

## B2.1. ATMOSFERA.COMPONENTES, ORIGEN, IMPORTANCIA BIOLÓGICA. DINÁMICA ATMOSFÉRICA

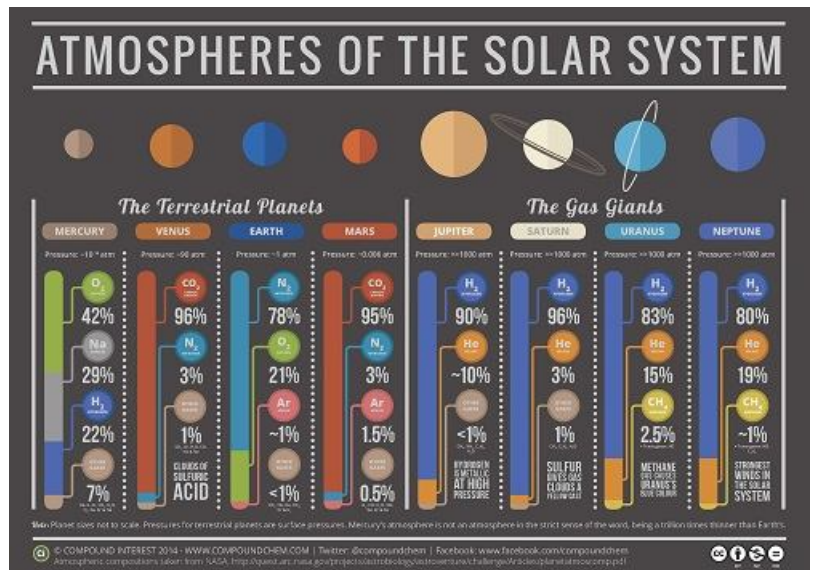
La atmósfera es la capa gaseosa que envuelve la Tierra. Es difícil determinar exactamente su espesor, puesto que los gases que la componen se van haciendo menos densos con la altura, hasta prácticamente desaparecer a unos pocos cientos de kilómetros de la superficie. La atmósfera está formada por una mezcla de gases, la mayor parte de los cuales se concentra en la denominada homosfera, que se extiende desde el suelo hasta los 80-100 kilómetros de altura. El 99,00% de la masa total de la atmósfera se encuentra por debajo de los 30 km de altura.

**ORIGEN:**

Hace aprox 5000 ma se forma el Sistema Solar a partir de la concentración de la materia presente en una nebulosa.

Dentro de la nebulosa, las masas rocosas chocaron entre sí, formando masas cada vez más grandes conocidas como planetesimales que finalmente se convirtieron en los planetas que conocemos hoy. Estos objetos masivos atrajeron gases de la nebulosa solar a través de su atracción gravitacional. Durante este tiempo los planetas habrían capturado su propia nube de gases, dando como resultado la formación de lo que los científicos llaman atmósferas "primordiales". Esta primera atmósfera estaría formada por H, He y otros gases nobles. La Tierra (y los otros planetas rocosos) perderían esta atm primordial debido a colisiones con otros cuerpos y a la acción del viento solar.


Si los gases que componen la atmósfera moderna (como el nitrógeno, el dióxido de carbono y el oxígeno) hubieran existido en esta atmósfera primitiva, seguramente se habrían escapado junto con el H, He. Los gases de la atm actual fueron añadidos a la atmósfera más tarde cuando la Tierra desarrolló su atmósfera moderna (o secundaria) como resultado de procesos químicos que tuvieron lugar después de la formación del planeta.



### Mecanismos físicoquímicos que pueden agregar nuevos gases a la atmósfera de un planeta.

- Algunos gases atmosféricos probablemente fueron traídos a la Tierra desde el espacio por meteoritos y cometas ya que sabemos contienen agua, dióxido de carbono y otros gases como el metano y el amoníaco.
- Otra fuente de gases es la actividad volcánica que libera dióxido de carbono, dióxido de azufre, vapor de agua, monóxido de carbono y amoníaco.

*Debido a estos procesos, la atmósfera secundaria de la Tierra probablemente comenzó con un alto contenido de vapor de agua, dióxido de carbono y metano. Siguió evolucionando debido a:*

- La formación de océanos en la Tierra primitiva, ya el agua de mar absorbió gran parte del dióxido de carbono producido por los volcanes.
  - El  $O_2$  se fue acumulando a partir de la actividad fotosintética de bacterias fotosintéticas y algas.
  - El gas nitrógeno ( $N_2$ ) se convirtió en el gas dominante en nuestra atmósfera, donde ahora representa el 80% del aire en la Tierra porque no forma fácilmente minerales ni reacciona con otros productos químicos.
- 

Todo esto sucedió relativamente rápido, geológicamente hablando. En los primeros mil millones de años de la historia de la Tierra, el planeta perdió su atmósfera primordial y acumuló otra. Durante los siguientes mil millones de años, la composición de esa atmósfera evolucionó. Desde hace aprox unos 2500 ma la atmósfera terrestre ha mantenido una composición constante.



## IMPORTANCIA BIOLÓGICA DE LA ATMÓSFERA: FUNCIÓN PROTECTORA Y REGULADORA DE LA ATMÓSFERA

La atmósfera cumple una función protectora en:

+ La termosfera las radiaciones electromagnéticas de onda corta (rayos X y rayos gamma) son absorbidas por el oxígeno y el nitrógeno presentes en ella y al ionizarse provocan el incremento en la temperatura de esta capa. Si estas radiaciones llegasen a la Tierra actuarían como “cuchillos” rompiendo moléculas.

+ La mesosfera impide la caída de meteoritos de pequeño tamaño en la superficie.

+ En la estratosfera el ozono nos protege de la radiación ultravioleta. Si no existiese esta capa, la exposición a dosis elevadas de rayos UVA podría causar muchas más enfermedades del tipo de: mutaciones, cáncer de piel, cataratas, etc.

+ La atmósfera cumple una función reguladora del sistema climático:

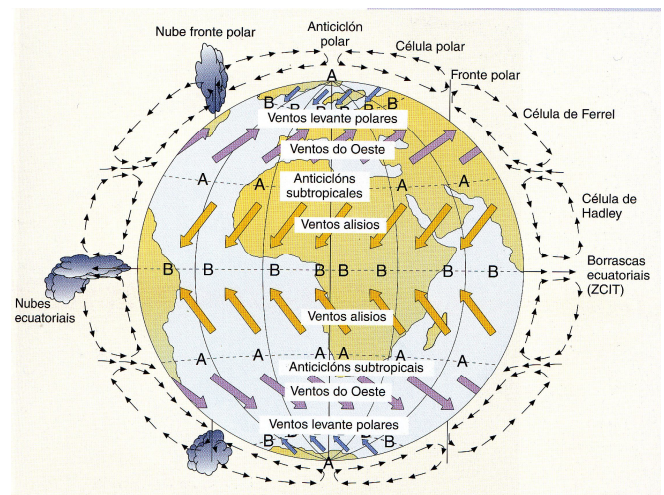
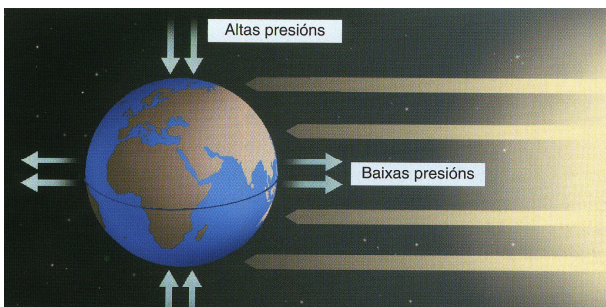
Absorbe y retiene parte de la radiación infrarroja emitida por la Tierra (efecto invernadero natural). Esto evita el enfriamiento excesivo de la superficie terrestre. Si la Tierra careciera de atmósfera, o si el efecto invernadero fuera nulo y toda la radiación infrarroja se escapara al espacio, la temperatura media de la Tierra sería de  $-18^{\circ}\text{C}$ .

La presencia de nubes en la troposfera incrementa el albedo permitiendo así que las temperaturas no suban a valores perjudiciales para los seres vivos.

Produce un transporte de energía térmica. El transporte se realiza desde las zonas más cálidas del planeta hacia los polos. Intercambia grandes cantidades de calor con los océanos. Entre la atmósfera y el océano se establece un sistema de regulación que en muchas zonas del planeta atenúa los cambios térmicos a lo largo del año.

## DINÁMICA ATMOSFÉRICA

El Sol irradia energía que llega a la Tierra. La radiación solar no incide por igual en toda la superficie del planeta, es decir, hay zonas del planeta que se calientan más (zonas ecuatoriales) y hay zonas que se calientan menos (zonas polares). Este desequilibrio térmico implica que necesariamente tiene que producirse un intercambio de calor entre las zonas ecuatoriales y las zonas polares



### ¿Cómo se produce ese intercambio?

El intercambio de calor se lleva a cabo principalmente por medio de las **grandes masas fluidas de la Tierra (atmósfera y océanos)** que se mueven constantemente para restablecer el equilibrio térmico del planeta.

- Existen corrientes oceánicas cálidas (por ejemplo C. del Golfo) que transportan calor hacia las zonas polares y existen corrientes oceánicas frías (por ejemplo C. del Labrador) que realizan el camino inverso.
- También la atmósfera interviene en este intercambio de calor desplazando masas de aire cálido hacia latitudes más altas y frías y desplazando masa de aire más frío hacia latitudes más bajas.

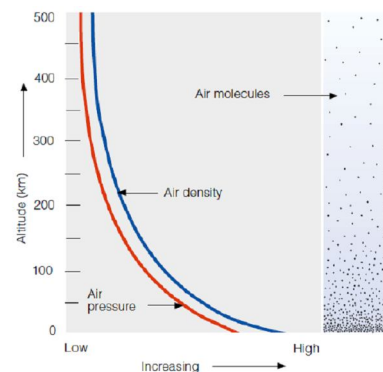
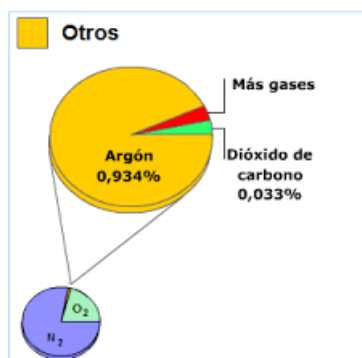
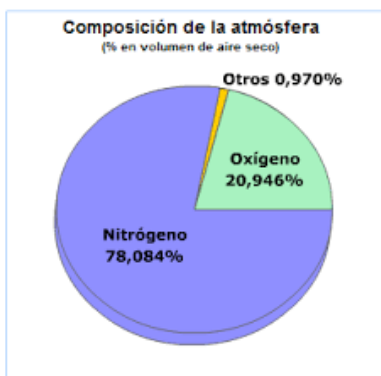
La CIRCULACIÓN DE VIENTOS GENERAL ATMOSFÉRICA es resultado de este mecanismo compensatorio del planeta para equilibrar el régimen térmico del mismo.

Algunas consecuencias de esta circulación general de vientos especialmente significativas para Galicia, debido a su situación geográfica, son: formación del frente polar, corriente en chorro, anticiclón de las Azores, depresión de Islandia, vientos dominantes del oeste en latitudes medias etc.

## DESCRIPCIÓN DE LA ATMÓSFERA

La atmósfera es la capa gaseosa que envuelve la Tierra hasta una altura aproximada de unos 800 km; su densidad disminuye a medida que aumenta la altura. La masa total de los gases que componen la atmósfera pesa unos 5.600 billones de toneladas. La mitad de ese aire se encuentra *por* debajo de los primeros 5.500 m de altitud, es decir, *la altitud de 5.500 m divide a la atmósfera en dos mitades de igual masa*.

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. En relación con los fenómenos que afectan al estado del tiempo atmosférico, el agua es el componente más importante de la atmósfera.



La densidad y la presión del aire decrecen con la altura

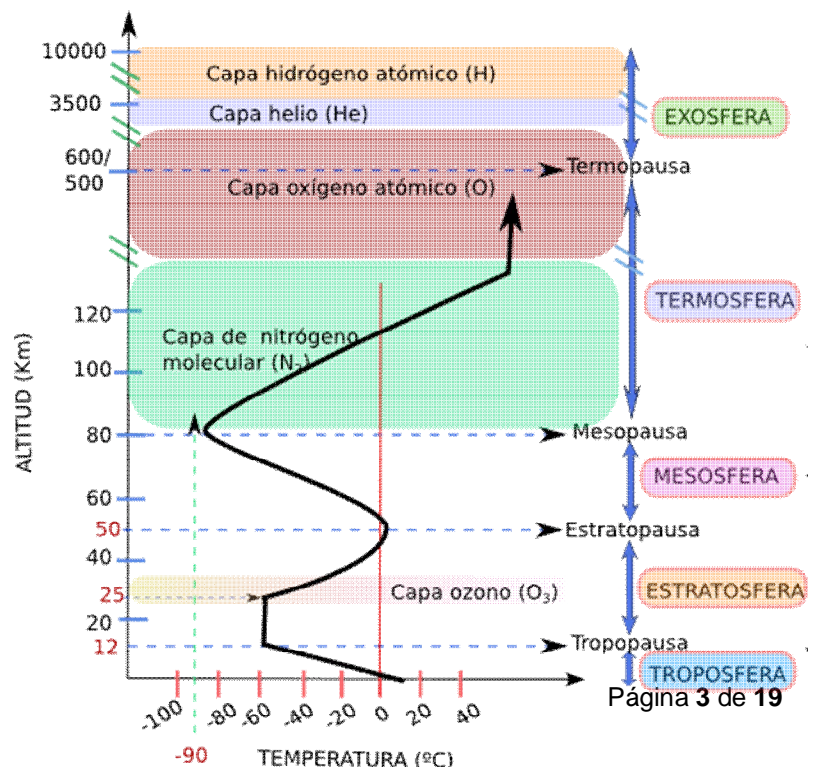
En la atmósfera, además de la densidad y la composición del aire, también la temperatura varía con la altura. De hecho, a partir de esta variación térmica la atmósfera puede dividirse en capas. Concretamente:

**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 con la altura (gradiente vertical de la  $T^a$ ):  $6,5^{\circ}C$  cada 1000 metros) hasta alcanzar los  $-70^{\circ}C$ . Su límite superior es la tropopausa.

**Estratosfera:** En esta capa, la temperatura se incrementa hasta alcanzar aproximadamente los  $-10^{\circ}C$  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  $-140^{\circ}C$ . Llega a una altitud de 80 km, al final de los cuales se encuentra la mesopausa. Estrellas fugaces.

- **Ionosfera o Termosfera:** Es la última capa, que se extiende hasta varios cientos de kilómetros de altitud. Aquí los gases presentan una





densidad muy baja y se encuentran ionizados. En ella la temperatura aumenta hasta unos  $1.000^{\circ}\text{C}$  debido a la absorción de las radiaciones de onda más corta (**rayos X y gamma**) llevada a cabo por las moléculas de nitrógeno y de oxígeno presentes, que, debido a ello, se transforman en iones de carga positiva, liberándose electrones. Esto da lugar a un campo magnético terrestre comprendido entre la ionosfera, cargada positivamente, y la superficie terrestre, cargada negativamente. En esta capa también **se reflejan las ondas de radio** procedentes de la Tierra, haciendo posible las comunicaciones. La termosfera termina en la **termopausa**, situada hacia el km 600. En esta capa se producen los fenómenos de **auroras polares (boreales y australes)** que son debidas al rozamiento de los electrones que llegan del sol con las moléculas de esta capa.

- Algunos autores señalan por encima de la termosfera una última capa atmosférica llamada **exosfera**. Esta capa se extendería hasta el kilómetro 800 aproximadamente. Se caracterizaría por una bajísima densidad atmosférica. Para otros autores simplemente ya es el espacio exterior.

## B2.2. DINÁMICA ATMOSFÉRICA Y SUS CONSECUENCIAS PARA EL CLIMA

Los movimientos verticales de la atmósfera van a depender en gran medida de la **cantidad de vapor de agua** y de las **variaciones de temperatura**. Relacionadas con estos dos parámetros, establecemos varias definiciones:

- Humedad atmosférica o humedad absoluta:** es la cantidad de vapor de agua que hay en un volumen determinado de aire y se expresa en  $\text{g/m}^3$ . Depende de la  $T^a$  a la que se encuentre ( **$a + T^a = + \text{H2Ov}$** ). Alcanzado cierto límite, el aire se satura de humedad, no puede almacenar más y por lo tanto se condensa. Este punto es el llamado **punto de rocío**.
- Humedad relativa:** es la cantidad, en tanto por ciento, de vapor de agua que hay en un metro cúbico de aire en relación con la máxima posible según la  $T^a$  en la que se halle ( **$a + T^a = + \text{H2Ov}$** ). La humedad relativa del 100% corresponderá al punto de rocío, es decir, empezará a condensar visualizándose la formación de una nube siempre que haya núcleos de condensación.

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%.

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.

### la Temperatura:

Es una medida de la cantidad de energía calorífica del aire. Variaciones de la  $T^a$  (Gradientes de  $T^a$ )=

- Gradiente térmico vertical (GTV):** En la troposfera la temperatura disminuye con la altura en condiciones estáticas o de reposo. A esta variación se la conoce por el nombre de **gradiente térmico vertical**, y es debido a que la fuente de calor que está irradiando la atmósfera proviene del suelo. Así, cuanto más se aleja de la fuente, el aire estará más frío. Este Gradiente vertical es de  $T^a$ :  $6,4^{\circ}\text{C} / \text{km}$ .
- Gradiente adiabático seco (GAS):**
  - En los gases la  $T^a$  depende del número de moléculas por unidad de volumen, de manera que para aumentar o disminuir la temperatura bastará con comprimirlo o expandirlo, sin necesidad de intercambiar calor (**expansión= baja la  $t^a$ , compresión=sube la  $t^a$** ). Estas transformaciones son los **cambios adiabáticos**. A medida que un gas asciende disminuye la presión, las partículas se separan por lo que el gas se enfría.
  - Una porción de aire seco que se eleva en la atmósfera se enfría según el gradiente adiabático seco de  $1^{\circ}\text{C}/100\text{ m}$  y presenta un gradiente vertical de  $-1^{\circ}\text{C}/100\text{ m}$ . De manera similar, al descender, se calienta  $1^{\circ}\text{C}/100\text{ m}$ .

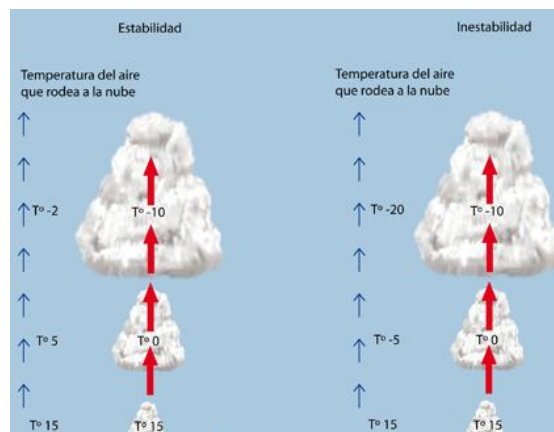


- **Gradiente vertical adiabático húmedo (GAH)**

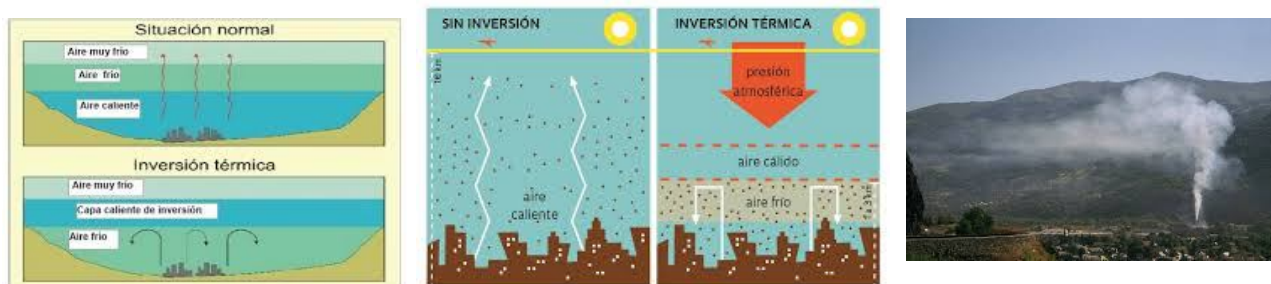
- Al elevarse, una porción de aire seco que contiene vapor de agua se enfría según el gradiente adiabático seco hasta que alcance su temperatura de condensación o punto de rocío.
- En este punto una parte del vapor de agua se comienza a condensar.
- La condensación libera calor latente y el aire se calienta. Así, la disminución térmica es menor que en los casos anteriores.
- A diferencia del gradiente vertical adiabático seco, no es constante pero depende de la temperatura y la presión. Sin embargo, en la mitad de la troposfera, se estima un gradiente aproximado de 0.3 y 0.6°C/100 m.
- A medida que el aire siga perdiendo humedad por efecto de la condensación, el GAH aumenta y cuando ya esté seco de nuevo, su valor volverá a ser el GAS.

- El concepto de **CONDICIONES DE ESTABILIDAD Y DE INESTABILIDAD** de una masa de aire se establece a partir de la diferencia de  $T^a$  entre la  $T^a$  de una masa de aire y la  $T^a$  del aire que rodea a esa masa,  $T^a$  que varían según los gradientes que acabamos de ver.

- Condiciones **INESTABLES**: la masa de aire al elevarse disminuye su  $T^a$  con la altura más lentamente que la del aire que la rodea –tendrá más  $T^a$ –, por lo que *su tendencia será ascender más* dando lugar a condensación y precipitaciones.
- Una masa de aire será **ESTABLE** cuando su  $T^a$  disminuye con la altura más rápidamente que la del aire que la rodea –tendrá menos  $T^a$ –, por lo que *se frenará su subida*.



Llamamos **INVERSIÓN TÉRMICA** a la situación en la que esta variación de la  $T^a$  con la altura se invierte (a más altura= menos frío). El aire no puede elevarse en una zona de inversión debido a que está más frío en la parte inferior ya que tiene una capa más caliente por encima por lo que impide los movimientos verticales del aire. Puede acumular smog en ciudades.



El fenómeno de inversión térmica se presenta cuando, en las noches despejadas, el suelo se enfría rápidamente por radiación. El suelo a su vez enfría el aire en contacto con el que se vuelve más frío y denso que el que está en la capa inmediatamente superior. Esto ocurre especialmente en invierno, en situaciones anticiclónicas fuertes que impiden el

ascenso del aire y concentran la poca humedad en los valles y cuencas, dando lugar a nieblas persistentes y heladas. También se presenta en las cuencas cercanas a las laderas de las montañas en noches frías debido a que el aire frío de las laderas desplaza al aire caliente de la cuenca provocando el gradiente positivo de temperatura.

Generalmente, la inversión térmica se termina (rompe) cuando al calentarse el aire que está en contacto con el suelo se restablece la circulación normal en la troposfera. Esto puede ser cuestión de horas, pero en condiciones meteorológicas desfavorables la inversión puede persistir durante días.

Las inversiones son habituales en latitudes medias sometidas a prolongadas condiciones anticiclónicas.

#### **Escalas de medida:**

- *Escala Celsius (°C): Fue propuesta en 1742 por el astrónomo Anders Celsius. Consiste en una división donde el 0 corresponde al punto de congelación del agua y el 100 al punto de ebullición de la misma. Se expresa en grados centígrados y es la que utilizamos habitualmente.*
- *Escala Fahrenheit (°F): Fue introducida en 1714 por Gabriel D. Fahrenheit y se utiliza habitualmente en Estados Unidos. El termómetro se gradúa entre 32 °F (correspondiente a los 0°C) y 212 °F (correspondientes a los 100°C).*
- *Escala Kelvin o Absoluta (°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 cero absoluto (equivale a -273°C, 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. Las temperaturas más extremas medidas en la Tierra fueron: en Al Aziziyah, en Libia +58 °C, mientras que en Vostok (estación investigadora rusa en la Antártida): - 89°C. En España, las temperaturas más extremas registradas fueron: +51°C en Sevilla y - 32°C en Lérida.*

#### **La presión atmosférica**

El aire que nos rodea, 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*. La presión atmosférica depende de muchas variables, sobre todo de la altitud. La presión se reduce con la altura, pero no de forma uniforme ya que también disminuye la atracción gravitatoria. En los primeros cientos de metros disminuye 1 mb cada 8 metros. Se mide con el barómetro



Una presión de 760 mm Hg quiere decir que el aire que hay por encima de 1 cm<sup>2</sup> de superficie pesa lo mismo que una columna de mercurio de 1 cm<sup>2</sup> de sección y 760 mm de altura. Sobre la cabeza de un hombre gravitan en un momento dado sobre unos 250 kg de aire.

*Existen distintas unidades de medida de la presión atmosférica. Las más comunes son: atmósferas (atm), mm de mercurio (mmHg), hectopascales (hPa), milibares (mb).*

*La conversión entre unas y otras puede realizarse teniendo en cuenta que:*

*1 atmósfera = 760 mm Hg = 1013 mb (1.013 gr/cm<sup>2</sup>) = 1013 hectopascales (hPa).*

*1 mb = 1 hPa*

*La presión normal al nivel del mar es de 1.013,2 mb o 760 mm Hg. o 1.013 hPa*

- *los valores superiores (normalmente hasta 780 mm Hg o 1040 mb) se consideran altas presiones*
- *los valores inferiores (normalmente hasta 725 mm Hg o 982 mb) se consideran bajas presiones.*

*1.082 mb es la presión más alta registrada (Siberia en 1968 )*

*870 mb fue la presión más baja registrada (océano Pacífico en 1979 )*

#### **ISÓBARAS**

En los mapas del tiempo la presión atmosférica se representa mediante líneas llamadas isóbaras; esto es, líneas que unen puntos de la Tierra de igual presión atmosférica. En España se dibujan en intervalos de 4 en 4 mb. En Francia van en intervalos de 5 en 5 mb.

### Formaciones isobáricas:

- **Anticiclón (o alta):** configuración isobárica constituida por isóbaras cerradas, elípticas o circulares. En su *centro se da el valor máximo* de presión que disminuye hacia fuera. Se representa por una A. En países de habla inglesa por una H. *Los A despiden aire.*

Tiempo asociado: el aire desciende por lo que se va calentando, lo que disipa las nubes.

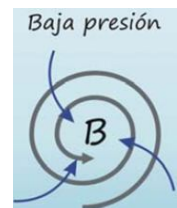
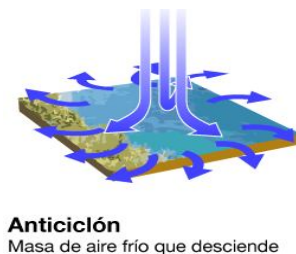
- **Borrasca (o baja o depresión):** configuración isobárica constituida por isóbaras cerradas, elípticas o circulares. En su *centro se da el valor mínimo* de presión, que aumenta hacia fuera. Se representa por una B. En Francia se representa por una D, en países de habla inglesa por una L y en Alemania por una T. *Las B aspiran aire.*

Tiempo asociado: el aire asciende por lo que se enfría y se produce la formación de nubes al condensarse su humedad.

*Vientos, generalmente fuertes, inestabilidad*

- **Pantano barométrico:** configuración isobárica caracterizada por presentar un gradiente muy bajo, de modo que casi no aparecen isóbaras. Suele afectar a una zona muy extensa.

Tiempo asociado: vientos flojos o calma.



### EL VIENTO

El viento consiste en el movimiento de aire desde una zona de altas presiones hasta otra zona de bajas presiones.

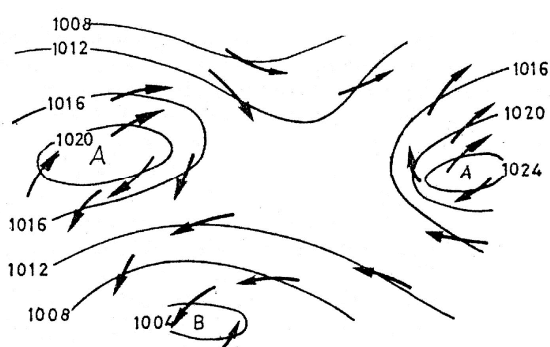
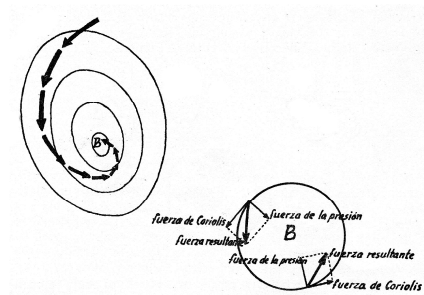
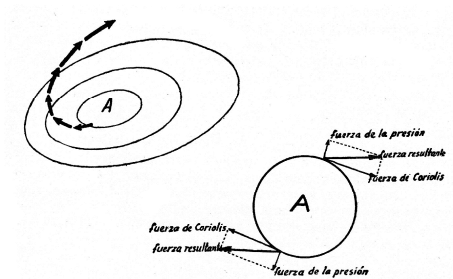


Algo similar a lo que ocurre dentro de un tubo de pasta de dientes cuando presionamos en un extremo para hacer salir el dentífrico. Al apretar, lo que producimos es una diferencia de presión entre ese punto y el extremo abierto. O cuando hinchamos un globo y abrimos la mano. El globo expulsa el aire. Los meteorólogos dirían que se ha producido un gradiente o diferencia de presión entre ambos extremos.

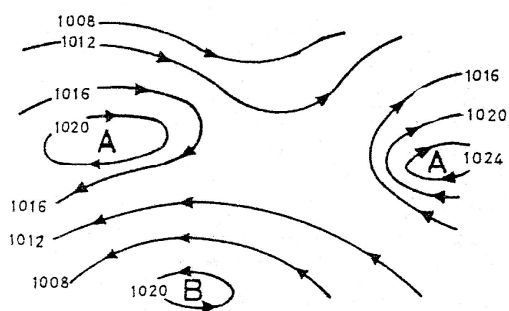


Si la Tierra NO girase el viento iría de un A hasta una B siguiendo el gradiente de presión entre ambas. La rotación de la Tierra en sentido oeste-este provoca que en el hemisferio norte el viento (cualquier fluido) sea *desviado hacia la derecha* de su trayectoria, independientemente de la orientación que esta tenga (en el HS es desviado hacia la izquierda). A esta fuerza desviadora se le llama **Fuerza de Coriolis**. Esta fuerza es nula en el Ecuador y máxima en los Polos. *Cerca del suelo (hasta una altitud de 9.000 metros) el rozamiento de las masa de aire con el suelo tiende a contrarrestar la fuerza de Coriolis impidiendo que el viento sea desviado hasta fluir paralelamente a las isóbaras (como sucede en altura), de manera que el viento forma con las isóbaras un cierto ángulo*, en nuestra latitud en torno a los 20 – 30°





Efecto Coriolis en vientos superficiales, el rozamiento "frena" a Coriolis



Vientos niveles altos (Geostróficos) siguen las isobaras (rozamiento = 0)

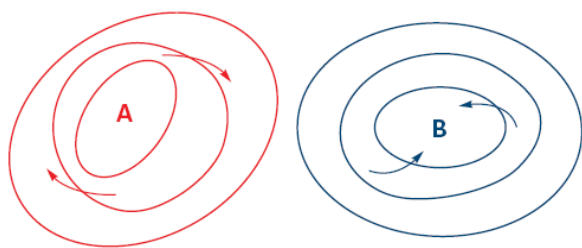
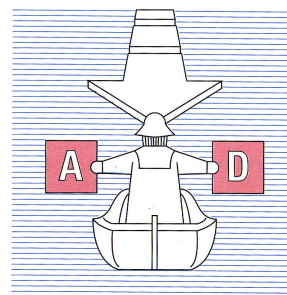


Figura 5.2. Sentido de giro del viento en las altas y bajas presiones.

En el HN, en torno a los ANTICICLONES el viento se mueve en el mismo sentido que las manecillas del reloj y en torno a las BORRASCAS lo hace en sentido contrario a las manecillas del reloj. Su intensidad es función del gradiente barométrico (cuanto más próximas estén las isobaras más fuerza del viento).

**Ley de Buys Ballot:** si te sitúas de cara al viento, la B estará a tu derecha y el A estará a tu izquierda. Consecuencias prácticas: como las B se mueven del oeste hacia el este, podemos saber en que dirección se encuentra (está al oeste o ya pasó al NO, al N, etc)

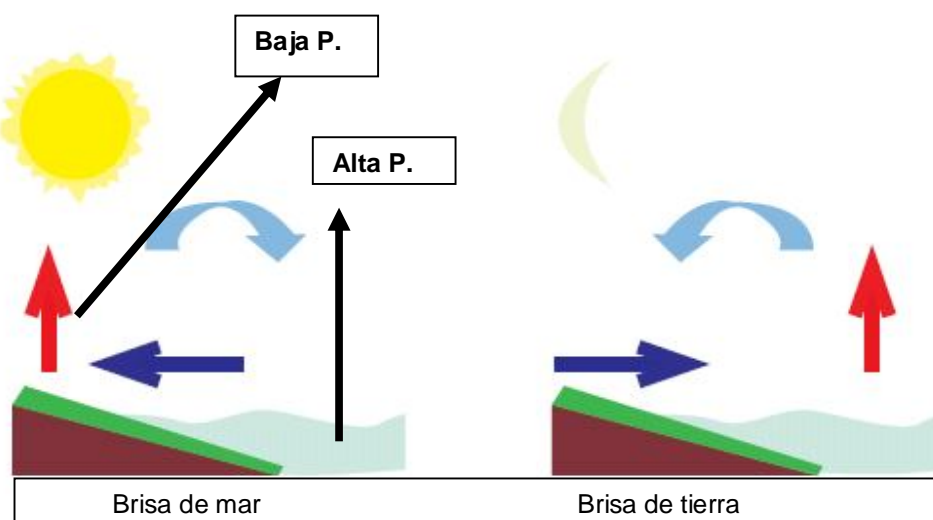


El Sr. Buys-Ballot

### Algunos tipos especiales de viento:

- **Vientos Catabáticos** o vientos de drenaje: se producen cuando el aire frío se desplaza, por gravedad, desde una zona elevada a una zona más baja. Son vientos fríos, fuertes y racheados. En Galicia este fenómeno ocurre a veces en la *costa da Capelada* desplomándose una masa de aire frío por los acantilados.

- **Influencia de la orografía:** el viento, como fluido, va a acelerar su velocidad si encuentra en su camino alguna barrera orográfica que constriña su paso (es lo que sucede cuando cierras parcialmente la boca de una manguera). Por ejemplo: el nordés se encañona en la *ría de Corcubión* por la configuración del macizo de O Pindo.
- **Brisas de mar, virazón:** su origen es el siguiente: durante el día, la tierra se calienta más rápidamente que la superficie del mar de modo que asciende (se crea un pequeño núcleo de bajas presiones) y es ocupado por aire más fresco procedente del mar. *Entre cabo Prior y las Sisargas en verano suelen sumarse el viento del nordés y las brisas de mar, pudiendo alcanzarse algunos días rachas de 25-30 nudos (fuerza 6-7) al mediodía.*
- **Brisas de tierra, terral:** 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 (pequeño núcleo de baja presión), haciendo que se produzca un flujo de viento de tierra a mar.

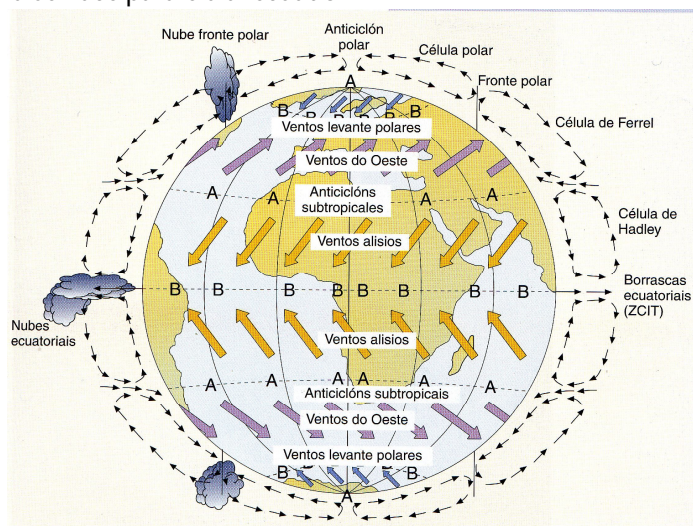
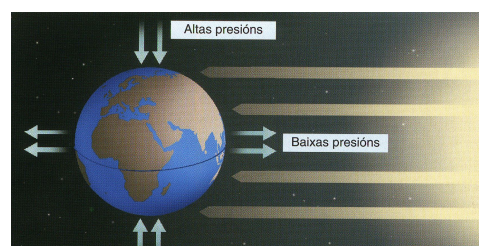


## LA CIRCULACIÓN GENERAL ATMOSFÉRICA

El intenso calentamiento ecuatorial da lugar a una situación ciclónica permanente "B" mientras que las bajas temperaturas polares dan lugar al asentamiento de anticiclones "A" sobre ellas.

- Por ese motivo, en teoría, el viento superficial podría recorrer el globo terrestre de forma que, partiendo de los anticiclones polares, en el sentido de los meridianos, alcanzaría las borrascas ecuatoriales; por su parte el viento de las capas altas de la atmósfera haría el camino inverso. **La existencia de la fuerza de Coriolis impide que esa trayectoria sea continua**, ya que, al producirse el ascenso convectivo del aire ecuatorial y su deslizamiento en altura hacia los polos, será desviado hacia la derecha en el hemisferio norte (izquierda en el sur), de tal modo que al alcanzar, aproximadamente, la latitud correspondiente a 30°, la trayectoria se hace paralela al ecuador.

- Allí, parte del aire seguirá hacia los polos, pero la mayoría descenderá hacia el ecuador, originando los **vientos alisios**. La trayectoria descrita recibe el nombre de **CÉLULA DE HADLEY**. Por tanto los **vientos alisios** son vientos superficiales que soplan desde los anticiclones subtropicales hacia el ecuador, donde convergen los de ambos hemisferios cerrando la célula de Hadley de la circulación general de la atmósfera. Debido al efecto de Coriolis, los alisios soplan desde el noreste en el hemisferio norte y desde el sureste en el hemisferio sur.



- La desviación debida a la fuerza de Coriolis afecta también al aire procedente de los anticiclones polares, cuya trayectoria llega tan solo hasta aproximadamente los 60° de latitud, lugar en el que existen movimientos ascendentes del aire, se forma así la **CÉLULA POLAR**.

- Por último, entre las dos células anteriores está situada la **CÉLULA DE FERREL** que se origina por la acción de los **vientos superficiales del oeste**. Por eso como podemos ver en la figura siguiente, existen tres células de convección (de Hadley, Polar y de Ferrel) en lugar de una.

+ La circulación comienza en una zona de **bajas presiones ecuatoriales** denominada **zona de convergencia intertropical (ZCIT)**. En estas zonas, las lluvias son constantes, pues debido a la confluencia e intensidad con la que soplan los **alisios** el ascenso convectivo es muy energético. Los vientos de altura, generados por las bajas presiones ecuatoriales, descienden en la zona de **los anticiclones subtropicales**, situados hacia los 30° de latitud. Los citados anticiclones generan vientos divergentes: los alisios, que soplan hacia el ecuador (proceden del noreste en el hemisferio norte y del sureste en el sur) y los **del oeste o westerlies**, que soplan hacia las zonas templadas (proceden del suroeste en el hemisferio norte y del noroeste en el hemisferio sur). **Los anticiclones subtropicales que se asientan sobre continentes dan lugar a los mayores desiertos del planeta.**

+ Las zonas de ascendencia o de **borrascas subártica y subantártica** están situadas aproximadamente a los 60° de latitud, circundando los polos; en ellas confluyen los **vientos del oeste** con los fríos **vientos polares del este también llamados levantes**, que proceden de los polos (soplan del noreste en el hemisferio norte y del sureste en el sur).

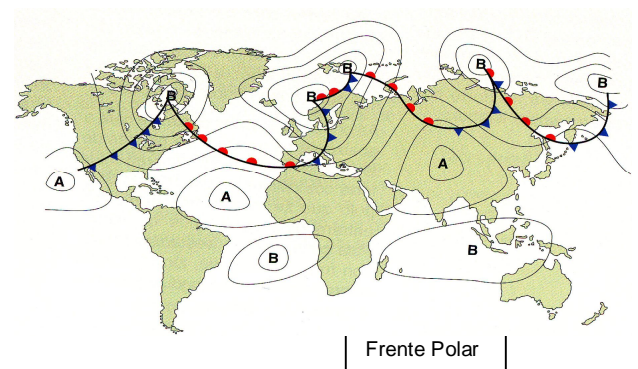
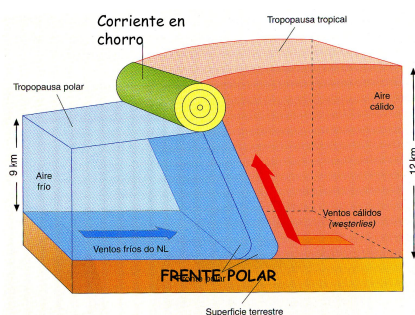
De las **zonas de anticiclones polares** parten los vientos fríos polares (levantes) que ocupan todo el espesor de la troposfera. El contacto entre estos dos vientos (los fríos polares del este + los cálidos del oeste) dan lugar a las **CORRIENTES EN CHORRO**.

**La circulación atmosférica en altura está dirigida por LA CORRIENTE EN CHORRO O JET STREAM:** es una masa de aire de miles de km de longitud y cientos de anchura, situada en la tropopausa (+/- 10.000 metros) donde el viento alcanza velocidades de hasta 300 km/h.

**ORIGEN:** el contacto entre las masas de aire frío polar (empujadas por los A polares) con las masas de aire cálido subtropical (empujadas por los A subtropicales) provoca que el aire cálido asciende sobre la cuña de aire frío polar hasta llegar a la tropopausa. En este ascenso serán desviados hacia la dcha por Coriolis originando en la tropopausa la corriente en chorro.

Esta corriente en chorro tiene su correspondencia en superficie con el **FRENTE POLAR**; es el límite o contacto entre el aire frío polar y el aire cálido tropical (masa polar y masa tropical). Es como una pared de goma que trata de sujetar al aire frío polar rodeando todo el hemisferio.

El **Frente Polar**, que separa ambas masas de aire, sufre cambios de latitud estacionales que afectan en gran medida a la comunidad gallega. En verano asciende a latitudes mayores -llegando a situarse sobre los 60° N-, dejándonos así bajo la influencia del anticiclón subtropical de las Azores, que da lugar a un tiempo cálido y seco al impedir el paso de las borrascas. En invierno, el Frente Polar desciende hasta llegar a situarse sobre el estrecho de Gibraltar (hacia los 35° N), quedando entonces bajo el influjo de las bajas presiones, que traerán lluvias y aire frío.





**¿Por qué ondea una bandera al viento en lugar de quedar inmóvil y desplegada?** a ambos lados de la bandera el viento es frenado por su rozamiento con la tela de la bandera, lo que produce una reducción de su velocidad y unos remolinos que se alternan produciendo el ondeo. Lo mismo sucede en un río cuando el agua del fondo es frenada por rozamiento y el agua de "arriba" tiende a llenar ese vacío curvándose (remolino)

La corriente en chorro es como un río aéreo. A ambos de su eje central también se producen remolinos debido a diferencias en su velocidad. Estos remolinos son gérmenes de borrascas que se transmiten al Frente Polar en la superficie.



### Formación de BORRASCAS ONDULATORIA del frente polar (ciclogénesis)



Si el aire polar empuja, metiéndose en punta en la zona del aire cálido, el frente polar se dobla y acaba por aparecer una ondulación.

Ahora el aire cálido se revuelve y empuja a su vez. (PUERTA GIRATORIA)

Se acaba de formar una *borrasca ondulatoria del frente polar*. Estas B no son otra cosa que ondulaciones del frente polar.

¿De qué depende la energía de la B? del contraste de  $T^a$  entre ambas masas: la polar y la tropical. A mayor contraste mayor energía.

Las B se "alimentan" de aire frío. Hay que fijarse si se les suministra aires frío del norte por su parte occidental.

Estas borrascas se desplazan mejor sobre el mar que sobre tierra, suelen tener una velocidad de unos 50 km/h y se caracterizan por la inestabilidad del tiempo. Vientos fuertes frecuentes. Normalmente se desplazan de O a E .



### FRENTES.

Se clasifican en tres tipos: Frente Frío, Frente Cálido y Frente Ocluida

**Frente Frío:** un frente de contacto en el que *el aire frío invade* la zona del aire caliente. La masa de aire frío, más pesada, permanece pegada al suelo y fuerza al aire cálido a elevarse bruscamente, lo que enfría la masa de aire y produce nubosidad y precipitaciones. La pendiente de la superficie frontal es muy acusada. Las nubes que lo acompañan serán tipo cumuliforme (desarrollo vertical).

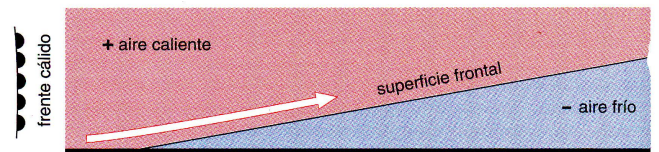
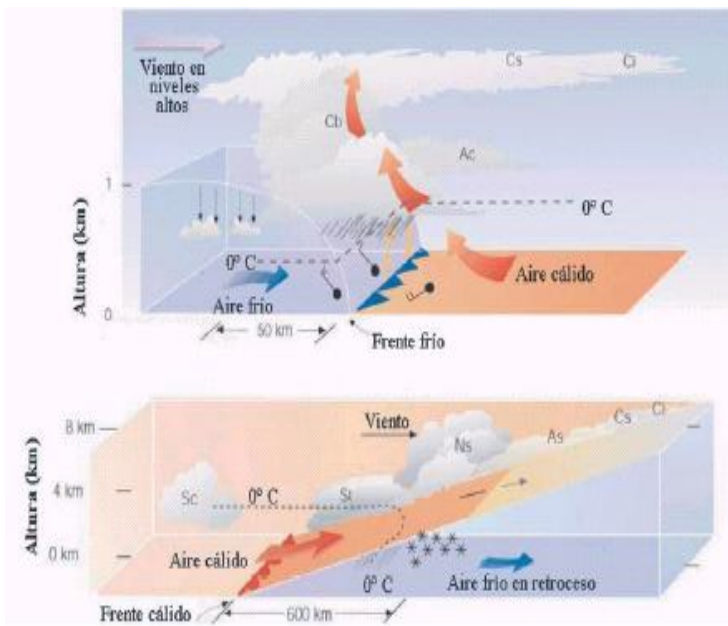
*Símbolo: línea continua con triángulos pegados a ella.*

**Frente Cálido:** un frente de contacto en el que *el aire caliente penetra* en la zona del aire frío. La masa de aire frío permanece en contacto con el suelo y la masa de aire caliente se eleva suavemente por encima. La pendiente de la superficie frontal es poco acusada. Puede producirse nubosidad y precipitaciones. Con el paso del frente cálido las nubes que aparecen rematan su nombre en –estrato (cirrostratos, altostratos, nimbostratos) (Nubosidad estratiforme, sin desarrollo vertical)

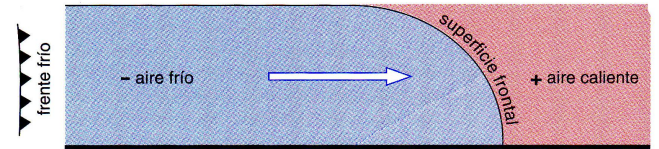
*Símbolo: línea continua con semicírculos pegados a ella*

**Frente Ocluido:** se produce cuando el frente frío alcanza al frente cálido. Tiempo asociado nubosidad y precipitaciones.

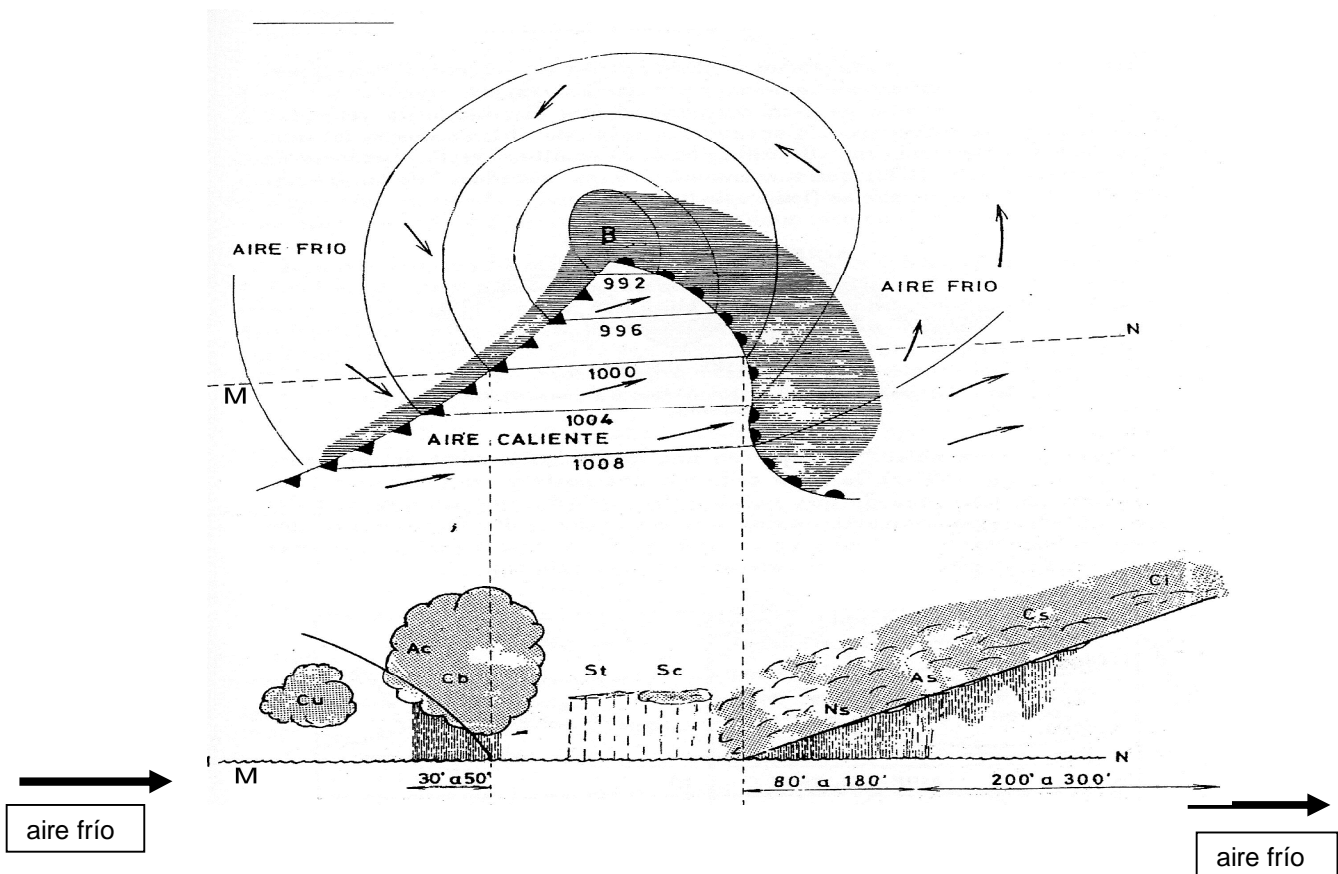
*Símbolo: línea continua con semicírculos alternando con triángulos*



Frente cálido: el aire cálido rechaza al aire frío elevándose por encima de este.



Frente frío: el aire frío penetra en ángulo por la base del aire cálido, rechazándolo violentamente.



## CARACTERÍSTICAS METEOROLÓGICAS DE GALICIA

Galicia se encuentra en la zona templada, entre la región polar y la región subtropical. Esta es una zona de paso de borrascas que normalmente circulan por latitudes un poco superiores afectándonos principalmente las colas de las mismas, principalmente de los frentes fríos.

Para entender la circulación atmosférica en las latitudes en las que se encuentra Galicia (42°N – 44°N) tenemos que conocer **LAS MASAS DE AIRE** que condicionan los tipos de tiempo y **LOS CENTROS DE ACCIÓN EN SUPERFICIE** que nos afectan.

**Masas de aire:** las que afectan a Galicia son: Ártica marítima (Am), Ártica continental (Ac), Polar marítima (Pm), Polar continental (Pc), Tropical marítima (Tm) y Tropical continental (Tc).

Pm: húmeda, de fría (invierno) a fresca (primavera). Condiciones de inestabilidad que favorecen las precipitaciones.

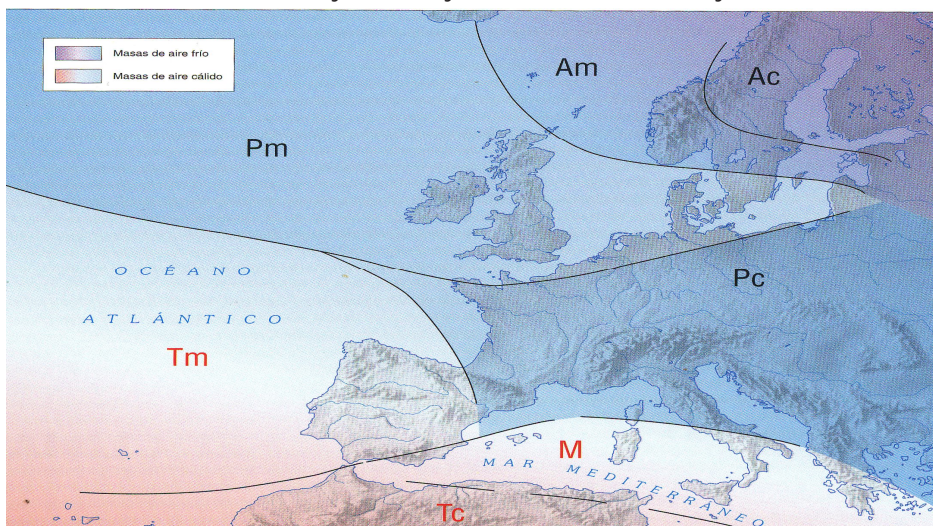
Pc: frío, seco y estable. Frecuente en invierno.

Tm: Domina en verano. Muy cálido y húmedo.

Tc: muy cálido y seco. Olas de calor en verano.

Ac: muy frío y seco. Heladas en invierno.

Am: moderadamente húmedo y frío. Muy inestable. Tormentas y chubascos de nieve.



**Centros de acción:** los que nos afectan son fundamentalmente tres:

**ANTICICLÓN DE LAS AZORES:** condiciona el movimiento de las B hacia las costas gallegas.

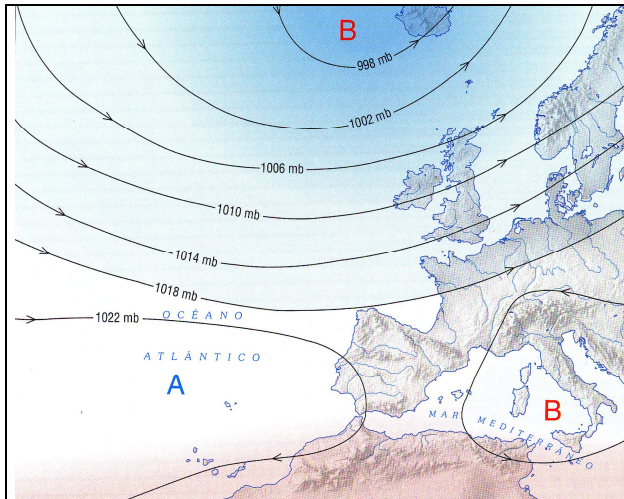
En invierno baja de latitud lo que permite que los frentes nos afecten (nubosidad y precipitaciones). En verano sube de latitud desviando las B hacia el norte.

**DEPRESIÓN DE ISLANDIA:** está presente casi permanentemente. En invierno se intensifica. Canaliza el paso de aire frío marítimo (polar o ártico) así como las B del frente polar.

*Estos dos centros de acción son lo que ejercen una mayor influencia sobre la meteorología de Galicia. Su situación (latitud) y su importancia (presión) van a determinar la latitud donde se encuentren las masas de aire polar y tropical (Frente Polar)*

**ANTICICLONES TÉRMICOS CENTROEUROPEOS:** se forman en invierno debido al enfriamiento del continente. Dan lugar a invasiones de aire polar continental, muy frío.





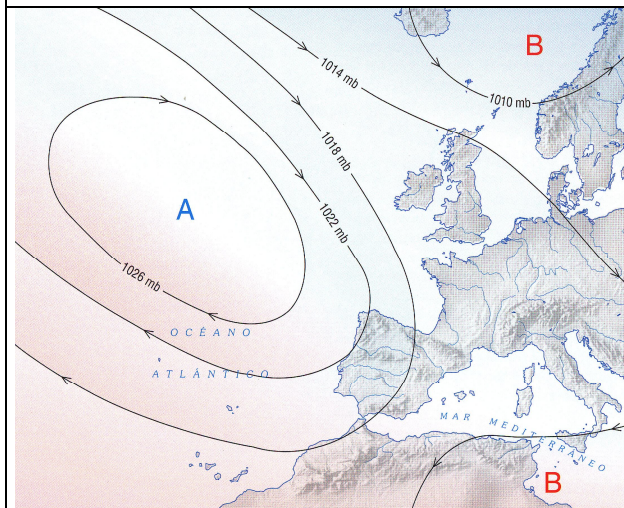
#### CENTROS DE ACCIÓN EN INVIERNO

La corriente en chorro y el frente polar se desplazan hacia el sur, retirando el Anticiclón de las Azores hacia latitudes más bajas.

La Borrasca de Islandia se intensifica

Vientos predominantes del oeste

*estos dos mapas de la izquierda únicamente pretenden mostrar la situación relativa del A Azores y la B de Islandia en invierno y en verano respectivamente.*



#### CENTROS DE ACCIÓN EN VERANO

La corriente en chorro y el frente polar se desplazan al norte, lo que permite que el Anticiclón de las Azores domine la panorámica en nuestras latitudes.

El AA se desplaza al norte e impide que nos afecten las borrascas atlánticas.

La situación del AA es responsable de los persistentes vientos del NORDÉS tan característicos en verano en nuestras costas

### LOS MAPAS METEOROLÓGICOS

Los mapas del tiempo son representaciones gráficas de los valores de ciertas variables meteorológicas sobre una zona geográfica determinada al nivel del mar. También se usan mapas de símbolos denominados mapas significativos.

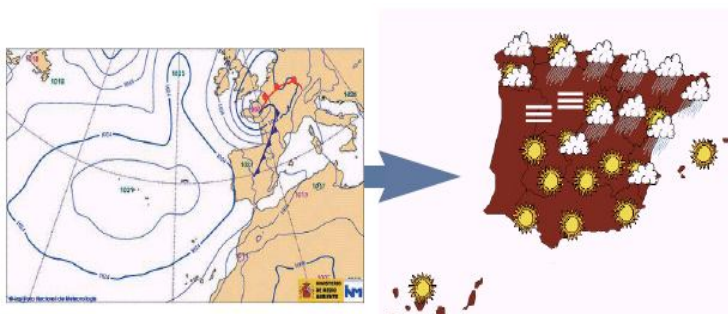


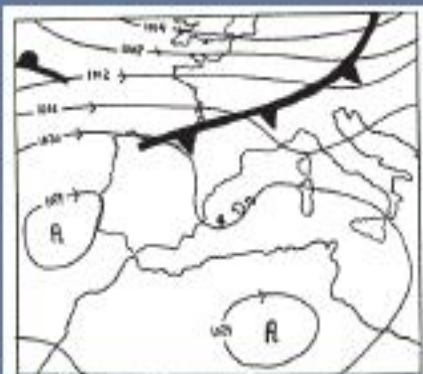
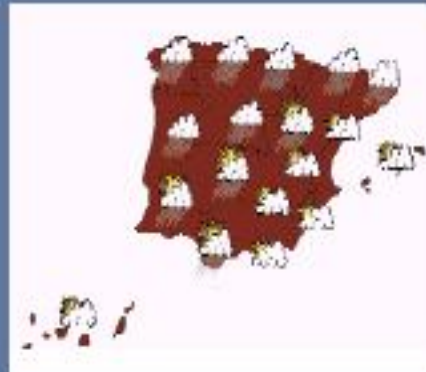
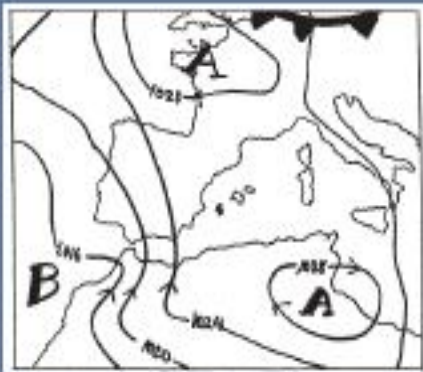
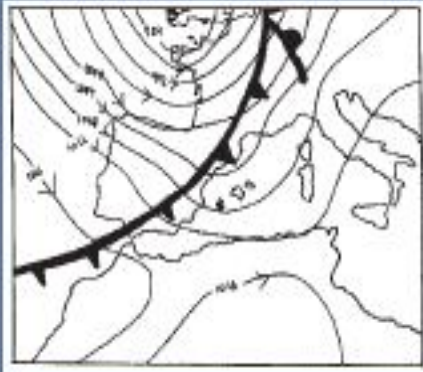
Figura 5.3. Mapa de isobaras y frentes (izquierda) y el correspondiente mapa significativo (derecha).

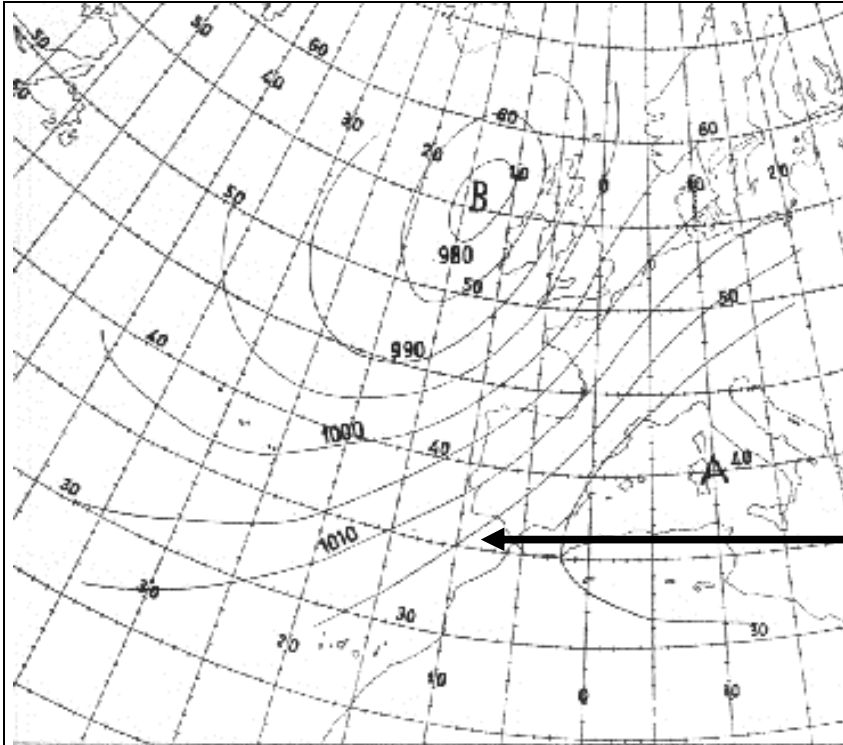
En el mapa de isobaras de la figura 5.3, podemos ver como al norte de la Península Ibérica, situado sobre la Bretaña francesa, aparece un centro de bajas presiones, que hará que el tiempo sea más inestable en las regiones cantábricas y pirenaicas. Asociado a esta depresión, vemos un sistema frontal, 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. La disposición de las isobaras (en torno

al anticiclón y a la baja) indica que los flujos de viento serán 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 cantábrica, donde los vientos serán algo más fuertes.

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



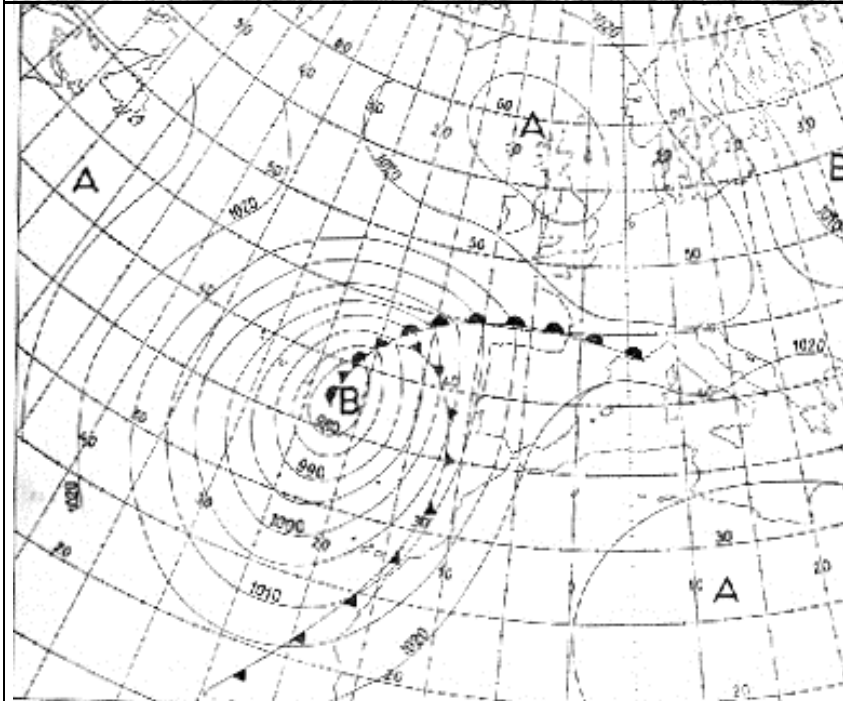


#### SITUACIÓN DEL SO:

Depresión extensa sobre las islas Británicas, quedando las altas presiones sobre el Mediterráneo.

Vientos fuertes del tercer cuadrante

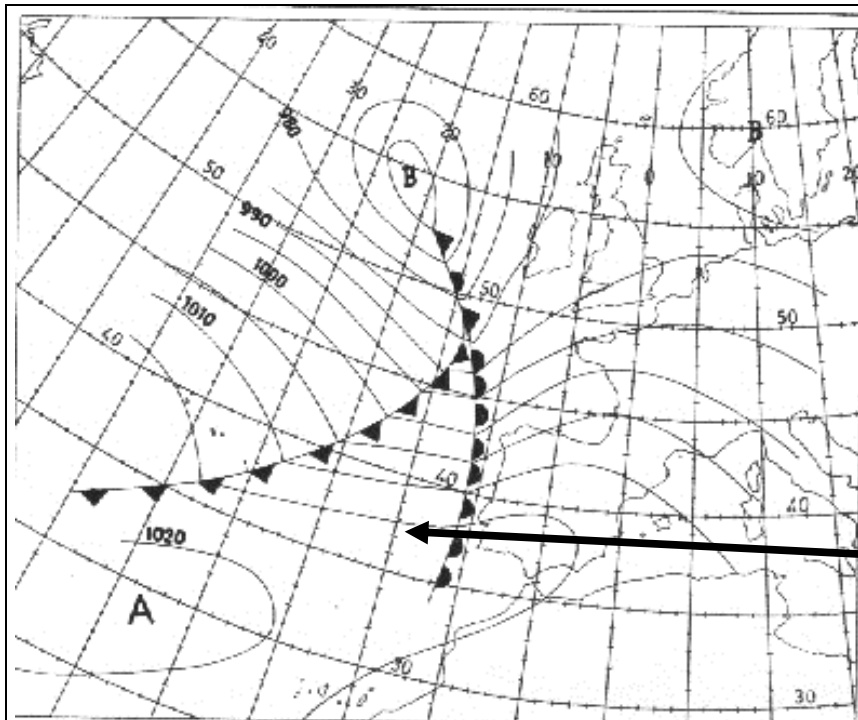
Fetch de cierta extensión (isóbaras paralelas) de dirección SW por lo que el estado del mar se verá afectado



#### SITUACIÓN DEL SUR

La borrasca presenta las isóbaras muy juntas (gradiente de presión elevado) lo que implica fuertes vientos que afectaran a Galicia (temporal). El FC ya pasó por Galicia dejando lluvias, en este momento estamos bajo el efecto del sector cálido (lluvias) y en horas nos alcanzará en FF, descenso de las T y fuertes lluvias.

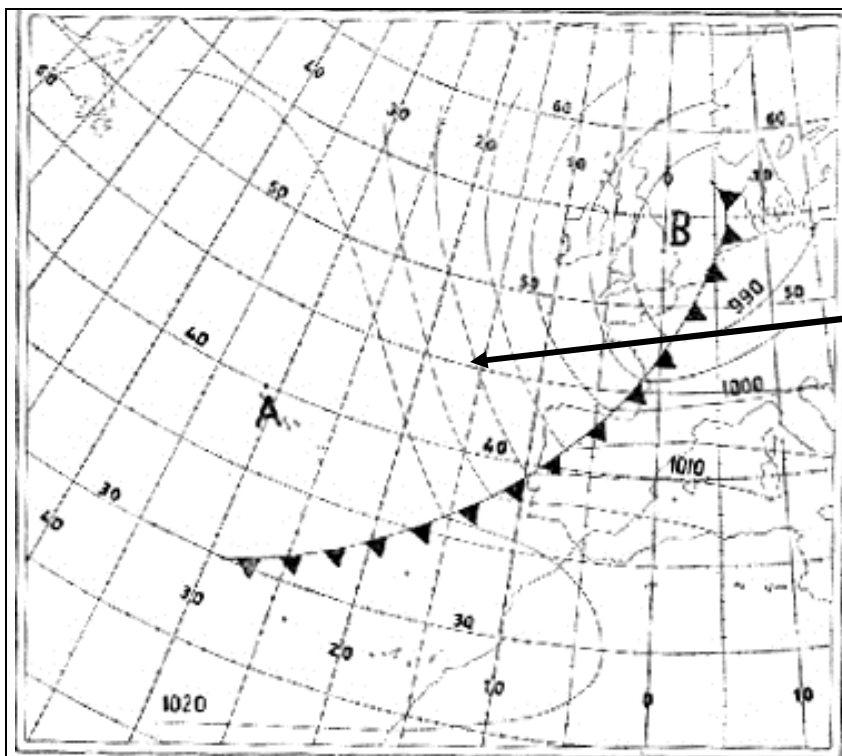




#### SITUACIÓN DEL OESTE (de Octubre a Marzo)

Una B al oeste de las islas británicas se traslada de O a E. El FC está apunto de alcanzar nuestras costas. Por delante de él el viento sopla del SO, en el sector cálido del OSO y después del FF ONO. Predomina la componente Oeste.

Fetch muy extenso: entrará mucho mar



#### SITUACIÓN DEL NO (frecuente en invierno)

El gradiente de presión entre el A y la B británica suele ser muy fuerte.

El Fetch es muy extenso y el viento fuerte, lo que implica muy mal estado del mar.

## **B2.3. Los riesgos climáticos, causa y consecuencias. Medidas de predicción, prevención y corrección.**

### **1. Los tornados**

Son una especie de columna giratoria de viento y polvo que se extiende desde el suelo hasta la base de un cúmulonimbo. Este remolino se forma por un excesivo calentamiento de la superficie terrestre. Son bajas presiones de tipo convectivo donde el aire asciende a gran velocidad entre 160 y 450 km/h, formando remolinos en cuyo interior se produce un descenso de presión que puede superar los 100-150 mb.

El diámetro de los tornados es pequeño, alrededor de un centenar de metros, pero el gradiente de presión que se origina es enorme. La gran capacidad destructiva se debe a tres factores: la velocidad de los vientos asociados, el gradiente de presión y el efecto de succión de su zona central.

Son fenómenos locales de corta duración. Unos se desplazan lentamente pero otros pueden alcanzar velocidades de hasta 200 km/h. Generalmente tienen recorridos entre 10 y 100 km de longitud y 2 km de anchura. Son típicamente norteamericanos, pero pueden aparecer en otros lugares de latitudes templadas entre ellas en España, en las costas del Sur y Este de la Península.

### **2. Los tifones, huracanes y ciclones**

Estos términos se utilizan en distintas partes del mundo (tifones en el pacífico, huracán en el atlántico norte y ciclón en el indico) pero significan lo mismo. Un huracán es un grupo de tormentas muy próximas entre sí que tiene un diámetro medio de 500 km y giran en espiral en torno a una parte central: el ojo del huracán, de aproximadamente unos 40 km de ancho, que se encuentra en calma.

- Se originan **en las proximidades del ecuador**, en los meses de verano y otoño, donde la fuerte insolación calienta el agua del mar al menos a 27°C, originando una intensa evaporación y una fuerte convección, que forma nubes de tormenta de un enorme desarrollo vertical. El giro en espiral es debido al efecto Coriolis, que aumenta a medida que se aleja del ecuador. El sentido de giro es contrario a las agujas del reloj en el hemisferio norte (al revés que en el hemisferio sur).

- Debajo del ojo del huracán y como consecuencia de la fuerza de succión ejercida por las borrascas, se produce una elevación del agua del mar que da lugar a olas que pueden llegar a tierra y asolar las costas. Además del movimiento de rotación, también se desplazan de este a oeste, asolándolo todo a su paso. Posteriormente, los del hemisferio norte se dirigen hacia el norte y luego hacia el noreste; los del hemisferio sur se dirigen a suroeste y por último al sur. Cuando los huracanes penetran en tierra se debilitan al cortársele el suministro de humedad y se convierten en tormentas tropicales; pero si retornan al mar, se pueden volver a reactivar.

- Los mayores peligros de un huracán se deben a la velocidad de rotación del viento en torno al ojo, a las inundaciones debidas a oleaje y a las fuertes lluvias (de 300 a 600 litros/m<sup>2</sup>), que causan cuantiosos daños materiales. Por eso, tradicionalmente se utilizaron aviones para su detección, método bastante arriesgado. En cambio hoy día se efectúa un seguimiento por vía satélite y existen sistemas de alerta a la población. Otra medida para luchar contra el riesgo de huracanes es la construcción de viviendas adecuadas, que son caras y que solamente las poseen en los países ricos.

### **3. Los vendavales**

Son vientos que alcanzan gran velocidad de hasta 80-90 km/h provocando grandes destrozos como daños en las cosechas, caídas de árboles y pérdidas humanas. En el norte de España son frecuentes las galernas, vientos procedentes del norte (Euskadi).

### **4. DANA (gota fría)**

Es una situación frecuente en la cuenca mediterránea de la Península sobre todo a finales del verano y principios del otoño. Este fenómeno meteorológico local puede causar precipitaciones excepcionalmente intensas durante horas o días. Para que se forme se necesita:

- Una masa de aire frío polar en altura que se ha "colado" aprovechando la ruptura momentánea del chorro polar.
- Una situación de inestabilidad, es decir, de bajas presiones en superficie.
- Elevada temperatura, especialmente en la superficie marina.

La masa de aire frío da lugar a un área de baja presión suspendida en altura. Debido a su baja temperatura va a tender a descender en espiral hasta alcanzar la superficie, donde dará lugar a una borrasca. La inestabilidad provocada por esta borrasca originará un ascenso convectivo de aire cálido por su parte central, formando una nube (cumulonimbo) de rápido desarrollo vertical, que dará lugar a fuertes aguaceros o nevadas. Esto ocurre cuando la masa ascendente contiene mucha humedad, como ocurre a finales de verano, ya que al enfriarse el mar más despacio que la tierra, la evaporación del Mediterráneo persiste.

## **MEDIDAS CONTRA LOS RIESGOS CLIMÁTICOS**

**Medidas predictivas.** Consisten en anunciar con anticipación el lugar, momento, la intensidad y las consecuencias de un riesgo. Es una tarea que deben realizar los especialistas y las herramientas son:

- Cartografía de riesgos: Representan las zonas potencialmente peligrosas.
- Servicios de predicción de riesgos climáticos: Estos servicios pueden ser nacionales o supranacionales como el Servicio de Vigilancia Meteorológico Mundial.

**Medidas preventivas.** Tienen por objeto minimizar los posibles daños.

- **No estructurales.** Tratan de preparar a la población frente a los procesos naturales. Las más comunes son:
  - Planificación territorial: Para no poner en peligro a los ciudadanos frente a cualquier fenómeno natural potencialmente peligroso.
  - Programas de Protección Civil: Comprenden planes de evacuación, construcción de refugios, atención sanitaria rápida suministro de agua y alimentos, etc.
  - Educación ambiental: Dirigida al ciudadano, con información de las medidas de evacuación establecidas y de comportamiento más adecuado frente a los riesgos.
  - Sistemas de alerta a los ciudadanos.
  - Contratación de seguros contra las posibles pérdidas.
  - Programas internacionales: Con los objetivos de fomentar y mejorar los servicios de predicción, establecer programas de asistencia técnica y de transferencia tecnológica, coordinar y canalizar las ayudas internacionales para que lleguen con rapidez y eficacia a la población afectada, etc.
- **Estructurales.** Tratan de modificar los procesos o sucesos naturales que pueden producir riesgo.

**Medidas de corrección:** serán aquellas medidas estructurales que se establezcan tras un determinado riesgo con el fin de evitar, en la medida de lo posible, que vuelva a suceder o, en su defecto, para mitigar los daños que pueda causar