The background of the entire page is a close-up photograph of numerous water droplets of various sizes on a dark, reflective surface. The droplets are arranged in several curved, parallel lines that sweep across the frame from the top-left towards the bottom-right. The lighting creates bright highlights on the upper-left side of each droplet, giving them a three-dimensional appearance. The overall color palette is dark, ranging from deep blues to blacks, with the white highlights of the droplets providing contrast.

UNIDAD DIDÁCTICA

# Meteorología y Climatología

Semana de la Ciencia y la Tecnología 2004

FUNDACIÓN ESPAÑOLA PARA LA CIENCIA Y LA TECNOLOGÍA

UNIDAD DIDÁCTICA

# Meteorología y Climatología

Semana de la Ciencia y la Tecnología 2004



**Edita:** FECYT (Fundación Española para la Ciencia y la Tecnología)  
**Diseño y maquetación:** Global Diseña  
**Impresión:** Villena Artes Gráficas  
**Déposito legal:** M-XXXXX-2004  
**ISBN:** 84-688-8535-5

# Índice

<b>METEOROLOGÍA Y CLIMATOLOGÍA</b>	<b>3</b>
Rosa María Rodríguez Jiménez Águeda Benito Capa Adelaida Portela Lozano	
1. ¿QUÉ ES LA METEOROLOGÍA?	6
2. BREVE DESCRIPCIÓN DE LA ATMÓSFERA	8
3. LAS VARIABLES METEOROLÓGICAS	12
4. LA OBSERVACIÓN DEL TIEMPO	40
5. LOS MAPAS METEOROLÓGICOS	54
6. LA PREDICCIÓN DEL TIEMPO	56
7. EL CLIMA DE NUESTRO PLANETA	60
8. LOS CLIMAS DE LA PENÍNSULA IBÉRICA	74
9. EL CAMBIO CLIMÁTICO RECIENTE	80
10. WEBS INTERESANTES	88
<b>OBSERVACIÓN E IDENTIFICACIÓN DE NUBES</b>	<b>91</b>
Francisco Martín León José Antonio Quirantes	
OBJETIVO DE LA UNIDAD	94
1. INTRODUCCIÓN	96
2. CLASIFICACIÓN BÁSICA DE LAS NUBES	108
3. DESCRIPCIÓN DE LOS GÉNEROS DE NUBES: NUBES ESPECIALES	114
4. AHORA TE TOCA A TI IDENTIFICARLAS	132
ANEXO I: CÓMO DOCUMENTAR LA FOTOGRAFÍA DE UNA NUBE	134
ANEXO II: TABLA DE CLASIFICACIÓN INTERNACIONAL DE LAS NUBES DE LA OMM	138
SOLUCIONES AL TEST DE FOTOGRAFÍAS DE NUBES:	140
Agradecimientos	141
Bibliografía	142
<b>¿QUÉ TENGO YO QUE VER CON EL TIEMPO?</b>	<b>ANEXO</b>
Florenci Rey Benadero	

## AGRADECIMIENTOS

Al Instituto Nacional de Meteorología (INM), Agencia Espacial Europea (ESA), Organización Meteorológica Mundial (OMM), Centro Europeo de Predicción a Medio Plazo (ECMWF), Centro Hadley Oficina Meteorológica, Universidad de Salamanca, National Oceanic and Atmospheric Administration (NOAA), José Antonio Quirantes y Gero Steffen, por su colaboración en la cesión de imágenes para la elaboración de esta Unidad Didáctica.



# METEOROLOGÍA Y CLIMATOLOGÍA

Rosa María Rodríguez Jiménez  
Águeda Benito Capa  
Adelaida Portela Lozano

## AGRADECIMIENTOS

Queremos agradecer al comité de expertos todas sus sugerencias y comentarios, que han contribuido, sin duda, a mejorar el resultado final de esta unidad didáctica que esperamos sirva de ayuda y disfrute para todo aquél que la utilice.

En especial nos gustaría agradecer la labor de revisión realizada por:

**Carlos Almarza**  
**Carlos García-Legaz**  
**Enric LLebot**  
**Francisco Martín León**

<b>1. ¿QUÉ ES LA METEOROLOGÍA?</b>	<b>6</b>
<b>2. BREVE DESCRIPCIÓN DE LA ATMÓSFERA</b>	<b>8</b>
<b>3. LAS VARIABLES METEOROLÓGICAS</b>	<b>12</b>
3.1. La Temperatura	12
3.2. La Presión Atmosférica	17
3.3. El Viento	20
3.4. La Radiación Solar	24
3.5. La Humedad	29
3.6. La Precipitación	33
<b>4. LA OBSERVACIÓN DEL TIEMPO</b>	<b>40</b>
4.1. Los observatorios meteorológicos	40
4.2. Los satélites meteorológicos	44
4.3. El diario del tiempo	46
<b>5. LOS MAPAS METEOROLÓGICOS</b>	<b>54</b>
<b>6. LA PREDICCIÓN DEL TIEMPO</b>	<b>56</b>
<b>7. EL CLIMA DE NUESTRO PLANETA</b>	<b>60</b>
7.1. El Clima	60
7.2. La elaboración de climogramas	61
7.3. Los controladores del clima	64
7.4. La evolución del clima de la Tierra	70
<b>8. LOS CLIMAS DE LA PENÍNSULA IBÉRICA</b>	<b>74</b>
8.1. Factores climáticos de la Península Ibérica	74
8.2. Clasificación climática de Font	75
<b>9. EL CAMBIO CLIMÁTICO RECIENTE</b>	<b>80</b>
9.1. Calentamiento global y efecto invernadero	80
9.2. Posibles efectos futuros del Cambio Climático	82
9.3. ¿Qué puedo hacer yo?	84
<b>10. WEBS INTERESANTES</b>	<b>88</b>

## 1. ¿QUÉ ES LA METEOROLOGÍA?

La Meteorología es la ciencia encargada del estudio de la atmósfera, de sus propiedades y de los fenómenos que en ella tienen lugar, los llamados meteoros. El estudio de la atmósfera se basa en el conocimiento de una serie de magnitudes, o variables meteorológicas, como la temperatura, la presión atmosférica o la humedad, las cuales varían tanto en el espacio como en el tiempo.



- La palabra *meteoro* es de origen griego, busca su significado original.
- Busca dos dioses griegos y dos romanos relacionados con los fenómenos meteorológicos.

Cuando describimos las condiciones atmosféricas en un momento y lugar concretos, estamos hablando del tiempo atmosférico. Todos sabemos que el tiempo atmosférico es uno de los principales condicionantes de las actividades que realizamos, especialmente de aquellas que se realizan al aire libre, como la agricultura. A diario aparece información meteorológica en los medios de comunicación y, aunque a veces ésta es motivo de las conversaciones más triviales, sabemos que la comprensión del tiempo implica conocer un buen número de conceptos científicos, no todos ellos sencillos. Desde tiempos inmemoriales, los hombres han admirado los fenómenos atmosféricos y han intentado explicar sus causas. Mientras no hubo instrumentos, ni grandes conocimientos científicos, la magia y la religión sirvieron de explicación a la mayor parte de los fenómenos meteorológicos. Pero hoy día, la Meteorología es una ciencia tremendamente avanzada, basada en nuestro conocimiento de la Física y en el uso de las más modernas tecnologías. Los meteorólogos son capaces, incluso, de predecir el tiempo hasta con una semana de antelación sin apenas fallar.



## 2. BREVE DESCRIPCIÓN DE LA ATMÓSFERA

La atmósfera es la capa gaseosa que envuelve la Tierra, y que se adhiere a ella gracias a la acción de la gravedad. Es difícil determinar exactamente su espesor, puesto que los gases que la componen se van haciendo menos densos con la altura, hasta prácticamente desaparecer a unos pocos cientos de kilómetros de la superficie. La atmósfera está formada por una mezcla de gases, la mayor parte de los cuales se concentra en la denominada homósfera, que se extiende desde el suelo hasta los 80-100 kilómetros de altura. De hecho esta capa contiene el 99,9% de la masa total de la atmósfera.

Entre los gases que componen la atmósfera, hay que destacar el Nitrógeno ( $N_2$ ), el Oxígeno ( $O_2$ ), el Argón (Ar), el Dióxido de Carbono ( $CO_2$ ) y el vapor de agua. La siguiente tabla recoge el porcentaje de volumen de aire que cada uno de ellos representa. Es importante recordar que la concentración de estos gases varía con la altura, siendo especialmente acusadas las variaciones del vapor de agua, que se concentra sobre todo en las capas próximas a la superficie.

Componentes	Volumen (%)
Nitrógeno	78.08
Oxígeno	20.95
Argón	0.93
Dióxido de carbono	0.03
Vapor de Agua	1.00

Tabla 2.1. Composición de la atmósfera.



¿Se te ocurre algún experimento sencillo para demostrar que el aire contiene vapor de agua?

La presencia de los gases que componen el aire es esencial para el desarrollo de la vida sobre la Tierra. Por un lado, el  $O_2$  y el  $CO_2$  permiten la realización de las funciones vitales de animales y plantas, y por otro, la presencia del vapor de agua y del  $CO_2$ , permiten que las temperaturas sobre la Tierra sean las adecuadas para la existencia de la vida. El vapor de agua y el  $CO_2$ , junto con otros gases menos abundantes como el metano o el ozono, son los llamados gases de **efecto invernadero**. La radiación solar puede atravesar sin dificultad estos gases, pero la radiación emitida por la Tierra (tras calentarse con la energía solar) es absorbida en parte por ellos, sin poder escapar al espacio en su totalidad. ¡Menos mal que existe el efecto inver-

nadero! ¡Si no, la temperatura sobre la superficie terrestre estaría por debajo de los  $-15^{\circ}\text{C}$ !

En la atmósfera, además de la densidad y la composición del aire, también la temperatura varía con la altura. De hecho, a partir de esta variación térmica la atmósfera puede dividirse en capas. Concretamente:

**Troposfera:** Es la capa más baja, en la que se desarrolla la vida y la mayoría de los fenómenos meteorológicos. Se extiende hasta una altura aproximada de 10 km en los polos y 18 km en el ecuador. En la troposfera la temperatura disminuye paulatinamente con la altura hasta alcanzar los  $-70^{\circ}\text{C}$ . Su límite superior es la tropopausa.

**Estratosfera:** En esta capa, la temperatura se incrementa hasta alcanzar aproximadamente los  $-10^{\circ}\text{C}$  a unos 50 km de altitud. Es en esta capa donde se localiza la máxima concentración de ozono, “capa de ozono”, gas que al absorber parte de la radiación ultravioleta e infrarroja del Sol posibilita la existencia de condiciones adecuadas para la vida en la superficie de la Tierra. El tope de esta capa se denomina estratopausa.

**Mesosfera:** En ella, la temperatura vuelve a disminuir con la altura hasta los  $-140^{\circ}\text{C}$ . Llega a una altitud de 80 km, al final de los cuales se encuentra la mesopausa.

**Termosfera:** Es la última capa, que se extiende hasta varios cientos de kilómetros de altitud, presentando temperaturas crecientes hasta los  $1000^{\circ}\text{C}$ . Aquí los gases presentan una densidad muy baja y se encuentran ionizados.

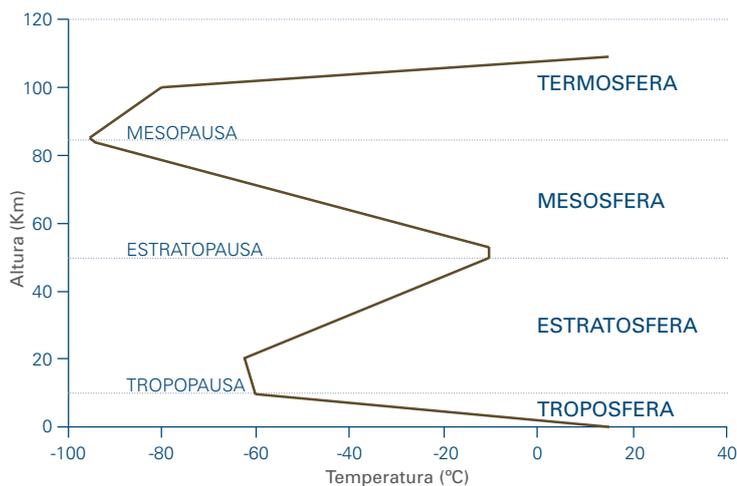
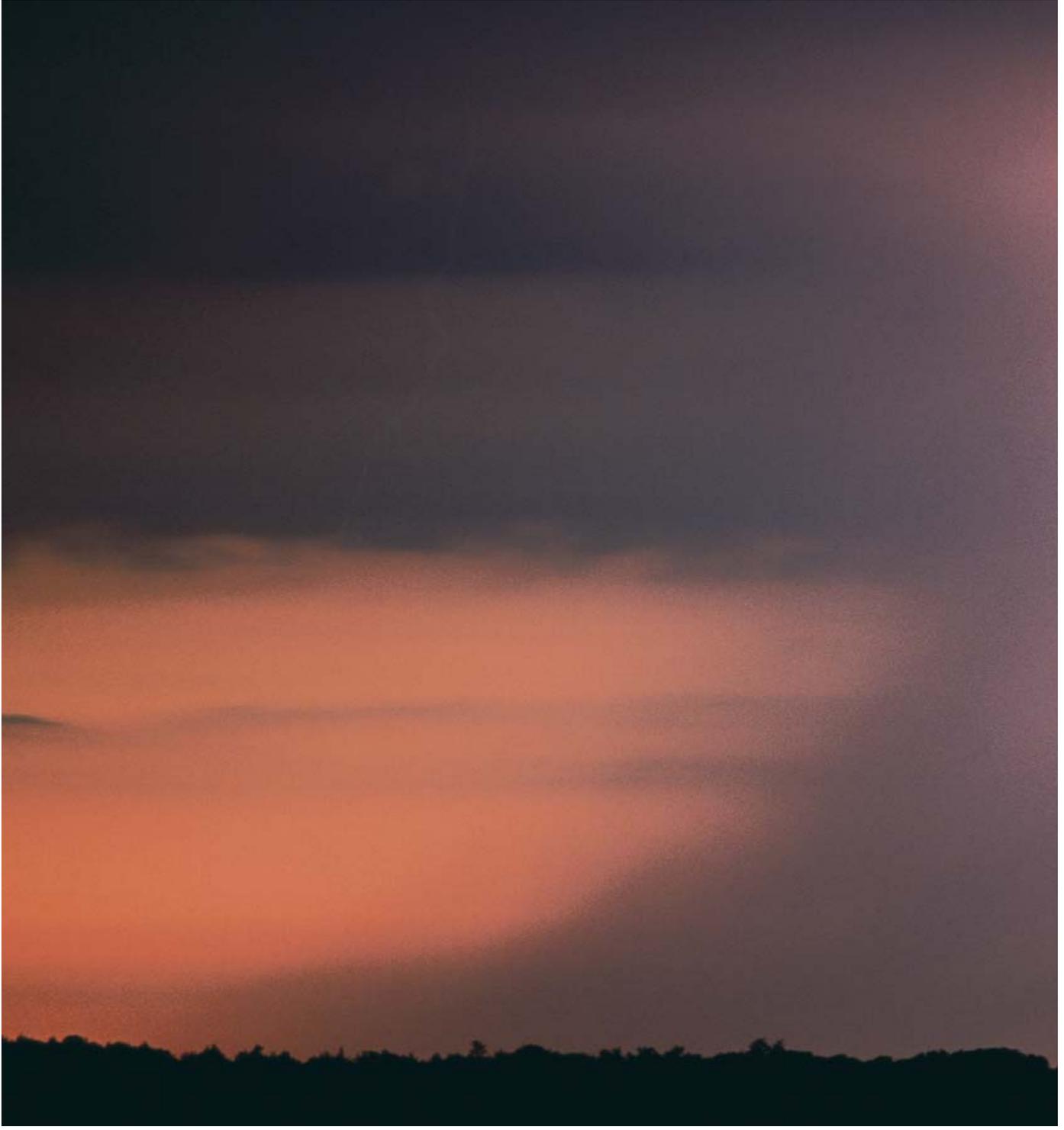


Figura 2.1. Perfil térmico de la atmósfera.





## 3. LAS VARIABLES METEOROLÓGICAS

### 3.1. LA TEMPERATURA

Es de todos conocido que la temperatura es una de las magnitudes más utilizadas para describir el estado de la atmósfera. De hecho, la información meteorológica que aparece en los medios de comunicación casi siempre incluye un apartado dedicado a las temperaturas: sabemos que la temperatura del aire varía entre el día y la noche, entre una estación y otra, y también entre una ubicación geográfica y otra. En invierno no puede llegar a estar bajo los 0° C y en verano superar los 40° C.

Formalmente, la temperatura es una magnitud relacionada con la rapidez del movimiento de las partículas que constituyen la materia. Cuanta mayor agitación presenten éstas, mayor será la temperatura.

Para medir la temperatura, tenemos que basarnos en propiedades de la materia que se ven alteradas cuando ésta cambia: la resistencia eléctrica de algunos materiales, el volumen de un cuerpo, el color de un objeto, etc. El instrumento que se utiliza para medir la temperatura se llama **termómetro** y fue inventado por Galileo en 1593. Hay muchos tipos distintos de termómetros. El modelo más sencillo consiste en un tubo graduado de vidrio con un líquido en su interior que puede ser, por ejemplo, alcohol o mercurio. Como estos líquidos se expanden más que el vidrio, cuando aumenta la temperatura, asciende por el tubo y cuando disminuye la temperatura se contrae y desciende por el tubo.



A menudo el hombre del tiempo habla de temperaturas máximas y mínimas. Lee las siguientes frases y expresa su significado:

- *Madrid y Ceuta han tenido durante estos días temperaturas mínimas próximas a los 24 grados.*
- *A partir de mañana descenderán las temperaturas máximas.*

Efectivamente, en Meteorología es muy habitual hablar de temperaturas máximas y mínimas, los valores más altos y más bajos registrados en un periodo de tiempo, por ejemplo, un día. Para medir estas temperaturas extremas se utilizan los denominados termómetros de máxima y mínima:

- El termómetro de máxima consta de un termómetro ordinario, cuyo tubo tiene interiormente cerca del depósito una estrangulación: cuando la temperatura sube, la dilatación del mercurio del depósito empuja con suficiente fuerza para vencer la resistencia opuesta por la estrangulación. En cambio, cuando la tempe-

ratura baja y la masa de mercurio se contrae, la columna se rompe, quedando, por consiguiente, su extremo libre en la posición más avanzada que haya ocupado durante todo el intervalo.

- El termómetro de mínima es de alcohol y lleva en su interior un índice de esmalte sumergido en el líquido. Cuando la temperatura sube, el alcohol pasa entre las paredes del tubo y el índice, y éste no se mueve; en cambio cuando la temperatura disminuye, el alcohol arrastra en su movimiento de retroceso dicho índice porque éste encuentra una resistencia muy grande a salir del líquido. La posición del índice, indica, por tanto, la temperatura más baja alcanzada.



Figura 3.1. Distintos termómetros de máxima y mínima.

Como toda magnitud física, la temperatura tiene asociadas unas unidades de medida, diferentes en función de la escala que elijamos:

**Escala Celsius ( $^{\circ}\text{C}$ ):** Fue propuesta en 1742 por el astrónomo Anders Celsius. Consiste en una división regular en 100 intervalos, donde el 0 corresponde al punto de congelación del agua y el 100 al punto de ebullición del mismo. Se expresa en grados centígrados y es la que utilizamos habitualmente.

**Escala Fahrenheit ( $^{\circ}\text{F}$ ):** Fue introducida en 1714 por Gabriel D. Fahrenheit y se utiliza habitualmente en Estados Unidos. El termómetro se gradúa entre  $32^{\circ}\text{F}$  (correspondiente a los  $0^{\circ}\text{C}$ ) y  $212^{\circ}\text{F}$  (correspondientes a los  $100^{\circ}\text{C}$ ).

Escala Kelvin (K): Fue introducida por Lord Kelvin en 1848 y es la escala más usada por los científicos. Es una escala que no tiene valores negativos de la temperatura y su cero se sitúa en el estado en el que las partículas que forman un material no se mueven. El punto de ebullición del agua corresponde a 373 K y el de congelación a 273 K. Por tanto, una variación de 1 grado en la escala Kelvin es igual que una variación de 1 grado en la escala Celsius.

Para cambiar de una escala a otra, debemos utilizar las siguientes ecuaciones de conversión:

$$^{\circ}\text{F} = \frac{9}{5} ^{\circ}\text{C} + 32 \quad \text{K} = ^{\circ}\text{C} + 273$$



¿A cuántos grados Kelvin equivalen 30°C? ¿Y a cuántos grados Fahrenheit?

Otra cuestión importante a la hora de medir la temperatura del aire ambiente en superficie es saber dónde colocar el termómetro para medir correctamente dicho valor. Si lo colocamos cerca de una pared, medirá la temperatura de ésta; si está expuesto al viento marcará un valor y si está protegido marcará otro; si está bajo la acción directa del sol, absorberá la radiación solar y se calentará sin que intervenga apenas el aire, indicando una temperatura superior a la de éste. Para que todos los meteorólogos del mundo puedan comparar sus medidas entre sí, la Organización Meteorológica Mundial ([www.wmo.ch](http://www.wmo.ch)) da las pautas sobre cómo se deben colocar los termómetros: deben estar ventilados, protegidos de la precipitación y de la radiación solar directa, y a una determinada altura del suelo (para que la energía que durante el día absorbe la tierra no modifique las medidas).



¿Si quisieses medir la temperatura que tiene el aire a una hora concreta de un día soleado en tu localidad, en dónde de estos tres sitios sería mejor colocar el termómetro?

- En una rama de un árbol, bajo la sombra de la misma;
- Sobre la fachada sur de un edificio;
- En el tejado de una casa.

Ya hemos comentado que el aire no se encuentra siempre a la misma temperatura. Por ejemplo, en Al Aziziyah, en Libia se han llegado a alcanzar valores de temperatura tan altos como los 58°C, mientras que en Vostok (estación investigadora

rusa en la Antártida) las temperaturas han llegado a disminuir hasta los  $-89^{\circ}\text{C}$ . En el caso de España, las temperaturas más extremas registradas han sido:  $51^{\circ}\text{C}$  en Sevilla y  $-32^{\circ}\text{C}$  en Lérída.

El hecho de que el aire se caliente o se enfríe está relacionado con que éste reciba calor o lo deje escapar. Piensa en un vaso de refresco en el que echas unos cubitos de hielo. ¿Qué es lo que ocurre? Los átomos del refresco se mueven más rápido que los de los cubitos de hielo y, por ello, tienen mayor temperatura. Al ponerse en contacto el refresco con el hielo, parte de la energía de aquél pasa a éste hasta que las temperaturas se igualan. Esa energía que pasa de un cuerpo a otro se denomina *calor*. De igual modo, la superficie terrestre calienta el aire durante el día, y lo enfría durante la noche. Si es un día despejado y el suelo se ha calentado mucho, la temperatura del aire será elevada. Si por el contrario está nublado y el suelo apenas ha recibido radiación solar, el aire no alcanzará temperaturas demasiado altas. Por supuesto, además de éste, existen otros factores que influyen en la determinación de la temperatura del aire, como la existencia de viento que renueve constantemente el aire de un lugar, o la presencia de humedad.

¿Por qué en invierno sentimos frío?

En invierno nuestro cuerpo está a mayor temperatura que el aire que nos rodea, por lo que perdemos calor hacia él y nos enfriamos.

¿Qué función tiene un abrigo?

El abrigo impide, en parte, la pérdida de calor hacia el exterior.

¿Por qué los tuaregs del desierto se protegen en verano con varias capas de ropa?

Las diversas capas de ropa que utilizan los tuaregs crean cámaras de aire, que aíslan el cuerpo, impidiendo que su temperatura corporal aumente excesivamente por absorción de calor.

¿Qué es la “piel de gallina”?

Cuando nos encontramos en un lugar donde la temperatura es muy baja, un modo automático de mantener la temperatura corporal, evitando la pérdida de calor hacia el exterior, es cerrando los poros de la piel. Esto es lo que da ese aspecto tan conocido de “piel de gallina”.

El temblor es otro mecanismo de protección, en este caso, para aumentar la energía del cuerpo y así elevar su temperatura.

¿Qué función tiene el sudor?

Cuando la temperatura exterior es superior a la del cuerpo, éste se autorregula abriendo los poros de la piel para liberar agua. El agua se evaporará gracias al calor corporal, cuya temperatura descenderá, proporcionándonos una cierta sensación de frescor.

Una cuestión que todavía no hemos abordado, es saber si el aire necesita mucha o poca energía para que su temperatura varíe. Hay una magnitud, que se denomina *calor específico*, que relaciona la energía intercambiada entre un cuerpo y el medio que lo rodea y la variación de la temperatura del cuerpo. La siguiente experiencia de laboratorio puede ayudarnos a entender esta cuestión:



Calienta durante el mismo tiempo 100 gramos de dos sustancias distintas que inicialmente se encuentren a la misma temperatura, por ejemplo, agua pura (1) y aceite (2). Rellena la siguiente tabla con las temperaturas finales de cada sustancia:

$T_1$ (°C)	$T_2$ (°C)

Sigue calentando aquella sustancia que lo necesite hasta alcanzar ambas la misma temperatura. ¿Cuánto tiempo has tardado en hacer que las dos sustancias adquieran esta temperatura final? Rellena los datos en la siguiente tabla.

$t_1$ (s)	$t_2$ (s)

Como vemos, no todos los cuerpos necesitan que se les suministre la misma cantidad de calor para que su temperatura aumente un cierto valor, lo cual es debido a que su calor específico es distinto. En el caso del agua, necesita aproximadamente 4200 julios de calor para que una masa de 1 kg aumente su temperatura 1 °C. En el caso del aceite, necesita aproximadamente la mitad de calor, unos 2100 julios, para conseguir el mismo aumento de temperatura de la misma masa.

$C_1$ (J/kg °C)	$C_2$ (J/kg °C)
4200	2100

Para un suministro de calor  $Q$ , ¿qué sustancia variará más su temperatura, una con calor específico muy alto, u otra con calor específico muy bajo? Suponiendo que en nuestro experimento hubiésemos usado también 100 gramos de aire, y sabiendo que su calor específico es de aproximadamente 1000 J/kg °C, ¿se habría calentado éste antes o después que las otras sustancias del experimento?

Pero, todos sabemos que el aire es mucho menos denso que cualquiera de las otras tres sustancias, y que habríamos necesitado un recipiente muy grande para contener los 100 gramos de aire ambiente. ¿Qué volumen exactamente habrían ocupado estos 100 gramos de aire si su densidad es de 0,0011 gr/cm<sup>3</sup>?

Luego, ¿podemos entonces decir que el aire se calienta con facilidad?



¿Crees que esto tiene algo que ver con el hecho de que las temperaturas sean más suaves en las zonas de mar que en el interior? ¿A qué se deberá?

## 3.2. LA PRESIÓN ATMOSFÉRICA

¿El aire pesa? Para responder, coge dos globos, hincha sólo uno de ellos y colócalos en sendos extremos de una percha. ¿Qué le ocurre a ésta? ¿Hacia dónde se inclina?



El aire que nos rodea, aunque no lo notemos, pesa y, por tanto, ejerce una fuerza sobre todos los cuerpos debida a la acción de la gravedad. Esta fuerza por unidad de superficie es la denominada *presión atmosférica*, cuya unidad de medida en el Sistema Internacional es el Pascal (1 Pascal =  $1\text{N/m}^2$ ).

La presión atmosférica depende de muchas variables, sobre todo de la altitud. Cuanto más arriba en la atmósfera nos encontremos, la cantidad de aire por encima nuestro será menor, lo que hará que también sea menor la presión que éste ejerza sobre un cuerpo ubicado allí. El siguiente gráfico muestra los valores promedio de la presión atmosférica en función de la altitud. En él puede apreciarse cómo la presión atmosférica desciende con la altura, mostrando un decrecimiento aproximadamente exponencial.

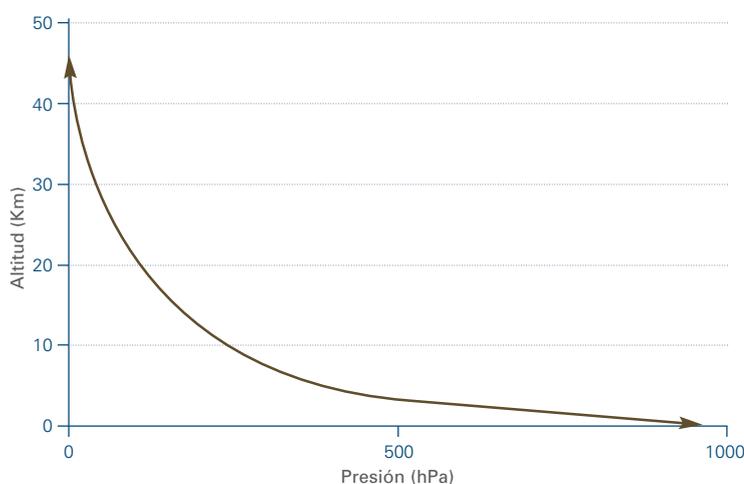


Figura 3.2. Perfil vertical de la presión atmosférica.

Pero la presión atmosférica, además de la altitud, depende de muchas otras variables. La situación geográfica, la temperatura, la humedad y las condiciones meteorológicas son sus principales condicionantes. Precisamente la relación que existe entre la presión atmosférica y el tiempo en un lugar hace de ésta una variable fundamental

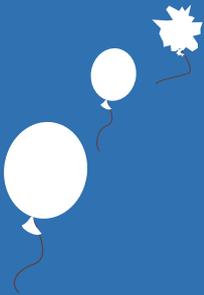
Los efectos de la presión atmosférica son conocidos desde tiempos muy antiguos. En mayo de 1654, el burgomaestre Otto Von Guericke demostró públicamente que el aire tiene peso y que presiona con gran fuerza sobre todos los objetos que hay en la Tierra. Para ello, puso en contacto dos semiesferas metálicas y extrajo el aire del interior de ellas, consiguiendo casi hacer el vacío dentro de ellas. Para demostrar la enorme fuerza que el aire ejercía, dispuso a más de una decena de caballos tirando en sentidos opuestos de cada una de las semiesferas. A pesar de la fuerza empleada por todos estos animales, las semiesferas no se separaron: ¡la fuerza que ejercía el aire para mantenerlas cerradas era incluso superior!



Fuente: Ilustración del libro de Otto Von Guericke



Seguro que alguna vez has visto escapar un globo de helio y elevarse cada vez más alto hasta que estalla. La disminución de la presión que el globo experimenta en el ascenso hace que su volumen sea cada vez mayor, hasta que el material de que está hecho no resiste la tensión y explota.



En la época de Torricelli todavía no se conocían los peligros del mercurio para la salud. Ahora hay otras formas más seguras de medir la presión atmosférica.

en la información meteorológica. En cualquier caso, para poder comparar todos los valores de presión registrados en distintos puntos del mundo y extraer conclusiones respecto a las condiciones atmosféricas, las mediciones directas deben corregirse, al menos respecto a la altitud. Nuevamente, la Organización Meteorológica Mundial establece las pautas para que todas las medidas registradas en distintos lugares del mundo se efectúen del mismo modo, y, por tanto, puedan ser comparables.

La presión debida a la atmósfera puede medirse de forma relativamente sencilla. Torricelli, un matemático italiano del siglo XVII, llevó a cabo un experimento que ha servido de base para la medición y estudio de la presión atmosférica hasta nuestros tiempos:

Torricelli tomó un tubo de vidrio de un metro de largo y cerrado por un extremo. Lo llenó por completo de mercurio, tapó el extremo abierto e introdujo dicho extremo así tapado en una cubeta, también llena de mercurio. Entonces destapó y vio que el tubo empezaba a vaciarse, pasando parte del mercurio a la cubeta. El tubo dejó de vaciarse cuando el desnivel alcanzado entre la cubeta y el tubo alcanzó aproximadamente 76 cm (760 mm). De esto dedujo que tenía que estar actuando una fuerza para impedir que el tubo se vaciara del todo, y pensó que esta fuerza era debida al aire que se encontraba por encima del mercurio de la cubeta. Esa fuerza por unidad de superficie es la llamada Presión Atmosférica.

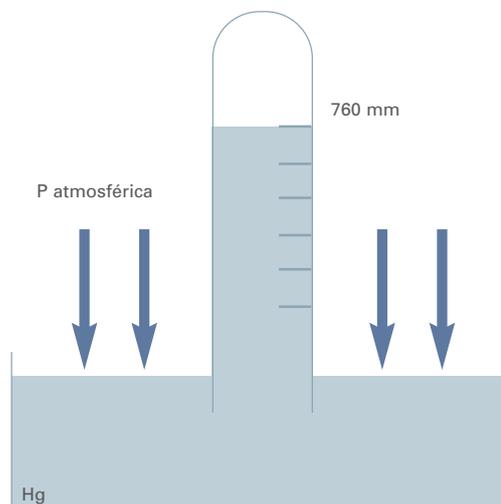


Figura 3.3. Experimento de Torricelli.

Sin embargo, el barómetro de Torricelli no siempre medía el mismo valor de presión atmosférica. Cuando el tiempo estaba lluvioso, detectaba que la columna de mercurio se situaba por debajo de los 760 mm. Cuando el tiempo estaba soleado,

la columna subía por encima de ese nivel. De estas variaciones, dedujo que el tiempo inestable llevaba asociada una disminución de la presión atmosférica, y que el tiempo estable llevaba asociada una subida de la misma.

Existen muy diversas unidades de medida de la presión atmosférica. Las más comunes son: atmósferas, mm de mercurio, pascuales, hectopascales y milibares. La conversión entre unas y otras puede realizarse teniendo en cuenta que: 1 atmósfera = 760 mmHg = 101300 N/m<sup>2</sup> (o Pa) = 1013 mb (o hPa).

En un anticiclón la presión atmosférica es elevada, pudiendo registrarse valores de 1040 hPa, mientras que en el centro de un huracán la presión puede llegar a disminuir hasta los 950 hPa. ¿A cuántos milímetros de mercurio (mmHg) corresponden estas situaciones? ¿Y a cuántas atmósferas?

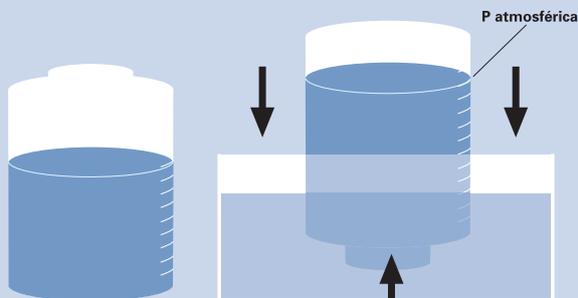
Inspirándonos en la experiencia de Torricelli es fácil construir un barómetro con materiales caseros. Construye tu propio barómetro siguiendo estas instrucciones:

#### Materiales:

una botella de plástico grande, un recipiente, dos gomas elásticas, una tira de cartón delgado y agua.

#### Procedimiento:

- Construye una escala con una tira de cartón delgado y sujétala a la botella con las gomas elásticas.
- Llena las tres cuartas partes de la botella con agua y el recipiente casi hasta el borde.
- Coloca la botella boca abajo dentro del recipiente tal y como hizo Torricelli.
- El nivel del agua en la botella se elevará por la presión del aire que empuja hacia abajo el agua del recipiente.
- Marca el nivel del agua del día en que construiste tu barómetro. Puedes averiguar el valor de la presión atmosférica ese día (buscando en el periódico del día) y anotarla para tenerla como referencia.
- A medida que avancen los días, notarás si la presión es más baja o más alta que el valor inicial, o lo que es lo mismo, si está bajando o subiendo.



Algunas reflexiones:

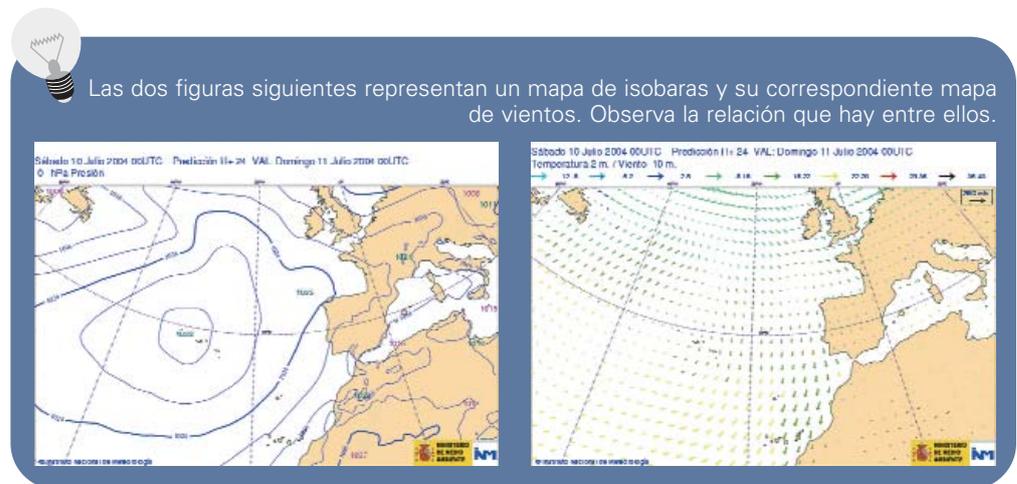
Este barómetro funcionará mejor en invierno que en verano. ¿Por qué? ¿Cómo solucionarías esa limitación?

### 3. 3. EL VIENTO

El viento consiste en el movimiento de aire desde una zona hasta otra. Existen diversas causas que pueden provocar la existencia del viento, pero normalmente se origina cuando entre dos puntos se establece una cierta diferencia de presión o de temperatura.

En el primer caso, cuando entre dos zonas la presión del aire es distinta, éste tiende a moverse desde la zona de alta presión a la zona de baja presión. Algo similar a lo que ocurre dentro de un tubo de pasta de dientes cuando presionamos en un extremo para hacer salir el dentífrico. Al apretar, lo que producimos es una diferencia de presión entre ese punto y el extremo abierto. Los meteorólogos dirían que se ha producido un gradiente o diferencia de presión entre ambos extremos.

En la atmósfera, existe una relación directa entre presión y viento, lo que hace que los mapas de isobaras, que representan los valores de la presión atmosférica, contengan amplia información sobre la velocidad y dirección del viento. ¡Sólo hace falta saber interpretarlos!



En el caso de que sea una diferencia térmica el origen del viento, lo que ocurre es que cuando una masa de aire adquiere una temperatura superior a la de su entorno, su volumen aumenta, lo cual hace disminuir su densidad. Por efecto de la flotación, la masa de aire caliente ascenderá, y su lugar será ocupado por otras masas de aire, que en su desplazamiento ocasionarán el viento. Las brisas, que estudiaremos a continuación se producen de esta forma. También éste es el origen de las tormentas estivales y, a mayor escala, de los vientos predominantes en los trópicos.

Comprueba tú mismo el aumento de volumen que experimenta el aire cuando su temperatura aumenta:

Coloca un globo desinchado sobre la parte superior de un tubo de ensayo, ajustando bien la boquilla del primero al último. Si calientas el tubo de ensayo, puedes ver cómo el globo comienza a inflarse, lo cual quiere decir que el volumen del aire en su interior ha aumentado.



### ¿Cómo se mide el viento?

Para poder disponer de medidas directas de velocidad y dirección del viento, los meteorólogos utilizan distintos instrumentos de medida:

- Medida de la velocidad horizontal del viento: el instrumento más utilizado es el **anemómetro de cazoletas** (figura 3.4), en el que el giro de las mismas es proporcional a la velocidad del viento. La unidad de medida es el km/h o el m/s.
- Medida de la dirección: para ello se utilizan las veletas, que indican la procedencia geográfica del viento. Hablamos de viento norte, noreste, suroeste, etc. en función de dónde provenga éste.

Los meteorólogos clasifican los tipos de viento en función de su velocidad (también llamada intensidad). Una de las escalas más utilizadas es la de Beaufort que, en orden de intensidad creciente, establece los siguientes tipos de viento: Calma, ventolina, flojito, flojo, moderado, fresquito, fresco, frescachón, duro, muy duro, temporal, borrasca y huracán.



Figura 3.4. Anemómetro de cazoletas.

Los marineros y pilotos de aviones suelen referirse al viento utilizando los nudos como unidad de medida. ¿A cuántos m/s equivale un nudo?



### Algunos tipos especiales de viento

**Brisas de mar:** Seguro que algún caluroso día de playa has sentido una agradable brisa del mar al acercarte a la orilla. Su origen es el siguiente:

Durante el día, la tierra se calienta más rápidamente que la superficie del mar (el calor específico de la tierra es inferior al del agua, recuerda lo que vimos en el apartado de temperatura), de modo que el aire del interior asciende y es ocupado por aire más fresco procedente del mar.

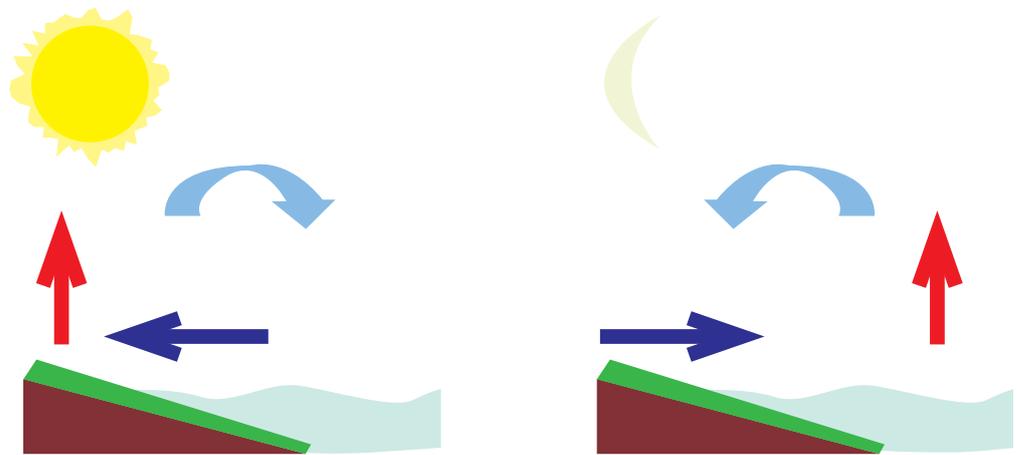


Figura 3.5. Brisas de mar.

Por la noche, la tierra se enfría más rápidamente que el agua, de modo que el aire situado por encima de la superficie del mar está más caliente y tiende a ascender, haciendo que se produzca un flujo de viento de tierra a mar (figura 3.5).

**Brisas de montañas y valles:** Puede que también hayas sentido el aire fresco que por las noches se produce en muchos valles. En este caso, lo que ocurre es lo siguiente: Durante el día, el aire del valle se calienta rápidamente y tiende a ascender por la colina. Por la noche, el enfriamiento del aire lo hace más denso y desciende hacia el valle desde las cumbres (figura 3.6).

**Vientos generados por huracanes y tornados:** Es de todos conocido el efecto devastador que puede llegar a tener un huracán, sobre todo cuando afecta a zonas habitadas en las que las casas y edificios no están preparados para soportar la fuerza que el viento puede desarrollar.

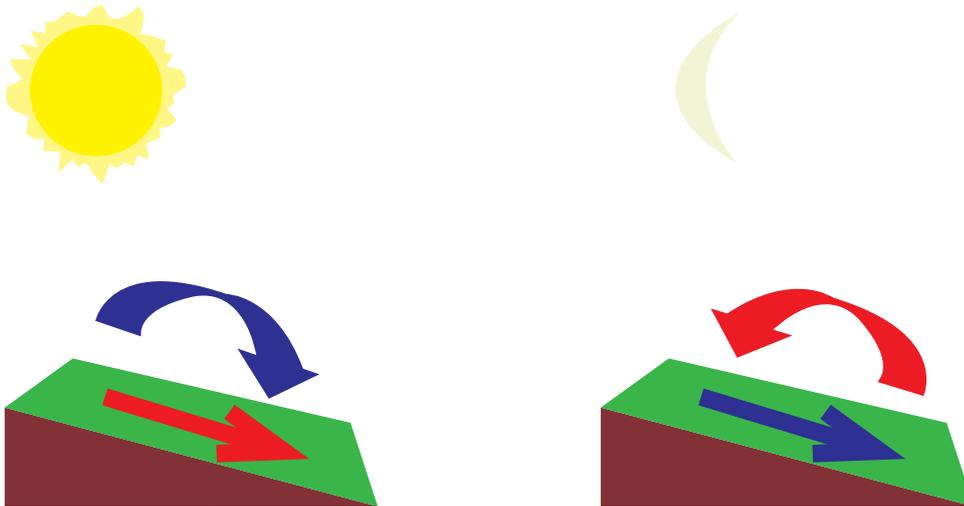


Figura 3.6. Brisas de montañas y valles.

Un **huracán** (o tifón si se produce en la costa oeste del Pacífico Norte) es un fenómeno meteorológico violento que se origina sobre los océanos tropicales, normalmente al finalizar el verano o al principio del otoño, y que se traslada miles de kilómetros sobre el océano, capturando la energía calorífica de las aguas templadas. Su origen se encuentra en una masa uniforme de aire caliente y húmedo que asciende rápidamente. La presión del aire se distribuye de modo simétrico alrededor del centro del sistema y las isobaras son círculos concéntricos muy cercanos entre sí. En un huracán, el viento puede llegar a alcanzar velocidades de 250 km/h aunque los valores más habituales se encuentran alrededor de 119 km/h. En el centro del huracán se encuentra el denominado “ojo”, un área sin nubes y de vientos flojos. A veces, puede parecer que el huracán ya ha pasado por una localidad y que ha cesado la tormenta, cuando en realidad lo que está pasando es el ojo del mismo (que puede llegar a tardar incluso una hora). Después de éste vendrán de nuevo vientos muy intensos y fuertes lluvias.

El **tornado** es un remolino de vientos intensos asociado con la formación de nubes tormentosas de tipo cumulonimbo. Los tornados pueden originarse sobre tierra firme o en el mar a partir de un ascenso rápido de aire muy cálido. El movimiento del aire en forma de espiral, le da el típico aspecto de embudo o manga. Su recorrido por tierra firme puede oscilar entre 1,5 km y 160 km en el caso de un tornado intenso. Los que se generan sobre el mar se denominan mangas marinas. Los vientos que se generan se encuentran alrededor de 180 km/h, aunque se han producido tornados con velocidades de hasta 500km/h. Los tornados se forman en muchos lugares del mundo, incluso se han divisado

algunos en España, aunque los más intensos se generan en las grandes llanuras de Norteamérica.



- 1) ¿Cuál es el origen de la palabra huracán?
- 2) ¿Qué velocidad llegó a alcanzar el viento en el huracán Mitch?

¡Cuidado! No confundas los tornados con muchos de los remolinos turbulentos que se forman en los días de calor despejados.

### Vientos locales

Se denominan así los vientos que se producen sólo en determinadas zonas, a menudo consecuencia de las características geográficas y orográficas del lugar. Quizás hayas oído hablar al hombre del tiempo de estos vientos:

- *El Cierzo*: Viento que sopla a lo largo del valle del Ebro.
- *La Tramontana*: Viento frío y turbulento de componente norte que sopla en el noreste de la Península y en las Baleares.
- *El Siroco*: Viento caliente y seco que llega hasta el Mediterráneo procedente del desierto del Sáhara.
- *Levante y Poniente del Estrecho*: Viento intenso que sopla en el Estrecho de Gibraltar procedente del este y el oeste, respectivamente.
- *El Terral*: Viento que se produce en el litoral de la costa cantábrica y mar de Alborán, proveniente del interior y caracterizado por su extrema sequedad y altas temperaturas.

También en otros lugares del mundo hay vientos locales: El Chinook es un viento de Norteamérica que sopla desde las montañas Rocosas, el Mistral es un viento frío del Norte que baja por el valle del Ródano...



- 1) ¿Conoces algún viento local que se dé en tu región? Pregunta a tus familiares si lo conocen y cómo se forma.
- 2) ¿Cómo se denomina la forma de energía alternativa basada en la utilización de la fuerza del viento? ¿Cuáles son sus ventajas e inconvenientes?

## 3.4. LA RADIACIÓN SOLAR

Cuando un día caluroso de verano nos tumbamos al sol en la playa, notamos cómo nuestro cuerpo se calienta y eleva su temperatura. Lo que ha ocurrido es que los rayos solares, después de atravesar la atmósfera, han calentado nuestro cuerpo, ¡sin calentar apenas el aire!.

Algo parecido a lo que nos ocurre en esta situación, es lo que le ocurre a la Tierra: La atmósfera es casi ‘transparente’ a la radiación solar, pero la superficie terrestre y otros cuerpos situados sobre ella sí la absorben.

La energía transferida por el Sol a la Tierra es lo que se conoce como energía radiante o radiación. Ésta viaja a través del espacio en forma de ondas que llevan asociada una determinada cantidad de energía. Según lo energéticas que sean estas ondas se clasifican en lo que se conoce como el espectro electromagnético (ver figura 3.7). Las ondas más energéticas son las correspondientes al rango del ultravioleta, seguidas por la luz visible, infrarroja y así hasta las menos energéticas que corresponden a las ondas de radio.

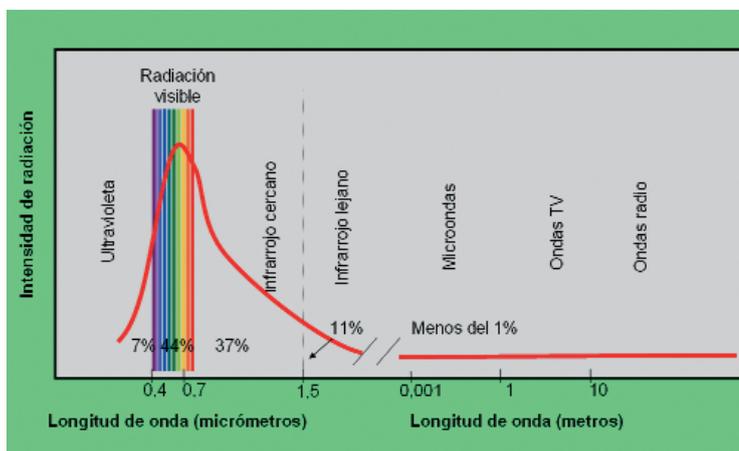


Figura 3.7. Espectro electromagnético del Sol.

¿Qué ondas crees que son las causantes de que tu piel se quemé cuando tomas el sol sin protección durante mucho tiempo? De los distintos tipos de radiación que aparecen en la figura 3.7., ¿Cuáles crees que serán percibidas por el ojo humano?



Todos los cuerpos emiten radiación en función de su temperatura. La ley de Stefan-Boltzmann establece que la energía emitida por un cuerpo (E) es directamente proporcional a la cuarta potencia de su temperatura (T):  $E = \sigma \times T^4$ , donde  $\sigma$  es la constante de Stefan-Boltzmann.

Así, el Sol, un trozo de leña incandescente, tu cuerpo, la superficie de la Tierra, un trozo de hielo.....todos ellos están radiando energía de forma continua. ¿Por qué somos capaces de ‘ver’ la radiación emitida por el Sol y el carbón ardiente en la chimenea y no la que emite la Tierra, el hielo o nuestro cuerpo? Porque dependiendo

de la temperatura que alcanza cada uno de ellos, y por tanto de su energía, emiten predominantemente un tipo de ondas u otras. La línea roja continua de la figura 3.7 nos indica la intensidad de la radiación emitida por el Sol para los distintos tipos de ondas electromagnéticas. Como vemos, el Sol, que tiene una temperatura cercana a los 6.000 K emite fundamentalmente ondas del rango del visible, conocidas habitualmente como *luz* (44%), otra parte está en el rango del ultravioleta (7%) y casi todo el resto es infrarrojo (48%). Sin embargo, nuestro cuerpo, a una temperatura media de unos 37 °C, emite ondas principalmente en el rango del infrarrojo (que no son percibidas por el ojo humano).



Si la Tierra y todos los cuerpos que existen sobre ella están emitiendo energía de forma continua, ¿por qué no se enfrían progresivamente?

La respuesta se encuentra en que a la vez también están absorbiendo cierta cantidad de energía. Si un objeto radia la misma cantidad de energía que la que absorbe, mantiene su temperatura constante (equilibrio radiativo). Así, en nuestro sistema tierra-atmósfera se producen una serie de procesos en los que se absorbe, emite y refleja energía, de manera que el balance final entre la radiación que llega al tope de la atmósfera procedente del Sol y la que sale al espacio exterior, es cero. Es decir que la temperatura anual promedio se mantiene constante. ¿Cómo se consigue este equilibrio? Observa la figura 3.8, en la que se representa esquemáticamente el balance promedio anual de la energía en el sistema tierra-atmósfera.

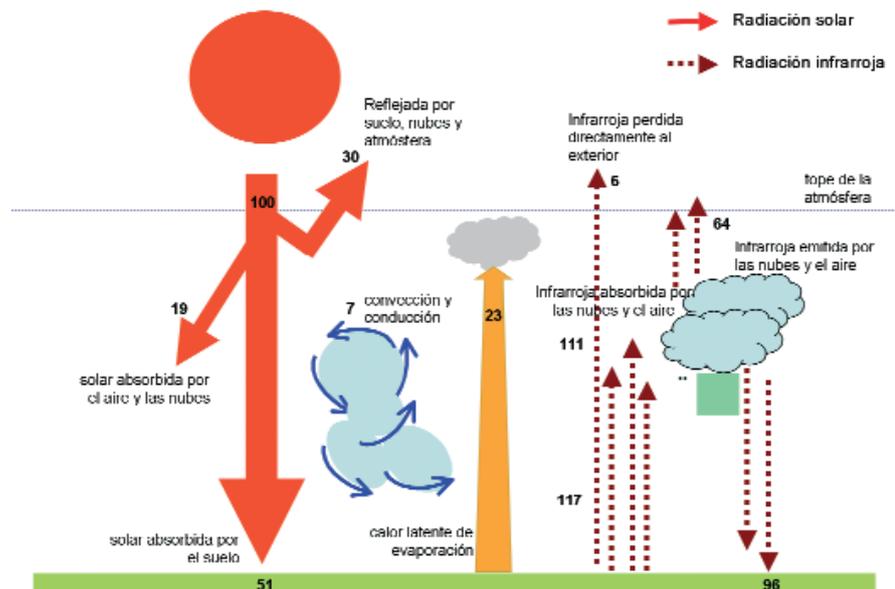


Figura 3.8. Balance radiativo del sistema tierra-atmósfera.

Como vemos, la gran mayoría de la radiación solar (flechas rojas) es absorbida por la superficie terrestre (51%), sólo el 19% de ella es absorbida directamente por los componentes atmosféricos y las nubes y el 30% es reflejada por la superficie, las nubes, y los gases y partículas de la atmósfera, y devuelta al espacio exterior.

A la cantidad de radiación que es reflejada por un cuerpo respecto a la radiación incidente, se le conoce como 'albedo' (ver figura 3.9.). Por tanto, podemos decir que el sistema tierra-atmósfera tiene un albedo promedio del 30%. La nieve recién caída o algunos cumulonimbos de gran desarrollo vertical, presentan un albedo cercano al 90%, mientras que los desiertos tienen cerca del 25% y los océanos, alrededor de un 10% (absorben casi toda la radiación que les llega).

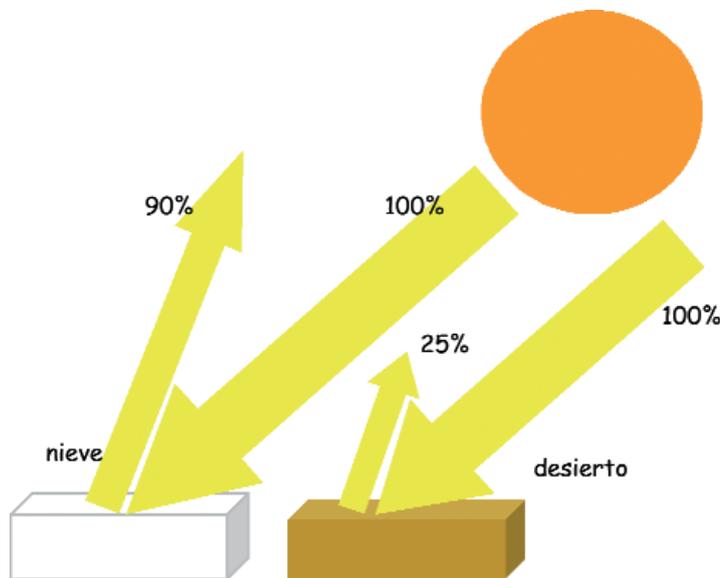


Figura 3.9. Albedo promedio de la nieve y el desierto.

Analizando la figura del balance radiativo en el sistema tierra-atmósfera, calcula cuantas unidades de energía en total son emitidas por la Tierra.

Si has hecho bien el cálculo, habrás obtenido ¡147 unidades!, en lugar de las 51 que cabría esperar. Recuerda que el suelo sólo absorbía 51 unidades de radiación solar directa. ¿De dónde han salido las 96 unidades 'extra'?

Este "exceso" de energía procede básicamente de los gases de efecto invernadero (vapor de agua y CO<sub>2</sub>) y de las nubes. Estos componentes de la atmósfera, después

de absorber las 111 unidades de radiación infrarroja emitidas por la tierra, le devuelven la mayor parte de dicha energía (96 unidades).

Gracias a estos mecanismos, la temperatura media anual de la atmósfera no cambia de un año a otro, manteniéndose en valores promedio cercanos a los 15°C.



¿Qué ocurriría si la concentración de gases de efecto invernadero aumentase notablemente?

La cantidad de radiación solar recibida en un punto se mide mediante un aparato denominado **piranómetro**. Consiste en un sensor encerrado en un hemisferio transparente que transmite toda la radiación de longitud de onda inferior a  $3 \times 10^{-6}$  metros. Dicho sensor tiene un disco con segmentos blancos y negros alternados que absorben la radiación incidente de modo distinto. El contraste de temperatura entre esos segmentos se calibra en función del flujo de radiación (unidades de  $W/m^2$ ).

Otro modo de tener una estimación de la radiación solar recibida es mediante la medición del número de horas de sol. Para ello se utiliza un instrumento llamado **heliógrafo** (ver figura 3.10). Éste está formado por una esfera de vidrio orientada hacia el sur geográfico, que actúa como una gran lupa, concentrando toda la radiación recibida en un punto incandescente que va quemando una cinta de un papel especial graduada con las horas del día.

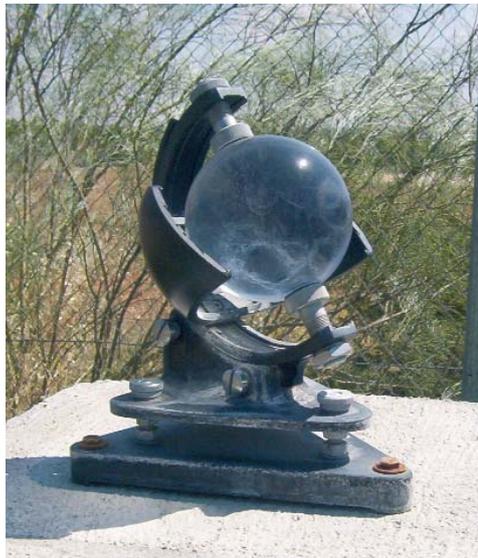


Figura 3.10. Heliógrafo

### 3.5. LA HUMEDAD

El agua es uno de los principales componentes de la atmósfera, en la que puede existir como gas, como líquido, y como sólido. La presencia del agua en los tres estados de agregación se debe a que las condiciones físicas (temperatura y presión) necesarias para que se produzcan dichos cambios de estado se dan normalmente en la atmósfera.



Piensa en qué estado de agregación se encuentra cada una de las siguientes formas en las que el agua se presenta en la atmósfera:  
Escarcha, niebla, granizo, vapor de agua, nube, lluvia y nieve.  
¿Has visto en alguna ocasión al agua cambiar de un estado a otro? Piensa en algún ejemplo que se dé en la atmósfera.

La humedad es la cantidad de vapor de agua que contiene el aire. Esa cantidad no es constante, sino que dependerá de diversos factores, como si ha llovido recientemente, si estamos cerca del mar, si hay plantas, etc.

Existen diversas maneras de referirnos al contenido de humedad en la atmósfera:

- *Humedad absoluta*: masa de vapor de agua, en gramos, contenida en  $1\text{m}^3$  de aire seco.
- *Humedad específica*: masa de vapor de agua, en gramos, contenida en 1 kg de aire.
- *Razón de mezcla*: masa de vapor de agua, en gramos, que hay en 1 kg de aire seco.



Las estaciones meteorológicas de La Coruña, Madrid y Ghardaia (Argelia) transmitieron datos de humedad de sus respectivas estaciones según la siguiente tabla.

¿Sabrías decir cuál corresponde a cada uno?

Ayuda:

Expresa todas las humedades en unidades de razón de mezcla para poder compararlas.

Datos: Densidad media del aire seco:  $0,0013\text{ g/cm}^3$ ; densidad media del aire húmedo:  $0,0011\text{ g/cm}^3$

Estación	Valor registrado	Nombre de la estación
A	Humedad absoluta: $2\text{ g/m}^3$	
B	Humedad específica: $15\text{ g/kg}$	
C	Razón de mezcla: $7\text{ g/kg}$	



En una noche de invierno, ¿en que situación se producirá con más facilidad el rocío: cuando el cielo esté cubierto de nubes o cuando esté despejado?



En el gráfico de  $E$  frente a  $T$ , ¿qué humedad relativa tendrán todos los puntos que están sobre la curva?

Sin embargo, la medida de humedad que más se utiliza es la denominada **humedad relativa**, que se expresa en tanto por ciento (%) y se calcula según la siguiente expresión:

$$h = \frac{e}{E} 100$$

En ella,  $e$  representa el contenido de vapor de la masa de aire y  $E$  su máxima capacidad de almacenamiento de éste, llamada *presión de vapor saturante*. Este valor nos indica la cantidad máxima de vapor de agua que puede contener una masa de aire antes de transformarse en agua líquida (esto es lo que se conoce como *saturación*). De alguna forma, la humedad relativa nos da una idea de lo cerca que está una masa de aire de alcanzar la saturación. Una humedad relativa del 100% es indicativo de que esa masa de aire ya no puede almacenar más vapor de agua en su seno, y a partir de ese momento, cualquier cantidad extra de vapor se convertirá en agua líquida o en cristalitas de hielo, según las condiciones ambientales.

En el gráfico adjunto se representa cómo varía la presión de vapor saturante,  $E$ , en función de la temperatura,  $T$ . Vemos que  $E$  crece exponencialmente con la temperatura. Esto significa que cuanto más caliente esté una masa de aire, mayor cantidad de vapor de agua se necesitará para llegar a la saturación y empezar a producirse la condensación del vapor sobrante.

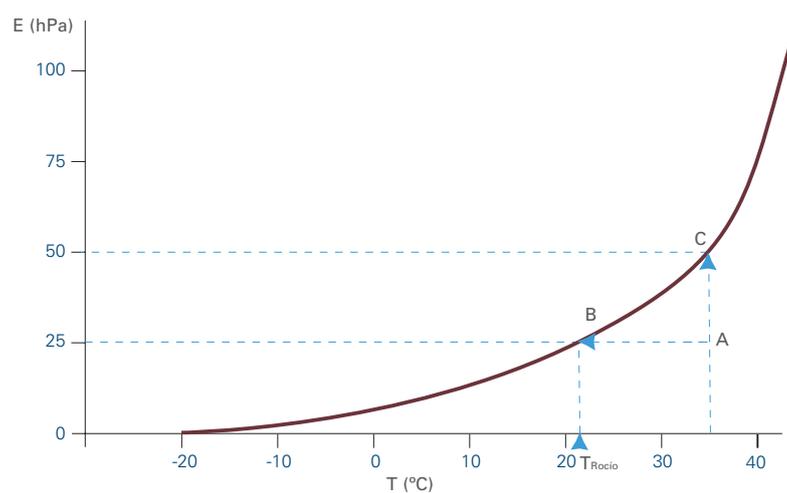


Figura 3.11. Relación entre la presión de vapor saturante y la temperatura.

## ¿Cómo podemos hacer que una masa de aire llegue a la saturación?

Para entender cómo se puede conseguir que una masa de aire llegue a la saturación, piensa qué ocurre a veces cuando en un día de invierno exhalamos nuestro aliento.



El aire que exhalamos al respirar tiene una temperatura y un contenido de vapor determinados (podría ser el punto A del gráfico anterior). Sin embargo, al salir de nuestra boca y ponerse en contacto con el aire frío del exterior, se reduce bruscamente su temperatura. Debido a su enfriamiento, la masa de aire pierde capacidad para contener vapor, llegando fácilmente a la saturación. Entonces el vapor de agua condensa y forma el 'vaho'. En el gráfico anterior, hemos pasado del punto A al punto B reduciendo la temperatura sin modificar el contenido de vapor, consiguiendo una humedad relativa del 100%.

Éste es el mismo mecanismo que origina la formación del **rocío** (esas pequeñas gotitas que observamos a veces en las primeras horas de la mañana en las hojas de las plantas situadas en el exterior muy cerca del suelo).

La temperatura a la que hay que enfriar una masa de aire para producir la condensación, sin variar su contenido de vapor, se denomina 'Temperatura de rocío'.

Imagina que un día de invierno vas en coche con otros cuatro amigos y tienes estropeada la calefacción. ¿Qué les suele ocurrir al cabo de cierto tiempo a las ventanillas?



Efectivamente, el contenido de vapor de agua en el aire de nuestro coche ha empezado a crecer rápidamente debido a la respiración de las cinco personas, hasta que el aire se ha saturado ( $h = 100\%$ ). A partir de ese momento todo el vapor excedente se ha empezado a condensar sobre las ventanillas, empañándolas. En este caso hemos mantenido prácticamente constante la temperatura de la masa de aire, pero hemos añadido vapor de agua hasta alcanzar la saturación. En el gráfico de  $E$  frente a  $T$  correspondería al paso del punto A al C.

Si una persona con gafas, que viene de la calle en invierno, entra en una habitación en la que hay gente y la calefacción está encendida, lo normal es que se le empañen las gafas. ¿Por qué se produce este efecto?



## ¿Cómo se mide la humedad y la evaporación?

La humedad se suele medir mediante un instrumento denominado **psicrómetro**. Este consiste en dos termómetros iguales, uno de los cuales, llamado “termómetro seco”, sirve sencillamente para obtener la temperatura del aire. El otro, llamado “termómetro húmedo”, tiene el depósito recubierto con una telilla humedecida por medio de una mecha que la pone en contacto con un depósito de agua. El funcionamiento es muy sencillo: el agua que empapa la telilla se evapora y para ello toma el calor del aire que le rodea, cuya temperatura comienza a bajar. Dependiendo de la temperatura y el contenido inicial de vapor de la masa de aire, la cantidad de agua evaporada será mayor o menor y en la misma medida se producirá un mayor o menor descenso de temperatura del termómetro húmedo. En función de estos dos valores se calcula la humedad relativa mediante una fórmula matemática que las relaciona. Para mayor comodidad, con el termómetro se suministran unas tablas de doble entrada que dan directamente el valor de la humedad relativa a partir de las temperaturas de los dos termómetros, sin tener que realizar ningún cálculo.

Existe otro instrumento, más preciso que el anterior, denominado **aspiropsicrómetro**, en el que mediante un pequeño motor, se asegura que los termómetros estén ventilados continuamente.



¿Sabes que el pelo humano puede utilizarse para medir el contenido de humedad del aire? Efectivamente, su longitud es muy sensible a las variaciones de humedad del aire que le rodea, alargándose cuando ésta aumenta y acortándose cuando disminuye.

Otra variable relacionada con la humedad es la evaporación, que puede medirse mediante un instrumento denominado evaporímetro. Este aparato está formado por un tubo de vidrio cerrado por un extremo y abierto por el otro, y graduado en milímetros, que se llena de agua. Su extremo abierto se tapa mediante un disco de papel secante, que impide que el agua se derrame, pero que se impregna con ella y la deja evaporar sobre toda su superficie con mayor o menor rapidez, según las condiciones de temperatura y humedad del aire. La evaporación se calcula tomando un dato diario y restando la medida del dato del día anterior.



Un jardinero tiene que programar el riego automático de un jardín para el mes de julio. ¿A qué hora del día le recomendarías que regase, al mediodía o al atardecer? ¿Cuándo crees que tardará menos en secarse la colada, en un día ventoso o en un día con viento en calma?

En efecto, la temperatura y el viento intenso aceleran el ritmo al que el agua de una superficie se evapora.

### 3.6. LA PRECIPITACIÓN

Una nube puede estar formada por una gran cantidad de gotitas minúsculas y cristalicitos de hielo, procedentes del cambio de estado del vapor de agua de una masa de aire que, al ascender en la atmósfera, se enfría hasta llegar a la saturación.

#### Fabrica tu propia nube

Empezamos poniendo un poco de agua en un tarro de boca ancha. Después encendemos una cerilla y dejamos que el humo quede dentro del tarro, al cual tapamos con un globo grande metido hacia dentro y ajustando la boca de éste a la del tarro con una goma colocada por fuera. Después, mientras que alguien sujeta firmemente el tarro hacia abajo, otra persona tira fuerte del globo hacia arriba. Mira el tarro al trasluz. ¿Qué ocurre dentro de él? ¿Y si sueltas el globo? ¿Puedes explicar lo ocurrido?

Lo que hemos hecho no es ni más ni menos que reproducir las condiciones ambientales para la formación de una nube. Tirando del globo hemos hecho disminuir la presión dentro del tarro hasta que ésta alcance el valor que hace que el aire se sature y condense a la temperatura a la que estamos. Poniendo el humo en el tarro, hemos proporcionado pequeñas partículas sobre las que se origina más fácilmente la condensación.

En la realidad, para que el vapor existente en una masa de aire que alcanza la saturación pueda condensarse en forma de gotitas es preciso que se cumplan dos condiciones: la primera es que la masa de aire se haya *enfriado lo suficiente*, y la segunda es que existan en el aire *núcleos de condensación* (denominados núcleos higroscópicos) sobre los que puedan formarse gotitas de agua.

¡Intenta formar una nube sin el humo de la cerilla!

Una vez que se han formado las nubes, ¿qué es lo que hace que den o no lugar a la lluvia, el granizo o la nieve, es decir a algún tipo de precipitación? Las minúsculas gotitas que forman la nube y que se encuentran en suspensión dentro de ella gracias a la existencia de corrientes ascendentes, empezarán a crecer a expensas de otras gotitas que encuentran en su caída. Sobre cada gotita actúan fundamentalmente dos fuerzas: la debida al arrastre que la corriente de aire ascendente ejerce sobre ella, y el peso de la gotita.



¿Dónde hay más probabilidad de que se formen nubes: en una zona industrial donde el aire suele estar más contaminado o en una zona de campo, en la que el aire suele estar limpio de contaminantes?



¿De qué tipo de nubes crees que procederá la llovizna, de una nube fina de poco espesor o de una nube de mucho desarrollo vertical?



¿En qué consiste el fenómeno denominado "virga"?

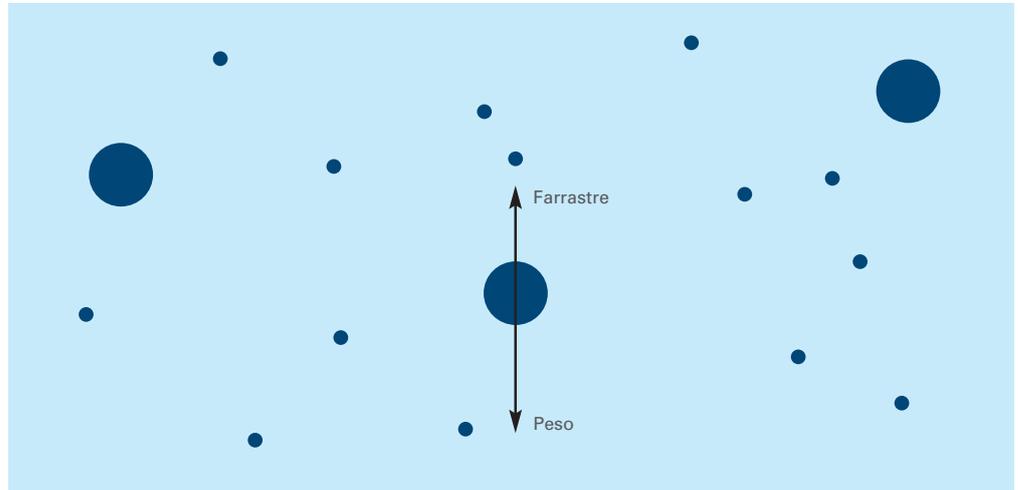


Figura 3.12. Equilibrio de fuerzas sobre una gotita en el interior de una nube.

Cuando éste es suficientemente grande como para vencer la fuerza de arrastre, la gotita caerá hacia el suelo, produciendo la lluvia. Las gotitas alcanzarán mayor tamaño cuanto más tiempo pasen dentro de la nube ascendiendo y descendiendo y cuanto mayor sea el contenido de agua líquida de la misma.

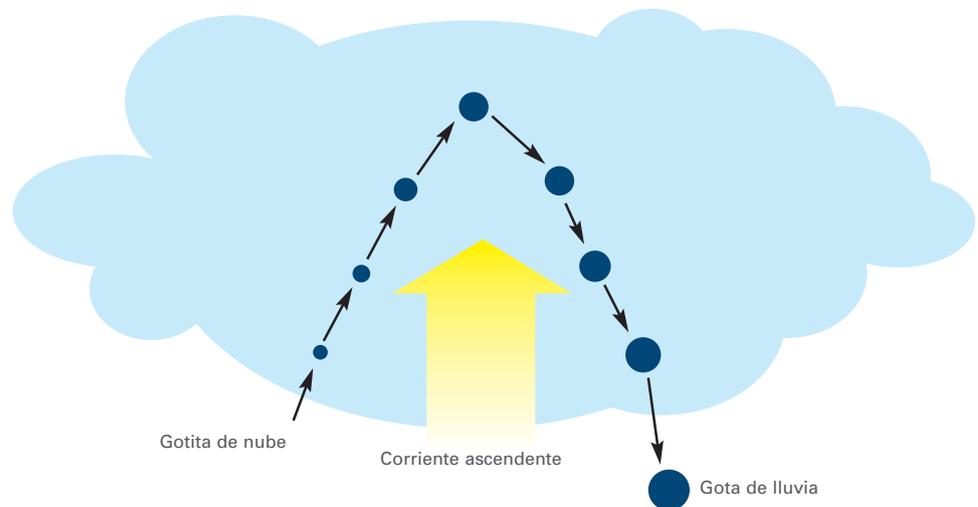


Figura 3.13. Proceso de crecimiento de una gotita en el interior de una nube.

Dependiendo del tamaño de las gotas que lleguen al suelo y de cómo caigan tendremos distintos tipos de precipitación líquida: llovizna (gotas pequeñas que caen uniformemente), chubasco (gotas de mayor tamaño y que caen de forma violenta e intensa), etc.

La precipitación se puede dar también en forma sólida. El origen de la misma está en la formación de cristales de hielo en las nubes que tienen su tope a grandes alturas y bajísimas temperaturas ( $-40^{\circ}\text{C}$ ). Estos cristales pueden crecer a expensas de gotitas de agua a muy baja temperatura que se congelan sobre ellos (siendo el inicio de la formación del granizo) o bien uniéndose a otros cristales para formar los copos de nieve. Cuando alcanzan un tamaño adecuado y debido a la acción de la gravedad, pueden salir de la nube dando lugar a la precipitación sólida en superficie, si las condiciones ambientales son las apropiadas. A veces los copos de nieve o el granizo que salieron de la nube, si encuentran una capa de aire cálida en su caída, se derriten antes de alcanzar el suelo, dando lugar finalmente a precipitación en forma líquida.



En algunas regiones de España, donde la llovizna es un fenómeno muy frecuente, se le suele dar un nombre particular. Así en Asturias y Galicia se la denomina 'orballo', en el País Vasco, 'sirimirí' y 'calabobos' en otras regiones.

Clasifica los siguientes tipos de precipitación según sea líquida o sólida:

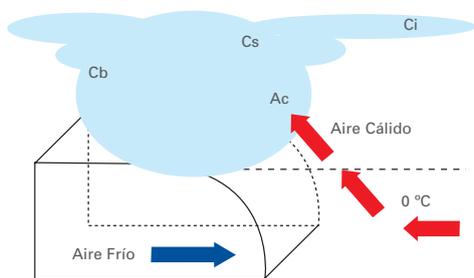
- Pedrisco
- Aguanieve
- Granizo
- Ventisca
- Llovizna



Ya hemos visto que el tipo de precipitación depende principalmente de cómo sea la nube de la que procede. Las formas más habituales de precipitación son la de tipo frontal, la de tipo orográfico y la de tipo 'convectivo' o tormentoso.

La precipitación frontal procede de las nubes que van asociadas a los frentes, ya sean de tipo cálido o frío. Un frente frío se forma cuando una masa de aire frío empuja y desplaza hacia arriba a una masa más cálida. En su ascenso, ésta se enfría y da origen a la formación de nubosidad. En el caso de un frente cálido, una masa de aire cálido se desliza sobre otra más fría que ella (véase la figura 3.14).

#### FRENTE FRÍO



#### FRENTE CÁLIDO

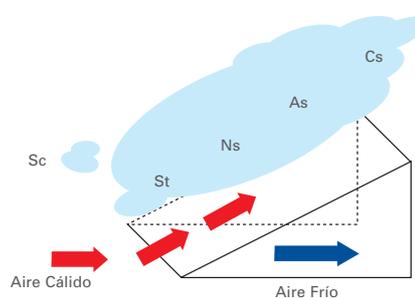


Figura 3.14. Nubosidad típicamente asociada a los frentes fríos y cálidos.

Las nubes que se forman en los frentes fríos (normalmente Cumulonimbos, Cb, Altocúmulos, Ac) suelen ser de mayor desarrollo vertical y por tanto producen precipitaciones más intensas y de mayor tamaño de gota que las que se generan en los frentes cálidos, que tienen forma más estratificada (Nimboestratos, Ns, Estratos, St, Estratocúmulos, Sc). Éstas darán lugar normalmente a precipitaciones más suaves, tipo llovizna.

En el caso de las precipitaciones procedentes de las tormentas, también llamadas ‘sistemas convectivos’, las nubes son de mucho desarrollo vertical (cumulonimbos) por lo que producirán lluvias intensas y de corta duración, muchas veces torrenciales.

### **¿Cómo se mide la cantidad de precipitación caída durante un intervalo de tiempo determinado?**

El instrumento que se suele utilizar para medir la precipitación caída en un lugar y durante un tiempo determinado se denomina **pluviómetro**.



#### **Construye tu propio pluviómetro**

Para ello necesitarás dos frascos, uno grande y otro pequeño, y un embudo. Marca en el pequeño la altura en cm. y colócalos como se muestra en la figura.



Calcula la superficie del embudo, puesto que la lluvia caída ha sido interceptada por dicha superficie. Después mide los cm. de agua que se han recogido en el frasco pequeño. El volumen de agua, será la cantidad de lluvia por unidad de superficie. Calcula a diario la cantidad de precipitación que se recoge en un lugar próximo a tu clase.

Este aparato está formado por una especie de vaso en forma de embudo profundo que envía el agua recogida a un recipiente graduado donde se va acumulando el total de la lluvia caída.

Existen ciertos factores que pueden interferir en una medida correcta de la precipitación. Así, para evitar las salpicaduras de las gotas de lluvia al incidir sobre el borde exterior del pluviómetro se construye con los bordes biselados. También se pintan de blanco para reducir la absorción de radiación solar y evitar en lo posible la evaporación. Además, haciendo que el conducto por el que cae el agua al recipiente interior sea estrecho y profundo, reducimos también la cantidad de agua evaporada. Otro factor importante es la situación del aparato, pues no debe colocarse cerca de edificios o cualquier otro obstáculo que pueda alterar el ritmo de la precipitación. En las zonas de montaña, donde es frecuente que la precipitación sea en forma sólida (nieve) o que las temperaturas desciendan por debajo del punto de congelación del agua, se suele incluir en el depósito algún tipo de producto (normalmente, cloruro cálcico anhidro) cuya función es reducir el valor de la temperatura a la cual se produciría la solidificación del agua.

El volumen de lluvia recogida se mide en litros por metro cuadrado ( $l/m^2$ ) o lo que es lo mismo, en milímetros (mm.). Esta medida representa la altura, en milímetros, que alcanzaría una capa de agua que cubriese una superficie horizontal de un metro cuadrado. El volumen de agua recogida,  $V$ , en esa superficie de un metro cuadrado, sería entonces:

$$V = h \times S,$$

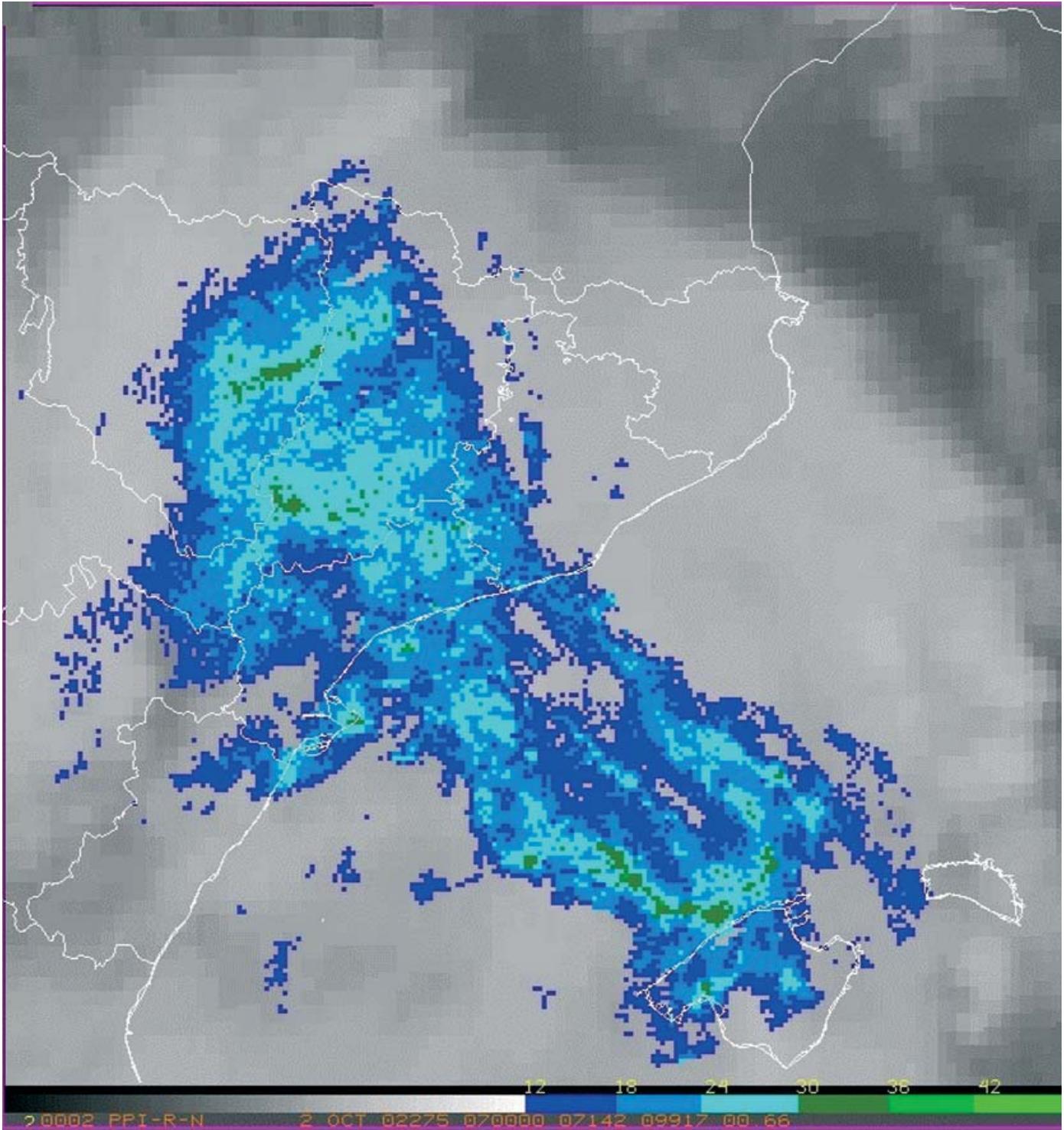
siendo  $h = 1 \text{ mm} = 10^{-3} \text{ m}$  y  $S = 1 \text{ m}^2$ .

Por tanto, sustituyendo los valores de  $h$  y  $S$  tendríamos,

$$V = 1 \text{ m}^2 \times 10^{-3} \text{ m} = 10^{-3} \text{ m}^3 = 1 \text{ litro}$$



Un pluviómetro tiene un área de captación circular de radio 7 cm. ¿Qué volumen de agua habrá recogido cuando el registro indica 4 litros/m<sup>2</sup>?



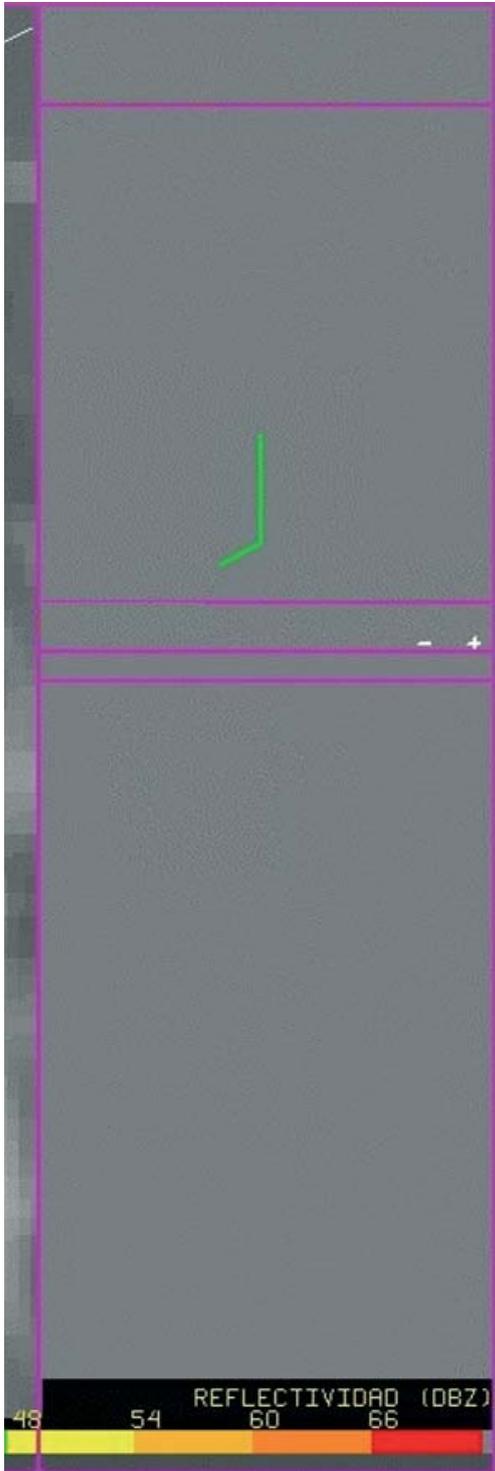


Imagen del radar de Barcelona de las 07:00 UTC del 2 de octubre de 2002, en la que se observa una perturbación meteorológica mesoescalar sobre Cataluña.

FUENTE: INM.

## 4. LA OBSERVACIÓN DEL TIEMPO

### 4.1. LOS OBSERVATORIOS METEOROLÓGICOS

La observación y medida de las variables y fenómenos meteorológicos es una condición indispensable para el avance de la Meteorología. Se realizan medidas en miles de estaciones meteorológicas ubicadas sobre tierra firme, pero también sobre el mar y a distintas alturas de la atmósfera, tanto en posiciones fijas y como a lo largo de las rutas trazadas por barcos y aviones, aprovechando que todos ellos disponen de instrumentos meteorológicos a bordo.

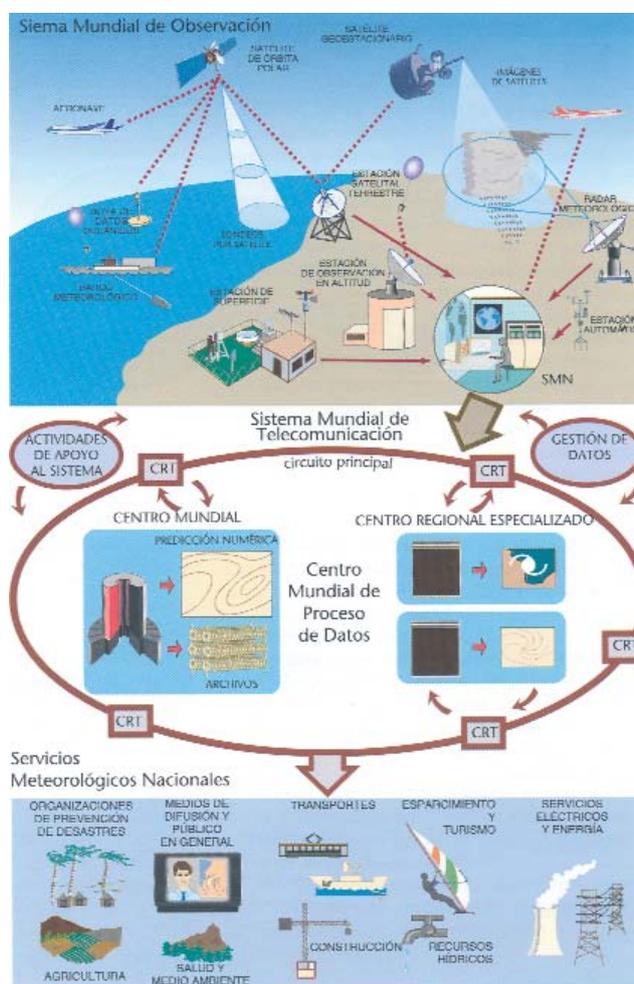


Figura 4.1. Sistema de observación mundial.  
FUENTE: Organización Meteorológica Mundial.

El uso que puede darse a la información que proporcionan todas estas fuentes de observación es muy variado: desde el mero registro temporal en estaciones concretas, a la elaboración de predicciones meteorológicas. En cualquier caso, los centros meteorológicos centralizan la información por áreas, la procesan, controlan su calidad, y la distribuyen a los usuarios que puedan necesitarla para estudiar la atmósfera.

Se llama parte meteorológico a una comunicación que presenta el resultado de una observación meteorológica. Ésta puede ser verbal o escrita, y puede expresarse en lenguaje ordinario o en clave. Existen multitud de partes meteorológicos, que proporcionan información de distinta naturaleza: SYNOP, SHIP, TEMP, etc



Busca en Internet qué tipo de información contiene un parte TEMP

Por supuesto, la base de todas las observaciones reside en los instrumentos meteorológicos que se utilizan para tomar las medidas. En apartados anteriores ya hemos mencionado algunos, pero a modo de resumen conviene recordar:

Instrumento de medida	Variable meteorológica	Unidades de medida
Termómetro	Temperatura	°C
Barómetro	Presión atmosférica	hPa
Pluviómetro	Precipitación	l/m <sup>2</sup>
Higrómetro	Humedad relativa	%
Evaporímetro	Evaporación	mm de agua evaporada
Anemómetro	Velocidad del viento	m/s – km/h
Veleta	Dirección del viento	°
Heliógrafo	Horas de sol	h
Radiómetro	Radiación	W/m <sup>2</sup>

Una estación meteorológica normalmente dispone de varios de estos instrumentos, incluso todos si es muy completa. Como mencionábamos antes, para que las medidas estén bien tomadas, la ubicación, orientación y condiciones del entorno de los aparatos necesitan atenerse a las normas que la Organización Meteorológica Mundial ha establecido. Para que los datos sean rigurosos, en el recinto de una estación meteorológica debe disponer de una garita, una especie de jaula de madera blanca situada a 1.5 m del suelo, dentro de la cual se ubican los termómetros, el higrómetro y el evaporímetro. Además, en muchos casos, las estaciones disponen de una torre meteorológica. Sobre ésta se sitúan aparatos de medida como termómetros, anemómetros y veletas, que nos informan sobre las condiciones meteorológicas a distintas alturas.



Figura 4.2. Garita y torre meteorológica.

Además de las observaciones instrumentales, existen otras variables que se miden subjetivamente por observadores especializados: cantidad y tipo de nubes, oleaje, dirección de la mar de fondo, etc.

## 4.2. LOS SATÉLITES METEOROLÓGICOS

Sin lugar a dudas, los satélites meteorológicos son los sistemas de observación más complejos. La posición que ocupan los satélites, en órbita alrededor de la Tierra, les permite tener una visión privilegiada, mucho más amplia y de conjunto que la de cualquier aparato situado en la superficie terrestre.

Los satélites reciben la radiación electromagnética que emite y refleja la Tierra. La primera proviene de ella misma y la segunda proviene del Sol, pero se refleja en la superficie terrestre y en la atmósfera antes de alcanzar el satélite. Los satélites captan determinadas frecuencias de esta radiación, de distinta intensidad dependiendo de las condiciones atmosféricas, para posteriormente procesar los datos y elaborar las imágenes que se recibirán en las estaciones de tierra, donde serán interpretadas.

Los satélites meteorológicos pueden clasificarse en función de la órbita sobre la que se sitúan. Las características y ventajas de los dos tipos principales son las siguientes:

### Satélites geoestacionarios

Características	Ventajas
El satélite gira a la vez que la Tierra, encontrándose fijo en un punto situado sobre el ecuador terrestre. La distancia que le separa del centro de la Tierra es muy grande, unos 40.000km (6.6 veces el radio terrestre).	Al estar tan alejados, su campo de visión es muy extenso (una cara completa del Planeta). Además, proporcionan información continuada sobre una amplia zona, permitiendo el estudio de la evolución atmosférica en ella.

### Satélites polares

Características	Ventajas
El satélite orbita alrededor de la Tierra sobre una órbita mucho más baja (entre 100 y 2000 km de altura).	La cercanía a la Tierra permite gran resolución espacial. Además pueden observarse zonas distintas a lo largo de su trayectoria.

Busca en Internet qué tipo de satélite es el satélite Meteosat.



Un satélite meteorológico cuenta con la instrumentación adecuada para captar información acerca de diversas propiedades del planeta Tierra, pero principalmente capta la radiación electromagnética de tipo visible e infrarrojo. A partir de esta información se elaboran dos tipos de imágenes de satélite, que reciben el nombre de



Figura 4.3. Satélite METEOSAT e imagen infrarroja realizada en color.  
FUENTE: EUMETSAT.

la banda del espectro a la que corresponden. Si las imágenes recibidas se colocan unas tras otras, visualizándose como secuencia, podremos apreciar los movimientos de las nubes, tal y como el hombre del tiempo nos muestra a diario en televisión.

#### **Imágenes visibles (VIS):**

- Las imágenes visibles constituyen una imagen muy similar a la que percibiríamos si nos situásemos sobre el satélite, puesto que, al igual que harían nuestros ojos, el satélite capta la radiación solar tras reflejarse sobre las nubes, la tierra o el mar, dependiendo de la zona.
- El brillo de la imagen depende de tres factores: la intensidad de la radiación solar, el ángulo de elevación del sol y la reflectividad del cuerpo observado. La reflectividad promedio (o albedo) del sistema Tierra-Atmósfera es del 30%, pero, tal y como vimos en el capítulo anterior, la nieve y algunas nubes son capaces de reflejar una gran cantidad de luz, por lo que en una imagen de satélite visible aparecerían más brillantes que, por ejemplo, el mar.
- Aunque las nubes en general son buenos reflectores, su albedo depende del espesor y de la naturaleza de las partículas que las constituyen. Un cirro, por ejemplo, al ser una nube fina formada por cristallitos de hielo, apenas refleja la radiación solar, por lo que es difícil apreciarla en una imagen visible (son casi transparentes).

#### **Imágenes infrarrojas (IR):**

- La intensidad de la radiación infrarroja que emite un cuerpo está relacionada directamente con su temperatura. Así, una nube alta y fría, como puede ser un

cirro, aparecerá muy brillante en una imagen de este tipo. El desierto a medio día, si no hay nubes por encima de él, se verá como una zona muy oscura en la imagen, debido a su elevada temperatura. Las imágenes infrarrojas se pueden realzar en color en función de la temperatura de emisión de la zona, facilitándose así la identificación de zonas muy frías, normalmente correspondientes a cimas de nubes de mucho desarrollo.

- Las imágenes IR impiden distinguir bien las nubes bajas y las nieblas, puesto que como su temperatura es parecida a la de la superficie donde se encuentran, podrían confundirse con ésta.

Las siguientes fotos son las imágenes visible e infrarroja de una misma situación meteorológica. ¿Cuáles son las principales diferencias visuales?



Imagen visible de América del Sur.



Imagen infrarroja realizada en color de América del Sur.

FUENTE: National Oceanic and Atmospheric Administration (NOAA).

En la siguiente tabla se describe el aspecto con que algunos cuerpos se aprecian en las imágenes de satélite.

<b>Cirro</b>	Mancha tenue en VIS y brillante en IR
<b>Cumulonimbo</b>	Mancha brillante en VIS y en IR
<b>Niebla y nube baja</b>	Mancha brillante en VIS y tenue en IR
<b>Borrasca</b>	Espiral que gira en el sentido contrario a las agujas del reloj, en el Hemisferio Norte brillante en VIS y en IR.
<b>Frente</b>	Banda de cientos de kilómetros, brillante en VIS y en IR
<b>Nubes tormentosas</b>	Manchas redondeadas de pequeño tamaño, muy brillantes en VIS y en IR



A veces en las imágenes de satélite de TV se aprecian zonas en las que parece haber más nubes que en la realidad. Al mirar por la ventana, quizás haya algunos cirros que apenas se perciben en el cielo, pero en televisión parecen nubes más importantes, ¿por qué puede ser? (pista: en TV nos muestran imágenes IR)



¿Qué tipo de imagen tendré que utilizar si quiero conocer la situación meteorológica que hay una noche? ¿Por qué?



Busca en Internet las imágenes de satélite de hoy. ¿Distingues alguna borrasca? ¿Algún frente? ¿Alguna tormenta?

### 4.3. EL DIARIO DEL TIEMPO

Ahora que conoces las características de las principales variables meteorológicas y cómo observar y tomar mediciones de las mismas, puedes realizar un diario del tiempo. A continuación tienes un modelo sencillo que puedes utilizar como ejemplo y que te servirá para un mes. Es importante que realices tus observaciones siempre a la misma hora (también puedes tomar dos medidas diarias en vez de una, pero siempre teniendo en cuenta la anterior puntualización). No olvides ser riguroso teniendo en cuenta las condiciones en las que se deben tomar las medidas, y que se han descrito previamente.

- *Temperatura*: registra el valor de temperatura en °C con tu termómetro.
- *Humedad*: si dispones de un higrómetro, indica la humedad en %.
- *Presión*: utilizando el barómetro que has construido, indica si la presión está subiendo, bajando o permanece estacionaria, ya que es difícil que puedas obtener un valor representativo.
- *Viento*: si dispones de un anemómetro podrás registrar la intensidad de viento, clasificando ésta en débil, moderada o fuerte. Con una veleta podrás registrar la dirección de la cual proviene el viento. También puedes animarte a construir tu propio anemómetro y veleta para tomar esta medición. En la siguiente página web encontrarás como hacerlo: [http://www.geocities.com/silvia\\_larocca/](http://www.geocities.com/silvia_larocca/)
- *Precipitación*: mediante el pluviómetro registra el agua caída acumulada durante las 24 horas previas, en litros/m<sup>2</sup>.
- *Nubosidad*: puedes indicar si el cielo está despejado, parcialmente nuboso o totalmente cubierto.

Día	Día ejemplo	1	2	3	...	28	29	30	31
Temperatura	15 °C								
Humedad	90%								
Presión	Bajando								
Viento	SE moderado								
Nubosidad									
Cantidad de precipitación	2 litros /m <sup>2</sup>								
Tipo de precipitación	Lluvia								

Cuando hayas recopilado la información de todo el mes, puedes hacer un resumen estadístico en donde informarás la cantidad de días en el mes que el cielo estuvo despejado, nublado o con algún tipo de nubosidad, la cantidad de días con lluvias, tormentas, granizo, nieve, temperaturas en determinados rangos de valores, y datos de viento.

	Temperatura			Nubosidad		
	< 10 °C	10 °C < T < 20 °C	> 20 °C			
<b>Total Días</b>						
	Precipitaciones			Viento		
	Lluvia	Nieve	Granizo	Débil	Moderado	Fuerte
<b>Total Días</b>						

También puedes representar gráficamente la evolución de la temperatura a través del tiempo, usando un eje de coordenadas cartesianas. En el eje de abscisas indicarás los días y en el eje de ordenadas los valores de temperatura.

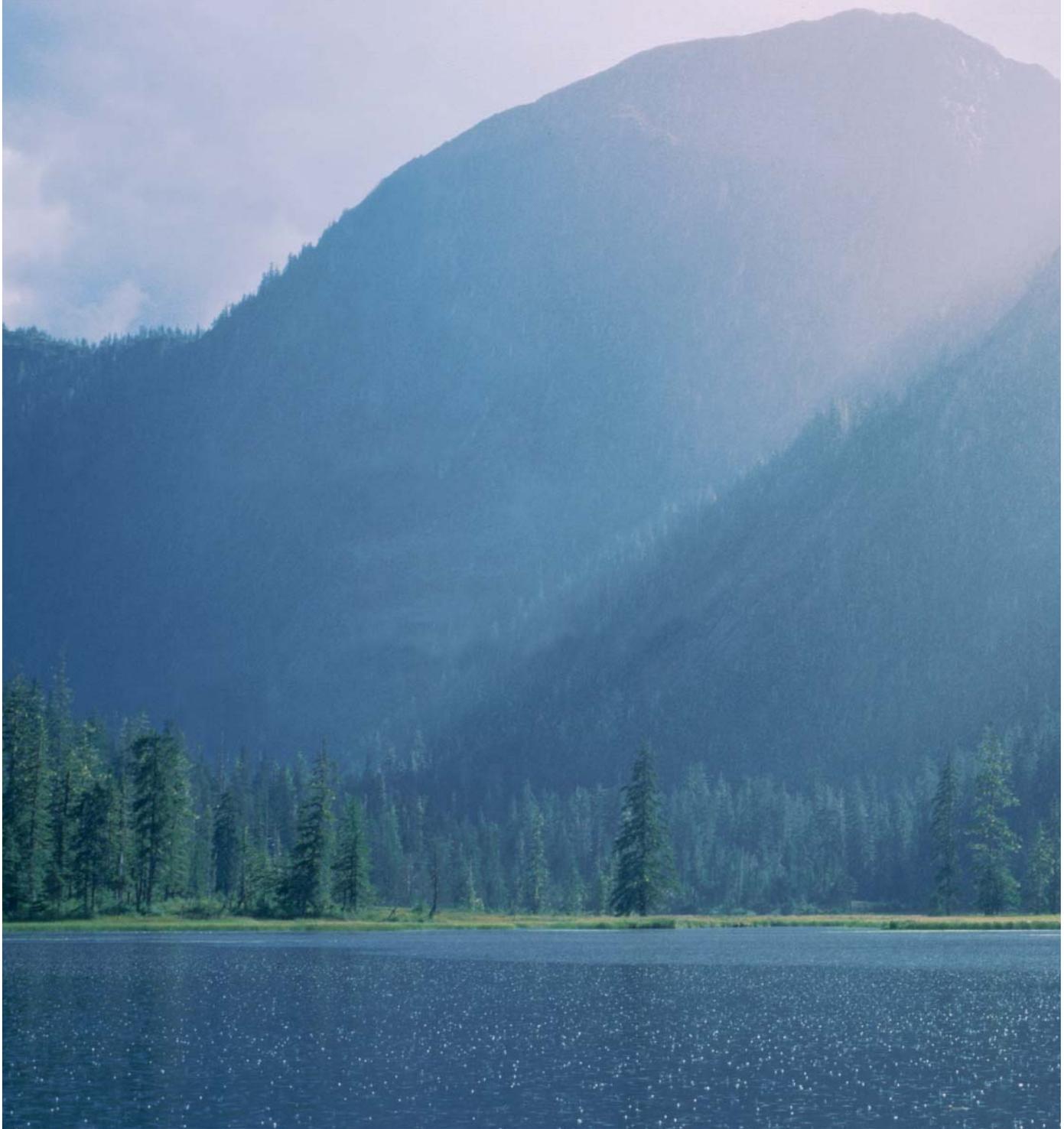
Otra manera de ejercitarte como meteorólogo es participando en algún proyecto científico para los que la participación de los centros escolares resulta de gran interés. Por ejemplo, puedes colaborar enviando tus mediciones meteorológicas al proyecto S'COOL de la NASA o al proyecto GLOBE. Muchos otros estudiantes han participado, ¡ánimate tú también!

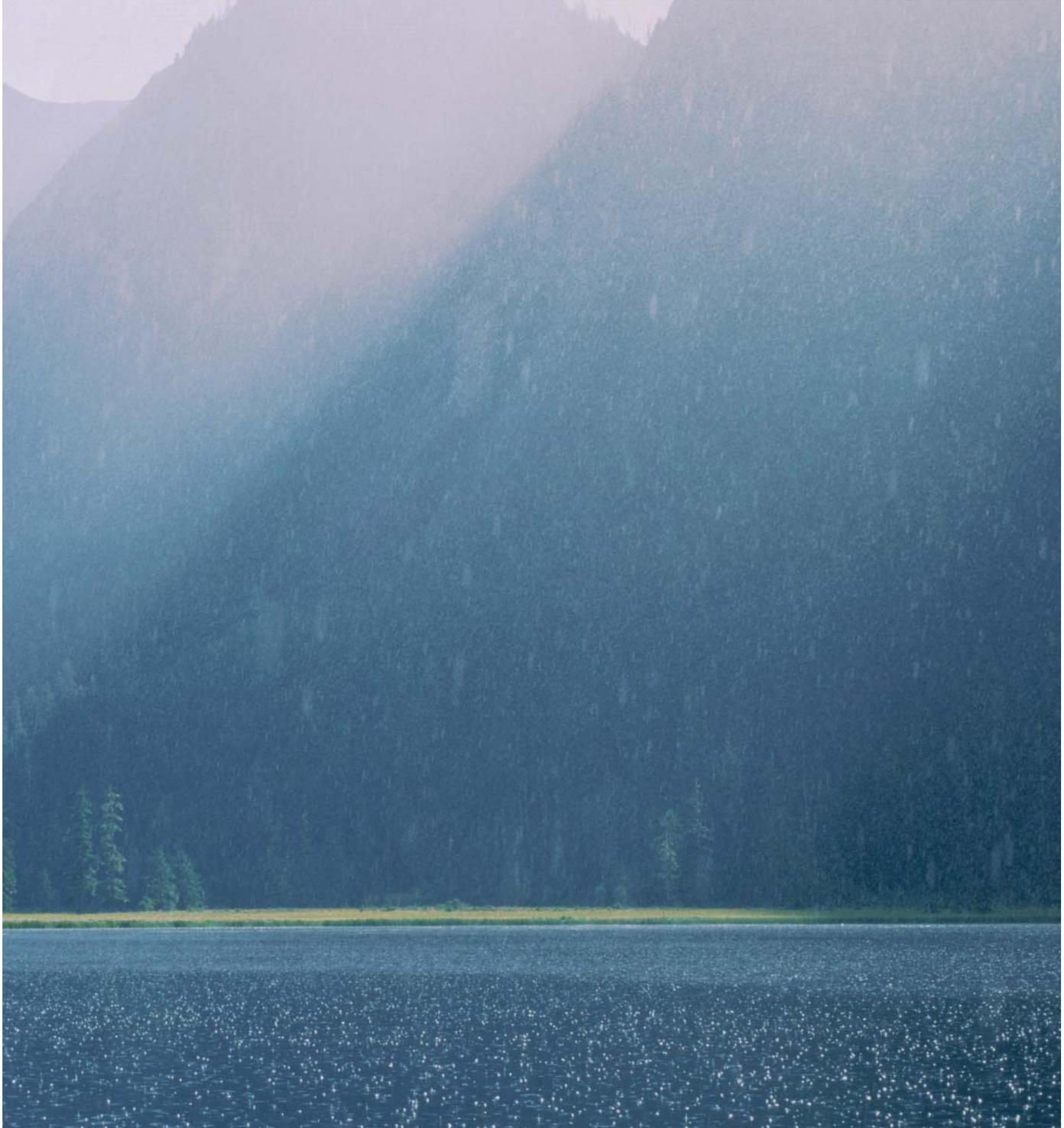


<http://asd-www.larc.nasa.gov/SCOOOL/>



<http://www.globe.gov>





## 5. LOS MAPAS METEOROLÓGICOS

Los mapas del tiempo son representaciones gráficas de los valores de ciertas variables meteorológicas sobre una zona geográfica determinada. Su uso está generalizado entre los meteorólogos, ya que aportan una interesante imagen de conjunto de las situaciones atmosféricas.

Una de las variables que mayor información nos proporciona a la hora de conocer una situación meteorológica es la presión atmosférica, cuyos valores sobre la superficie terrestre quedan representados en los denominados **mapas de isobaras**, como los que aparecen diariamente en los medios de comunicación.

Las isobaras, o líneas que unen puntos de igual presión, nos dan idea de la intensidad del viento (a mayor proximidad entre isobaras, mayor intensidad), así como de su procedencia. De este modo puede saberse si va a llegar aire frío del Polo o si, por el contrario, va a ser cálido del desierto, húmedo del océano, o seco del continente.

Cuando en un mapa de isobaras existe una zona en la que la presión es más alta que a su alrededor, entonces aparece una "A" y decimos que hay un **anticiclón**. En esta zona la estabilidad atmosférica será alta, puesto que el movimiento del aire es descendente evitando la formación de nubosidad, y difícilmente lloverá. Si por el contrario la presión empieza a decrecer, en el punto en el que alcanzan su valor mínimo aparece una "B" y decimos que hay una zona de baja presión o **depresión**. En este caso habrá mayor inestabilidad y si se dan otra serie de condiciones podría llover fácilmente. Cuando una zona de bajas presiones va acompañada de tiempo muy lluvioso y con viento intenso podemos llamarla **borrasca**.

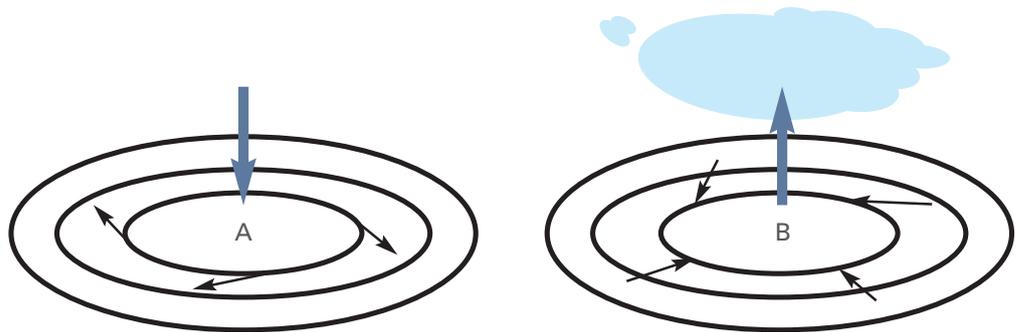


Figura 5.1. Centros de altas y bajas presiones.

En el Hemisferio Norte, en un anticiclón, el viento gira aproximadamente siguiendo las isobaras en sentido horario, con tendencia a alejarse de su centro. En una depresión, el giro del viento se produce en sentido antihorario, con tendencia a dirigirse hacia su centro. Ambos tipos de movimiento se indican en la figura 5.2.

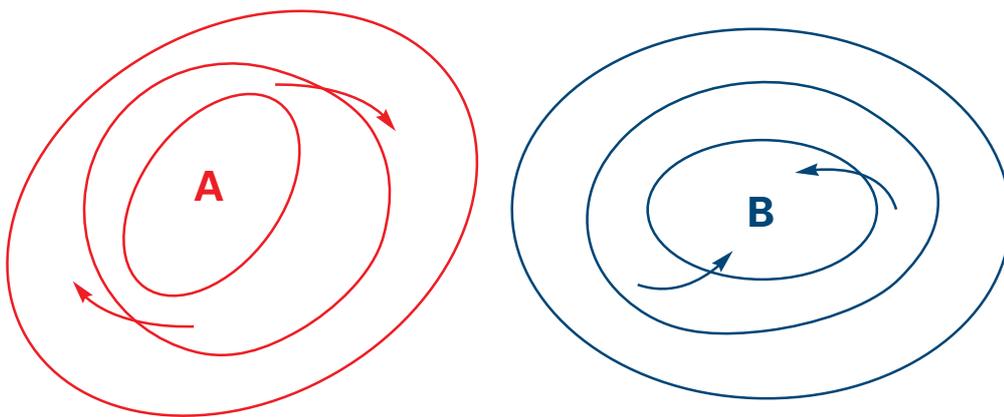


Figura 5.2. Sentido de giro del viento en las altas y bajas presiones.

Otra información que suele aparecer en los mapas de isobaras es la representación de los frentes, cuyo trazado suele coincidir con zonas de cambio brusco en la curvatura de las isolíneas. En los mapas, los frentes se representan mediante pequeños triángulos (frente frío) o semicírculos (frente cálido) unidos por una línea que se prolonga a lo largo de toda su extensión geográfica. Un frente es una zona de gran inestabilidad atmosférica, coincidente con la separación entre dos masas de aire que se encuentran a distintas temperaturas. Si una masa fría llega a una zona en la que la temperatura es mayor, decimos que se forma un *frente frío*. Además de descender las temperaturas, en estos casos suelen producirse precipitaciones de lluvia o nieve. Si, por el contrario, la masa que llega a una zona está a mayor temperatura que la zona que invade, se formará un *frente cálido*. También se producirá nubosidad, pero las temperaturas serán más suaves y, como mucho, habrá precipitaciones débiles.

Para entender todo esto mejor, vamos a analizar el mapa de isobaras que aparece a continuación. Esto nos permitirá determinar el tiempo que tendríamos en la Península Ibérica el día al que corresponde este mapa, que representaremos en un mapa de símbolos denominado **mapa significativo**.

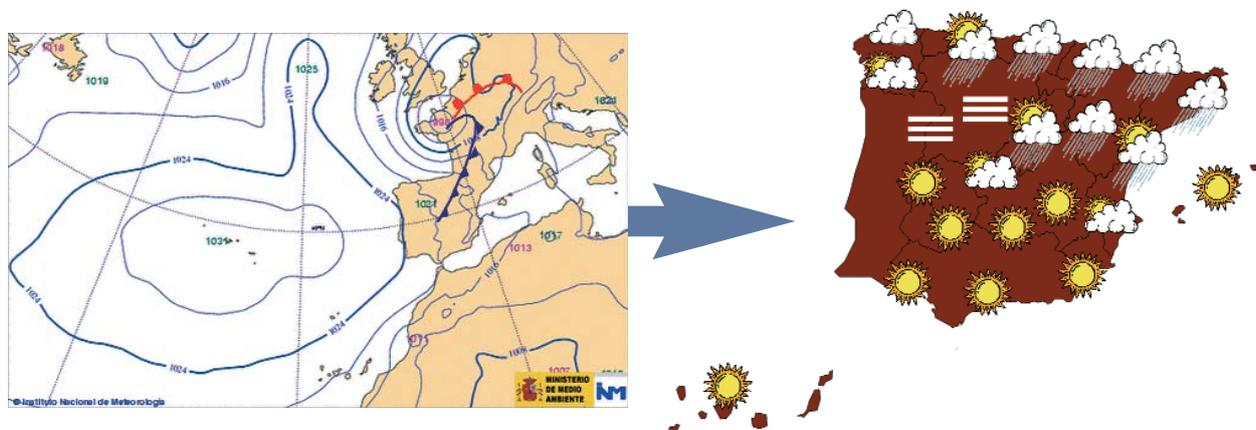


Figura 5.3. Mapa de isobaras y frentes (izquierda) y el correspondiente mapa significativo (derecha).

En el mapa de isobaras de la figura 5.3, podemos ver como al norte de la Península Ibérica, situado sobre la Bretaña francesa, aparece un centro de bajas presiones, que hará que el tiempo sea más inestable en las regiones cantábricas y pirenaicas. Asociado a esta depresión, vemos un sistema frontal, con una parte cálida situada en Centro-Europa, y una parte fría, que inestabilizará el tiempo en el interior peninsular. En su movimiento de oeste a este, el frente procedente del Atlántico se trasladará hacia el Mediterráneo, barriendo la mitad oriental de la Península en un futuro próximo. Sin embargo, su actividad irá disminuyendo según nos traslademos hacia el sur, donde por influencia del anticiclón atlántico, las presiones serán más altas y el tiempo más estable.

La disposición de las isobaras (en torno al anticiclón y a la baja) indica que los flujos de viento que alcanzarán la Península serán predominantemente del noroeste, por lo que el aire llegará fresco y cargado de humedad. Este hecho, unido a que el viento no será muy intenso en el interior (las isobaras no están muy juntas), hace prever también la formación de algunas nieblas. Aparte de la nubosidad que el frente llevará al norte de la Península, la barrera orográfica que para el viento noroeste supone la Cordillera Cantábrica, hace pensar que allí se formará nubosidad de tipo orográfico: Al chocar contra las montañas, el aire se verá obligado a ascender, y su humedad se condensará, favoreciendo la formación de nubes en esta zona.

En cuanto a la intensidad de los vientos, hay que destacar la mayor proximidad de las isobaras en el extremo norte de la Península Ibérica, y en especial en la costa atlántica, donde los vientos serán algo más fuertes.

Cada oveja con su pareja: ¿Qué representan estos símbolos meteorológicos?



Frente cálido

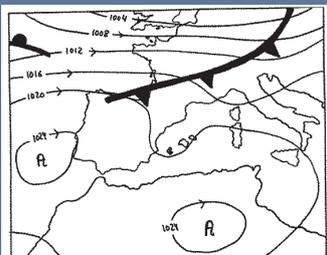
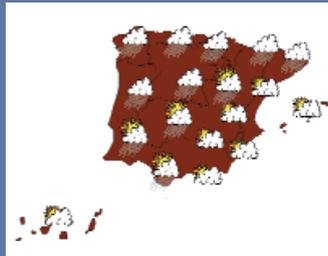
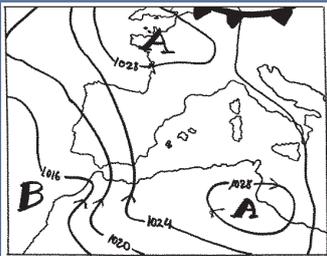
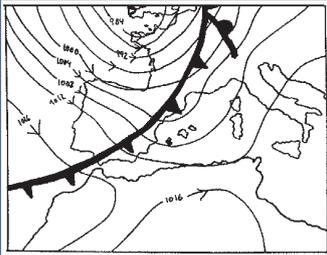
Viento fuerte

Frente frío

Niebla

Tormenta

Cada oveja con su pareja: ¿Qué mapa significativo le corresponde a cada uno de estos mapas de isobaras?



Para llegar a conocer bien el tiempo que afecta a una zona, los meteorólogos se apoyan en la representación de muchas otras variables atmosféricas, aparte de la presión del aire en superficie. Otro tipo de mapas muy utilizados son los mapas del tiempo en altura, los llamados **mapas de isohipsas** o de **geopotencial**. Las isohipsas son líneas que unen puntos situados a la misma altura para un cierto nivel de presión (normalmente 500 hPa) y están muy relacionadas con la temperatura del aire en las capas altas de la atmósfera (a unos 5.000 m de altitud en el caso del mapa de 500 hPa).

Como sabemos, el aire cálido tiende a ascender, por ello, si en las capas altas de la atmósfera hay aire muy frío, se producirán movimientos verticales de las masas de aire y ésta será una situación de inestabilidad, en la que podrían darse precipitaciones. En un mapa de isohipsas en 500 hPa, esta situación se correspondería con la presencia de una *vaguada*, o valores bajos de geopotencial. Por el contrario, si en un mapa de isohipsas aparece una zona de altos valores de geopotencial (*dorsal*), se trataría de una zona en la que el aire en altura se encuentra a temperaturas elevadas, lo cual es indicativo de una situación meteorológica estable, en la que sería improbable la presencia de precipitaciones.

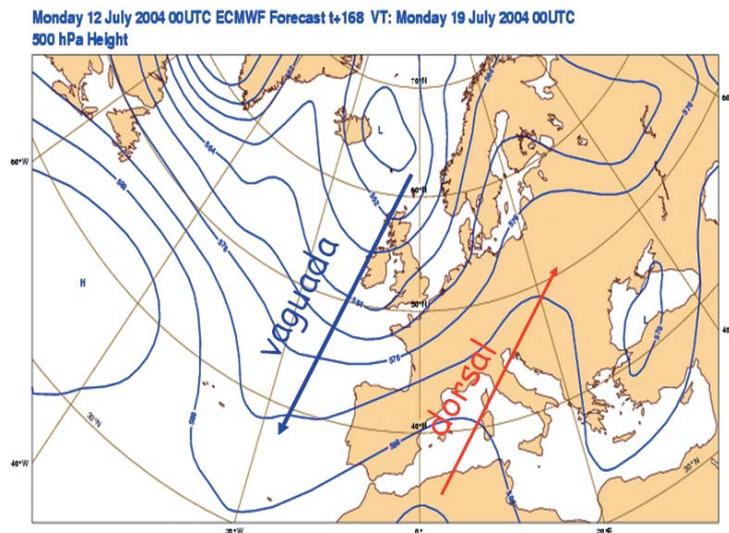


Figura 5.4. Mapa de geopotencial en 500 hPa: vaguada y dorsal.  
FUENTE: Centro Europeo de Predicción a Medio Plazo, ECMWF.



## 6. LA PREDICCIÓN DEL TIEMPO

La predicción del tiempo es una cuestión de mucha relevancia en nuestros días. De ella dependen decisiones cotidianas, como elegir la ropa del día o acarrear con el paraguas. Pero la predicción meteorológica también es la base para la preparación de situaciones de alerta por parte de los servicios de protección civil o la celebración de espectáculos multitudinarios al aire libre.



¿Se te ocurre algún otro ejemplo de situaciones en las que la predicción meteorológica pueda jugar un papel importante?

La predicción meteorológica consiste en la determinación anticipada de los valores correspondientes a variables meteorológicas como la temperatura, la presión, la humedad, la nubosidad, la precipitación, etc., que afectarán a una determinada región.

La predicción meteorológica puede realizarse mediante técnicas estadísticas, pero la forma más habitual, y la que normalmente ofrece mejores resultados, está basada en la resolución de las ecuaciones matemáticas correspondientes a las leyes físicas que describen el comportamiento de la atmósfera. Para ello se parte del conocimiento del estado inicial de la atmósfera mediante los datos de observación comentados anteriormente. Una vez resueltas estas ecuaciones, con las condiciones iniciales dadas, se obtiene una descripción del estado futuro de la atmósfera y, de este modo, se puede llegar a saber qué tiempo va a hacer después de unas horas o días, es decir, puede elaborarse una predicción meteorológica, como las que habitualmente obtenemos de los medios de comunicación (TV, radio o periódicos).

Ahora bien, estas ecuaciones son de resolución ciertamente complicada, puesto que se trata de ecuaciones para las que no siempre existe una solución exacta que permita conocer los valores futuros de las variables. Por esta razón, los meteorólogos se ven obligados a recurrir a las llamadas técnicas de modelización numérica. Formalmente la predicción numérica del tiempo consiste en resolver de forma numérica un conjunto de ecuaciones diferenciales referidas a la conservación de la masa, de la energía y del momento en la atmósfera. A partir de unas condiciones iniciales, determinadas por las observaciones hechas en un determinado instante de tiempo ( $t$ ), se obtienen los valores de las variables consideradas en un tiempo posterior ( $t + \Delta t$ ).

Los pasos en los que se desarrolla una predicción de este tipo son los siguientes:

1. Recogida de observaciones.
2. Control de calidad de observaciones.
3. Determinación de las condiciones iniciales en una serie de puntos geográficos (que en su conjunto conforman la denominada *rejilla del modelo*).
4. Resolución de las ecuaciones correspondientes a cada punto de la rejilla para un intervalo de tiempo  $\Delta t$ .
5. Repetición del proceso de resolución de las ecuaciones hasta llegar a la solución correspondiente al tiempo final de predicción (24h, 48h, 10 días...).
6. Representación gráfica de los resultados en forma de mapas de isolíneas.



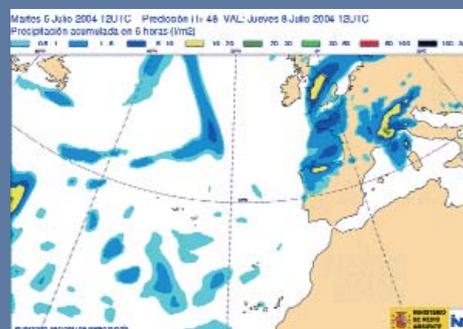
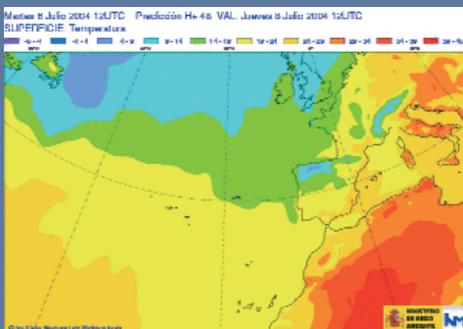
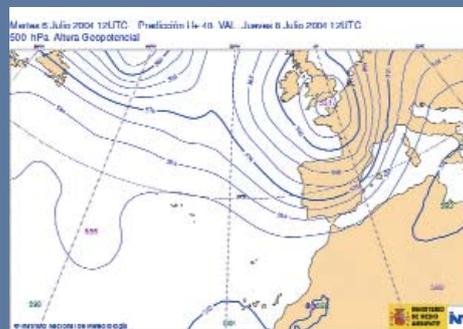
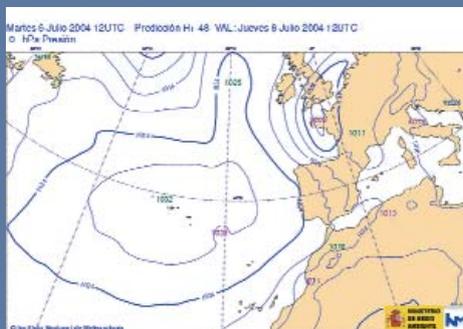
En Internet existen multitud de sitios en los que se puede consultar la predicción del tiempo:

[www.cnn.com/weather](http://www.cnn.com/weather),  
[www.accuweather.com](http://www.accuweather.com),  
[www.meteored.com](http://www.meteored.com).

Elige dos de estos sitios, traslada a dos mapas de Europa las previsiones correspondientes a 10 ciudades europeas y compara ambos mapas.

Los siguientes mapas corresponden a la predicción meteorológica a 48h que elaboró el Instituto Nacional de Meteorología (INM) para el 8 de julio de 2004. Consúltalos y di si las afirmaciones que aparecen a continuación son Verdaderas o Falsas:

- El viento predominante en la Península Ibérica será del Norte
- La presencia de aire frío en las capas altas de la atmósfera traerá inestabilidad al Norte Peninsular
- Apenas habrá diferencias térmicas entre el Norte y el Sur Peninsular
- Estará completamente despejado al Norte de la Cordillera Central
- Habrá cielos despejados en la Costa Mediterránea

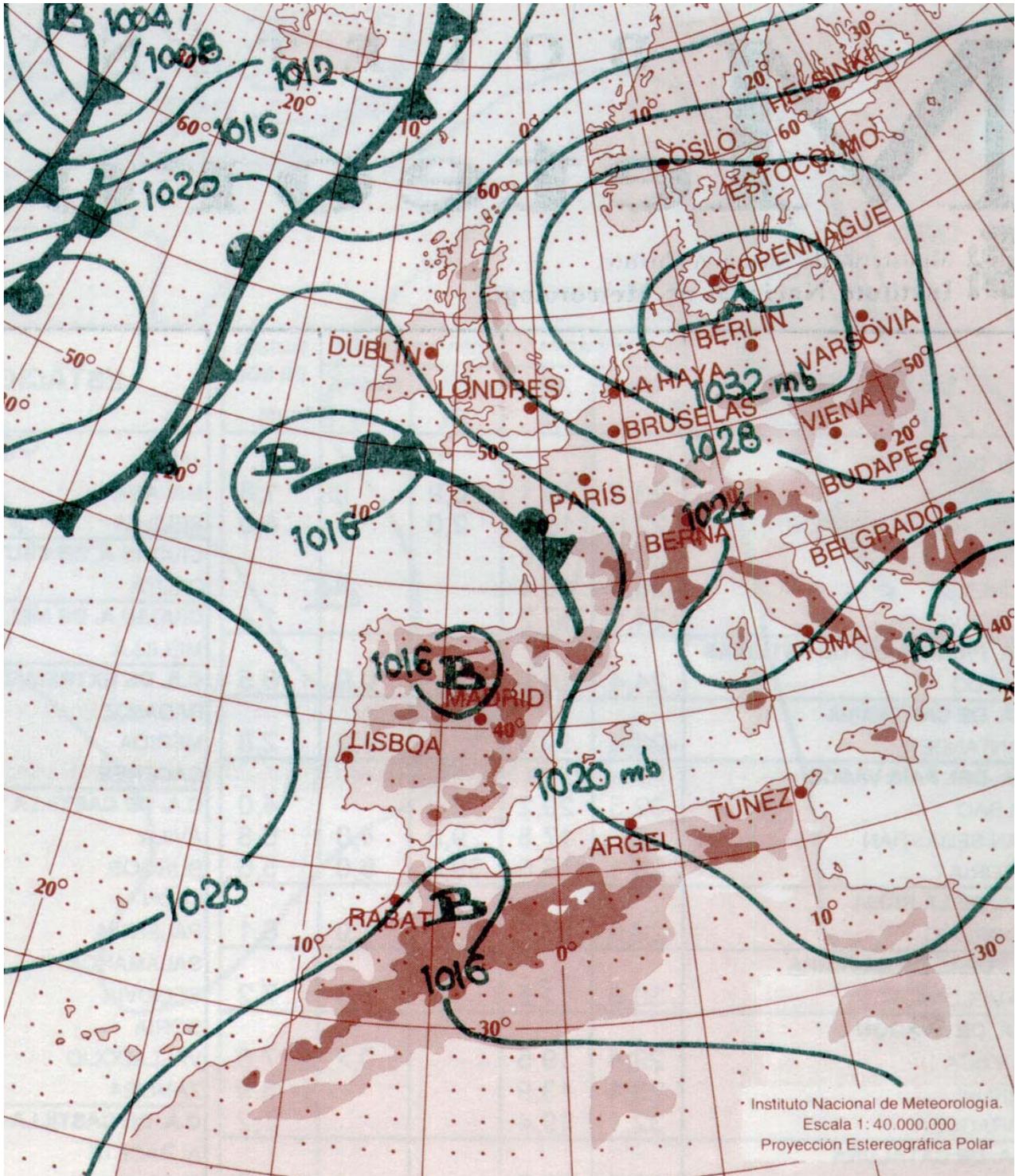


Además de interpretar mapas, y dependiendo de qué tipo de predicción quiera realizarse, un meteorólogo tiene que consultar otras fuentes de información a su alcance. Una ayuda importante para la predicción en el corto plazo son las imágenes que desde el espacio envían el satélite Meteosat y otros satélites de observación meteorológica. Aproximadamente cada quince minutos, el Meteosat recoge una imagen de la zona del planeta donde nos encontramos, y poniéndolas una tras otra pueden identificarse las masas de nubes, ver por su color de qué tipo son, qué ha ocurrido con ellas, a qué regiones afectan, desde dónde llegan, o si tienden a desaparecer o disiparse.



Entra en la página web del INM ([www.inm.es](http://www.inm.es)) y consulta los mapas de isobaras en superficie, isohipsas en 500 hPa, temperaturas en superficie y precipitaciones previstos para mañana. Elabora tú mismo el mapa significativo para España y compáralo con el que han elaborado los meteorólogos del INM.

A pesar de lo mucho que las técnicas de predicción meteorológica han avanzado, es de todos conocido que a veces se cometen errores. Éstos pueden producirse porque los modelos fallan, o porque el meteorólogo no interpreta bien los resultados (mapas meteorológicos) del modelo. La asociación de fenómenos meteorológicos a los distintos campos de presión, temperatura o geopotencial predichos no es siempre sencilla. Para ello, el meteorólogo necesita conocer bien las repercusiones de las distintas variables en la meteorología local, muy condicionada por las condiciones geográficas de cada lugar.





## 7. EL CLIMA DE NUESTRO PLANETA

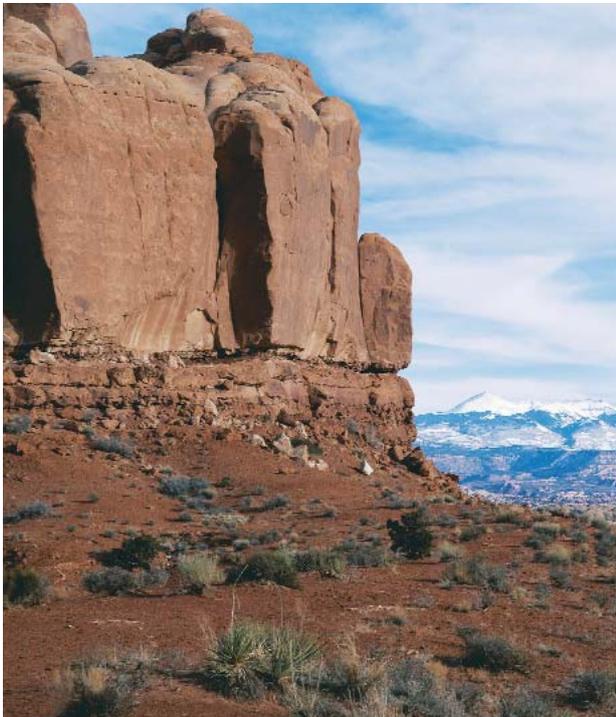
### 7.1. EL CLIMA

¿Crees que la siguiente frase es correcta? ¿Por qué? “Debido a la climatología adversa, el partido de fútbol previsto para esta tarde ha tenido que ser suspendido”.

Antes de empezar a hablar de algo tan importante en nuestras vidas como son las condiciones climáticas de nuestro planeta, es importante aclarar el concepto de “*clima*” y resaltar la diferencia que existe con el término “*tiempo*”, en el sentido meteorológico del mismo.

Por ejemplo, cuando la repentina entrada de un frente frío por las costas portuguesas nos arruina nuestros planes del fin de semana de salir al campo, nos estamos refiriendo a un fenómeno meteorológico que puede durar desde varias horas a varios días. Estamos hablando de “*tiempo*”.

Sin embargo, cuando afirmamos que en nuestra ciudad los inviernos son muy fríos y secos, estamos considerando un periodo de tiempo de decenas de años para realizar una valoración promedio de las temperaturas y precipitaciones invernales. En este caso, estamos hablando del *clima* de nuestra ciudad.



Por tanto, podríamos decir que el *clima* es la síntesis del *tiempo*. Formalmente, el clima se define como el conjunto de estados de tiempo atmosférico que se producen en una determinada región y que otorgan a ésta una particular idiosincrasia.

## 7.2. LA ELABORACIÓN DE CLIMOGRAMAS

### ¿Qué es un climograma?

Un climograma es un gráfico en el que representamos simultáneamente los valores de temperatura media mensual, mediante una línea, y los de precipitaciones mensuales medias, mediante barras verticales, para los doce meses del año. Para ello se utilizan los valores climatológicos promediados en un período estándar de 30 años.

### ¿Cómo se traza un climograma?

Como vemos en el ejemplo que presentamos a continuación para el climograma de Valencia, en el eje horizontal se sitúan los meses del año, mientras que en el eje vertical de la izquierda se representan las temperaturas medias mensuales, de 5 °C en 5 °C, mediante puntos unidos por una línea roja. En el eje de la derecha, y mediante barras azules, se representan las precipitaciones medias mensuales, a doble escala que los datos de temperatura (de 10 mm en 10 mm).

Valencia		
Periodo: 1971-2000	Altitud (m): 58	
Latitud: 43° 22' 02"	Longitud: 8° 25' 10"	
Mes	T (°C)	Precipitación (mm)
E	11,5	36
F	12,6	32
M	13,9	35
A	15,5	37
M	18,4	34
J	22,1	23
J	24,9	9
A	25,5	19
S	23,1	51
O	19,1	74
N	14,9	51
D	12,4	52
AÑO	17,8	454

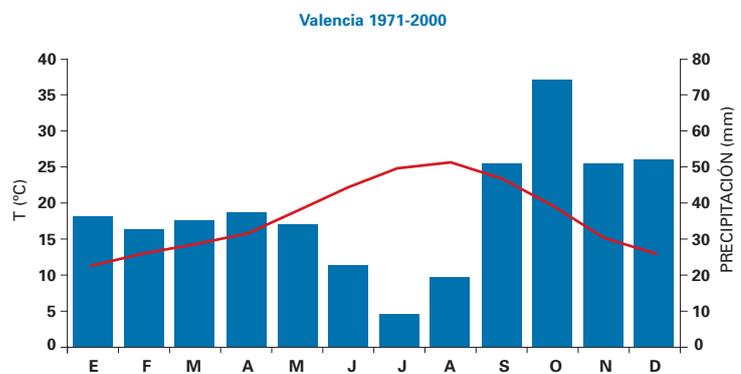


Figura 7.1. Tabla de valores de temperatura y precipitación climatológicos para Valencia (izquierda) y su climograma correspondiente (derecha).

### ¿Qué información podemos obtener del análisis del climograma de una ciudad?

Observando no sólo los valores absolutos de los datos, sino también su tendencia, la existencia de máximos y mínimos, así como la intersección de las curvas de precipitación y temperatura, podemos extraer información acerca de los siguientes aspectos fundamentales:



¿Cuál de las siguientes afirmaciones se refiere al concepto de 'tiempo' y cuál al de 'clima'?

- Los inviernos en Lugo son fríos y húmedos.
- Las fuertes rachas de viento impidieron que se desarrollara la exhibición de vuelo sin motor.
- La temperatura media para el mes de julio en Madrid es de 25°C.
- Un frente frío se introdujo la pasada noche en la Península por las costas gallegas.

## ■ Las temperaturas:

- *La temperatura media anual*

En el ejemplo anterior, la temperatura media anual de la estación de Valencia es de 17,8 °C.

- *El rango de variación térmica anual o amplitud térmica*

(AT), es decir la diferencia entre la temperatura del mes más cálido y la del mes más frío.

Este dato nos aportará información sobre la variabilidad climática de un lugar, la cual estará relacionada con la proximidad de éste a una extensión suficientemente grande de agua. En las zonas costeras, esta magnitud tendrá valores bajos, variando entre 8 °C en Canarias y 15 °C para las zonas costeras del Mediterráneo. En las zonas del interior, con un mayor grado de continentalidad, se obtienen valores más elevados. En el caso de la Península Ibérica, pueden llegar a superarse los 16 °C.

En nuestro ejemplo de Valencia,  $AT = 25,5\text{ °C} - 11,5\text{ °C} = 14,0\text{ °C}$ , que corresponde a una zona costera.

- *La temperatura del verano*

Analizando los valores de temperatura de los meses de verano, tendremos veranos calurosos si algún mes presenta temperaturas medias superiores o iguales a 22 °C. Serán *veranos frescos* aquellos en los que ningún mes presenta valores de temperatura media igual o superior a 22 °C.

Valencia presenta veranos calurosos pues como se puede ver en el climograma, desde junio a agosto las temperaturas medias superan los 22 °C.

- *La temperatura del invierno*

Tendremos *inviernos suaves* si la temperatura media del mes más frío no baja de 10 °C, *moderados*, si se encuentra entre 6 °C y 10 °C, o *fríos*, si la temperatura media del mes más frío está comprendida entre -3 °C y 6 °C. Un caso especial son los climas de montaña, en los que las temperaturas invernales se encuentran próximas o por debajo de los 0 °C.

En el ejemplo de Valencia, vemos que presenta inviernos suaves pues el mes más frío, enero, tiene una temperatura media de 11,5 °C.

## ■ Las precipitaciones:

- *La precipitación anual total*

Se considera muy abundante si supera los 1000 mm (clima de montaña), abun-

dante si se encuentra entre los 800 mm y los 1000 mm (clima de influencia atlántica); escasa si está entre 300 mm y 800 mm (clima de influencia mediterránea) y muy escasa si es inferior a 300 mm (clima subdesértico). En aquellos casos en que sea inferior a 150 mm se considera que el clima pasa a ser de carácter desértico.

La precipitación anual para el caso de Valencia es de 454 mm, por lo que se puede considerar que es 'escasa' pudiendo asociarla a un clima de influencia mediterránea.

- *El patrón anual de las precipitaciones*

No sólo es interesante analizar la cantidad total de precipitación registrada en un lugar, sino la forma en la que ésta se distribuye a lo largo del año. Así, localizar la existencia de máximos principales y secundarios de precipitación nos proporciona información sobre el origen de dicha precipitación:

- Si el máximo principal se localiza en los meses de invierno, la mayor parte de la precipitación tiene un origen frontal. Esto es característico de las zonas de la Península de influencia atlántica.
- Cuando el máximo principal se presenta en los meses de otoño y/o de primavera, el origen de la precipitación es fundamentalmente tormentoso, lo que suele producirse en las zonas peninsulares de influencia mediterránea.

En el climograma de Valencia observamos la existencia de dos máximos de precipitación: uno principal en octubre (74 mm) y otro secundario en abril (37 mm), es decir en otoño y primavera. Esto indica que la precipitación tiene un carácter fundamentalmente tormentoso o convectivo, que es una característica de las zonas climáticas de influencia mediterránea.

## ■ El tipo de clima:

Una vez analizados todos los aspectos relacionados con la temperatura y precipitación, mediante el estudio del climograma, podremos asignar a nuestro lugar de estudio un tipo de clima, e incluso relacionarlo con su posible localización geográfica y las características meteorológicas que suelen dominar en esa región.

En la página web del Instituto Nacional de Meteorología (<http://www.inm.es>) puedes encontrar los valores climatológicos de cualquiera de las estaciones de la Península Ibérica para el período 1971-2000, presentados en tablas como la que se muestra a continuación para Madrid-Cuatro Vientos



Madrid (Aeródromo de Cuatro Vientos)												
Periodo: 1971-2000						Altitud (m): 687						
Latitud: 40° 22' 40"						Longitud: 3° 47' 21"						
Mes	T	TM	Tm	R	H	DR	DN	DT	DF	DH	DD	I
Ene	5,8	10,1	1,4	40	75	6	1	0	7	12	9	156
Feb	7,5	12,4	2,7	36	69	6	1	0	3	6	6	168
Mar	10,1	15,8	4,4	26	58	5	0	0	1	3	6	211
Abr	11,8	17,5	6,2	48	58	7	0	1	1	1	5	223
May	15,8	21,8	9,8	54	55	8	0	4	0	0	4	270
Jun	21,0	27,7	14,2	28	47	4	0	4	0	0	7	293
Jul	24,9	32,1	17,6	17	40	2	0	3	0	0	16	346
Ago	24,5	31,7	17,3	14	41	2	0	2	0	0	14	332
Sep	20,5	26,9	14,0	27	51	3	0	2	0	0	8	238
Oct	14,6	19,9	9,2	48	65	6	0	1	1	0	6	205
Nov	9,5	14,1	4,9	54	73	7	0	0	4	3	6	163
Dic	6,7	10,6	2,7	58	78	7	1	0	6	8	6	127
Año	14,4	20,0	8,7	449	59	63	4	19	25	33	83	2733

Leyenda	
T	Temperatura media/anual (°C)
TM	Media mensual/anual de las temperaturas máximas diarias (°C)
Tm	Media mensual/anual de las temperaturas mínimas diarias (°C)
R	Precipitación mensual/anual media (mm)
H	Humedad relativa media (%)
DR	Número medio mensual/anual de días de precipitación superior o igual a 1 mm
DN	Número medio mensual/anual de días de nieve
DT	Número medio mensual/anual de días de tormenta
DF	Número medio mensual/anual de días de niebla
DH	Número medio mensual/anual de días de helada
DD	Número medio mensual/anual de días despejados
I	Número medio mensual/anual de horas de sol



Realiza el climograma correspondiente a Madrid-Cuatro Vientos y analiza su clima a partir de los datos que se pueden obtener de su estudio.

### 7.3. LOS CONTROLADORES DEL CLIMA

La gran diversidad de climas que caracterizan las distintas regiones de nuestro planeta es el resultado de la interacción de numerosos factores conocidos como controladores del clima. Éstos pueden ser externos, como son los factores astronómicos (distancia entre la Tierra y el Sol, inclinación del eje de rotación de la Tierra, actividad solar) o internos, como son las características geográficas (latitud, distribución tierra-mar, orografía, corrientes oceánicas) y meteorológicos (localización de los principales centros de bajas y altas presiones, vientos dominantes, etc.) de las distintas zonas de la Tierra.

#### Distancia Tierra-Sol

La clave de las condiciones climáticas terrestres reside, entre otros factores, en la radiación solar que recibimos y los efectos que produce en nuestro planeta y su atmósfera. La Tierra se mueve alrededor del Sol según una elipse cuya excentricidad cambia con el tiempo (actualmente es casi un círculo). El tiempo que tarda en describir una vuelta completa es algo más de 365 días.

La distancia promedio entre la Tierra y el Sol es de 150 millones de kilómetros, pero al describir una elipse, la distancia real varía ligeramente a lo largo del año. La Tierra se encuentra más próxima al Sol durante el mes de Enero (unos 147 millones de kilómetros) y más alejada en el mes de Julio (unos 152 millones de kilómetros). Según esto deberíamos concluir que en el Hemisferio Norte, donde nosotros nos encontra-

mos, el tiempo más cálido debería producirse en Enero y el más frío en Julio. Pero sabemos que ocurre exactamente lo contrario. ¿Por qué entonces experimentamos tiempo más cálido cuando nos encontramos más lejos del Sol? La respuesta reside en que no es la proximidad al Sol la principal causa de la existencia de las estaciones, sino que existen otros factores más determinantes en la cantidad de radiación solar que nos llega a la superficie terrestre, como son la inclinación de los rayos solares y el número de horas durante las cuales llega la luz solar a un punto concreto de la Tierra.

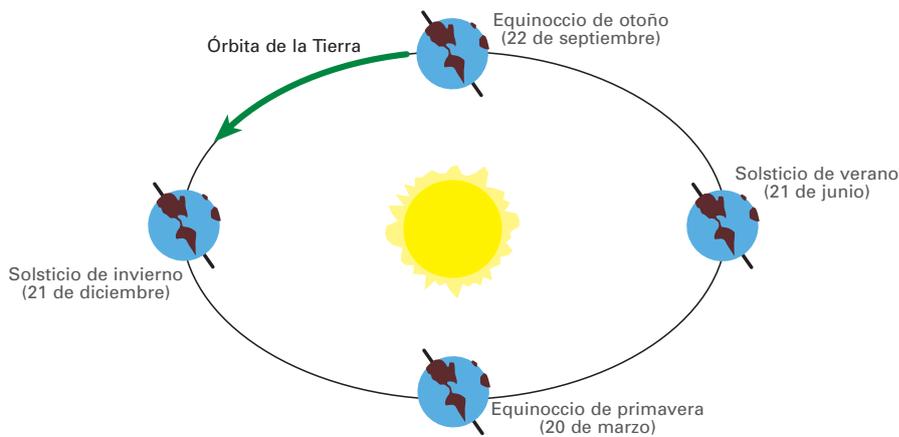


Figura 7.2. Órbita de la Tierra alrededor del Sol.

¿Cuánto tiempo tarda la Tierra realmente en dar una vuelta completa alrededor del Sol? ¿Cómo se corrige este factor para que siga siendo válida la medida de un año como 365 días?



## La latitud

¡Compruébalo tu mismo!

Cuando con una linterna enfocamos perpendicularmente al suelo, observamos una pequeña, pero intensa mancha de luz de forma circular. Pero si inclinamos la linterna, notamos que la mancha luminosa se extiende sobre una mayor superficie, repartiéndose ahora la misma cantidad de luz sobre un área mayor y produciendo menor intensidad luminosa.



La radiación solar que incide sobre la superficie terrestre se comporta de la misma manera. Así, aquellas regiones de la Tierra en las que los rayos solares inciden de forma más perpendicular a la superficie, reciben mayor cantidad de energía por metro cuadrado y por tanto adquirirán mayor temperatura. Por el contrario, las

zonas en las que la radiación solar incidente presenta mayor inclinación, tienen que repartir la misma cantidad de energía en un área mayor, calentándose en menor medida por unidad de superficie.

Los rayos solares que alcanzan el tope de la atmósfera, además tienen que atravesar esta capa antes de incidir sobre el suelo y ser absorbidos. En este camino, sufrirán distintos procesos de dispersión y absorción, llegando más atenuados a su destino final. Por tanto, cuanto mayor sea la inclinación de los mismos, mayor será el recorrido que tienen que realizar para atravesar la atmósfera y en consecuencia llegarán al suelo con menor intensidad.



¿En cuál de las siguientes zonas de la Tierra inciden los rayos solares de forma más perpendicular?:

- a. En los Trópicos
- b. En el Ecuador
- c. En los Polos

¿Es tu respuesta coherente con los valores de temperatura promedio que suelen tener estas regiones?



Si en los Polos no se pone el Sol durante 6 meses, ¿por qué la temperatura no es muy alta en esa época del año?

Con esto concluimos que, al aumentar la latitud, la radiación solar que es absorbida por la superficie terrestre por metro cuadrado es menor y por tanto, en igualdad de condiciones, la temperatura media de esas regiones también será menor.

### **La inclinación del eje de rotación de la Tierra**

El segundo factor importante en el calentamiento de la superficie terrestre es la *duración del día*, es decir, el número de horas de sol que tiene un día. Cuanto más largos sean los días, existirá mayor cantidad de energía solar disponible para alcanzar el suelo y calentarlo. Este motivo también contribuye a que los días de verano (más largos) sean más calurosos que los días de invierno (más cortos). Además el Sol alcanza mayor altura en un día de julio que en agosto. Esto es debido a *la inclinación del eje de rotación de la Tierra*, que es de unos  $23,5^\circ$  con respecto a la perpendicular al plano de la órbita terrestre, lo que hace que el Hemisferio Norte esté inclinado hacia el Sol en verano y alejándose del Sol en los meses de invierno. Al contrario ocurre en el Hemisferio Sur.

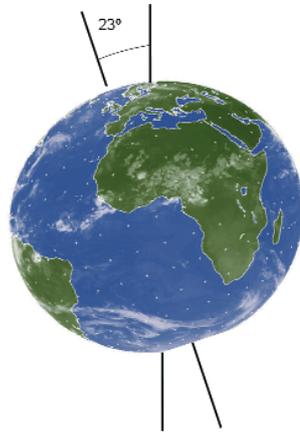


Figura 7.3. Inclinación del eje de rotación de la Tierra.

Si el eje de rotación de la Tierra fuese completamente vertical, ¿Cuál sería la duración de los días y las noches?



### La distribución tierra-mar

Otro factor que afecta a los valores de temperatura de una región determinada, y por tanto a su clima, es su *situación geográfica*. Para una misma latitud, observamos que en invierno, las ciudades que se encuentran en el interior de los continentes, alcanzan valores de temperatura mucho más bajos que las que se localizan en las proximidades de mares y océanos. En verano ocurre justo lo contrario. Esto se debe a las diferentes propiedades termodinámicas del agua y el suelo que, como vimos en el capítulo 3, se traducen en que el suelo se calienta y enfría más rápido que el agua. Por otro lado, la energía que llega a la superficie es absorbida sólo por una fina capa del suelo, mientras que en el agua es distribuida a mayor profundidad gracias a la facilidad que tiene para circular en el seno de la misma. Además, parte de la radiación solar que incide sobre el agua se usa para evaporar parte de ésta y no para calentarla.

Gracias a este efecto “termorregulador” del agua, las ciudades costeras o próximas a grandes superficies acuáticas, disfrutan de temperaturas más suaves durante todo el año que las ciudades situadas en el interior de los continentes, que tienen mayores contrastes térmicos entre los meses de verano e invierno.

### Las corrientes oceánicas

Las corrientes oceánicas son otro factor influyente en la temperatura del aire a lo largo de las márgenes de los continentes. Así, las que transportan agua relativa-

mente cálida desde latitudes bajas hacia los Polos, suavizan las temperaturas de las ciudades a las que bañan, normalmente en las costas este de los continentes. Por el contrario, las costas oeste de los continentes suelen tener valores más frescos de temperatura, dado que las corrientes oceánicas que las afectan transportan agua fría desde los Polos al Ecuador.



Lisboa y Nueva York se encuentran situadas aproximadamente a la misma latitud. ¿Qué corrientes oceánicas bañan a estas dos ciudades? Busca en Internet las características climáticas de ambas y relacionalas con su situación geográfica.

### **La circulación general de la atmósfera**

En el curso de un río, el agua lleva una dirección dominante camino del mar, pero en ese camino se suele encontrar con pequeños obstáculos, como una roca o un tronco, que producen remolinos que no siguen el curso natural del río pero que no evitan que el río alcance su destino final.

Algo similar ocurre en la atmósfera terrestre: El distinto calentamiento entre las diferentes partes del Planeta, genera movimientos de las masas de aire desde unas zonas a otras para intentar equilibrar estas diferencias térmicas. Como consecuencia, la energía recibida se reparte, dando lugar a lo que se conoce como ‘circulación general de la atmósfera’ (el curso principal del río). Los vientos dominantes se ocupan de transportar las masas de aire cálidas desde el Ecuador hacia los Polos, haciendo así más agradable el clima de latitudes medias. Fenómenos locales, como una tormenta, o un tornado, constituyen situaciones que se apartan de la circulación general, pero que no la alteran (serían esos ‘pequeños remolinos turbulentos’ que aparecen en el curso principal del río).

Para poder entender el complejo movimiento de la atmósfera producido por el hecho de que la Tierra es aproximadamente una esfera en rotación, recibiendo energía de forma desigual, es necesario utilizar modelos que nos permitan entender de forma sencilla los mecanismos que rigen estos movimientos.

Imaginemos que la Tierra fuese una esfera en rotación sobre la que los rayos de Sol incidieran siempre perpendicularmente en el Ecuador. Debido al calentamiento y a la rotación, se producirían fuertes ascensos de las masas de aire sobre esta región. Este mecanismo favorecería la formación de grandes tormentas tropicales y lluvias frecuentes e intensas, posibilitando en esa región la existencia de extensas zonas de frondosa vegetación, como ocurre en la realidad con la Amazonia.

Cuando aspiramos el aire a través de una pajita para beber un refresco, éste asciende por la misma y el lugar que ocupaba en el fondo del vaso es ocupado por otra parte del líquido que se encontraba próximo a él. El defecto de masa que ha producido la succión se equilibra con masa procedente de los alrededores, que trata de rellenar el vacío producido al aspirar (disminución de la presión). Recuerda lo que vimos al hablar de la formación de las brisas de mar.

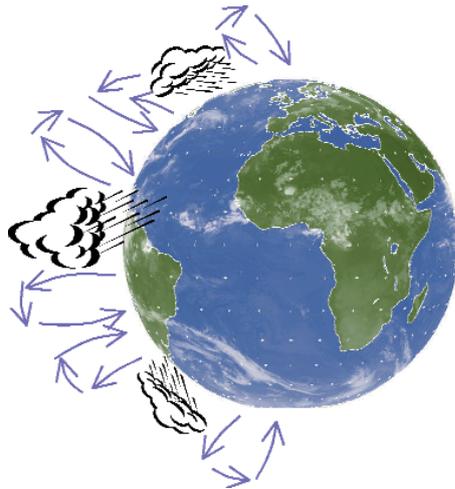


Figura 7.4. Esquema de la circulación general de la atmósfera.

Pues bien, algo parecido ocurre en la atmósfera (figura 7.4): cuando en el Ecuador se produce el ascenso de las masas de aire calientes, en superficie se produce un movimiento horizontal del aire que tiende a compensar este defecto de masa. Esto da lugar a vientos del noreste en el Hemisferio Norte (los famosos vientos alisios que llevaron a Colón a las costas de América) y del sureste en el Hemisferio Sur que confluyen en la zona ecuatorial, en lo que se ha dado en llamar ‘la zona de convergencia intertropical’ (ITCZ).

Alejémonos ahora del Ecuador. ¿Qué ocurre en las latitudes medias (alrededor de 30° de latitud norte o sur)? Allí se produce el proceso contrario: las masas de aire frías que se encuentran en altura descienden verticalmente sobre esas regiones, dando lugar a potentes anticiclones en superficie (‘altas subtropicales’). Recordemos que cuando el aire desciende sobre una zona no se favorece la formación de nubosidad. Por esta razón, los principales desiertos del Planeta se sitúan aproximadamente en estas latitudes.

Además, el aire que llega al suelo desde la vertical no puede penetrar en la tierra, por lo que no tiene más opción que moverse horizontalmente alejándose de ese punto (divergencia).



- Localiza en un mapa el desierto del Gobi y el del Sahara ¿qué tienen en común?
- Sitúa la Península Ibérica dentro del régimen de circulación general de la atmósfera y describe las características meteorológicas dominantes.

Hacia los 60° de latitud norte o sur, se define un nuevo cinturón de convergencia en superficie y de divergencia en altura. Sin embargo, aquí la situación es diferente a la que se presenta en el Ecuador: debido al fuerte contraste de temperatura entre las masas de aire polar y subtropical, se produce una marcada superficie de discontinuidad entre ambas masas. Así, la masa subtropical más cálida y ligera asciende paulatinamente sobre la polar, más fría y densa, formándose lo que se conoce como el ‘frente polar’, causante de los sistemas de baja presión que llegan a nuestras latitudes.

Este modelo, aunque sea una versión extremadamente simplificada del Planeta, refleja bastante bien el verdadero movimiento del aire y sus consecuencias sobre el clima de la Tierra. Los pequeños ‘remolinos turbulentos’ aparecerán en este ‘curso principal del río’ en el momento en el que se incluya la verdadera y compleja configuración del Planeta, con la verdadera inclinación de su eje de rotación, la distinta distribución de tierra y mar, la orografía, etc.

## 7.4. LA EVOLUCIÓN DEL CLIMA DE LA TIERRA

El planeta Tierra no siempre ha presentado el aspecto con el que nosotros lo conocemos hoy en día, con su distribución actual de continentes y océanos y las temperaturas tan ‘agradables’ de que disfrutamos. Su configuración ha ido evolucionando con el paso de los años, las décadas y los siglos, y con ella las condiciones climáticas de las distintas regiones.

Es difícil conocer con exactitud cuáles eran las condiciones climáticas de hace millones de años, dado que, obviamente, no se dispone de los registros meteorológicos con los que contamos hoy en día para analizar los valores de temperatura, precipitación, viento, etc., y que nos ayudan a caracterizar el clima de una región.

Para salvar esta dificultad, la Paleoclimatología, que es el campo de la Climatología que estudia los climas del pasado, recurre a diversas técnicas que ayudan a obtener evidencias sobre las condiciones climatológicas de otras épocas. Citaremos brevemente algunas de ellas:

- El análisis de los registros fósiles encontrados, por ejemplo en los fondos oceánicos o en cuevas profundas, nos proporciona información sobre el rango de temperaturas existentes en la época en la que vivió el ser vivo al que corresponden esos restos, ya que sabemos bajo qué condiciones ambientales pueden vivir las distintas especies animales y vegetales.
- Técnicas estratigráficas, como por ejemplo las que extraen núcleos de hielo de los glaciares o de las profundidades de la Antártida. En ellas se suele analizar la concentración de isótopos de oxígeno en las burbujas de aire que contienen. Se sabe que en los periodos cálidos aumentaba la concentración del isótopo más pesado del oxígeno ( $^{18}\text{O}$ ). Estos núcleos de hielo también proporcionan información sobre la composición química de la atmósfera de aquella época, pudiendo determinarse, por ejemplo, la existencia de erupciones volcánicas y su posible influencia sobre el clima de ese periodo.
- La Dendroclimatología, que mediante el estudio de los anillos de crecimiento de los árboles, extrae información acerca de la existencia de periodos cálidos, secos, fríos, lluviosos, etc.
- El Paleomagnetismo estudia las propiedades magnéticas de algunas rocas, deduciendo de ellas las condiciones ambientales que existían durante su formación.
- Para el estudio de climas de épocas más recientes, también se recurre a documentos de archivos municipales y eclesiásticos, que hablan de grandes inundaciones, sequías y sus efectos sobre las cosechas.



¿Qué información acerca del clima nos daría un tronco de un árbol si los 3 anillos más próximos a la corteza son tremendamente finos comparados con el resto?

Gracias a las evidencias obtenidas mediante estos y otros métodos de estudio, los científicos están de acuerdo en que el clima de nuestro planeta siempre ha estado en lento, pero permanente cambio de forma natural.

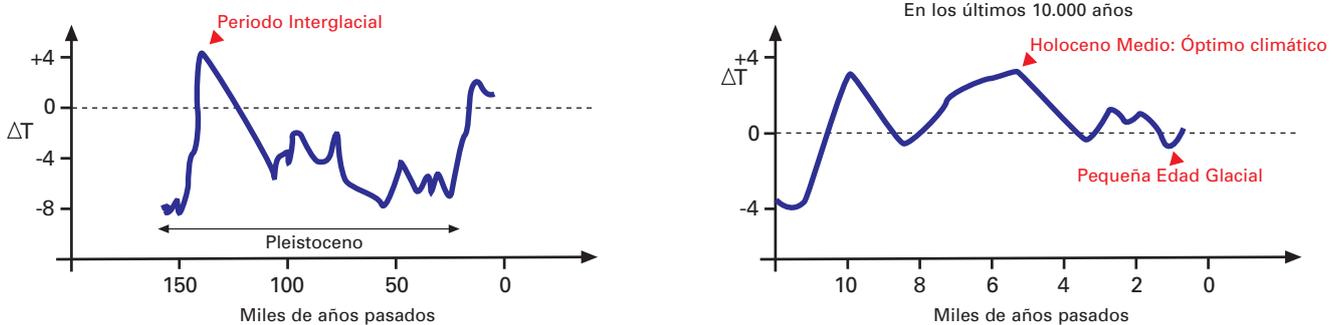
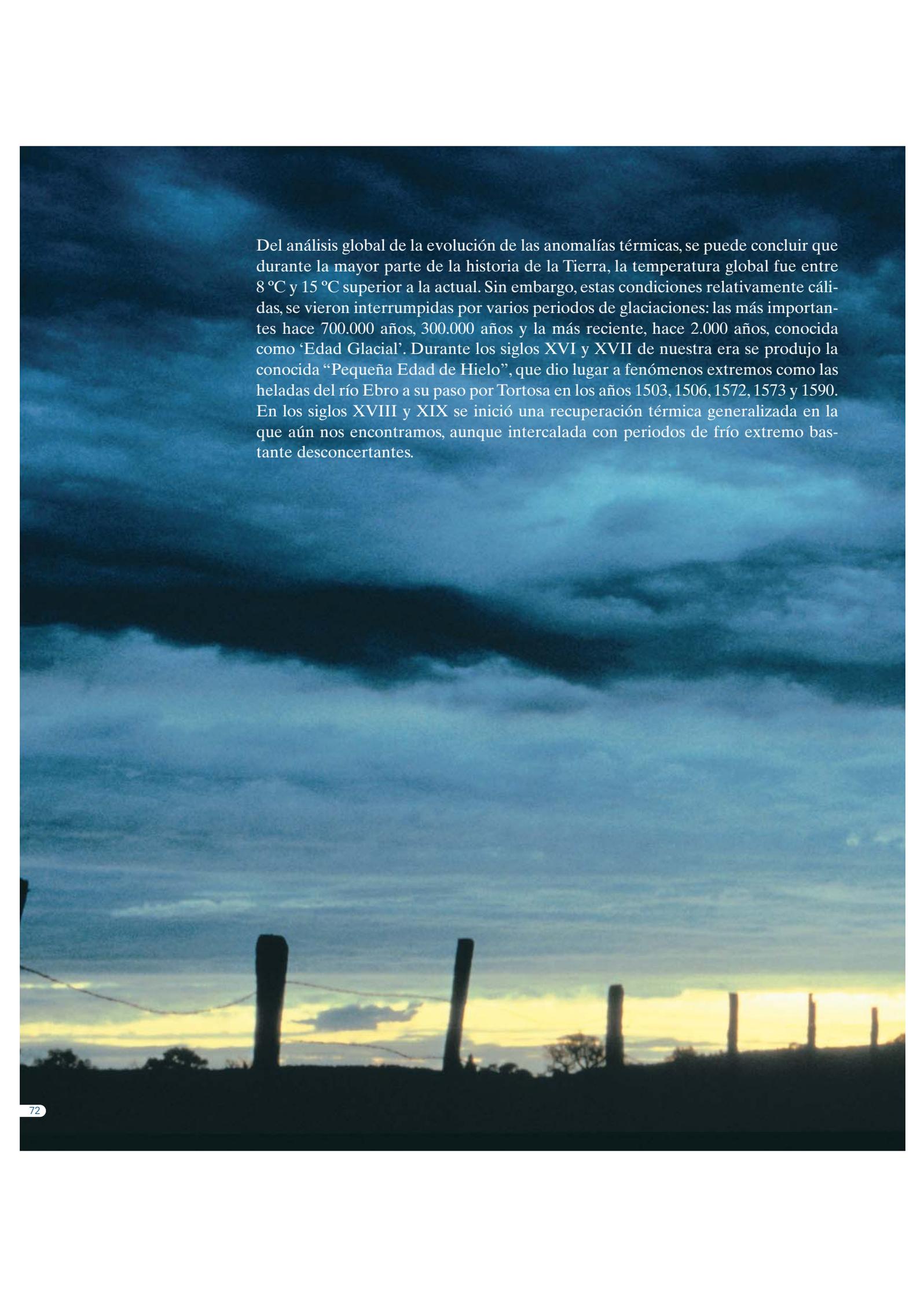


Figura 7.5. Variación de la temperatura media global en el pasado.



Del análisis global de la evolución de las anomalías térmicas, se puede concluir que durante la mayor parte de la historia de la Tierra, la temperatura global fue entre 8 °C y 15 °C superior a la actual. Sin embargo, estas condiciones relativamente cálidas, se vieron interrumpidas por varios periodos de glaciaciones: las más importantes hace 700.000 años, 300.000 años y la más reciente, hace 2.000 años, conocida como 'Edad Glacial'. Durante los siglos XVI y XVII de nuestra era se produjo la conocida "Pequeña Edad de Hielo", que dio lugar a fenómenos extremos como las heladas del río Ebro a su paso por Tortosa en los años 1503, 1506, 1572, 1573 y 1590. En los siglos XVIII y XIX se inició una recuperación térmica generalizada en la que aún nos encontramos, aunque intercalada con periodos de frío extremo bastante desconcertantes.



## 8. LOS CLIMAS DE LA PENÍNSULA IBÉRICA

### 8.1. FACTORES CLIMÁTICOS DE LA PENÍNSULA IBÉRICA

La gran diversidad de tiempo atmosférico y por tanto, de climas en la Península Ibérica, es el resultado de la combinación de los factores y elementos climáticos particulares de la misma.



Figura 8.1. Paisajes de distintas regiones climáticas de la Península Ibérica.

La situación de la Península en latitudes medias hace que disfrutemos en conjunto de un ‘clima templado’, acentuado por el efecto amortiguador de las aguas relativamente cálidas que la rodean casi por completo.

Debido también a su localización geográfica, la Península se ve afectada por los vientos dominantes del oeste y por las altas presiones subtropicales durante casi todo el año, sobre todo en los meses de verano. No obstante, al tercio norte peninsular le suelen llegar, muy frecuentemente, los sistemas frontales y centros de baja presión que se desprenden del frente polar, haciendo que el clima de estas regiones sea mucho más húmedo y con temperaturas más suaves que el del resto de las zonas peninsulares.



¿Qué nombre recibe el anticiclón que suele afectar a la Península Ibérica?

No obstante, la continentalidad y la compleja orografía de algunas regiones de la Península Ibérica, con una altitud promedio de unos 500 metros y con los sistemas montañosos actuando como barreras y pasos naturales a las masas de aire, junto con las extensas zonas costeras, atlánticas y mediterráneas, contribuyen a la diversificación y complejidad de la climatología de la misma.

## 8.2. CLASIFICACIÓN CLIMÁTICA DE FONT

Existen distintos modos de clasificar las regiones según su clima. Una de las clasificaciones más utilizadas es la de Font (1983), una clasificación climática regional para la Península Ibérica, que se basa en factores como el índice de continentalidad y el régimen pluviométrico. El índice de continentalidad se define como:

$$K = 1,7 \frac{AT}{\text{sen } \theta} - 20,4$$

donde  $AT$  es la amplitud térmica anual que se calcula como la temperatura media del mes más cálido menos la del mes más frío y  $\theta$  la latitud del lugar considerado.

Consulta en la página web del INM los valores climatológicos de Santander y Madrid y calcula sus índices de continentalidad.



Un posible índice para medir el régimen pluviométrico de una región se basa en la cantidad de precipitación recogida en el trimestre estival (junio, julio y agosto), según se detalla en la siguiente tabla:

Régimen pluviométrico	Precipitación en el trimestre estival (mm)
Muy seco	< 45
Seco	45 – 90
Algo lluvioso	90 – 120
Lluvioso	120 – 180
Muy lluvioso	> 180

Teniendo en cuenta estos índices y otros factores más complejos, Font propone la siguiente clasificación en regiones climáticas para la Península Ibérica:

## REGIONES CLIMÁTICAS DE LA PENÍNSULA IBÉRICA

I <b>ZONA PARDA</b>	Veranos poco lluviosos o secos	I.1 ATLÁNTICA K < 20	I.1.1 Marítima K < 10
			I.1.2 Submarítima 10 < K < 20
		I.2 CONTINENTAL K > 20	I.2.1 Atenuada 20 < k < 30
			I.2.2 Extremada K > 30
		I.3 MEDITERRÁNEA El otoño es la estación más lluviosa	I.3.1 Noreste
			I.3.2 Levante
I.3.3 Sureste			
II <b>ZONA VERDE</b>	No presenta veranos secos Pertenece a la zona húmeda Precipitación anual >1000 mm	II.1 MARÍTIMA K < 10	
		II.2 SUBMARÍTIMA K > 10	
		II.3 PIRENÁICA	

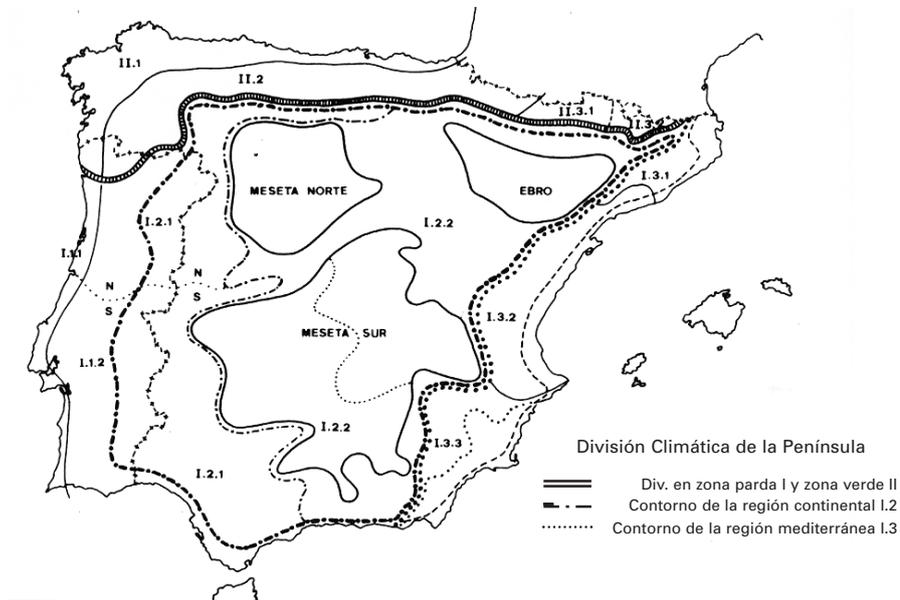
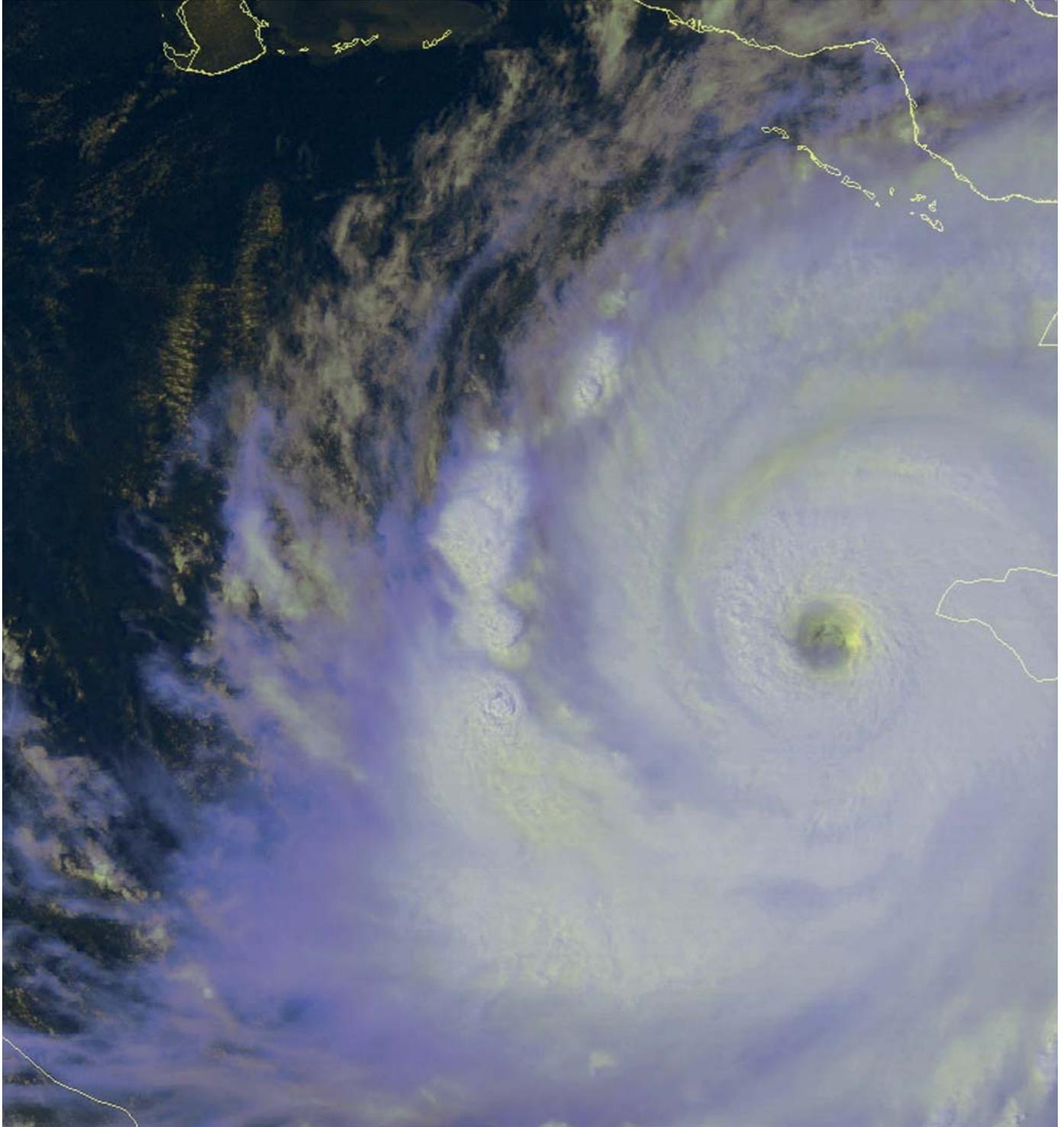
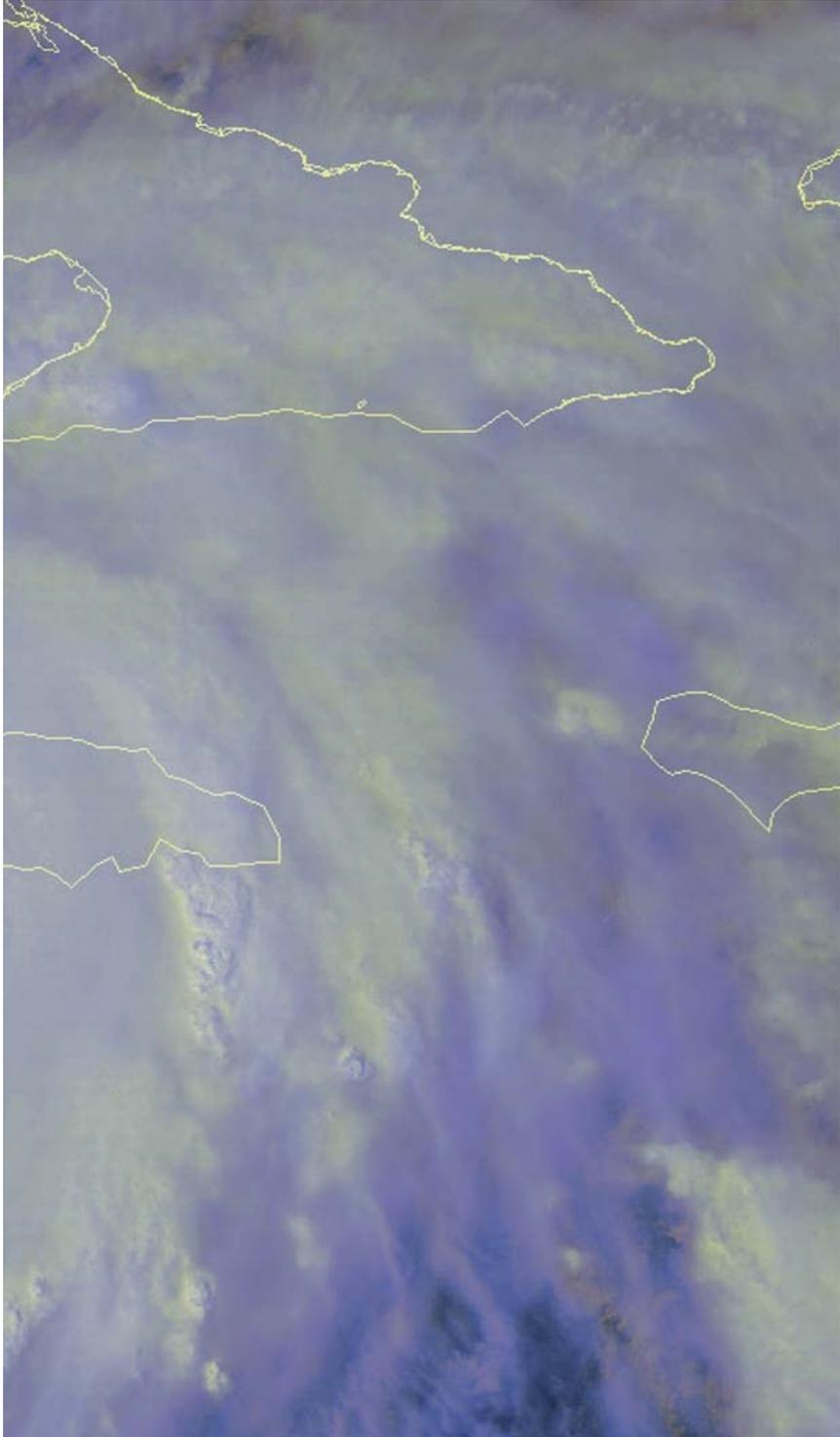


Figura 8.1. Distribución geográfica de las regiones climáticas propuestas por Font para la Península Ibérica.  
 FUENTE: *Climatología de España y Portugal de Inocencio Font Tullot, Universidad de Salamanca.*

Haciendo uso de los valores climatológicos de la estación Madrid-Cuatro Vientos proporcionados por el Instituto Nacional de Meteorología, determina a qué región climática pertenecería Madrid, según Font.





Huracán Iván, 11 de septiembre de 2004.

FUENTE: NOAA.

## 9. EL CAMBIO CLIMÁTICO RECIENTE

### 9.1. CALENTAMIENTO GLOBAL Y EFECTO INVERNADERO

La clave de los cambios climáticos acontecidos a lo largo de la historia de la Tierra radica en los cambios de la energía que llega procedente del Sol a la Tierra y del estado de equilibrio en que se encuentra el sistema tierra-océano-atmósfera. Estos cambios pueden tener un *origen natural externo*:

- Variaciones en la excentricidad de la órbita terrestre, con una periodicidad aproximada de 100.000 años,
- Modificaciones en la inclinación del eje de rotación de la Tierra, cuya periodicidad es de unos 41.000 años,
- Cambios en la actividad solar o el número de manchas solares, que varían cada 11 años.

También pueden estar motivados por causas naturales internas o terrestres:

- La distinta distribución de la tierra y el mar,
- Las erupciones volcánicas o
- Las corrientes oceánicas.

Entonces, si el clima ha estado cambiando siempre por motivos naturales ¿por qué se habla tanto actualmente sobre el cambio climático?

Para encontrar la respuesta, observemos la evolución de las temperaturas registradas en el Hemisferio Norte durante los últimos 120 años que se muestra en la figura 9.1.

Aumento de temperatura

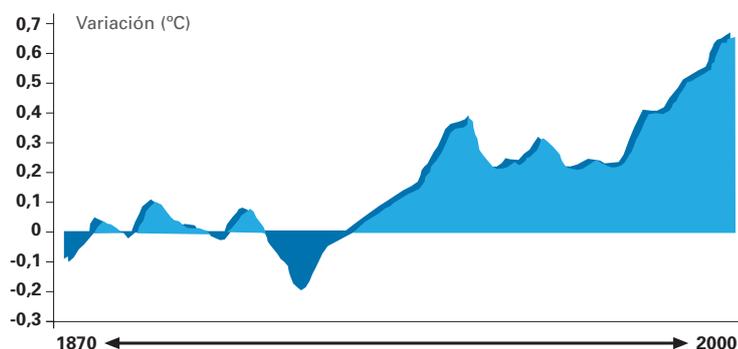


Figura 9.1. Variación respecto a la media de la temperatura global en los últimos 120 años en el Hemisferio Norte.  
FUENTE: Centro Hadley, Oficina Meteorológica.

Claramente se observa que desde finales del siglo XIX, se ha producido un incremento de temperatura a escala global. *Pero lo más importante es que ha sido el más intenso desde la última era glacial y el más rápido de los que se tiene constancia.*

En los últimos 100 años, las temperaturas medias han aumentado entre 0,3°C y 0,6°C (el decenio de 1990 ha sido el más cálido del milenio y 1998 el año más caluroso, aunque posteriormente ha habido también años como el 2003 con altos valores de temperatura), el nivel del mar ha aumentado entre 10 y 25 cm y se ha producido un retroceso significativo de los glaciares.

El grupo de expertos internacional que estudia el cambio climático, llamado ‘Panel Intergubernamental para el Cambio Climático’ (IPCC es su acrónimo en inglés), ha admitido en su último informe, que estos cambios no pueden explicarse sólo a partir de la variabilidad natural del clima y que es posible que las actividades del hombre hayan contribuido a producir estas variaciones anómalas. Uno de los primeros datos que hicieron pensar a los científicos en esta relación fue la evolución de la concentración de dióxido de carbono (CO<sub>2</sub>) en la atmósfera (véase figura 9.2).

#### CO<sub>2</sub> por uso de combustibles fósiles

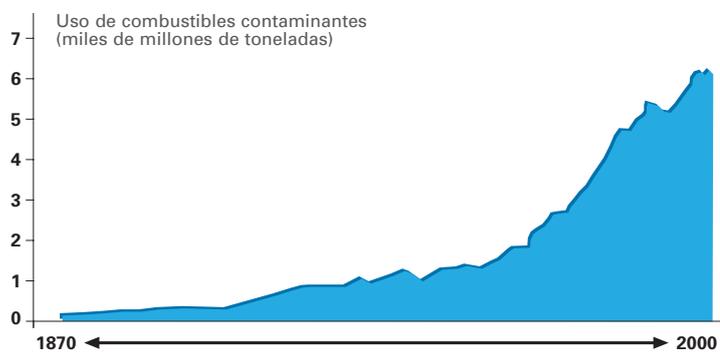


Figura 9.2. Concentración promedio de CO<sub>2</sub> en el Hemisferio Norte en los últimos 120 años.  
FUENTE: Centro Hadley, Oficina Meteorológica.

Observa la figura 9.2, en la que se presenta la concentración promedio de dióxido de carbono en el último siglo. ¿Detectas alguna analogía entre esta curva y la del aumento de temperatura para ese mismo periodo?



Efectivamente, se constata que, coincidiendo con el inicio de la revolución industrial, se produjo una creciente concentración en la atmósfera de los principales gases de efecto invernadero, fundamentalmente del dióxido de carbono.

Paralelamente a este aumento, se produjo un calentamiento del sistema climático a escala global que ha tenido una repercusión directa sobre muchos ecosistemas marinos y terrestres, e incluso se empieza a tener indicios de su incidencia también en sistemas socio-económicos.

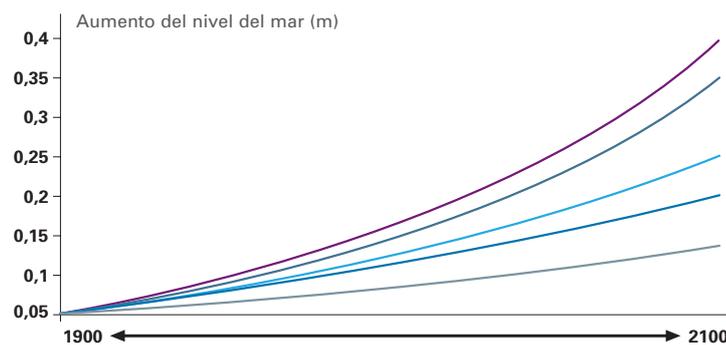
## 9.2. POSIBLES EFECTOS FUTUROS DEL CAMBIO CLIMÁTICO

Mediante la utilización de complejos modelos matemáticos que tratan de reflejar todos los procesos físicos que intervienen en el sistema climático, se intenta averiguar qué clima tendremos en el futuro. Se realizan diferentes simulaciones del clima de los próximos 50-100 años partiendo de hipótesis en cuanto a factores como el ritmo de crecimiento de la población, el gasto de energía esperado (calefacciones, automóviles, aire acondicionado, etc.), el cambio en el uso del suelo (recuerda que la radiación absorbida por la superficie depende de su albedo), etc.



La deforestación también contribuye al calentamiento global del Planeta ¿A qué crees que es debido?

### Efecto de reducir las emisiones de CO<sub>2</sub>



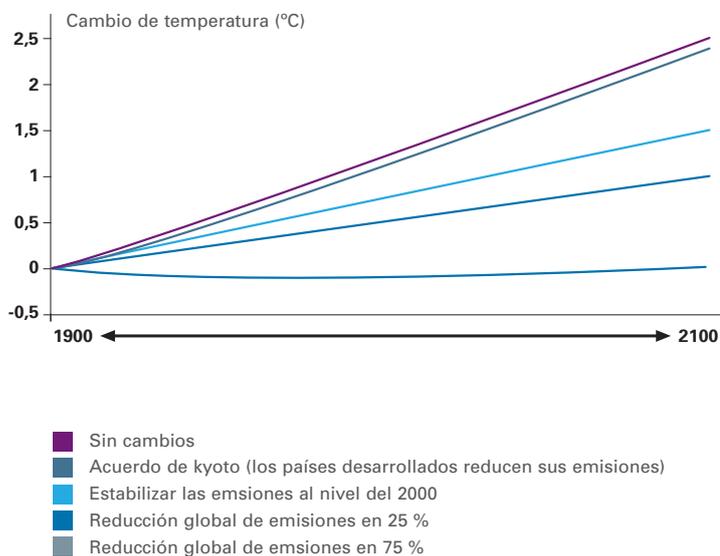


Figura 9.3. Predicciones del aumento del nivel del mar y de la temperatura para distintos escenarios climáticos.  
FUENTE: Centro Hadley, Oficina Meteorológica.

Los resultados de los modelos usados por los expertos del IPCC, anuncian entre otros los siguientes cambios del clima a lo largo del siglo XXI:

- Se espera mayor calentamiento en las zonas de interior.
- El calentamiento máximo se espera en el invierno ártico.
- Las temperaturas nocturnas subirán más que las diurnas.
- Probablemente se incrementará el número de días calurosos en las latitudes medias.
- Las sequías e inundaciones podrán ser más frecuentes y prolongadas.
- Se esperan incrementos en los actuales niveles de evaporación y precipitación.

Una de las posibles consecuencias de este calentamiento global que anuncian los modelos climáticos, sería un aumento de las manifestaciones atmosféricas extremas (olas de calor, precipitaciones fuertes,...). También podría producirse la desaparición de ciudades costeras en algunas zonas especialmente vulnerables como son los deltas de ríos o los atolones del Pacífico, (¡entre un 50 y 70% de la población vive en zonas costeras!), así como cambios en la distribución de los cultivos agrícolas. El suministro de agua potable podría peligrar en diversas zonas, y algunas epidemias podrían extenderse más fácilmente. Todos estos cambios llevarían consigo, por supuesto, un elevado coste económico.

No obstante, dada la gran complejidad del sistema climático, todas estas predicciones hay que tomarlas con cautela, pues existen aún grandes incertidumbres sobre la respuesta que tendría el sistema bajo las ‘supuestas’ nuevas condiciones que imperarían en el futuro.

### **¿Qué hace la sociedad frente a este problema?**

Seguro que has oído hablar en los medios de comunicación de ‘La Cumbre del Clima de Kyoto’. Ésta fue una importante reunión que tuvo lugar en el año 1997 y en la que participaron 159 países interesados en tomar algún tipo de medida para intentar frenar el progresivo deterioro de nuestro medio ambiente. De esta conferencia surgió un compromiso unánime para reducir las emisiones de gases de efecto invernadero. Una de las medidas que se ratificaron por la mayoría de los países fue que, en promedio, para el periodo 2008-2010, se debería reducir en un 5% las emisiones respecto a los niveles alcanzados en el año 1990.

Sin embargo, el problema es muy complejo, pues está relacionado con el nivel de concienciación social y política, y sus posibles soluciones implican unos costes económicos muy elevados. Dada la gran disparidad en el nivel de desarrollo de los países implicados, es impensable que muchos de ellos, que están todavía en vías de desarrollo, puedan poner en marcha planes de reducción de las emisiones de los gases de efecto invernadero, cuando apenas pueden cubrir sus necesidades más básicas. Por ello, se optó por controlar el valor de las emisiones en función del nivel de desarrollo del país, existiendo la posibilidad de realizar agrupamientos de países que compensaran entre sí dichas emisiones.

Aún así, a día de hoy, la mayoría de los países que firmaron el protocolo de Kyoto no han sido capaces de mantener un ritmo de emisiones de gases de efecto invernadero que les permita llegar al año 2008 sin superar los niveles comprometidos.

### **9.3. ¿QUÉ PUEDO HACER YO?**

Oyendo hablar de los grandes pactos entre las superpotencias internacionales firmados en las cumbres del clima, nos hace pensar que todo está en manos de los políticos o, como mucho, de los empresarios propietarios de las grandes industrias. Sin embargo, somos cada uno de nosotros, quienes hacemos uso cada día de la energía y de los productos que ellos generan. Luego, indirectamente, lo que cada persona consume o el tipo de acciones que realiza en sus actividades cotidianas pueden contribuir a empeorar o a mejorar las condiciones presentes y futuras de nuestro planeta.

Haz una lista con al menos diez actividades que realices u observes diariamente y para las cuales sea necesaria la utilización de energía.



En un alto porcentaje el origen de esta energía se encuentra fundamentalmente en la combustión de materiales fósiles. Durante el proceso de combustión se generan residuos que contribuyen al calentamiento global del Planeta. La minimización de estos residuos requiere una utilización responsable de la energía disponible. Algunas de las medidas para ahorrar energía y cuidar los recursos naturales existentes, que están al alcance de nuestra mano podrían ser las siguientes:

- Reducir el consumo de agua en casa: ducharse en lugar de bañarse, no dejar el grifo abierto mientras nos cepillamos los dientes, arreglar los grifos que gotean, disminuir la capacidad de las cisternas introduciendo, por ejemplo, una botella llena de agua.
- Reducir el consumo de electricidad: Utilizar bombillas de bajo consumo que pueden durar ocho veces más y gastan sólo 1/5 parte de la energía que necesita una bombilla normal. Los tubos fluorescentes también consumen menos que las bombillas tradicionales, pero siempre que no sea necesario encenderlos y apagarlos continuamente, pues su consumo es mayor en el momento de encenderlos. No dejar el televisor o el equipo de música encendidos cuando no los usemos. No dejar las luces encendidas cuando salimos de una habitación y vamos a tardar en volver a entrar.
- En nuestro ordenador, configurar el sistema de ahorro de energía, utilizar la vista previa antes de imprimir un documento, activar el funcionamiento del salvapantallas y usar papel reciclado tanto para imprimir como para escribir.
- Utilizar el lavavajillas y la lavadora con su carga máxima y sin excedernos en la cantidad de detergente utilizado.
- En la medida de lo posible, utilizar el transporte público.
- Utilizar aparatos que funcionen con pilas sólo cuando sea necesario y depositarlas en contenedores adecuados para su reciclaje. El mercurio que contiene una pila botón puede contaminar hasta 600.000 litros de agua. Además, la energía de las pilas cuesta hasta 450 veces más que la que suministra la red.
- Reciclar el vidrio, los plásticos y el papel.

Además del consumo directo de materias primas, debemos ser conscientes de que una gran cantidad de los productos que consumimos requieren para su elaboración no sólo materias primas, sino energía para transformarlas. Por citar sólo un ejemplo, para la elaboración de una botella de cristal, se utiliza normalmente arena de playa. En el proceso de transformación hasta conseguir el vidrio, se requiere el consumo de gran cantidad de energía. ¿Sabías que utilizando el vidrio reciclado de 3000 botellas ahorramos 130 kg de fuel y 1200 kg de materias primas, y que se reduce en un 20% la contaminación del aire y en un 50% el consumo de agua?



Figura 9.4.  
Bombilla de bajo consumo



Clasifica las siguientes actividades que realizas diariamente según contribuyan o no a aumentar el efecto invernadero (indica sí o no en la columna de la derecha).

- Levantar la persiana cuando haya luz natural
- Encender la luz cuando me levanto
- Lavar a mano mi camiseta preferida
  - Ir en bicicleta al colegio
- Tirar al mismo cubo de basura la botella de leche vacía y los restos de comida
- Dejar la tele del salón encendida mientras estoy merendando en la cocina
  - Depositar en el contenedor verde el tarro de cristal vacío de aceitunas
    - Comprar la fruta envasada en bandejas de plástico
    - Darme una ducha en lugar de bañarme
- Dejar correr el grifo mientras me enjabono las manos

Si sigues la regla de las 3 R: **Reducir, Reutilizar y Reciclar**, estarás contribuyendo a que nuestro planeta siga siendo un lugar maravilloso para vivir.

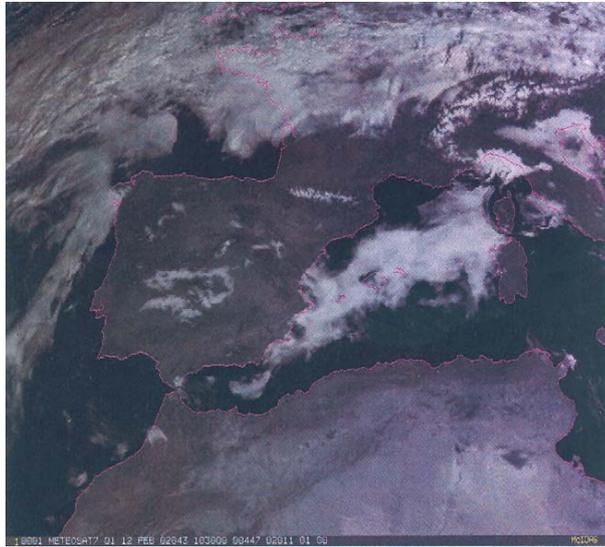


Imagen de satélite del canal visible de las 11:30 UTC del 8 de octubre de 2002 en la que se aprecia una estructura nubosa sobre la zona central de la Península Ibérica.

FUENTE: INM.

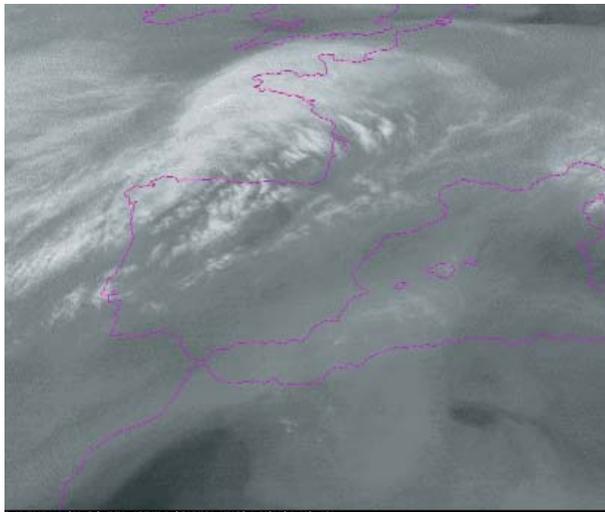


Imagen de satélite del canal de vapor de agua de las 11:00 UTC del 14 de octubre de 2002 en la que se aprecia un sistema frontal que penetra por el noroeste peninsular.

FUENTE: INM.



## 10. WEBS INTERESANTES

### <http://www.inm.es>

Página del Instituto Nacional de Meteorología con información meteorológica y predicciones del tiempo.

### <http://www.meteored.com/ram>

Revista de aficionados a la Meteorología con multitud de curiosidades, un foro de aficionados y fotos increíbles de fenómenos meteorológicos.

### <http://www.meteosort.com>

Página de un observador meteorológico que contiene los resultados de diversos modelos de predicción, así como información sobre instrumentos meteorológicos.

### <http://www.esa.int/export/esaED/>

Sección de Educación sobre Meteorología y Climatología de la Agencia Espacial Europea.

### [http://www.geocities.com/silvia\\_larocca/](http://www.geocities.com/silvia_larocca/)

La Meteorología al alcance de todos, una página con información interesante y numerosos experimentos relacionados con la Meteorología que puedes realizar tu mismo.

### <http://www.eumetsat.de/>

Página de la Organización Europea para la Explotación de Satélites, en la cual puedes encontrar imágenes de satélite en tiempo real.

### <http://club.telepolis.com/fgilgon/meteorec.html>

Portal de Recursos de Meteorología con links a otras páginas de interés y numerosas fotos de fenómenos meteorológicos.

### <http://www.ipcc.ch/>

Página del Panel Intergubernamental para el Cambio Climático.

### <http://www.wmo.ch/>

Página de la Organización Meteorológica Mundial.

### <http://www.meto.gov.uk>

Oficina Meteorológica del Reino Unido.

### <http://www.nasa.gov/audience/forstudents/5-8/features/index.html>

Página oficial de la NASA para estudiantes de meteorología.

### <http://www.ame-web.org>

Página oficial de la Asociación Meteorológica Española.

### <http://www.emetsoc.org>

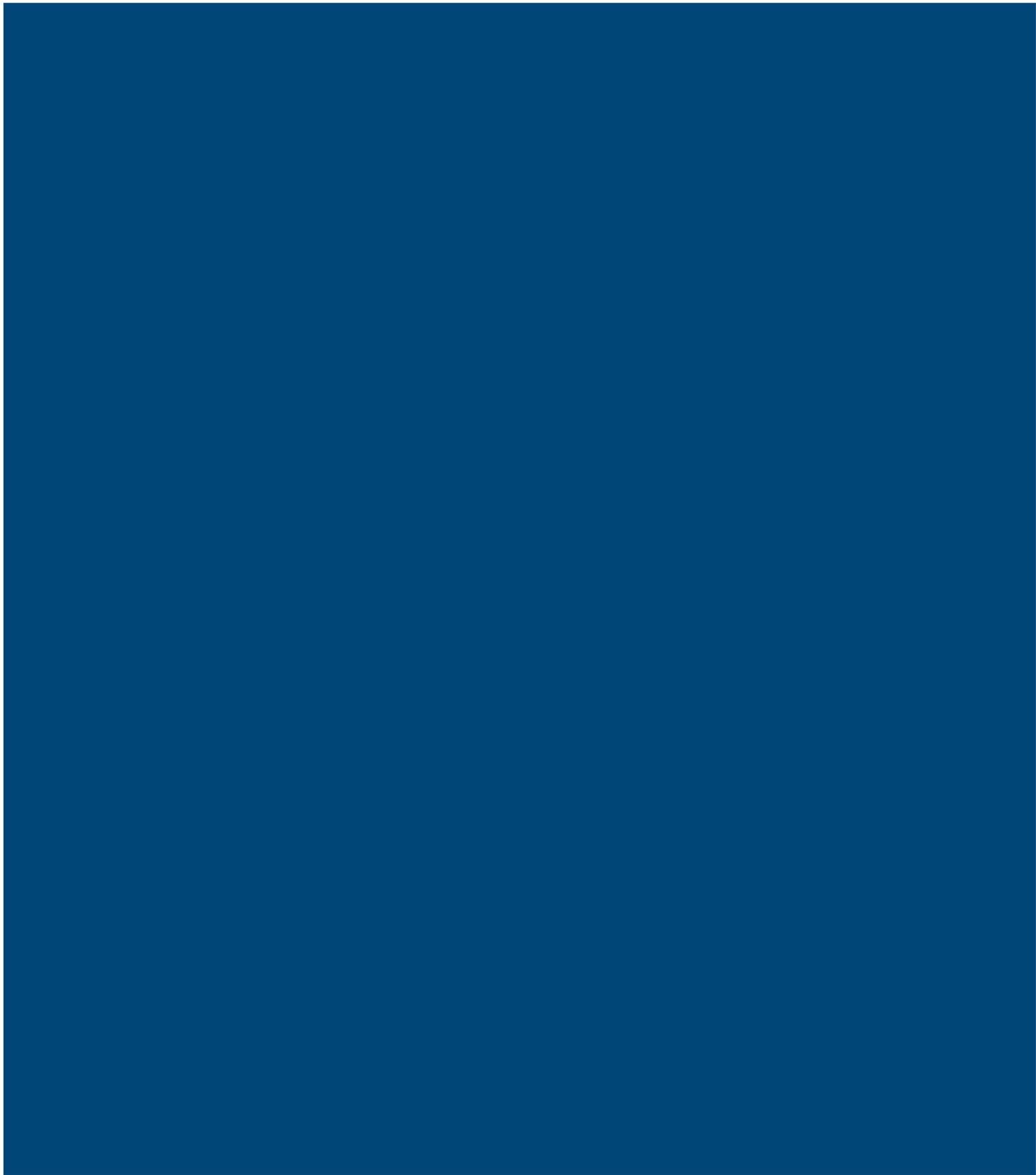
Página oficial de la European Meteorological Society.

### <http://www.ametsoc.org>

Página oficial de la American Meteorological Society.

### <http://www.royal-met-soc.org.uk>

Página oficial de la Royal Meteorological Society.







# OBSERVACIÓN E IDENTIFICACIÓN DE NUBES

Francisco Martín León  
José Antonio Quirantes