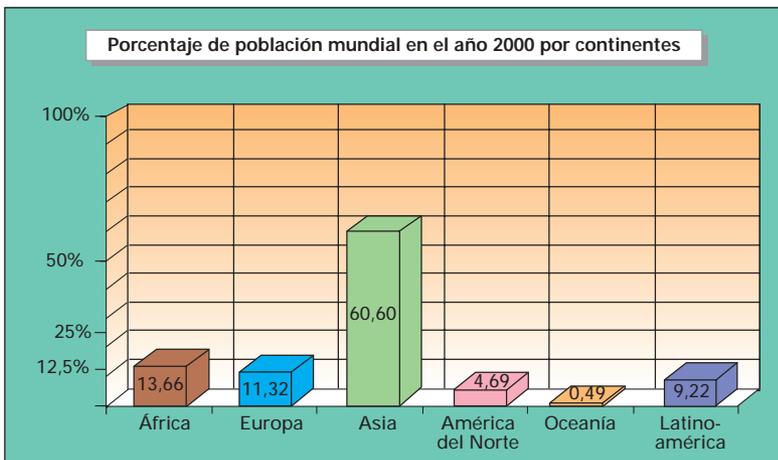
El vertiginoso aumento de la población a lo largo del siglo xx se conoce con el nombre de **explosión demográfica**. Como consecuencia de esta explosión demográfica, se ha llegado a temer que el número de habitantes de la Tierra llegue a ser superior a la capacidad de producir recursos alimentarios y económicos, y que eso conduzca a un empobrecimiento general de las sociedades. El pri-

mer defensor de esta teoría fue el economista británico Thomas R. Malthus (1766-1834), quien en su *Ensayo sobre el principio de la población* manifestó que, mientras la población aumentaba en progresión geométrica, los recursos lo hacían en progresión aritmética, con lo cual el colapso era inevitable. Sin embargo, los hechos han demostrado que las preocupaciones de Malthus no eran fundadas, y aunque todavía hay partidarios del **malthusianismo**, es decir de las ideas de Malthus, son más los que sostienen que el problema no es la escasez de recursos sino su adecuada distribución.

### Densidad y distribución

Las cifras globales sobre la población mundial no bastan para conocer la situación demográfica real de nuestro planeta. Para ello es necesario estudiar también la densidad de población.

Llamamos **densidad de población** a la relación existente entre el número de individuos y la superficie en que se distribuyen, tomándose normalmente el kilómetro cuadrado como unidad. Así, cuando se dice que en Perú hay una densidad de 17,2 hab/km<sup>2</sup> (datos de 1993), significa que a cada kilómetro cuadrado del territorio peruano le corresponde una población de 17,2 habitantes.



La densidad de población es un dato muy importante, ya que pone de manifiesto que los habitantes de la Tierra se concentran en unas regiones, dejando otras casi vacías. Así, mientras que existen inmensos territorios, como las tierras polares, los desiertos y las zonas cálidas y húmedas cercanas al ecuador, donde apenas hay población, en otras regiones del globo, principalmente en Europa y Asia, se superan los 800 hab/km<sup>2</sup>.

Algunas características significativas sobre la **distribución de la población mundial** son las siguientes:

El conjunto formado por Europa y Asia, que representa el 36 % de la superficie de las tierras emergidas, alberga al 75 % de la población mundial.

Más del 90 % de la humanidad vive en el hemisferio norte.

La densidad de población es mucho mayor en las regiones costeras que en el interior de los continentes.

La densidad de población disminuye con la altura, y en general las altas montañas están casi despobladas.

Las concentraciones de población más importantes del mundo se registran en Asia oriental y meridional, en Europa Occidental y en el cuadrante nororiental de Estados Unidos.

En conjunto, América del Sur, África y Australia son continentes escasamente poblados, aunque existen en ellos grandes diferencias entre países y regiones.

## EL CRECIMIENTO DE LA POBLACIÓN

Para el estudio de la población, uno de los datos más importantes a tener en cuenta es el crecimiento que registra. Este crecimiento se analiza tanto a nivel mundial como nacional o local, y puede ser natural o real.

El **crecimiento natural** de la población viene dado por la diferencia existente entre el número de nacimientos y el de defunciones. Se calcula multiplicando por cien la diferencia entre el número de nacidos vivos y el número de fallecidos, y dividiendo el resultado por la población total. La cifra así obtenida se denomina **índice de crecimiento vegetativo** o **índice de crecimiento natural**, y se expresa en tanto por ciento.

El **crecimiento real** resulta de añadir al crecimiento natural el **saldo migratorio**, es decir, la diferencia entre las personas que han llegado a un

lugar y las que lo han abandonado. A nivel mundial, el crecimiento real coincide con el crecimiento natural, ya que, de momento, nadie puede abandonar nuestro planeta si no es con la muerte. En cambio, en países y regiones concretos, el crecimiento real es el que indica con precisión absoluta la evolución de la población.



*Campaña de vacunación en el norte de la India.*

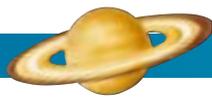
## Natalidad, mortalidad y esperanza de vida

Para facilitar el análisis de la evolución de la población se tienen en cuenta también otros valores, como son la tasa de natalidad, la tasa de mortalidad, la tasa de mortalidad infantil y la esperanza de vida.

La **tasa de natalidad** es una cifra que se obtiene multiplicando el número de nacidos vivos por mil, y dividiendo el resultado por la población total. Se expresa en tanto por mil, y puede ser alta, si supera el 35 ‰; media, si se sitúa entre el 35 y el 25 ‰; y baja, si es inferior al 25 ‰.

La **tasa de mortalidad** se calcula del mismo modo que la tasa de natalidad, es decir, multiplicando por mil el número de fallecidos y dividiendo el resultado por la población total. La tasa de mortalidad es alta cuando rebasa el 25 ‰, media cuando se sitúa entre el 25 y el 15 ‰, y baja cuando es inferior al 15 ‰.

Un aspecto importante de la mortalidad es la mortalidad infantil, ya que suele ser muy indicativa del grado de desarrollo y bienestar de un país. La **tasa de mortalidad infantil** se calcula multiplicando por mil el número de fallecidos de menos de un año, y dividiendo el resultado por el número de nacidos vivos. En países poco desarrollados

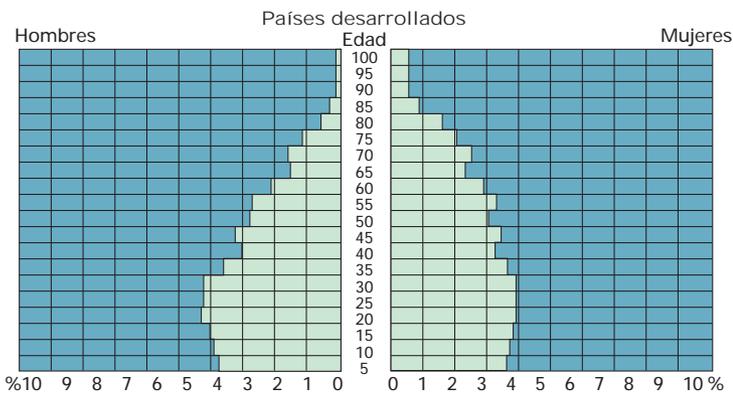
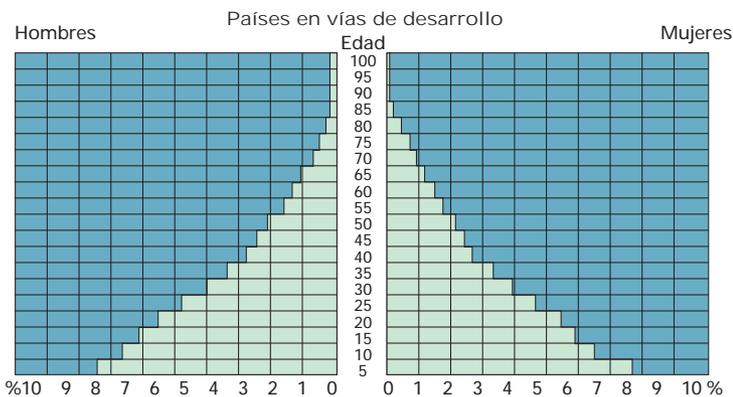
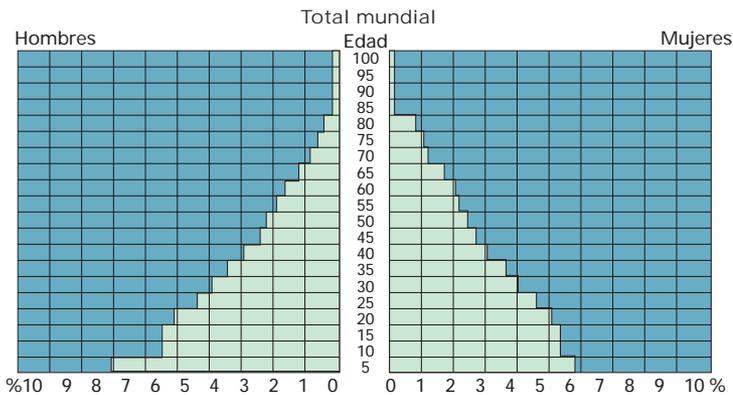


## ESTRUCTURA DE LA POBLACIÓN

Mientras que los indicadores anteriores reflejan la evolución de la población desde el punto de vista cuantitativo, la estructura de la población se centra en el punto de vista cualitativo. Es decir, estudia la composición de una población por edades, sexos, actividad económica, nivel de educación, nivel de vida, etc.

Para estudiar la distribución de la población por sexos y grupos de edad se elabora lo que se llama una **pirámide de población** o **pirámide de edad**, que constituye una representación gráfica extraordinariamente útil y clara para comprender a simple vista la estructura demográfica. Es un gráfico sencillo, basado en los ejes de coordenadas; en el eje vertical se indican los grupos de edades, generalmente en pedlaños que abarcan períodos de 5 años, y en el horizontal los efectivos de población o número de personas correspondiente a cada edad, representados en barras de longitud proporcional. Los datos relativos al sexo masculino se consignan en el lado izquierdo, y los referentes al sexo femenino en el lado derecho. El resultado final es una doble columna de barras superpuestas, cuya longitud indica el peso que tiene cada grupo de edad en relación a la población total. En la forma que presentan las pirámides de edades influyen numerosos factores; por ejemplo, los años que coincidan con una guerra o una epidemia mostrarán una disminución sensible de los grupos de edad correspondientes. Estos gráficos son muy útiles para comparar poblaciones entre sí y para establecer el grado de envejecimiento de un grupo poblacional.

La distribución de la población por edades permite también hablar de poblaciones jóvenes y poblaciones envejecidas. Son jóvenes todas aquellas sociedades o poblaciones en las que hay más de un 40 % de niños y adolescentes y menos de un 5 % de ancianos, y envejecidas o regresivas aquellas en que los más jóvenes representan menos del 25 % y los ancianos más del 10 %. Este modelo de sociedad envejecida, que es típico de los países desarrollados, comporta numerosos problemas, ya que un porcentaje cada vez menor de población activa debe sostener a un número



*Estudio comparativo de las pirámides de edades a nivel mundial, en los países desarrollados y en los países en vías de desarrollo.*

la tasa de mortalidad infantil puede ser superior al 154%, mientras que en los países con mayor nivel de vida se mantiene por debajo del 10 %.

El estudio de la mortalidad permite establecer la **esperanza de vida** de una población, que es el promedio de años que los individuos pueden llegar a vivir. En las sociedades desarrolladas, la esperanza de vida es actualmente superior a 73 años; en cambio, en los países en vías de desarrollo oscila entre 40 y 60 años.

cada vez mayor de ancianos, jubilados y pensionistas. En algunos países, esta situación está a punto de colapsar los sistemas de pensiones que el Estado garantiza a los ciudadanos.

## POBLACIÓN Y TRABAJO

El estudio de la estructura de la población atiende también a los diversos indicadores económicos. En este sentido se puede hablar, por un lado, de nivel de vida de la población y, por otro, de población activa y de paro.

El nivel de vida de una sociedad determinada se establece dividiendo el conjunto de riqueza que crea esa sociedad por el número total de habitantes. El conjunto de riqueza, llamado **Producto Nacional Bruto (PNB)**, es una cifra que viene dada por la suma de la producción total de los diversos sectores económicos. Al dividir esa cifra por el número de habitantes se obtiene el llamado **producto nacional bruto per cápita** o **renta per cápita**, que es la cantidad de riqueza de que dispone teóricamente cada miembro de una sociedad determinada. Las diferencias de renta per cápita entre los países del mundo, y en consecuencia las diferencias de nivel de vida, son aterradoras. Así, mientras que en los países más ricos la renta per cápita supera los 12.000 dólares, llegando en algunos casos a rebasar los 20.000 dólares (Estados Unidos, Canadá, Alemania, Francia, etc.), en los países más pobres no llega a los 300 dólares. Pasando de escala nacional a escala mundial, los datos son aun más sobrecogedores, ya que el 77 % de la población dispone sólo del 15 % de la riqueza total, mientras que el 85 % de la riqueza lo acapara el 23 % de la población.

Al analizar la población de un país en relación con la actividad laboral, se distingue entre población activa e inactiva. Llamamos **población activa** al conjunto de las personas que en el momento de efectuar el recuento tienen un empleo, y **población inactiva**, al de las personas que no tienen un empleo remunerado (amas de casa, jubilados, estudiantes, etc.). Un colectivo intermedio entre estos dos grupos es el de la **población para-**

da, es decir, las personas que están disponibles para trabajar y desean hacerlo, pero no encuentran empleo. El número de parados se estudia por medio de la **tasa de desempleo**, que se obtiene multiplicando por cien el número de parados y dividiendo el resultado por el número de activos.

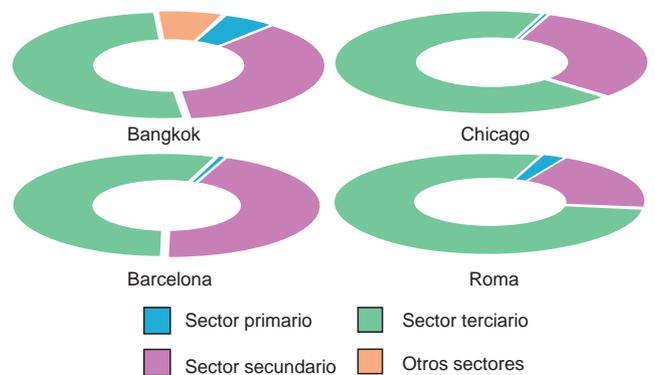
El paro es un problema reciente. Hasta hace pocos años, puede decirse que había empleos suficientes para todas las personas en edad de trabajar. Sin embargo, desde mediados del siglo xx, la mecanización creciente y la incorporación generalizada de la mujer al mundo laboral han provocado un desempleo progresivo. En la actualidad el paro es uno de los principales escollos de los países desarrollados, donde las tasas de desempleo oscilan entre el 2,1 % de Japón y el 16,2 % de España. En los países menos industrializados, el paro constituye a menudo un problema aún mayor, aunque en estos casos obedece comúnmente a una mala organización general de la economía.

### Distribución de la población activa por sectores

La población activa se reparte entre los tres sectores en que se divide el conjunto de las actividades económicas: sector primario o de las actividades relacionadas con la obtención de materias primas (agricultura, ganadería, pesca, silvicultura, etc.); sector secundario o de la transformación de las materias primas (industria, construcción, producción de energía); y sector terciario o de servicios (transportes y comunicaciones, sanidad, educación...).



Población activa en cuatro grandes ciudades (porcentaje)



*El porcentaje de población activa que se dedica a la agricultura es mucho mayor en las zonas rurales y en los países en vías de desarrollo que en las ciudades y en los países desarrollados, donde suele predominar el sector terciario.*



La proporción de población activa ocupada en cada uno de estos sectores constituye también un indicador del desarrollo económico. En los países de economía poco desarrollada son una gran mayoría los activos que trabajan en el sector primario, y muy pocos los empleados en los sectores secundario y terciario. En cambio, en los países más desarrollados, el sector secundario tiene una gran importancia, y el sector terciario o de servicios es el que da empleo a la mayor parte de la población.

## POBLACIÓN Y CULTURA

Otro aspecto interesante de la estructura de la población es su nivel de formación cultural. Como en el todos los indicadores analizados hasta aquí, también en éste se dan unas diferencias enormes por países y regiones.

En conjunto, existen en el mundo 825 millones de analfabetos, de los que 800 millones se encuentran en los países menos desarrollados. Así, la **tasa de analfabetismo** se sitúa casi en el 75 % en África y Asia, y en el 24 % en Iberoamérica. En el resto del mundo, incluyendo casi la totalidad de Europa, Japón, Estados Unidos, Canadá, Australia y Nueva Zelanda, el analfabetismo se mantiene por debajo del 10 %.

El analfabetismo no sólo constituye un problema cultural, sino que el no saber leer ni escribir

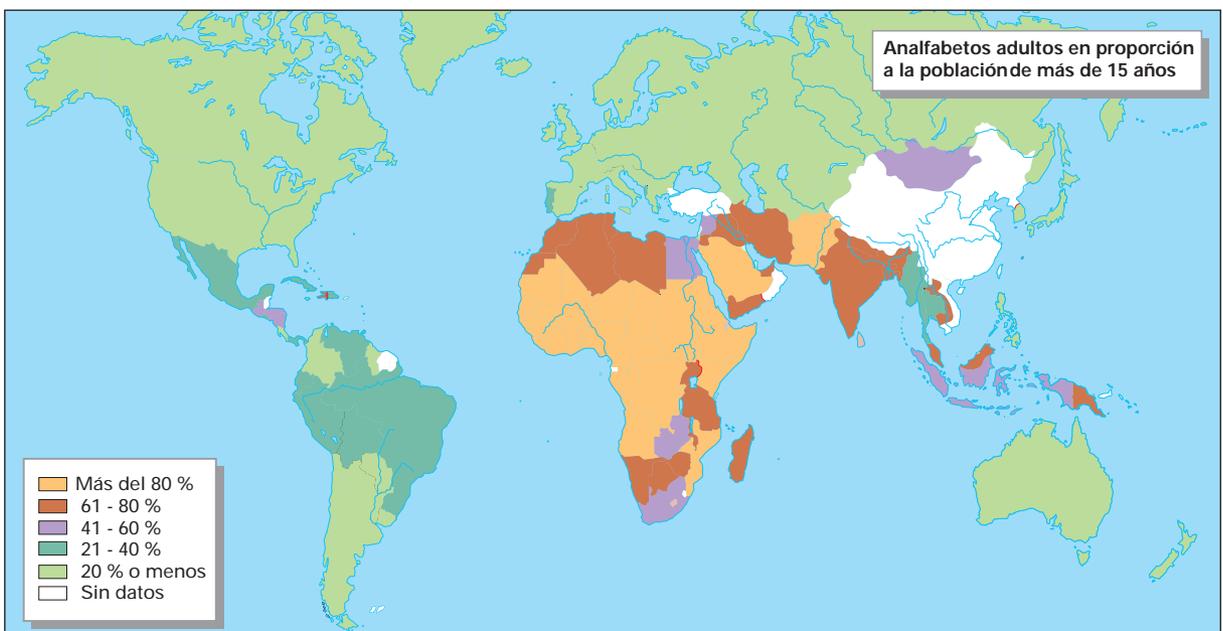
va unido normalmente a la pobreza y a menudo al hambre, y hace a las personas más vulnerables ante la marginación y la explotación.

Estas diferencias culturales existentes entre diversas regiones del mundo afectan también a los estudios superiores; es mucho mayor el número de personas con titulación universitaria en Europa occidental, por ejemplo, que en África. Es éste precisamente uno de los principales problemas que afectan a los países en desarrollo, ya que se traduce en la falta de técnicos, directivos y personas cualificadas, en todos los campos, capaces de conducir a estos países por las vías del progreso.

Las diferencias culturales se reflejan asimismo en el número de aparatos de radio, televisores, libros, revistas y periódicos por habitante, siempre muy superiores en los países más desarrollados. Un dato bastante significativo a este respecto es que más del 90 % de los libros que se publican en el mundo corresponden a los países con tasas de analfabetismo inferiores al 10 %.



*El nivel de alfabetización va muy unido normalmente a la riqueza y al grado de desarrollo de un país.*



## PRINCIPALES MODELOS DEMOGRÁFICOS

Tanto los indicadores relativos al crecimiento de la población como los referentes a su estructura se combinan, en los distintos países del mundo, de diversas maneras, dando lugar a tres grandes modelos demográficos:

Las **sociedades desarrolladas** (Estados Unidos, Canadá, Japón, Australia, Europa occidental...), con las tasas de natalidad y mortalidad bajas, y la esperanza de vida larga; son, en general, sociedades con pocos jóvenes y bastantes ancianos, un alto nivel de educación y de vida, y un crecimiento natural muy reducido o inexistente, y cuando crecen, lo hacen principalmente por los aportes de las inmigraciones.

Las **sociedades en vías de desarrollo** (África, América Central y algunos países asiáticos), que tienen altas tasas de natalidad, y también alta mortalidad y alta mortalidad infantil; en general, presentan un elevado porcentaje de jóvenes, pocos ancianos, bajo nivel de educación y de vida, y un crecimiento natural elevadísimo, que da lugar a un incremento muy rápido de la población.

Las **sociedades intermedias** (América del Sur, casi todos los países de Asia y de Europa oriental), con tasas medias de natalidad y mortalidad, y la esperanza de vida por encima de los 60 años; son sociedades jóvenes, con un nivel de vida medio, y un nivel de educación variable (alto en muchos países de América del Sur, y mucho más bajo en Asia), y que crecen a un ritmo moderado.

## MOVIMIENTOS DE POBLACIÓN

Los movimientos de población, llamados en demografía **migraciones** o **movimientos migratorios**, son los desplazamientos de seres humanos desde su lugar de origen hasta otro que los recibe. Las migraciones se pueden considerar desde el punto de vista del lugar de origen, y entonces se habla de **emigración**, o desde el punto de vista del lugar de llegada, y entonces se habla de **inmigración**. Son emigrantes, por tanto, los que se van de su lugar de origen, e inmigrantes, los que se establecen en un lugar distinto al de su procedencia.

Las migraciones se pueden llevar a cabo por muy diversos motivos, pero los principales son de orden económico, político y social. En este senti-



*Las grandes superficies comerciales son propias de los países consumistas.*

do, cabe hablar de **migraciones forzadas**, cuando el emigrante se ve obligado a marchar forzado por alguna razón de peso: guerra, persecución religiosa o política, tráfico de esclavos, etc., y **migraciones voluntarias**, cuando el emigrante deja su país por voluntad propia. Estas últimas suelen estar motivadas siempre por causas económicas, y lo más frecuente es que el emigrante emprenda el viaje hacia un país o lugar en el que espera conseguir un empleo de mayor remuneración y, en general, mejores condiciones de vida.

Las migraciones forzadas dan origen a la aparición de los **exiliados**, que viven con cierta normalidad en un país que no es el suyo, y los **refugiados**, que en cambio viven bajo el control de algún organismo internacional, como la ONU o la Cruz Roja. Estos últimos se concentran a menudo, en condiciones muy duras y precarias, en los campos de refugiados, cuyo número ha aumentado vertiginosamente en los últimos años.

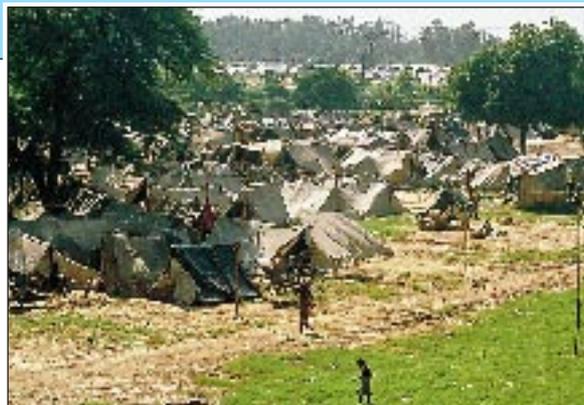
Atendiendo a su duración, las migraciones pueden ser permanentes, temporales, de temporada y pendulares.

Una migración es **permanente**, cuando el emigrante se establece en el lugar de destino sin intención regresar a su lugar de origen. Fueron de este tipo la mayor parte de las migraciones de europeos a América que tuvieron lugar a partir del siglo XVI.

La migración es **temporal**, o con retorno, cuando el emigrante vuelve a su lugar de origen tras haber reunido unos ahorros o una vez que ha llegado a la edad de la jubilación. En este epígrafe se pueden inscribir la mayor parte de las migraciones que se produjeron, por ejemplo, desde España,



Mapa de los principales movimientos migratorios a partir del siglo XVI (arriba) y campo de refugiados en la India (derecha).



Italia y Grecia a Alemania, Francia o Suiza, en la década de 1960.

Las migraciones de temporada obedecen a una actividad de carácter temporal o estacional, como las recolecciones en el campo, que requieren muchos brazos en una época del año.

Por último, las migraciones pendulares son aquellas que se realizan a diario para ir y venir del lugar de residencia al de trabajo, cuando están situados, por ejemplo, en las afueras de una gran ciudad.

Atendiendo al lugar de origen y de destino, las migraciones se dividen en interiores y exteriores. Son migraciones interiores las que tienen lugar dentro de un mismo país, y migraciones exteriores las que trasladan a una persona de un país a otro.

### Las migraciones en la actualidad

Un caso particular de las migraciones interiores es el llamado éxodo rural, fenómeno por el cual una gran mayoría de la población residente en áreas rurales se traslada a vivir a las ciudades. Este fenómeno, que ha tenido una gran importancia a lo largo del siglo XX, ha conducido a la despoblación y abandono de muchos pueblos y comarcas, y al crecimiento de las áreas urbanas, que en los

países industrializados llegan a concentrar más del 75 % de la población total. El éxodo rural afecta principalmente a las personas jóvenes, que emigran a las ciudades en busca de mejores perspectivas laborales, educativas y económicas, y también poder disfrutar del nivel de servicios que ofrecen los centros urbanos (sanidad, ocio, etc.). Pero, en algunos casos, ese trasvase masivo de las zonas rurales a las ciudades resulta totalmente de efectos negativos, ya que da origen a la aparición de grandes cinturones de miseria en las áreas urbanas, donde los recién llegados malviven en un entorno a veces de marginación y siempre falto de los servicios más elementales.

También las migraciones exteriores suelen tener como protagonistas a personas jóvenes, y en nuestros días se producen esencialmente con la esperanza de lograr un mejor nivel de vida. Son

ejemplos significativos, al respecto, los emigrantes mexicanos, haitianos y cubanos que intentan establecerse en Estados Unidos, o los emigrantes africanos que acuden a los países de Europa Occidental.

Hay que tener en cuenta, sin embargo, que no todas las personas que desean emigrar pueden hacerlo, ya que son muchos los países receptores que controlan el número de inmigrantes, con objeto de no agravar, por ejemplo, el problema del desempleo. Esto da lugar, por un lado, a la acumulación de solicitudes de personas que desean establecerse en un país determinado y, por otro, a la proliferación de los emigrantes ilegales. Estos últimos son los inmigrados que viven en un

país ajeno sin la documentación pertinente, lo que les priva de derechos laborales y sociales básicos, y los relega en general a una vida precaria. Pese a ello, muchas personas siguen llegando día tras día a países extranjeros en los que esperan lograr una vida mejor, aun a sabiendas de que difícilmente conseguirán establecerse en ellos de forma legal.

Un problema particularmente grave derivado de las migraciones es la aparición, en algunos de los países de llegada, de movimientos xenófobos y racistas que se oponen por todos los medios, incluida la violencia, a la presencia de los extranjeros, aun cuando éstos tengan regularizada su situación.

# ECONOMÍA: LA OBTENCIÓN DE RECURSOS A PARTIR DEL MEDIO NATURAL

*Desde los tiempos remotos, el hombre ha aprendido a obtener del medio natural todos los productos que precisa para su subsistencia. Esta obtención de bienes a partir de los recursos naturales es lo que se conoce con el nombre de economía.*

## LOS ORÍGENES DE LA ECONOMÍA PRODUCTIVA

Los primeros pobladores del planeta practicaban una economía meramente recolectora, basada en recoger los alimentos que la naturaleza ponía a su alcance: frutos, raíces, caza, pesca. A partir del Neolítico, es decir hace casi unos 10.000 años, los hombres aprendieron a cultivar la tierra y a domesticar animales, y con la práctica de la agricultura y la ganadería se inició la economía productiva, que es la que seguimos practicando en nuestros días. Más tarde, el hombre aprendió a manipular los productos que le proporcionaban la agricultura o la ganadería para convertirlos en alimentos no perecederos, vestidos, materiales de construcción, etc. Transcurrieron después varios siglos hasta que, finalmente, a raíz de la Revolución Industrial (siglo XVIII), la invención de las máquinas y la masiva utilización de las fuentes de energía permitió fabricar productos totalmente nuevos, destinados a hacer la vida cada vez más



*A lo largo del siglo XX, la industria ha evolucionado desde la producción casi manual hasta la fabricación robotizada e informatizada.*

cómoda y la civilización más avanzada científica y técnicamente. En este estadio de economía productiva muy tecnificada es en el que se encuentran actualmente los países desarrollados. Un estadio en el que los hombres no producen direc-



tamente los bienes que consumen, sino que trabajan recibiendo a cambio un dinero que les permite adquirir todo aquello que necesitan para su subsistencia. Algo muy alejado de las primitivas formas de organización económica, basadas en la producción para el propio consumo y en el trueque. Aunque, no obstante, hay aún diversos lugares del mundo en los que subsisten todavía lo que consideramos economías primitivas.



*Cosecha de maíz en Kirgizistán.*

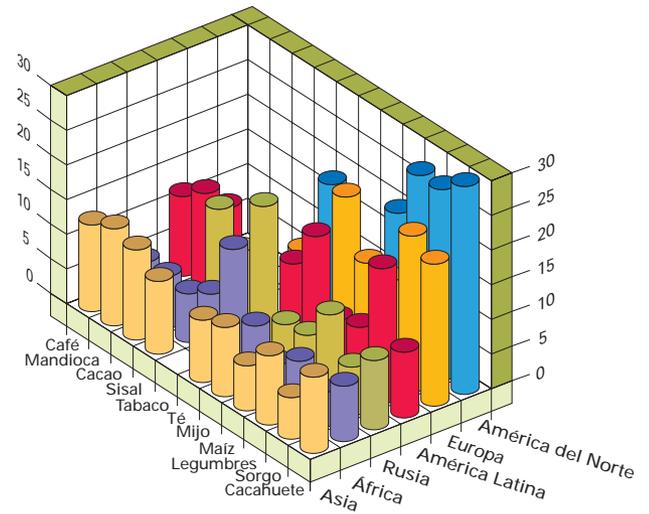
En su nivel más elemental, la economía sería, por tanto, el conjunto de las actividades destinadas a obtener los medios necesarios para la propia subsistencia. Y en su nivel más desarrollado, la economía podría definirse como el conjunto de actividades y medios encaminados a satisfacer las necesidades humanas, lo que significa, más concretamente, controlar la producción, la circulación, la distribución y el consumo de bienes.

### **Economías de mercado y economías planificadas**

En todos estos procesos de producción, distribución, etc., las autoridades estatales pueden intervenir de una manera más o menos intensa o más o menos directa. Por ejemplo, creando empresas estatales, imponiendo impuestos al consumo de determinados productos, otorgando incentivos para la producción de determinados bienes, o regulando el marco legal en el que pueden llevarse a cabo las actividades económicas.

En la mayoría de las sociedades modernas, el Estado tiene una intervención importante en el desarrollo económico, pero dejando al mismo tiempo un amplio margen de maniobra a la iniciativa de los particulares. Esto da lugar a un sistema económico que llamamos de **economía de mercado**, en la que la producción se supedita a las exigencias del mercado, es decir, del consumo.

Lo contrario de la economía de mercado es la **economía planificada**, que fue la adoptada por los países comunistas. En una economía planifi-



*Gráfico de producción de los principales cultivos por regiones.*

cada, todas las actividades económicas son controladas y dirigidas por una autoridad superior al margen del mercado, normalmente el Estado, la cual decide por sí sola qué, cuánto, cómo y dónde hay que producir, y también cómo hay que distribuir los bienes así obtenidos.

Dentro de la economía planificada existen diversos niveles, desde la economía totalmente planificada hasta la economía planificada con libertad de consumo, libre elección de profesión y de empresa.

## **LOS SECTORES ECONÓMICOS**

Para facilitar los estudios económicos, las diversas ramas de la producción de bienes suelen agruparse en tres sectores:

**Sector primario:** comprende aquellas actividades que se realizan en contacto directo con el medio natural y tienen por objeto la obtención de materias primas, como la agricultura, la ganadería, la pesca y la explotación forestal.

**Sector secundario:** comprende las actividades destinadas a la transformación de las materias primas, ya sea para convertirlas en bienes de consumo o para transformarlas en materias primas más elaboradas, e incluye la industria y la construcción.

**Sector terciario:** abarca todas las actividades que no producen bienes sino servicios, e incluye por tanto el comercio, los transportes, sanidad, turismo, comunicaciones, cultura, espectáculos, etc.

La minería, que es la actividad destinada a la obtención de las materias primas que se extraen del subsuelo, se incluye unas veces en el sector primario y otras en el secundario, ya que a menudo suele ir asociada a industrias transformadoras.

## EL SECTOR PRIMARIO DE LA ECONOMÍA

El sector primario se caracteriza por la obtención directa de bienes económicos, sin necesidad de someterlos a transformación alguna posterior. Es el sector básico de cualquier economía, ya que proporciona las materias primas sin las cuales no podría existir la industria. En los países desarrollados tiene escasa incidencia en la actividad económica general, puesto que representa menos del 10 % del Producto Nacional Bruto (PNB) y ocupa también menos del 10 % de la población activa. Sin embargo, en las economías poco desarrolladas el sector primario puede tener una enorme importancia, llegando a representar más del 50 % del PNB y ocupando a un porcentaje similar de población activa. Dentro del sector primario, la actividad más importante es la agricultura.

## LA AGRICULTURA

Llamamos agricultura al arte de cultivar la tierra para obtener de ella productos útiles para el consumo, básicamente alimentos. La agricultura es la actividad que permitió a los hombres pasar de la vida nómada a la vida sedentaria, y apareció por primera vez en algunos valles fluviales (los del Nilo, Éufrates, Tigris y Ganges), hace casi unos 10.000 años.

Por ser una actividad que se desarrolla esencialmente al aire libre, la agricultura está sumamente condicionada por el medio ambiente, en particular por el clima, los suelos y el relieve.

El desarrollo biológico de las plantas depende de la cantidad de radiación solar, de las temperaturas, de la humedad atmosférica y de algunos otros factores directamente relacionados con el clima. Por este motivo, la agricultura, en cualquier lugar del mundo, depen-

de en primer lugar de las condiciones climáticas. El clima condiciona los tipos de cultivo, ya que hay plantas que precisan más o menos calor que otras, o más o menos agua, y condiciona también la productividad o rendimiento que se obtiene de los cultivos.

El segundo gran factor condicionante de la agricultura son los suelos. Por suelo se entiende una pequeña capa de la biosfera que se forma en el sustrato terrestre de la degradación de las rocas superficiales. El suelo comprende restos orgánicos, llamados **humus**, y también determinados minerales que son esenciales para la vida de las plantas. Pero no todos los suelos que cubren la superficie terrestre libre de hielos son aptos para los cultivos. Hay suelos demasiado húmedos, otros demasiado secos, suelos poco profundos, suelos pobres en nutrientes, etc.

Finalmente, en lo que depende del relieve, hay que excluir los terrenos excesivamente accidentados o montañosos, difíciles de cultivar. Y aún hay que añadir las disponibilidades de agua, pues sin ella las plantas no pueden crecer y desarrollarse.

### Las técnicas agrícolas

Si bien estos factores, por separado o combinados, pueden hacer totalmente imposible la agricultura en algunos lugares (por ejemplo, en los desiertos, por falta de suelos adecuados y de agua; en la alta montaña, por las bajas temperaturas y falta de suelos adecuados; en los pantanos, por exceso de agua, etc.), es un hecho que el

*El algodón y el arroz son dos cultivos típicos de las zonas cálidas. El primero constituye una de las grandes materias primas de la industria textil. El segundo, en cambio, es un producto alimentario de primer orden.*





género humano ha luchado con éxito contra muchos de ellos, logrando ampliar progresivamente las zonas de cultivo y consiguiendo resultados cada vez más satisfactorios gracias a la mejora de las técnicas agrícolas.

Uno de los elementos que más han influido en esta lucha del hombre contra el medio han sido los abonos y fertilizantes, que permiten mejorar los suelos y les devuelven su fertilidad original cuando la han perdido.

Por su parte, las prácticas de cultivo en **invernaderos** son útiles para combatir el exceso de frío o de calor, así como para diversificar los cultivos e intensificar la producción. Los invernaderos son recintos más o menos grandes, con una cubierta de vidrio o de plástico, que hacen posible el cultivo de plantas tropicales en regiones frías, o de otras especies vegetales fuera de la estación que les es propia. Un método similar consiste en cubrir los cultivos con plástico a nivel del suelo, para impedir, por ejemplo, su contacto con la luz solar.

Contra las limitaciones del relieve, el hombre ha optado esencialmente por la construcción de terrazas, que son plataformas escalonadas situadas en las vertientes con excesiva pendiente, separadas por pequeños muretes de piedra que impiden la destrucción del suelo por la erosión.

No obstante, y a pesar de todos los esfuerzos llevados a cabo, las tierras de cultivo representan tan sólo el 11 % de la superficie total de nuestro planeta. Los expertos consideran que el desarrollo alcanzado permitiría poner en explotación un 19 % más, pero esto exigiría grandes inversiones económicas, y son pocos los países dispuestos a llevarlas a cabo.

Desde el punto de vista humano, la agricultura es el medio directo de subsistencia de más de 350 millones de familias en todo el mundo. De ellas, 250 millones utilizan aún técnicas muy rudimentarias, y

*Los resultados que se obtienen de la agricultura suelen ser mucho mejores cuando los cultivos ocupan grandes extensiones de terreno que cuando se distribuyen en parcelas muy fragmentadas.*

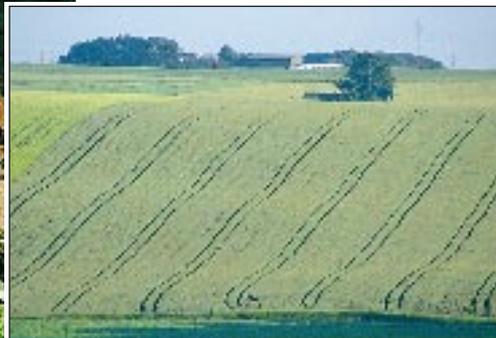


sólo 10 millones se sirven de medios mecanizados y técnicas avanzadas. Esos desequilibrios se reflejan también a nivel alimentario, ya que muchos países no son capaces de producir alimentos suficientes para toda la población, y carecen al mismo tiempo de los recursos financieros necesarios para adquirirlos en los mercados exteriores. Entonces aparece el fantasma de las hambrunas. Como consecuencia de ello, actualmente unos 450 millones de personas padecen hambre o enfermedades derivadas de la malnutrición.

### Los sistemas agrícolas

Considerando diversos elementos, como las formas de explotación agraria, los tipos y técnicas de cultivo, los sistemas de regadío y el tamaño de las parcelas, es posible establecer diversas clasificaciones de la actividad agraria.

La primera es la que distingue entre **agricultura de secano**, en la que el suministro de agua para las plantas depende exclusivamente de las lluvias, y **agricultura de regadío**, en la que el agua que precisan los cultivos es aportada por el hombre de forma artificial. El regadío representa una práctica agrícola más avanzada, ya que comporta la construcción de una red de canalización del agua, constituida por canales, pozos y acequias, y proporciona a cambio rendimientos mucho más elevados y seguros, al no depender de la meteorología. El riego puede ser de tres tipos: por **inundación**, cuando se anegan los campos en cultivo; por **infiltración**, cuando se distribuye el agua a los campos por medio de canales y acequias; y por **aspersión**, cuando el agua se arroja en forma de lluvia por medio de aparatos especiales. Este último tiene la ventaja de que limpia al mismo tiempo las plantas, facilitando así su respiración.





*Los bueyes siguen siendo una fuerza de trabajo importante en Birmania (izquierda). En Kirguizistán la agricultura está muy poco mecanizada (centro). En Islandia pocos trabajadores, aunque mecanizados, consiguen una elevada productividad (derecha).*

Hay, no obstante, algunos cultivos, como el arroz, que requieren el riego por inundación.

Atendiendo al tamaño de las unidades de explotación, se distingue entre **agricultura latifundista** y **agricultura minifundista**. La primera es la que se realiza en grandes extensiones de terreno pertenecientes a un mismo propietario; normalmente, los trabajos agrarios los llevan a cabo obreros asalariados que a veces sólo trabajan y cobran por temporada. La agricultura minifundista, por el contrario, es la que se practica en unidades o parcelas muy pequeñas, que a menudo provienen de la división de la tierra por cuestiones de herencia. Ambos tipos de explotación presentan ventajas e inconvenientes. Así, por ejemplo, en la agricultura latifundista a menudo las tierras no están suficientemente aprovechadas, y los jornaleros no perciben la remuneración adecuada; como en los minifundios, ocurre con frecuencia que el reducido tamaño de las parcelas impide la mecanización y la obtención de buenos rendimientos. Para subsanar estos inconvenientes, en la actualidad se tiende a conseguir, por diversos medios, una agricultura basada en la propiedad mediana, que haga posible la mecanización de las labores y la ocupación permanente de los agricultores, asegurándoles un nivel de vida aceptable. Para pasar del latifundismo y el minifundismo a la propiedad mediana, los gobiernos ponen en práctica distintas medidas dentro de los planes llamados de **reforma agraria**.

Desde el punto de vista de los rendimientos obtenidos, se puede distinguir entre agricultura intensiva y agricultura extensiva.

La **agricultura intensiva** es aquella en la que el suelo se cultiva de forma continuada y con todos



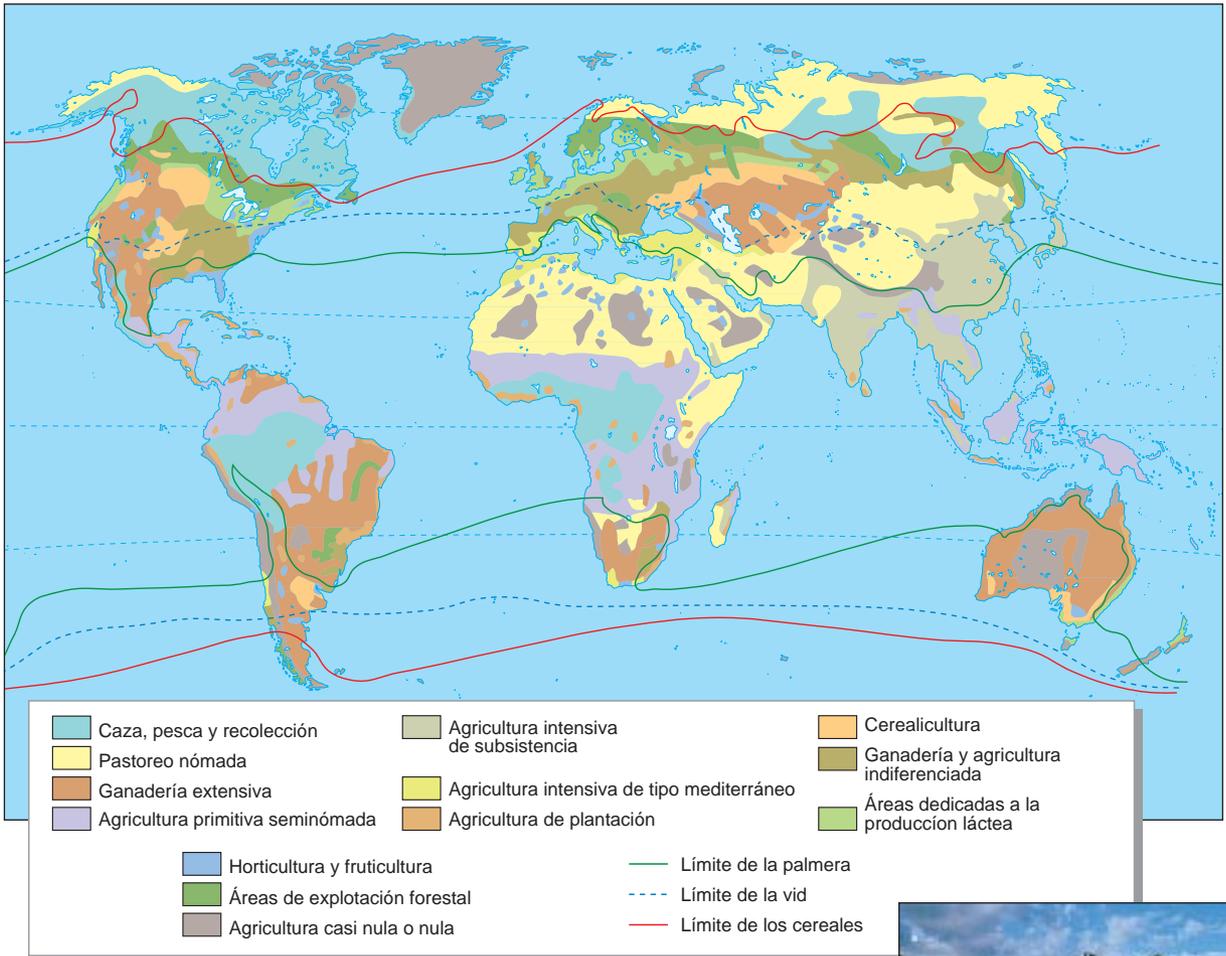
*Muy distinta es la forma de trabajar la tierra en Mali (al lado) o en Andalucía (abajo), donde se cultiva el girasol con elevados rendimientos.*



los medios necesarios para obtener elevados rendimientos. La **agricultura extensiva**, en cambio, limita las inversiones en medios y a veces no utiliza todo el suelo disponible, ya que no busca obtener los rendimientos máximos. Cada una de ellas se subdivide a su vez en función de la productividad:

La **agricultura intensiva de baja productividad** es característica del sur y este de Asia, y en ella un gran número de campesinos cultiva el suelo de forma ininterrumpida, obteniendo unos rendimientos elevados en términos absolutos, pero escasos en relación con la abundancia de mano de obra necesaria.

La **agricultura intensiva de elevada productividad** es la que se practica en Europa occidental, donde con mano de obra reducida se obtienen



rendimientos elevadísimos. Es una agricultura muy mecanizada y extraordinariamente rentable, que se orienta esencialmente hacia el mercado.

La **agricultura extensiva de baja productividad** es característica de la mayor parte del continente africano. Utiliza abundante mano de obra y obtiene rendimientos muy escasos, debido básicamente al atraso en las técnicas de cultivo y al escaso uso de abonos y fertilizantes.

La **agricultura extensiva de elevada productividad** es característica de América del Norte, donde a menudo no es necesario cultivar toda la tierra disponible, ya que la producción resulta suficiente. Cada agricultor posee grandes extensiones de terreno y, aunque los rendimientos por unidad de superficie no son demasiado elevados, consigue un elevado rendimiento económico.

Según los tipos de cultivo, la agricultura puede ser de **monocultivo**, cuando se obtiene un solo producto, y de **policultivo**, cuando se obtienen varios productos de forma asociada. Constituyen

*Mapa mundial de agricultura, ganadería, pesca y explotación forestal (arriba). Cría de ganado en Cajamarca, Perú (derecha).*



un ejemplo de monocultivo las grandes plantaciones de café, caña de azúcar, bananos, etc., de América Central y del Sur, mientras que el policultivo se encuentra sobre todo en el área mediterránea, donde el trigo suele asociarse con el olivo o el almendro, y también con diversos frutales.

Por último, se puede distinguir aún entre **agricultura de subsistencia** y **agricultura comercial**. La primera produce lo necesario para abastecer exclusivamente el consumo del agricultor y su familia, sin dejar excedentes para el mercado, mientras que la segunda se orienta hacia la venta

de las cosechas en los mercados nacionales o internacionales, buscando como finalidad principal la rentabilidad financiera. En general, se puede considerar que la agricultura más avanzada es la comercial, y la más arcaica y menos desarrollada, la de subsistencia.

### Sistemas de propiedad y explotación de la tierra

La explotación de la tierra puede ser directa, cuando la trabaja el mismo propietario o su familia, o indirecta, cuando el propietario se beneficia de los frutos o rentas de la tierra sin trabajarla.

Entre los sistemas indirectos de explotación, los más habituales son el arrendamiento, la aparcería y la enfiteusis.

El **arrendamiento** es un contrato entre el propietario y otra persona, llamada arrendatario, por la que el primero cede el cultivo de la tierra por un tiempo determinado y a cambio de un precio establecido.

La **aparcería** es una forma de explotación en la que el propietario pone la tierra y el aparcerero el trabajo, repartiéndose entre ambos el fruto de las cosechas en partes proporcionales.

La **enfiteusis** es una forma permanente de arrendamiento, en la que el propietario cede las tierras a cambio de una renta anual.

Dentro de los sistemas de explotación directa de la tierra, merecen mención especial por sus peculiaridades los latifundios y las plantaciones. En ambos casos, el propietario no cultiva directamente sus tierras, sino que lo hace por medio de obreros asalariados a los que abona un jornal, y dispone del beneficio íntegro de las cosechas. Es la forma de agricultura que más se asemeja a la organización de la empresa industrial.

## LA GANADERÍA

La ganadería es la actividad dedicada a la cría y explotación de ganado con fines económicos y comerciales. Al igual que la agricultura, se inició en el Neolítico. Desde entonces, con el transcurso de los siglos, ha sufrido una profunda transformación, asumiendo cada vez más los avances de la tecnificación y la industrialización. Lo que no ha variado a lo largo del tiempo son los productos obtenidos de la ganadería, que básicamente siguen siendo los mismos.

La primera forma de ganadería practicada por el hombre fue la **ganadería itinerante**, en la que

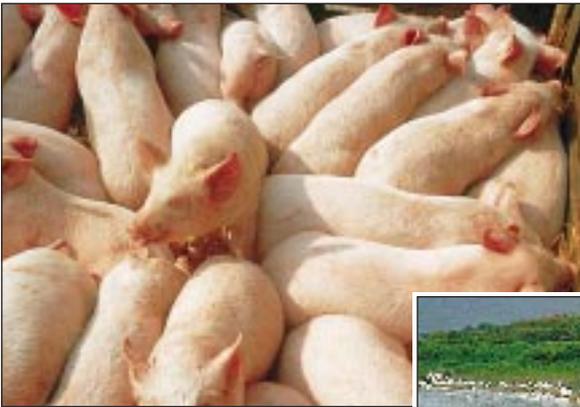
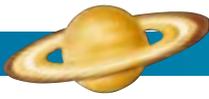


*La explotación extensiva de los campos es posible gracias a la maquinaria agrícola.*

el ganado y sus cuidadores se van desplazando para paliar las necesidades de agua y pastos. Aún subsiste en algunos países de África. Una variante es la **ganadería trashumante**, que consiste en trasladar el ganado siempre a los mismos pastos según un ciclo estacional; por ejemplo, a los pastos de la llanura en invierno y a los de alta montaña en verano. La trashumancia ha tenido una gran importancia histórica en algunos países, como España, pero en la actualidad se encuentra al borde de la desaparición.

También ha tenido una gran importancia histórica la asociación de la agricultura con la ganadería. Así, mientras que la agricultura proporcionaba forrajes para el ganado, éste suministraba estiércol y fuerza de trabajo para la agricultura, obteniéndose de ambos alimentos para el hombre.

Sin embargo, en nuestros días la tendencia en los países desarrollados es separar ambas actividades, implantando una ganadería con valor en sí misma. Desde esta óptica, cabe distinguir entre la **ganadería extensiva**, en la que el ganado pasta en grandes extensiones de terreno y está al cuidado de pocos hombres, y la **ganadería intensiva**, que se lleva a cabo generalmente en granjas y se destina a la obtención de un solo producto. En esta última modalidad, lo normal es criar un gran número de cabezas de ganado de razas seleccionadas, a las que se alimenta con piensos equilibrados. La ganadería extensiva es propia de Argentina, Australia y Nueva Zelanda. La ganadería intensiva se practica en todos los demás países desarrollados.



*La ganadería puede ser ovina (arriba, a la izquierda, Argentina), equina (arriba, en el centro, España), de llamas y vicuñas (arriba, a la derecha, Perú), porcina (centro, China) y avícola (abajo, Thailandia).*



## Tipos de ganadería

El sector pecuario más importante es el de la ganadería **bovina** o **vacuna**, que se dedica a la cría de vacas y terneras para la obtención de leche y carne, principalmente, y secundariamente, cueros. Suele ser una ganadería especializada, en leche o en carne, y su gran desarrollo comenzó a fines del siglo XIX, a raíz de la invención del frigorífico. Es muy importante en Estados Unidos, Europa occidental y Argentina.

La ganadería **ovina** o **lanar**, es decir, la cría de ovejas, es propia de países más pobres. Proporciona lana, carne y leche, siendo destacado el papel de la lana como materia prima de la industria textil. La cría de ovinos está muy desarrollada en Gran Bretaña, Australia, Argentina y Nueva Zelanda.

La **ganadería porcina**, que se dedica a la cría y engorde de cerdos, está extendida por todo el mundo, salvo en los países islámicos, ya que en

esta religión el consumo de carne de cerdo está prohibido. Rusia, Estados Unidos, China y Brasil son grandes productores de carne de cerdo y productos derivados.

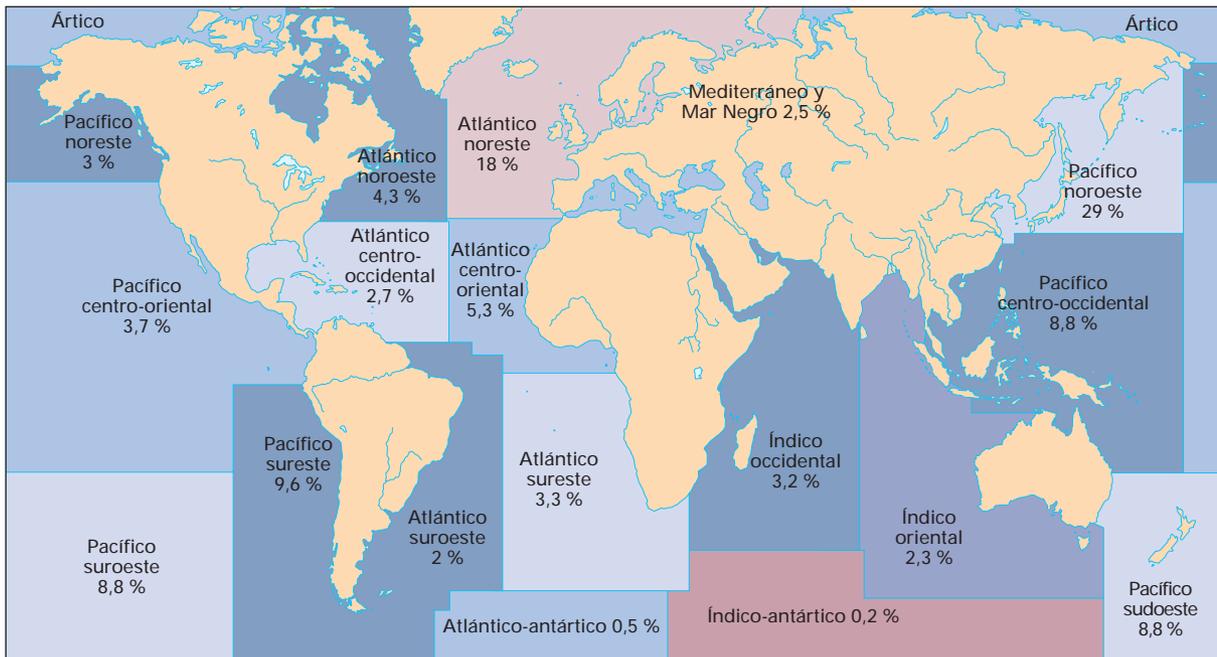
La **avicultura** o cría de aves, de las que se obtiene carne y huevos, tiene una importancia creciente de cara al abastecimiento de las grandes ciudades. A la cabeza de la producción se sitúan Estados Unidos, Rusia, la Unión Europea y Japón.

Existen también otros tipos de ganadería, como la caballar, especializada en la cría de caballos; la de llamas y vicuñas, típica de Perú; y la de camellos y

dromedarios, que se lleva a cabo en las regiones desérticas.

## LA PESCA

La pesca es un sector que va adquiriendo cada día mayor importancia. En el mundo desarrollado, el hábito de consumir pescado ha aumentado de forma considerable, y algunos países, como



Japón, obtienen de la pesca el 60 % de las proteínas animales que consumen. Este consumo generalizado ha empezado a generar algunos problemas, como la sobreexplotación de los mares y océanos, que ha obligado a imponer restricciones en ciertas zonas pesqueras o en las capturas de determinadas especies, con el fin de proteger las reservas piscícolas.

Al mismo tiempo, el aumento del consumo de pescado a nivel mundial ha convertido el sector pesquero en un sector económico cuya importancia se incrementa día a día. Son muchas las empresas que realizan grandes inversiones para poder obtener beneficios importantes, lo que no impide que siga practicándose la pesca artesanal o semiartesanal, que se lleva a cabo en aguas próximas a las costas. Cabe distinguir, pues, varios tipos de pesca:

**Pesca de bajura:** la que se lleva a cabo cerca de la costa, normalmente con embarcaciones pequeñas y en ciclos de un día, es decir saliendo al mar por la mañana y regresando al atardecer, para subastar las capturas en el mismo puerto.

**Pesca de altura:** la que se lleva a cabo en alta mar, con embarcaciones mejor equipadas y en ciclos de una o dos semanas. La pesca de altura plantea a menudo problemas de derecho marítimo internacional, ya que muchos bancos de pesca se encuentran dentro de las aguas jurisdiccionales de algunos países que limitan las captu-

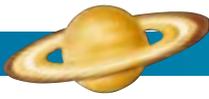


*Mapa de las principales zonas pesqueras del mundo y porcentaje de capturas (arriba). El puerto pesquero de Marcona, en Perú (abajo).*

ras y quieren obtener a cambio sustanciosos beneficios económicos.

**Pesca de gran altura:** la que se lleva a cabo en zonas muy alejadas del puerto de origen, y en ciclos de varios meses. La pesca de gran altura se realiza en la actualidad en buques frigoríficos de gran capacidad de almacenamiento, que procesan el pescado al momento de capturarlo.

Las artes de pesca, el conjunto de redes, cables y flotadores empleados para pescar, dependen del tipo de pesca que practica. Pueden ser fijas, de arrastre, de cerco, rodeo, etc. Entre las redes más corrientes se encuentran las redes de arrastre y las redes de deriva.



## LA EXPLOTACIÓN FORESTAL

Por explotación forestal se entiende el aprovechamiento económico de los bosques para obtener los diversos recursos que pueden ofrecernos, principalmente madera, leña, caucho, etc. El hombre explota los bosques desde el origen de los tiempos. De hecho, el manto boscoso de la Tierra se ha reducido en una tercera parte. Sin embargo, los bosques no siempre se talan para su aprovechamiento económico, sino que a veces se destruyen para ampliar los cultivos, para abrir nuevas vías de comunicación o debido al crecimiento de las ciudades.

Lograr que los bosques no sigan disminuyendo y que se conviertan en fuente de recursos renovables y duraderos es una de las grandes tareas que debe afrontar actualmente la humanidad para asegurar la futura salud del planeta. De la pervivencia de los grandes bosques tropicales depende, por ejemplo, que no aumente de forma descontrolada el anhídrido carbónico de la atmósfera, y por ello su importancia ecológica resulta fundamental.

Hay que preguntarse, por tanto, cómo el hombre puede seguir aprovechando los recursos forestales sin que esto comporte la destrucción de los bosques. Las respuestas son sencillas. Basta con llevar a cabo una explotación racional,

que asegure la regeneración de las especies, y también extender la práctica, muy empleada ya con el caucho, de crear plantaciones destinadas expresamente a la explotación comercial. De este modo no se destruyen los bosques existentes, sino que se hacen crecer nuevas especies para su aprovechamiento. El uso de papel reciclado es también una de las soluciones que se han adoptado en los últimos tiempos para limitar la tala de árboles.



*Embarque de madera en Puerto Nariño, Colombia.*

# ECONOMÍA: FUENTES DE ENERGÍA, INDUSTRIA Y SERVICIOS

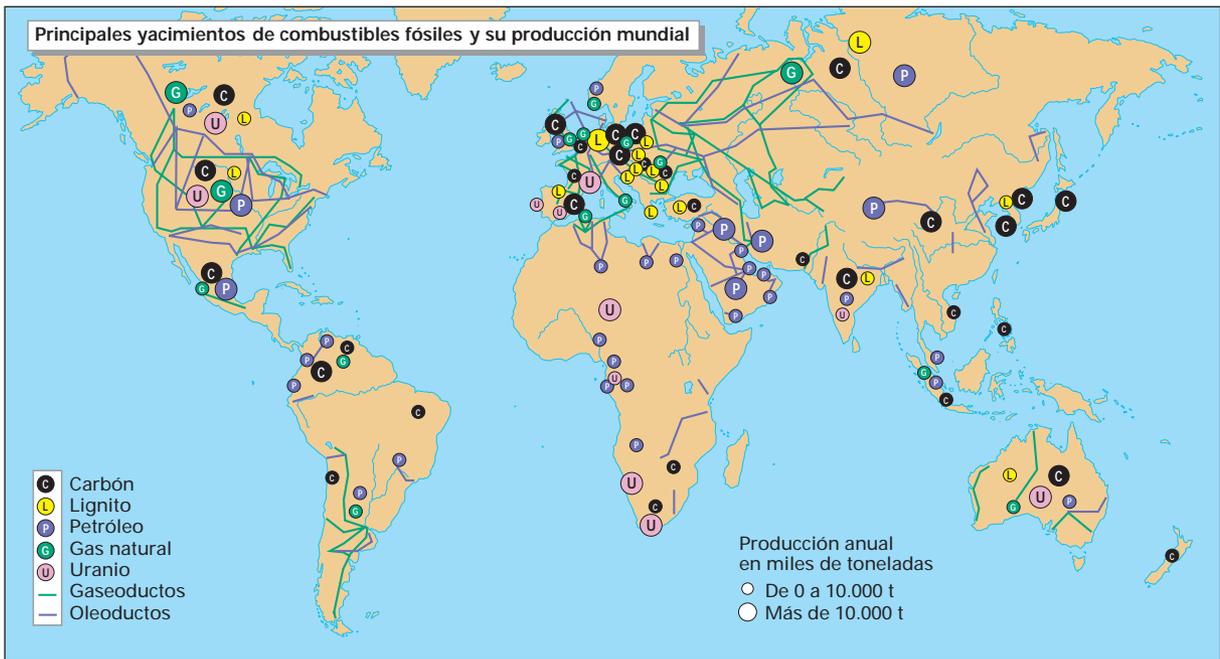
***Con el nombre de fuentes de energía se designa aquellos elementos que, mediante las transformaciones o las técnicas apropiadas, son capaces de producir la luz, el calor, la electricidad, el movimiento mecánico, etc., que el hombre moderno necesita para desarrollar sus actividades y para beneficiarse de los avances de la civilización. Son, pues, imprescindibles tanto para la vida doméstica como para la industria y los servicios. El ser humano ha utilizado diversas fuentes de energía desde el origen de los tiempos, pero la explotación masiva de los recursos energéticos no comenzó hasta mediados del siglo XVIII, a raíz de la Revolución Industrial.***

## LAS MATERIAS PRIMAS Y SU EXPLOTACIÓN

Las materias primas son aquellas sustancias utilizadas por la industria para su transformación en productos elaborados o semielaborados. Resultan, pues, imprescindibles para la producción de los

bienes que consumimos, y su origen puede ser mineral u orgánico.

Las materias primas minerales son elementos que forman parte de la corteza terrestre. Normalmente, se encuentran acumuladas en grandes depósitos o yacimientos que pueden estar situados al nivel del suelo o en el subsuelo, a profundidades varia-



bles. Para extraerlas es preciso que su explotación resulte rentable, es decir, que genere más ingresos que gastos. Según sus características, los yacimientos pueden ser: **a cielo abierto** o de **superficie**, cuando la extracción se realiza al aire libre, y de **profundidad**, cuando la extracción se realiza bajo tierra.

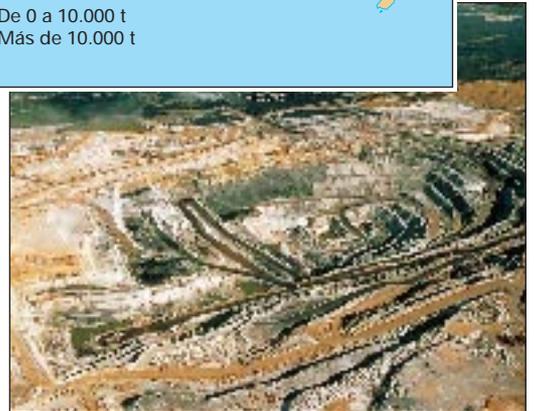
Los yacimientos que se encuentran en el subsuelo requieren la perforación de pozos y galerías, por lo que su explotación resulta más costosa, y son también más peligrosos para la vida de las personas que trabajan en ellos.

Los minerales extraídos de estas instalaciones mineras pueden ser **metálicos** o **no metálicos**. Son metálicos los más usados y abundantes, como el hierro, el aluminio, el cobre, el estaño, el níquel, el mercurio y el oro, y no metálicos, la pirita, la potasa, los fosfatos, los nitratos y el diamante, entre otros.

Estos recursos no están distribuidos de manera uniforme en la corteza terrestre, de modo que hay países que cuentan con grandes riquezas minerales, mientras que otros carecen de ellas. Hay, además, minerales muy abundantes, como el hierro, y otros muy escasos, como el mercurio. Una vez extraídos, y antes de poder ser usados en la industria, casi todos deben ser sometidos a un proceso de refinado o transformación.

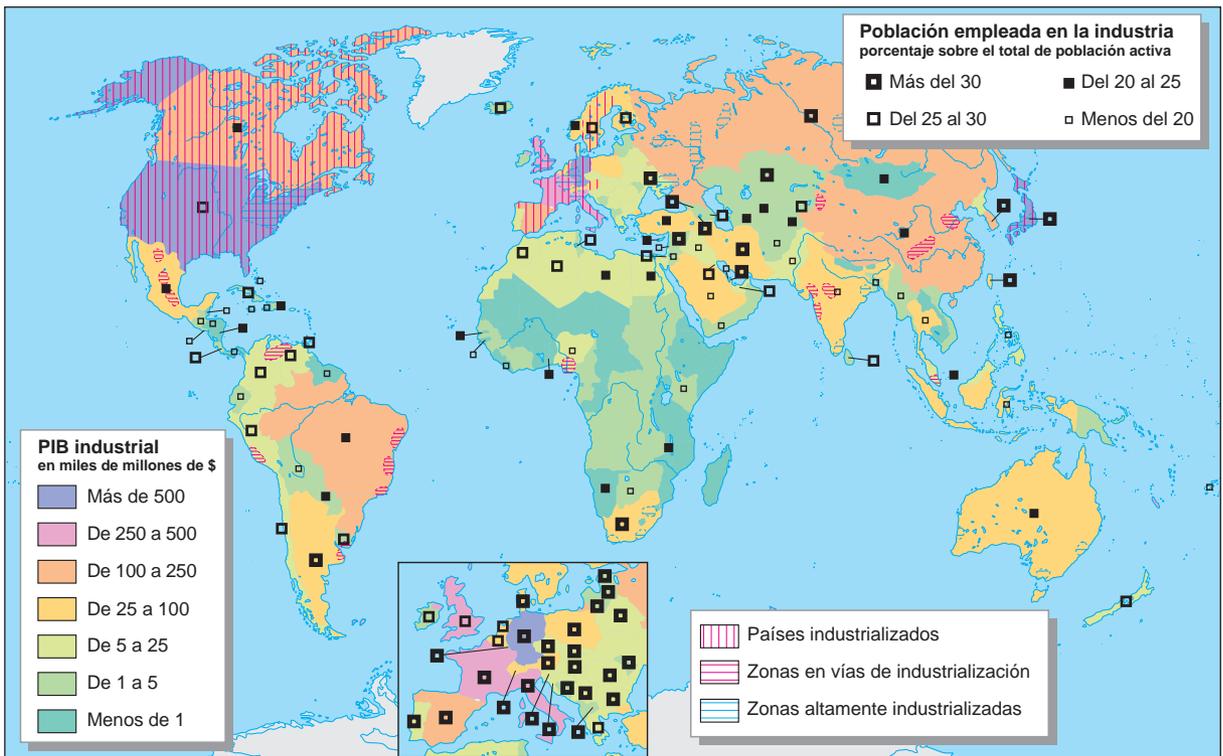
Los minerales no son sustancias renovables, sino que las reservas existentes en nuestro plane-

*Mina de carbón a cielo abierto, Australia.*



ta son limitadas. Esto ha dado lugar a que en nuestros días se conceda casi tanta importancia a su explotación como a su reciclaje, y a que se esté estudiando con toda seriedad su mejor aprovechamiento.

Las materias primas de origen orgánico proceden de las actividades propias del sector primario: agricultura, ganadería, pesca y explotación forestal. La agricultura proporciona materias primas para la industria alimentaria, es decir, destinadas a convertirse en alimentos, y también materias vegetales, como el algodón o el lino, que se utilizan en otras ramas industriales (textil, etc.). Algo parecido ocurre con la ganadería, de la que se obtienen carne, leche y huevos, pero también pieles, grasas, lana y cueros, que sirven de base a industrias diversas. La pesca, en cambio, se destina esencialmente a la fabricación de productos alimentarios, mientras que la explotación forestal abastece a industrias de otro tipo.



## EL SECTOR SECUNDARIO: LA INDUSTRIA

Con el nombre de industria se designa el conjunto de actividades económicas que transforman las materias primas y fuentes de energía en productos elaborados, mediante el uso de algún tipo de maquinaria.

De acuerdo con esta definición, la industria nació a fines del siglo XVIII en Gran Bretaña, cuando se inventó la máquina de vapor. Hasta entonces, la producción de bienes de consumo se realizaba básicamente con métodos artesanales.

En nuestros días, la actividad industrial precisa de suficientes recursos energéticos, además de las materias primas necesarias, y también importantes capitales y mano de obra adecuada.

El capital, es decir, los medios financieros necesarios para instalar una industria, con la maquinaria que hará posible la fabricación de los productos, puede proceder del Estado o de los particulares. En el primer caso se habla de **empresa pública** o estatal, y en el segundo, de **empresa privada**. En nuestros días, salvo en los países socialistas, donde todas las empresas son estatales, se da un gran predominio de la empresa privada, que puede estar financiada por una sola

persona, o una sola familia, y también por un grupo de individuos asociados. Esta última fórmula es la más corriente en las grandes empresas, por ejemplo, en las llamadas **sociedades anónimas**, donde el capital lo aportan numerosas personas o entidades, a través de participaciones denominadas **acciones**. Cada acción tiene un valor determinado, y los beneficios que pueda producir la empresa se reparten proporcionalmente al número de accionistas y al valor de las acciones de cada uno de ellos. Si la empresa quiebra, es decir, fracasa, cada accionista pierde el dinero invertido. La disponibilidad de capital para la industria depende esencialmente de las perspectivas de beneficio existentes.

Para la creación de una industria, tan necesario es el capital como la mano de obra. El primero aporta las instalaciones y la maquinaria necesarios para el proceso de fabricación; el segundo aporta la fuerza de trabajo que hace funcionar las máquinas y elabora los bienes o productos, con cuya venta se consiguen los beneficios. Desde los comienzos de la industrialización, las condiciones de vida de los trabajadores han mejorado mucho, gracias sobre todo a la reducción de la jornada laboral, las vacaciones anuales retribuidas, la cobertura sanitaria y los subsidios por enfermedad y ju-

bilación. En los últimos tiempos, la aparición de las nuevas tecnologías ha dado lugar a una creciente especialización de la mano de obra, en la que se distinguen directivos, mandos intermedios, técnicos y obreros.

### Tipos de organización industrial

Atendiendo a su tamaño, y especialmente al número de trabajadores empleados, en el conjunto de las empresas industriales se distingue la **pequeña empresa** (menos de 10 trabajadores), la **mediana empresa** (entre 10 y 50 trabajadores) y la **gran empresa** (más de 50 trabajadores). Existen, además, diversas formas de concentración industrial, que consisten en la agrupación de empresas distintas, a menudo bajo propiedad única y dirección centralizada, dedicadas a veces a actividades diversas. Las formas más importantes de concentración industrial son el **cártel**, el **trust**, el **holding** y la **multinacional**.

### Clasificación de las industrias

La clasificación básica que hace referencia a las industrias se hace teniendo en cuenta los productos fabricados. En ese sentido, se distingue entre industrias de base, industrias de bienes de equipo e industrias ligeras.

Las **industrias de base** son las que transforman las materias primas en productos semielaborados, cuya fase de fabricación final la efectúan otras industrias. La más importante es la **siderurgia**, que convierte el mineral de hierro en arrabio y acero. También son destacables la **metalurgia básica**, destinadas a la transformación de metales no férricos, y las **industrias químicas de base**, que utiliza materias primas como el carbón, el petróleo, la pirita y la sal, entre otras, para obtener productos como el benzol, el ácido sulfúrico, abonos, plásticos, etc., muchos de los cuales se emplean después para la fabricación de bienes de consumo. Las industrias de este grupo se denominan también **industrias pesadas**, y en muchos países son empresas de propiedad estatal, ya que requieren grandes inversiones y en algunos casos su rentabilidad es escasa.

Las **industrias de bienes de equipo** son las que fabrican bienes que después son utilizados por otras industrias para la fabricación de sus productos. Este grupo comprende esencialmente las empresas dedicadas a la construcción de maquinaria industrial, pero también se suele incluir en él las



*La fabricación de aviones es una industria de bienes de equipo; en cambio, los procesos de un laboratorio farmacéutico son una industria ligera.*

industrias productoras de grandes equipamientos, como la industria naval, las construcciones aeronáuticas, de material ferroviario, etc.

Finalmente, las **industrias ligeras** son las que producen aquellos bienes que pueden ser usados directamente por los consumidores. Este grupo es amplísimo, ya que incluye, por ejemplo, desde la industria automovilística hasta la producción de calzado. Dentro de él, el sector más importante es la **metalurgia de transformación**, que engloba tanto la fabricación de piezas acabadas destinadas a otras industrias como la fabricación de automóviles, electrodomésticos, etc. Otro sector fundamental es el de la **química ligera**, que incluye la industria farmacéutica y la de cosméticos, así como muchas otras empresas que se dedican a la fabricación de productos de limpieza, desinfectantes, plásticos, jabones y detergentes, fibras sintéticas, material fotográfico, etc. El sector **alimentario** engloba todas aquellas empresas dedicadas a la fabricación de productos alimenticios, y al sector **textil** corresponde todo lo referente a la producción de tejidos y prendas de vestir. Otros sectores importantes son las **artes gráficas**, que comprende la producción de libros, revistas y periódicos, el **mueble**, el **calzado**, el **cemento**, la **industria papelera** y la **industria electrónica**, que abarca la fabricación de computadoras, televiso-



res, aparatos de radio, calculadoras, relojes, instrumentos ópticos y de precisión, etc.

## EL SECTOR TERCIARIO: LOS SERVICIOS

Bajo esta denominación se incluyen todas aquellas empresas que producen bienes no materiales, es decir, servicios. Ofrecen también un producto que se valora en dinero, pero que no es un producto perdurable sino algo que cubre una necesidad social o una opción de consumo, por ejemplo, la posibilidad de pasar la noche en un hotel, asistir a un espectáculo, realizar un viaje, remitir un paquete, estudiar, ver un programa de televisión, tener una cuenta bancaria, etc.

Este sector tiene una importancia cada día mayor en las sociedades desarrolladas, donde un porcentaje creciente de la población activa trabaja en actividades de ese tipo.

Ante la imposibilidad de analizar una por una todas las facetas que incluye el sector terciario, consideraremos cuatro sectores fundamentales: el comercio, las finanzas, el turismo y los transportes y comunicaciones.

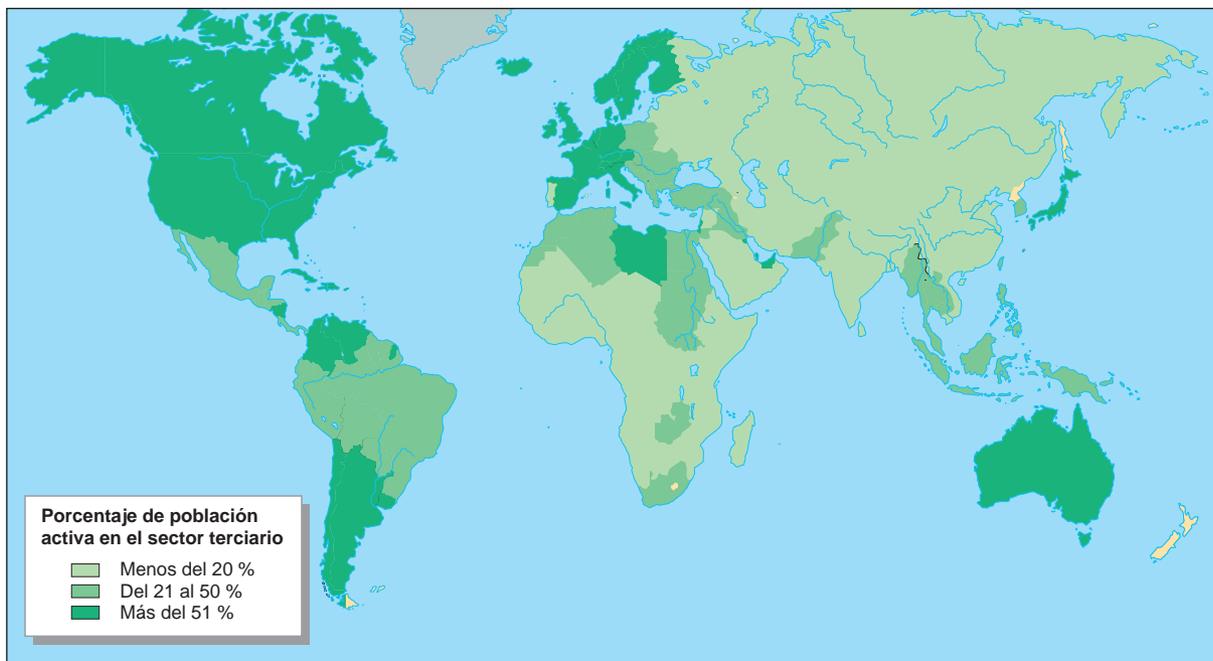
### El comercio

El comercio, que ha estado presente entre los hombres, aunque con formas muy diversas, desde



*El sector terciario, que incluye el comercio, tiene una importancia económica cada vez mayor.*

los comienzos de la historia, consiste sencillamente en el intercambio de bienes. Este intercambio puede llevarse a cabo entre dos o más empresas, o entre empresas y particulares. En este segundo caso suele intervenir la figura del comerciante o la empresa comercial, que adquiere los bienes al fabricante y los vende, sin modificarlos, al consumidor final. La función del comerciante, que no añade nada al producto, consiste en hacer llegar los bienes a su destino final, es decir, a manos del consumidor. Así, gracias a las empresas



comerciales, podemos adquirir una computadora fabricada en cualquier lugar del mundo.

Las características principales de la actividad comercial, en nuestros días, son que abarca todo tipo de productos, grandes y pequeños, caros y baratos, y que se lleva a cabo sin restricciones de distancias ni de fronteras. En los países desarrollados es cada día mayor el número de personas que se dedican a esa actividad.

De las diversas clasificaciones que pueden hacerse del comercio, hay que destacar la que distingue entre **comercio interior**, que es el que se desarrolla dentro de las fronteras de un país, y **comercio exterior**, que abarca el tráfico de mercancías entre distintos países.

### Las finanzas

Las actividades financieras constituyen en realidad una forma de comercio en la que, en lugar de intercambios de bienes de consumo, se efectúan intercambios de dinero y activos financieros. Sus máximos exponentes son la banca y la bolsa.

La palabra **banca** designa el conjunto de empresas o entidades que tienen como finalidad primordial financiar operaciones económicas, por medio de recursos propios o utilizando los depósitos que reciben de sus clientes. Estos recursos sirven, por ejemplo, para conceder préstamos a quienes los solicitan, o para efectuar inversiones. En ambos casos, teniendo en cuenta siempre que un banco debe mantener en todo momento recursos disponibles para que los clientes que lo deseen puedan retirar los fondos que tienen depositados en ellos. En nuestros días, los bancos, cuya función inicial era casi exclusivamente la de prestar dinero, realizan también directamente importantes inversiones en la industria y los servicios, convirtiéndose así en propietarios o copropietarios de empresas, con lo que su importancia es cada vez mayor en la economía mundial.

La **bolsa** es un mercado en el que las empresas, los particulares y el Estado intercambian activos financieros. Estos activos pueden ser: **acciones**, que son las pequeñas fracciones de capital en las que se dividen algunas empresas; **obligaciones**, que son aportaciones de capital a una empresa para un tiempo establecido y a cambio de un interés fijo; y **bonos**, que se diferencian de las obliga-



*El mercado de futuros de Londres, un mundo donde cada día se negocian millones de libras.*

ciones en que éstas se emiten a largo plazo (más de cinco años), mientras que los bonos se realizan a corto plazo (entre tres y cinco años).

Cualquier persona puede invertir en bolsa, directamente o a través de los bancos.

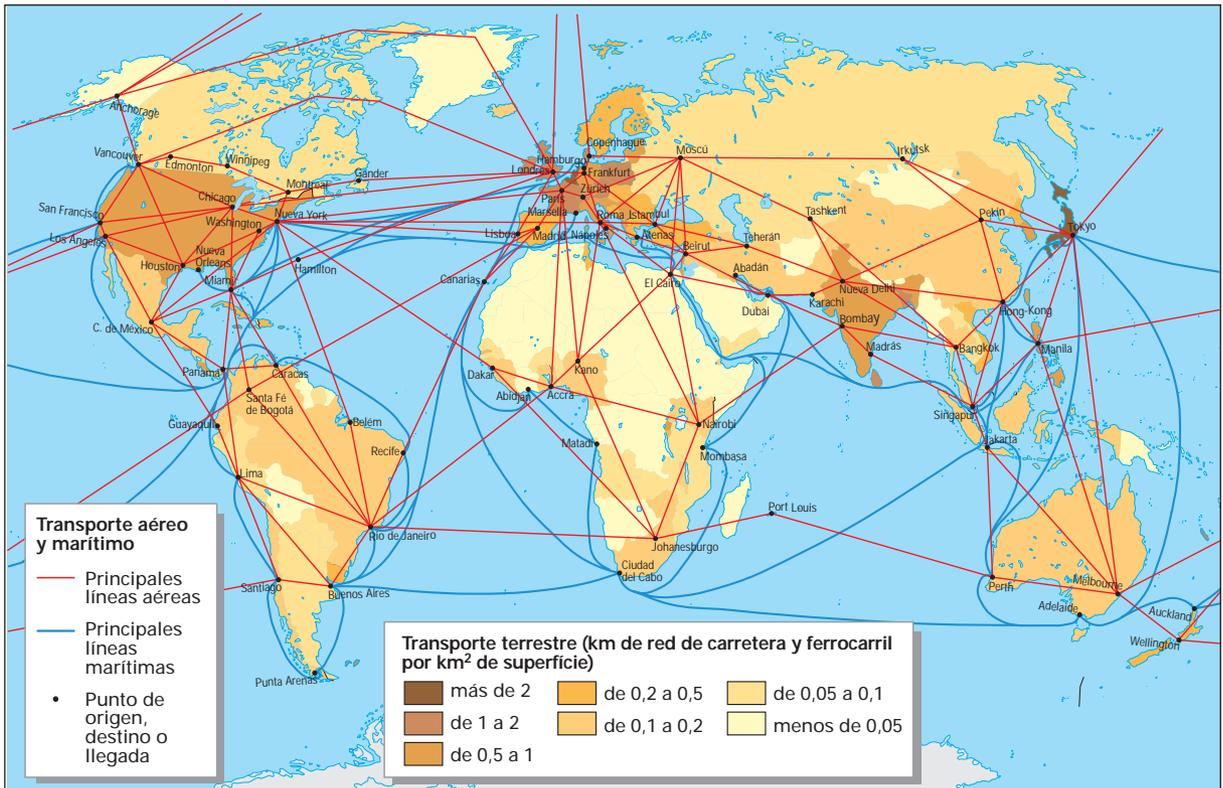
### El turismo

El turismo es una de las actividades del sector terciario que ha adquirido mayor importancia en nuestros días, como consecuencia de la mejora de los transportes, el aumento del nivel económico y cultural, la generalización de las vacaciones anuales, etc. Esta actividad abarca los llamados viajes de placer, que pueden llevarse a cabo por cuenta propia o contratándolos a través de las agencias de viaje.

El turismo revitaliza la economía de los lugares de destino, y es muy útil también por su contribución a los intercambios culturales, de costumbres, modos de vida, etc. En algunos lugares tiene carácter estacional, de manera que toda la actividad de



*El folklore y los ritos ancestrales son estímulos para el desarrollo turístico. Fiesta de Inti Raymi, en Sacsahuaman (Perú).*



un año se concentra en una época determinada, y prácticamente desaparece el resto del tiempo. Esto perjudica a los empleados del sector, que sufren el llamado **paro estacional**.

Según el destino y la finalidad con que se lleva a cabo, el turismo puede ser de playa, de montaña, cultural, deportivo, rural, ecológico o paisajístico y de balneario.

## Transportes y comunicaciones

Llamamos transporte al conjunto de actividades que sirven para el traslado de personas y mercancías, incluyendo además el intercambio de comunicaciones escritas. En la actualidad, los transportes constituyen una parte fundamental de la actividad económica, ya que hacen posible el traslado de las materias primas, los bienes de equipo y los bienes de consumo a los lugares donde son necesarios.

El transporte puede ser **terrestre**, cuando se realiza por carretera o ferrocarril, **marítimo** y **fluvial**, cuando se lleva a cabo a través de los mares y ríos, y **aéreo**, cuando tiene lugar mediante las aeronaves. El transporte de mercancías a corta distancia se realiza habitualmente por carretera, en camiones de gran o pequeño tonelaje y tam-

bién en furgonetas. El ferrocarril se utiliza sobre todo para grandes cargas y distancias superiores, y el transporte marítimo se usa principalmente para grandes toneladas y transportes internacionales. El transporte aéreo, muy generalizado en nuestros días, se usa básicamente para el traslado de pasajeros y también para mercancías perecederas y urgentes.

Los transportes requieren una serie de **infraestructuras**, que son las carreteras, las vías férreas, los puertos y los aeropuertos, cuya construcción y mantenimiento corresponde generalmente al Estado. Las **comunicaciones** comprenden el conjunto de medios e instalaciones que hacen posible el intercambio de información. A los medios tradicionales (correos, telégrafos, prensa escrita) se añadieron, a principios del siglo xx, otros más avanzados técnicamente, como el teléfono y la radiofonía, a los que más recientemente se sumarían los derivados de las aplicaciones de la electrónica, es decir, la televisión, las computadoras, el vídeo, el teletexto, etc. Sería difícil entender la actividad económica, la política e incluso el ocio, en el mundo actual, sin estos medios que ofrecen la posibilidad de conocer en muy poco tiempo lo que ocurre en cualquier parte del planeta.

# GLOSARIO

**anticiclón** Zona de altas presiones con débil gradiente barométrico y dotada de un movimiento circular centrífugo de las corrientes de aire.

**año luz** Unidad de longitud utilizada en astronomía. Equivale a la distancia que recorre la luz en un año (la velocidad de la luz es de 300.000 km/s).

**banquisa** Masa de hielo flotante que bordea las costas en las regiones polares.

**biosfera** Espacio poblado por los seres vivos. La biosfera incluye la capa superior de la corteza terrestre, las aguas continentales y oceánicas y la atmósfera.

**borrasca** Zona de inestabilidad atmosférica que va acompañada de vientos y precipitaciones, y normalmente también de bajas temperaturas.

**cártel** Acuerdo vinculante entre empresas, generalmente del mismo ramo, para fijar precios, reparto del mercado y cuotas de producción.

**cauce** Zona del lecho de un río que está siempre cubierta por las aguas.

**cráter** Depresión circular situada en la cumbre de una estructura volcánica.

**eclíptica** Trayectoria anual aparente del Sol sobre la esfera celeste.

**escarcha** Estado de sobrecondensación de las gotas de agua que forman la niebla. Se produce cuando entran en contacto con un cuerpo sólido cuya temperatura sea inferior a 0 °C

**esclerófilo** De hojas pequeñas y coriáceas, adaptadas a los climas secos.

**estepa** Tipo de vegetación herbácea o arbustiva, característica de regiones áridas, que forma un tapiz vegetal discontinuo.

**frente** Zona que limita o separa dos masas de aire de distinta humedad y temperatura.

**frente cálido** El frente que se desplaza de un área cálida a otra fría.

**frente frío** El frente que se desplaza de una zona fría a una zona cálida.

**garriga** Formación de matorral típica de las regiones mediterráneas. La vegetación suele estar formada por plantas aromáticas, como el romero, el tomillo y el espliego.

**gradiente de presión** Diferencia de presión entre dos puntos señalada por la distancia de las isobaras. Se denomina también gradiente barométrico.

**higrómetro** Aparato para medir el grado de humedad de un gas o vapor. Se utiliza especialmente para medir la humedad atmosférica. Existen higrómetros de diversos tipos, que sirven para medir la humedad absoluta y la humedad relativa.

**holding** Sociedad poseedora de acciones de otras empresas en número suficiente como para controlar la actuación de éstas en el mercado.

**Jet-stream** Corriente de aire situada en la troposfera, a unos 12 km de altura, que alcanza velocidades de 350 a 450 km/h. Forma una franja muy estrecha y tiene una gran importancia en la circulación general atmosférica. Se denomina también «corriente de chorro».

**lecho** Superficie que cubre el agua de un río o de un lago, tanto permanentemente como en las épocas de mayores crecidas.

**litosfera** Capa de la Tierra situada inmediatamente después de la superficie, y que se extiende hasta la astenosfera.

**magma** Masa rocosa que se encuentra en el interior de la Tierra en estado de fusión y a elevadas temperaturas. La consolidación o cristalización de los magmas da lugar a las rocas magmáticas o ígneas.

**maquia** Formación vegetal de matorrales, espesa y a veces intransitable, formada principalmente por jaras, brezos, retamas, madroños y espliegos. Es típica de las regiones mediterráneas.

**matorral** Formación vegetal constituida por matas y arbustos de hasta 1 m de altura.



**morrena** Material detrítico que transporta un glaciar, o depósito de este material que queda después de la fusión de los hielos.

**multinacional** Empresa que desarrolla su actividad en más de un país, adaptándose a la legislación vigente en cada uno de ellos.

**órbita** Trayectoria de un cuerpo celeste en el espacio, que se produce bajo la influencia de otros astros.

**placa litosférica** Cada una de las grandes plataformas rígidas en que se divide la litosfera terrestre.

**plano de la eclíptica** Plano de la órbita terrestre alrededor del Sol.

**pluviómetro** Aparato que sirve para medir las precipitaciones por unidad de superficie (generalmente  $1 \text{ m}^2$ ) y en un tiempo dado. El agua caída se recoge en un depósito y se introduce después en una probeta que permite determinar la altura en milímetros de la capa de agua que se habría formado de no haber evaporación.

**rocío** Condensación de la humedad atmosférica sobre la superficie de la Tierra en forma de gotas minúsculas.

**sismógrafo** Aparato que señala y registra, mediante un sismograma, la dirección y amplitud de las oscilaciones y sacudidas de la Tierra durante un movimiento sísmico. Casi todos los sismógrafos están conectados a ordenadores.

**sismograma** Registro gráfico de los movimientos de la corteza terrestre.

**sismología** Parte de la geofísica que estudia los movimientos sísmicos, es decir, los terremotos y temblores que afectan a la corteza terrestre.

**sotobosque** Vegetación formada por matas y arbustos que crece bajo los árboles de un bosque.

**trust** Agrupación de empresas de un mismo sector con el fin de lograr el control del mercado.

**xenofobia** Odio, repugnancia u hostilidad hacia los extranjeros.