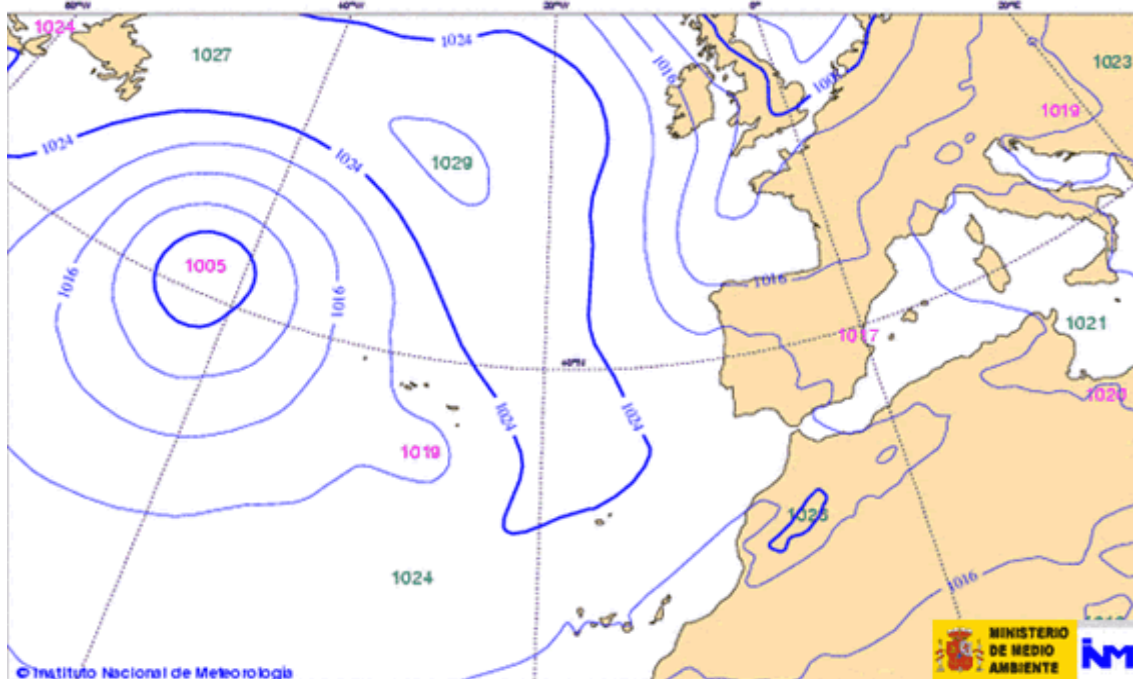


## MAPAS DE SUPERFICIE: LA PRESION AL NIVEL DEL MAR

Manuel Palomares Calderón ("Arcimis")

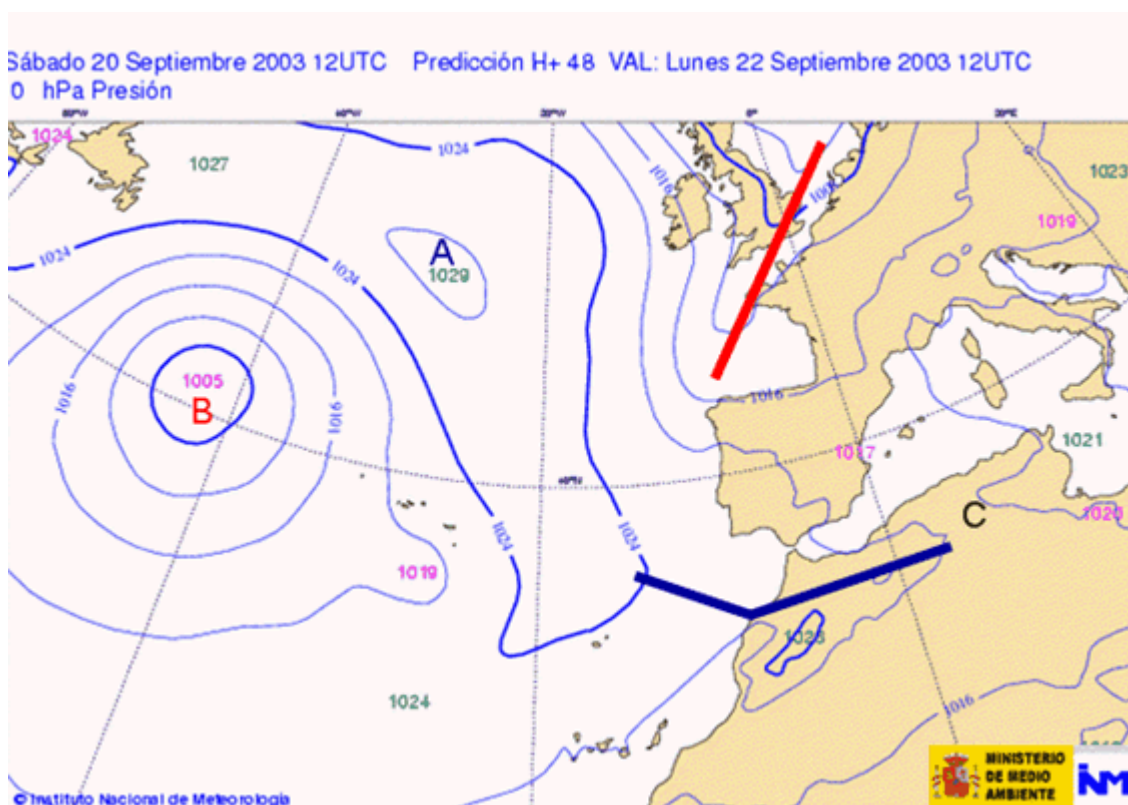
Predictor del Instituto Nacional de Meteorología  
macalderon@mi.madridtel.esSábado 20 Septiembre 2003 12UTC Predicción H+ 48 VAL: Lunes 22 Septiembre 2003 12UTC  
0 hPa Presión

Aquí tenemos un mapa de superficie puro y duro, sólo hay isobaras. Corresponde a una predicción a 48 horas del modelo HIRLAM válida para hoy, lunes 22 de septiembre a las 12 UTC. En otros mapas de superficie se incluyen también elementos como viento, frentes etc. pero aquí la única variable representada es la **presión reducida a nivel del mar** mediante isobaras de cuatro en cuatro hPa etiquetadas en azul. También hay unos cuantos valores de presión en rojo y verde correspondientes a mínimos y máximos locales de la misma variable que se alcanzan en algunas zonas del mapa.

La presión atmosférica, es decir el peso de la columna de aire atmosférico por unidad de superficie, es una variable fundamental en meteorología y desde la invención del barómetro en el siglo XVI se conoce su estrecha relación con los cambios del tiempo. Pero la presión disminuye rápidamente con la altura; cerca del nivel del mar lo hace a razón de un milibar por cada 8 metros de altitud, una tasa muchísimo mayor que su variación horizontal normal. Como los observatorios meteorológicos están situados a muy diferentes altitudes, para poder comparar sus medidas es necesario usar una referencia común. Las lecturas de los barómetros situados a altitudes superiores se "reducen al nivel del mar" añadiendo, mediante fórmulas apropiadas, la presión adicional que ejercería una columna de aire ficticia que se extendiese en vertical desde el barómetro hasta la altitud cero del océano y para hacer más precisa la comparación en el cálculo se tiene en cuenta la temperatura reinante.

Con las medidas de presión reducida al nivel del mar pueden construirse mapas de su distribución mediante isobaras. Durante mucho tiempo estos fueron los mapas usados fundamentalmente por los meteorólogos y durante bastante tiempo después, prácticamente hasta el desarrollo de Internet, los únicos que llegaban al público. El hecho de que para describir o predecir el estado del tiempo es necesario conocer la distribución de otras variables tanto en superficie como en niveles superiores, no resta importancia al mapa de presión en superficie. En el caso de que nos obligasen a disponer de un solo tipo de mapa meteorológico para informar del estado del tiempo, constituiría sin duda la mejor elección.

Aquí esta de nuevo el mismo mapa con algunas estructuras típicas de la distribución de presión señaladas:



Sobre el Atlántico tenemos una depresión marcada en su centro con la letra "B" (Baja) donde se señala una presión de 1005 hPa. Encima y a su derecha hay un anticiclón en una posición oblicua Noroeste-Sureste que no es la más familiar. En su centro la presión es de 1029 hPa (letra "A" de Alta). No todas las isobaras están etiquetadas, pero teniendo en cuenta que van de 4 en 4 hPa puede deducirse que la isobara más interior en la depresión es la de 1008 hPa y en el anticiclón la de 1028, o que por ejemplo la que cruza sobre España de oeste a sur es la de 1020. Antes de seguir conviene recordar las letras con que suelen marcarse las depresiones y anticiclones para otros idiomas:

Francés: B (Baisse) y H (Haute) - Inglés: L (Low) y H (High) - Alemán: T y H

Más al Este del anticiclón las isobaras describen una curvatura brusca a través de un eje que va desde Galicia hasta el mar del Norte marcado con una línea roja. Las isobaras internas tienen valores cada vez más bajos, pero la estructura no es cerrada. Se trata de una **Vaguada** o **Surco**. En cambio al sur de la península Ibérica el anticiclón se prolonga hacia el este sobre el norte de África en una especie de cuña según un eje aproximado que he marcado con la línea quebrada en azul. Se trata de una **Dorsal** o **Loma** anticiclónica. Sobre Marruecos existe incluso un pequeño anticiclón de 1025 hPa, imbuido en la dorsal.

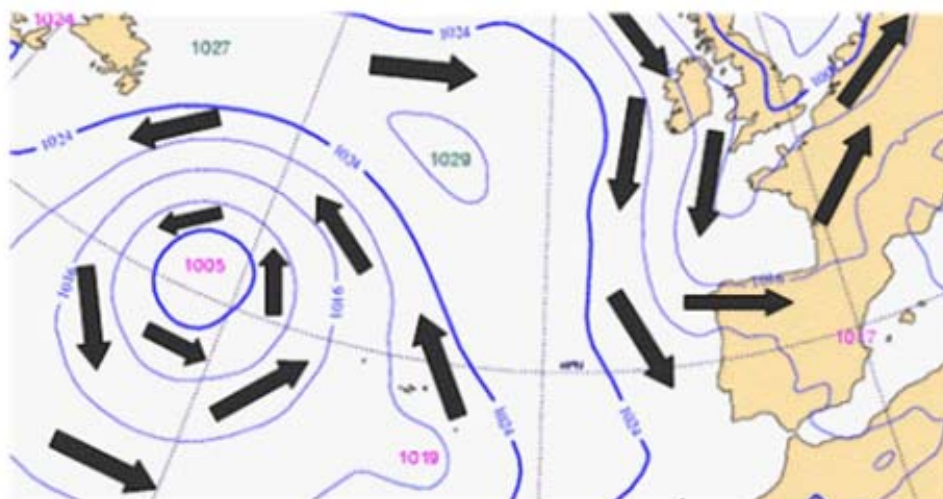
Además de las depresiones y anticiclones las vaguadas y dorsales son estructuras importantes de los mapas de superficie y ya veremos que son las dominantes en los mapas de altura. Finalmente, he marcado con la letra C un punto justo al este de la dorsal situado entre dos sistemas de altas presiones, la dorsal al Oeste y el pequeño anticiclón mediterráneo al Este y dos sistemas de bajas presiones, la vaguada al Norte y bajas relativas en el interior de África al Sur. Esos puntos entre dos sistemas de altas presiones y dos de bajas se llaman **Collados**.

Otra importante información que ofrecen las isobaras es la mayor o menor magnitud con que varía la presión en sentido horizontal. Si las isobaras están muy cerca unas de otras, como sucede en la parte norte de la depresión atlántica o sobre Irlanda e Inglaterra, esa variación es intensa y se dice que el “**Gradiente de presión**” es alto. En cambio en la mitad sur de la depresión el Gradiente es más bajo y todavía es más reducido sobre la península Ibérica. Al oeste de las islas Canarias la distancia entre las isobaras es muy grande y la variación de presión por tanto es mínima, constituyendo lo que suele llamarse un “**pantano barométrico**”.

## LAS ISOBARAS Y EL VIENTO

Un mapa de presión en superficie proporciona a primera vista una idea de la circulación atmosférica en niveles bajos, sobre todo en latitudes superiores a los 30° Norte o Sur. Las dos fuerzas básicas que determinan la circulación del aire sobre la Tierra son la variación de la presión (el Gradiente) y la propia rotación terrestre que produce la llamada aceleración de Coriolis y con ello una fuerza que desvía el movimiento del aire hacia la derecha en el hemisferio Norte y hacia la izquierda en el Sur. Bajo la hipótesis de que ambos factores, la fuerza del Gradiente de Presión y la fuerza de Coriolis, se equilibran, se calcula una aproximación teórica para la circulación llamada “Viento Geostrófico” (el termino alude a la rotación de la tierra).

Las isobaras identifican la circulación del viento Geostrófico de acuerdo a la regla de Buys Ballot: “El Viento Geostrófico circula paralelo a las isobaras dejando a su derecha las altas presiones en el hemisferio Norte (en el hemisferio Sur a la izquierda)”. En la parte superior de nuestro mapa la circulación del viento Geostrófico sería como indican las flechas:

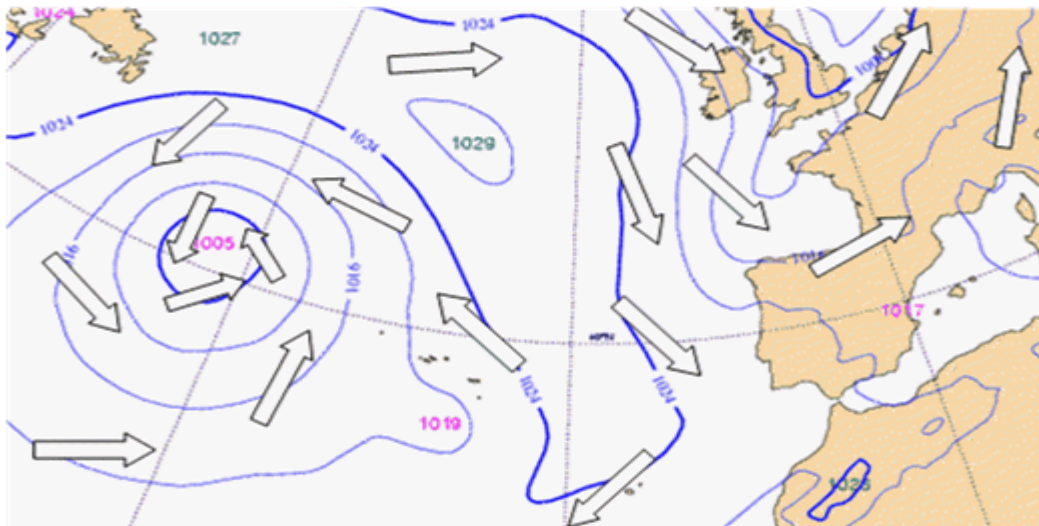


La regla de Buys Ballot implica que en el hemisferio Norte, el viento Geostrófico circula en sentido contrario de las agujas del reloj alrededor de las depresiones y en el sentido del reloj alrededor de los anticiclones (en el hemisferio Sur sucede al revés).

La cuestión inmediata es conocer cual es la relación entre el viento Geostrófico, así calculado, y el viento real reinante en una situación como la descrita por el mapa. Para ello debemos tener en cuenta lo siguiente:

1º) La aceleración de Coriolis es nula en el Ecuador y va aumentando gradualmente hacia los polos donde es máxima. En latitudes cercanas al Ecuador, digamos hasta 20 o 30 grados, la fuerza de Coriolis es débil y los vientos no se ajustan a la hipótesis “geostrófica”.

2º) Existen otras fuerzas y factores determinantes. En las capas cercanas a la superficie el más importante es la fricción o rozamiento del viento. En niveles altos (por encima de unos 1000 metros sobre el suelo) el viento Geostrófico se aproxima bastante al real, pero por debajo el rozamiento desvía el viento en dirección hacia las bajas presiones de forma que no sopla paralelo a las isobaras sino formando un ángulo con estas que puede llegar a unos 40 grados en superficie sobre terreno rugoso. Sobre el mar está en torno a 15-20 grados. Con el rozamiento la circulación del viento en nuestro mapa pasaría a ser más o menos la siguiente:



En el norte de España por ejemplo, la dirección del viento Geostrofico era del Oeste-Noroeste pero el rozamiento lo gira a una dirección más bien del Suroeste. Es interesante observar que en la depresión atlántica el rozamiento hace que el viento converja hacia el centro, formando una especie de espiral (el aire "entra" en la depresión). Por el contrario, en el anticiclón hay divergencia, el aire "se escapa" de la zona anticiclónica. Cerca del suelo la fricción del viento con la superficie hace que las áreas de bajas presiones sean zonas de convergencia y las de altas presiones de divergencia. Este hecho tiene una importancia fundamental sobre el tiempo atmosférico, volveremos sobre ello el próximo día.

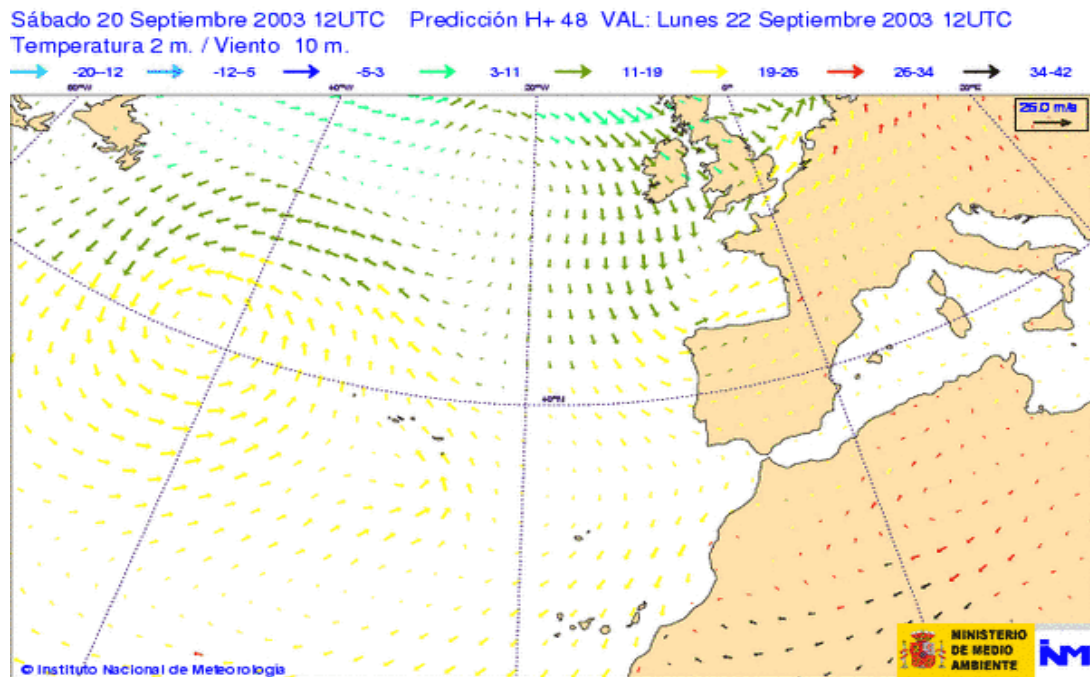
## EL VIENTO REAL EN SUPERFICIE

Y ahora volvamos a la cuestión interesante de saber si teniendo en cuenta el rozamiento, las isobaras nos proporcionan ya una medida ajustada de la dirección del viento y también de su velocidad en superficie. En mar abierto la respuesta es afirmativa, con bastante aproximación, pero sobre los continentes existen numerosos accidentes geográficos e influencias térmicas de escala más pequeña que modifican el viento a gran escala señalado por las isobaras (escala "sinóptica" suele llamarse) Todo depende un poco de la intensidad de ese viento general. Si es suficientemente fuerte puede imponerse a las influencias de menor escala. Ahora veremos como el mapa de superficie también ofrece una evaluación de la velocidad del viento general. Hay que tener en cuenta los siguientes factores, especialmente el primero:

- 1) La velocidad del viento es directamente proporcional al Gradiente de Presión y por tanto más fuerte cuanto más juntas estén las isobaras
- 2) Para un mismo gradiente de presión es inversamente proporcional a la latitud, es decir más fuerte cuanto más alejados estemos de los polos
- 3) Para igualdad de los factores anteriores es más fuerte cuando las isobaras se curvan alrededor de altas presiones ("**curvatura anticiclónica**") que cuando rodean zonas de bajas presiones ("**curvatura ciclónica**"). Este efecto se debe a la interacción de la fuerza centrífuga que se suma a la fuerza de la presión en el primer caso y la contrarresta en el segundo.
- 4) Disminuye al aumentar el rozamiento. Además del giro antes descrito, el rozamiento hace que la velocidad del viento disminuya sobre los continentes y sobre todo en la capa más contigua al suelo. Sobre mar abierto es más fuerte e uniforme
- 5) Sobre los continentes es en general más fuerte de día que de noche debido a la mayor inestabilidad atmosférica diurna que transmite verticalmente el movimiento.

Incluso después de tener en cuenta todos esos factores, las influencias orográficas y térmicas locales pueden modificar bastante el viento sobre tierra. Sin embargo si el gradiente de presión es intenso la influencia de gran escala se deja notar bastante. Con la situación de nuestro mapa puede predecirse un viento del Suroeste sobre el norte de la península Ibérica y casi con toda seguridad un barco que navegue entre Galicia e Irlanda encontrará vientos del Norte-Noroeste bastante intensos.

En los mapas previstos de los modelos el viento en superficie se calcula de acuerdo a todas las influencias anteriores y también la orografía que el modelo incorpora para sus cálculos y que no representa perfectamente a la real. Para la misma hora del mapa de superficie anterior el modelo HIRLAM hizo la siguiente predicción de viento en superficie:



Las flechas señalan la dirección prevista del viento y la velocidad viene dada por la longitud de las flechas de acuerdo al patrón que aparece en el ángulo superior derecho del mapa (una flecha con longitud equivalente a 25 metros por segundo). La verdad es que cuesta bastante ver las flechas pequeñas. Los colores de las flechas no se refieren al viento sino a la temperatura prevista en superficie de acuerdo con la escala superior.

Puede verse que el viento del modelo dibuja perfectamente la depresión sobre el Atlántico. En el interior del anticiclón a su derecha hay vientos muy flojos, de acuerdo al débil gradiente de presión y la latitud más bien alta. El viento en el norte de España y entre Galicia e Irlanda también coincide con lo que nos habían contado las isobaras. En el pantano barométrico al oeste de las islas Canarias hay casi calma.

Sin embargo esa predicción del HIRLAM como la de otros modelos, o como la que podamos efectuar nosotros mirando las isobaras, está ofreciendo el viento general o viento "sinóptico" previsto. A menudo no coincidirá con el viento real que se registre en superficie sobre zonas de tierra o en la costa, ya que no se recogen adecuadamente influencias tan importantes como las circulaciones "mesoescalares" de, por ejemplo, las brisas térmicas costeras o entre valles y montañas ni tampoco otras influencias locales. Con todo y con ello, el mapa de superficie proporciona una información fundamental sobre la **circulación atmosférica general** a bajos niveles y sobre la situación y evolución de los sistemas de presión que el próximo día podemos comentar con algunos ejemplos.

Este capítulo se ha hecho ya largo y también hay que dejar para el lunes próximo la representación de los frentes en superficie que tradicionalmente se incluían en los análisis, aunque han ido desapareciendo en las representaciones de los modelos. Aprovecho para confesar que aparte de la ayuda de Rayo estoy contando con los valiosos comentarios de Nimbus. Gracias a los dos.

### Preguntas a este capítulo por parte de los lectores del foro de Meteored.com

PREGUNTA 3.1: La "esquina" del anticiclón que se ve entre Azores y Madeira, ¿también se llama "cuña anticiclónica"? ¿o este nombre se reserva sólo a las partes del anticiclón que se orientan hacia "arriba"? (Y viceversa: ¿las partes alargadas de una borrasca que apunten hacia el norte se llaman también "vaguadas"?)

PREGUNTA 3.2: ¿Por qué, si la fuerza de rozamiento tira siempre para atrás, al añadirle al viento geostrófico la fuerza de rozamiento éste se desvía hacia las bajas? ¿es porque la fuerza de rozamiento hace disminuir un poco la fuerza de Coriolis y así la fuerza del gradiente de presión "gana"?

PREGUNTA 3.3; ¿Por qué es más fuerte el viento, a igualdad de gradiente, en el ecuador que en los polos?, ¿es porque el ecuador gira a más velocidad que los polos?

## Respuestas

3.1.- En principio los términos Vaguada, Dorsal, se reservan para configuraciones curvas pero no cerradas. Cuña tiene un sentido más de prolongación en una dirección. Lo que pasa es que por conveniencia o abuso de lenguaje acaban llamándose también dorsales a lo que son extensiones de un anticiclón principal e incluso vaguadas a los que son extensiones alargadas de una depresión, aunque esto último es menos corriente. La zona entre Azores y Madeira yo la considerarla simplemente como la parte sur del anticiclón.

En cuanto a la orientación de vaguadas dorsales y cuñas no influye en la definición. La mayoría de las vaguadas se extienden hacia el sur (porque la circulación normal es de oeste a este), pero puede haber vaguadas orientadas hacia el Norte, Este etc. Lo que las define como vaguadas no es su orientación sino que la presión disminuya en ambos lados hacia un eje interior. Idéntica respuesta invirtiendo términos para dorsales y cuñas anticiclónicas.

3.2.- Se puede dar una explicación simple, aunque quizá no muy rigurosa, a partir de lo que tu dices dibujando los vectores: El vector viento geostrófico está por ejemplo dirigido hacia el Este. entonces la fuerza de la presión estará dirigida hacia el norte (desde las altas hacia las bajas presiones en el hemisferio Norte), es decir hacia la izquierda del vector viento. La fuerza de rozamiento como tu dices tira hacia atrás, hacia el Oeste. Esta fuerza se compone con la fuerza de la presión y la resultante apuntará hacia el Noroeste (o con un ángulo un poco más pequeño). Entonces el equilibrio con la fuerza de Coriolis se alcanza cuando el viento gira a la izquierda (es decir hacia el Noreste) con el mismo ángulo y quedará por tanto girado hacia las bajas presiones.

En el fondo es una explicación muy parecida a la que has planteado tu. Para una demostración más rigurosa hay que recurrir a las matemáticas y en este curso está prohibido.

3.3.- Más bien porque el viento fluye bajo equilibrio entre la fuerza de la presión y la de Coriolis. Al acercarnos al Ecuador la fuerza de Coriolis (que es proporcional al seno de la latitud) va disminuyendo y se necesita menor gradiente de presión para equilibrarla.

De todas formas, ojo, que esto sólo vale para latitudes un poco alejadas del Ecuador. Justo en el Ecuador la Fuerza de Coriolis es nula ( $\sin 0^\circ = 0$ ) y la hipótesis geostrófica no tiene sentido (la velocidad del viento sería infinita). El viento en la zona ecuatorial sopla de acuerdo a otras condiciones.

## Pregunta sobre el cierzo.

En esta entrega has explicado algo a lo que yo no le encontraba explicación, con respecto a los vientos: como seguramente sabes, el cierzo en el valle del Ebro sopla con situaciones muy diversas, pero muchas veces las isobaras cruzan el río perpendicularmente, cuando la "teoría" nos haría pensar que en esa situación el viento no debería recorrer el río perpendicularmente sino transversalmente. La explicación del "rozamiento" no la había oído nunca y explica el efecto del desvío de los vientos, aunque supongo que no lo explica del todo, porque en este caso la "desviación" es de  $90^\circ$  y no de  $40^\circ$  como explicabas.

## Respuesta

En el valle del Ebro se produce una de las influencias orográficas más importantes de la península, el "encauzamiento" del viento entre los Pirineos y la cordillera Ibérica, haciéndole adoptar con gran frecuencia dirección del Noroeste (es decir hacia el sureste, siguiendo la dirección del río) aunque las isobaras tengan disposición transversal. Es el famoso Cierzo que sopla en Aragón. "Cierzo" es una de las pocas palabras que sobreviven de la antigua lengua de los Iberos antes de la conquista romana, o sea que fijate el tiempo que lleva soplando el cierzo .

[ram@meteored.com](mailto:ram@meteored.com)