



Autor: Juan Jesús González Alemán
juanjego@ucm.es



**ESTUDIO SOBRE LA INTERPRETACIÓN DE
LA DINÁMICA ATMOSFÉRICA A PARTIR DE
IMÁGENES DE WV**

Índice

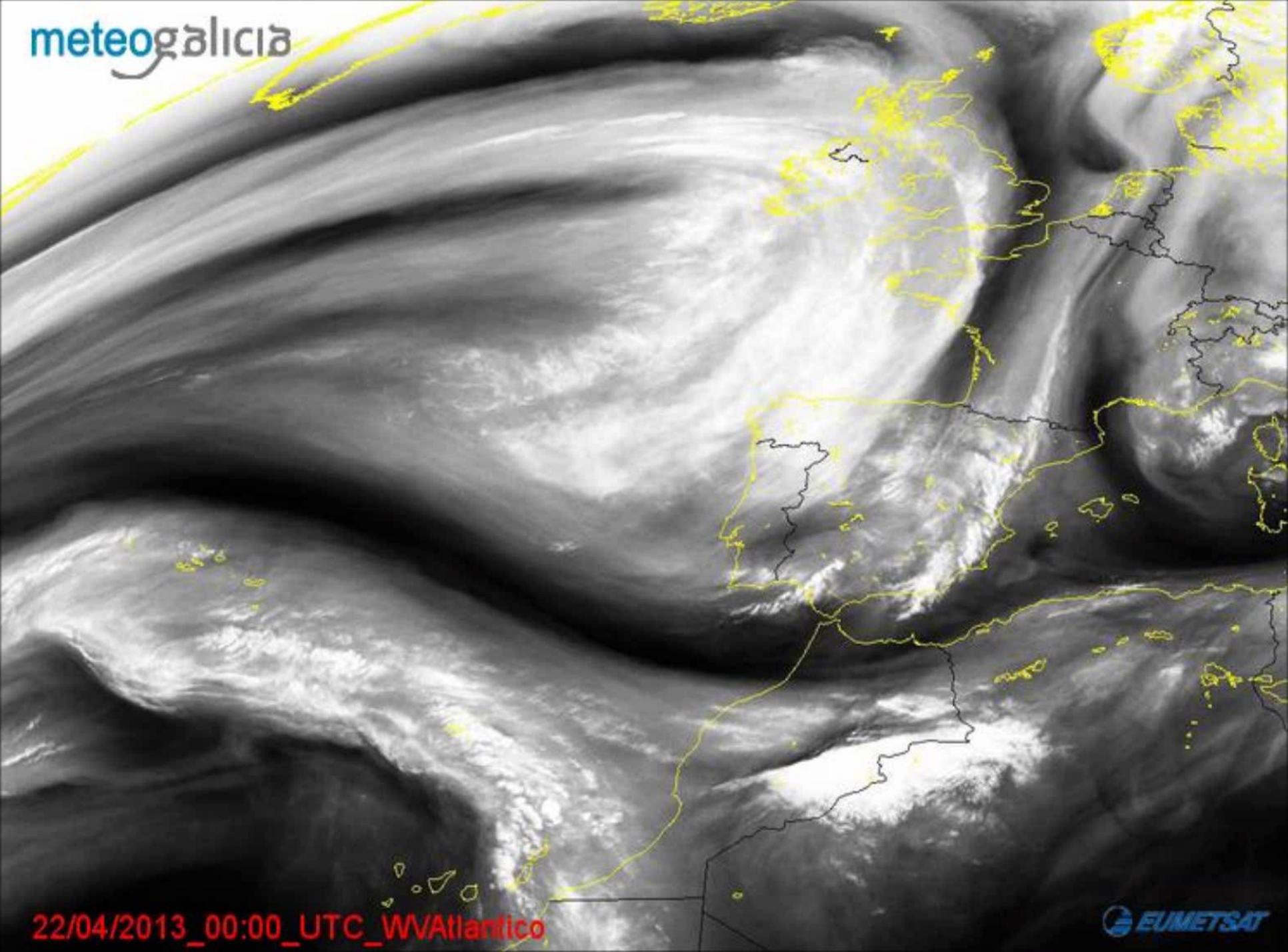
1. Introducción y fundamentos
 2. Identificación de tropopausa y chorros
 3. Gradación de grises y subsidencia
 4. Ciclogénesis extratropical
 5. Máximos de vorticidad y estructuras en coma
 6. Zonas/bandas de deformación
 7. Bloqueos
 8. Errores en los modelos numéricos
- Conclusiones



Objetivo

- ▶ Estudiar fenómenos de la dinámica atmosférica sinóptica desde el punto de vista de las imágenes de WV.
- ▶ Latitudes medias ya que son las regiones más activas en la dinámica sinóptica y por ello, son las que mejor se prestan a analizar.

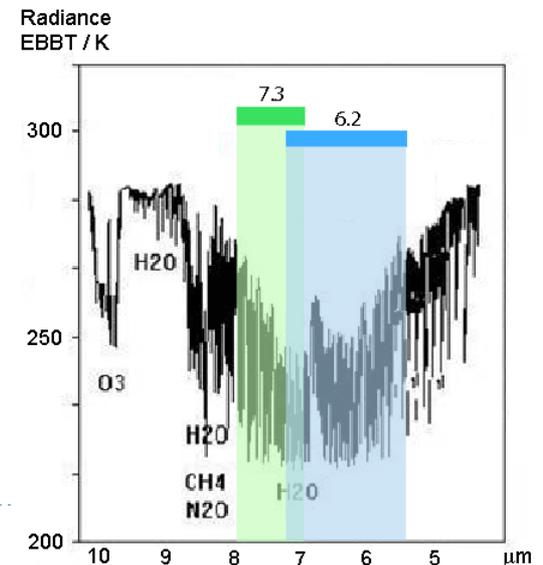
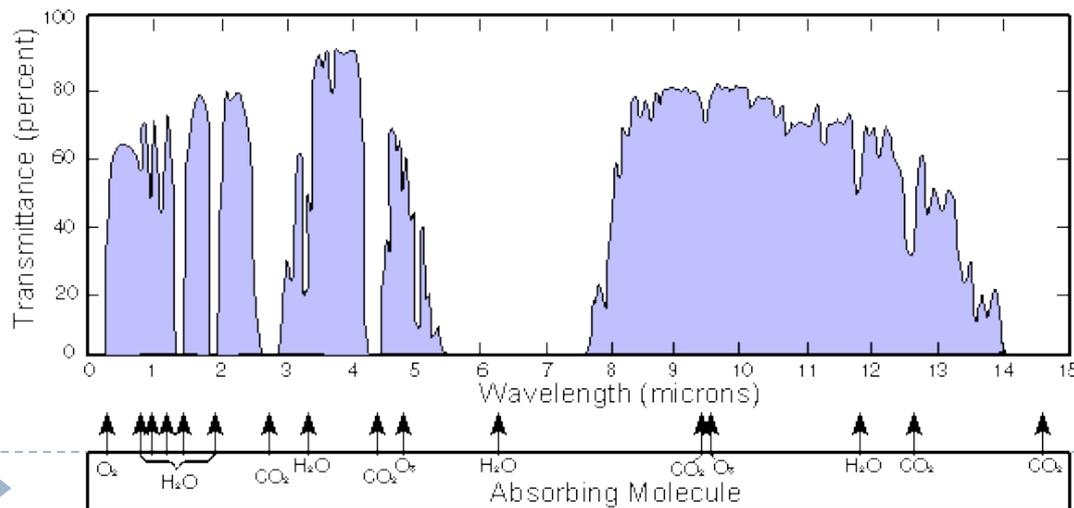




1. Introducción y fundamentos

Canales

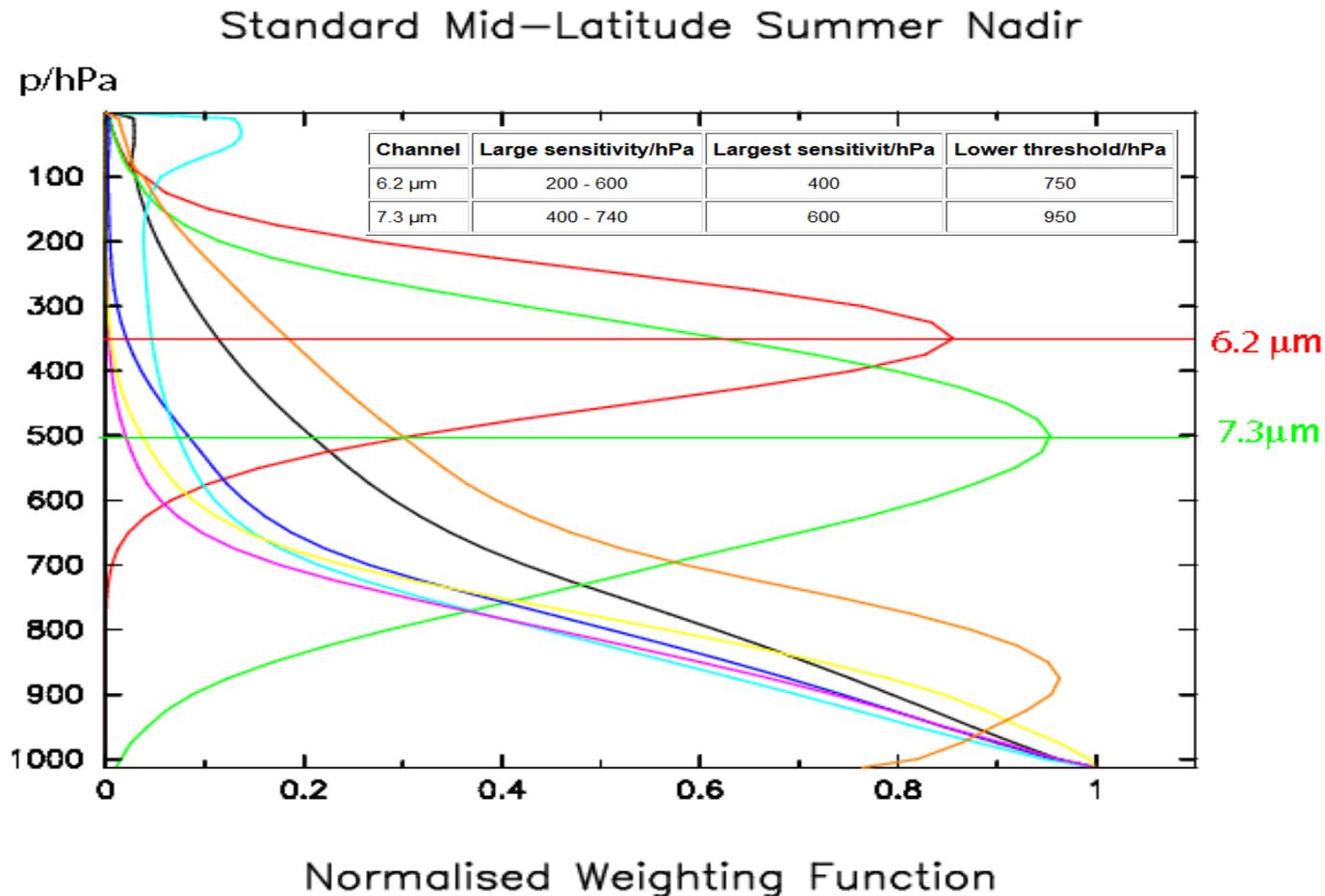
- ▶ Pico de absorción del vapor de agua (WV). MSG: 6.2 y 7.3 μm . GOES: 6,7 μm .
- ▶ La absorción del WV hace despreciables las contribuciones desde la superficie y capas inferiores de la troposfera que son absorbidas casi completamente.
- ▶ Como el 6.2 μm absorbe radiación muy fuertemente, y las capas más bajas de la troposfera son más húmedas, sólo las señales procedentes de la alta atmósfera alcanzarán al satélite
- ▶ 7.2 μm : la radiación es menos absorbida por lo que la procedente de niveles inferiores puede alcanzar al satélite.
- ▶ 6,2 μm : ampliamente usado en para el análisis del tiempo atmosférico y su predicción basada en la interpretación de fenómenos de escala sinóptica.



1. Introducción y fundamentos

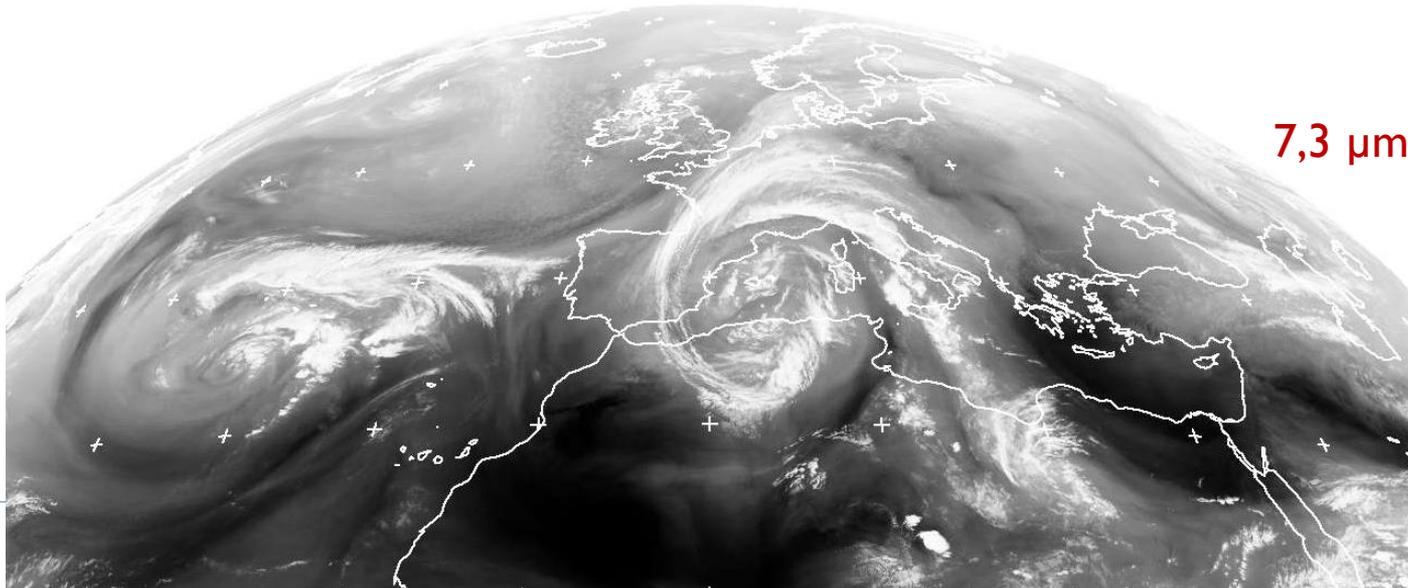
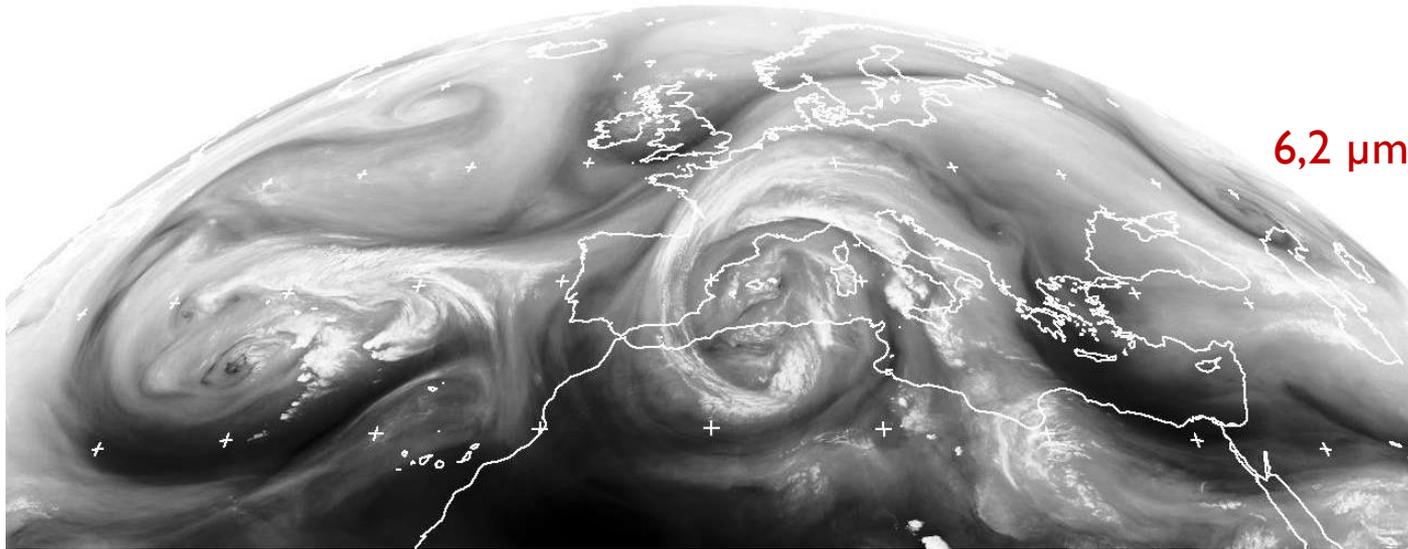
Funciones de peso

Distribución vertical de la contribución relativa de la radiación emitida por los componentes atmosféricos en diferentes canales IR. Los dos canales de WV predominan en la alta y media troposfera.



1. Introducción y fundamentos

6,2 μm vs. 7,3 μm



1. Introducción y fundamentos

Aplicación

- ▶ El WV es un trazador del movimiento atmosférico a gran escala en niveles altos.
- ▶ Imágenes WV: información general de los patrones del flujo en niveles medios y altos de la troposfera (600-200 hPa).
- ▶ Las regiones húmedas y secas así como las fronteras entre ellas se relacionan frecuentemente con características significativas del flujo de niveles altos.
- ▶ Uso de modelos conceptuales apropiados: aproximación dinámica para un uso adecuado de las imágenes de WV y poder relacionar la información de las imágenes con la dinámica de la alta troposfera.



1. Introducción y fundamentos

Características

Las configuraciones a destacar en estas imágenes son:

- ▶ **Bandas oscuras alargadas.**
- ▶ **Zonas con tonos gris oscuro.**

Asociadas a temperaturas cálidas de la troposfera media, indicando una atmósfera relativamente seca en niveles altos.

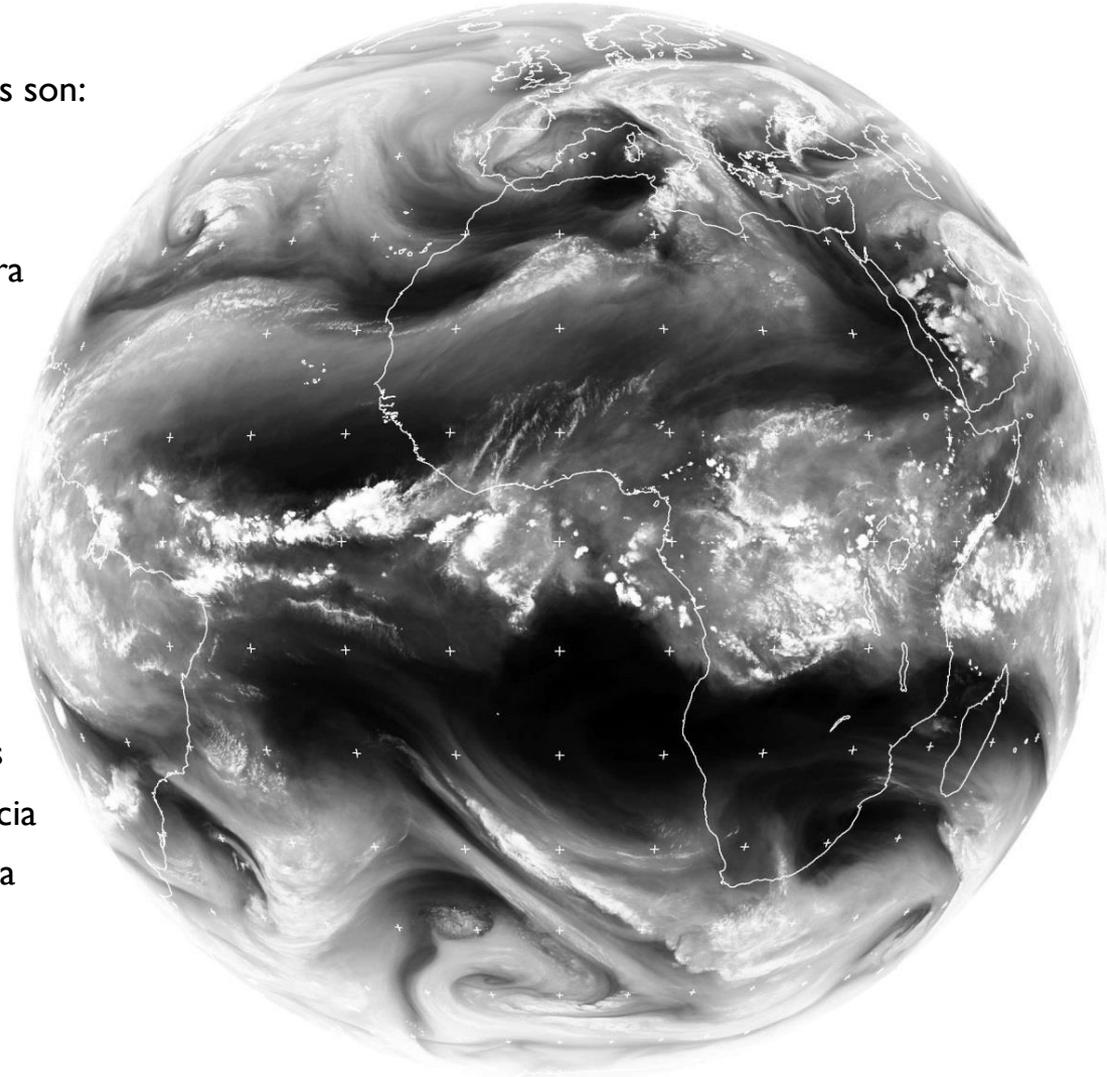
- ▶ **Zonas con tonos gris claro.**

Están asociadas a aire relativamente húmedo en la troposfera media/alta.

- ▶ **Zonas con tonos brillantes.**

Están asociadas en general a nubosidad alta.

Si existe convección profunda, se aprecian zonas moteadas con tonos blanco brillante consecuencia de la inyección de vapor de agua en la troposfera media/alta desde niveles inferiores.

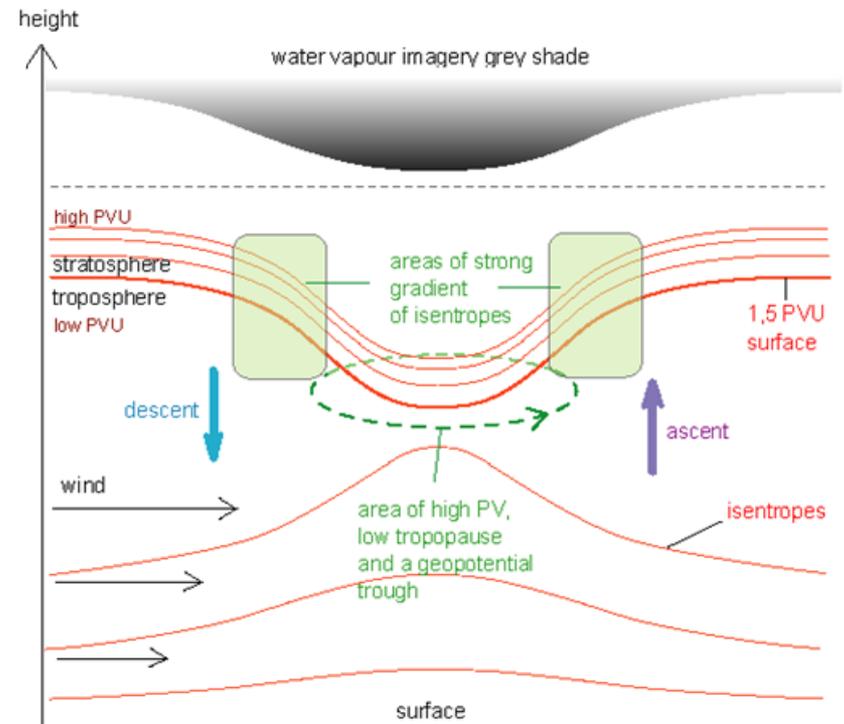
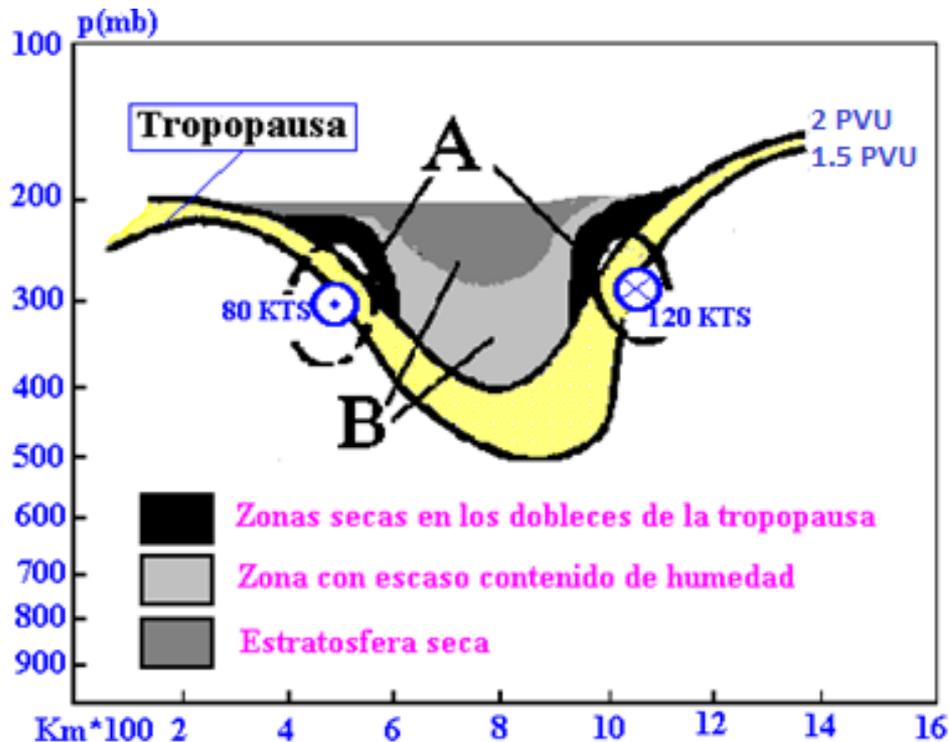


2. Identificación de tropopausa y chorros

a) Modelo conceptual

Tropopausa dinámica (entre 1.5 y 2 unidades de vorticidad potencial) asociada a un hundimiento de la tropopausa provocado por la presencia de una anomalía térmica fría en la troposfera media.

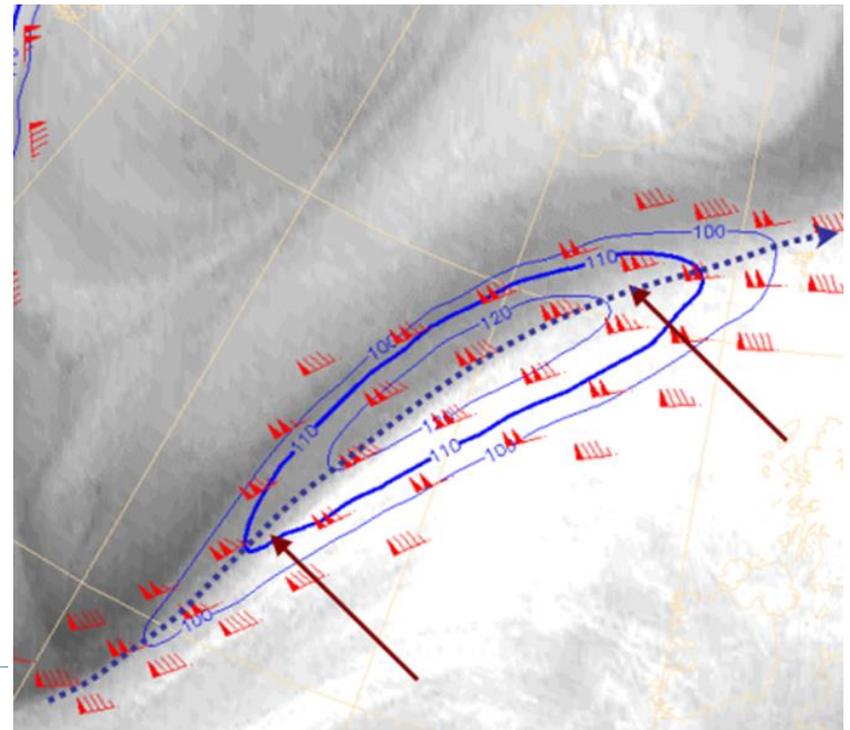
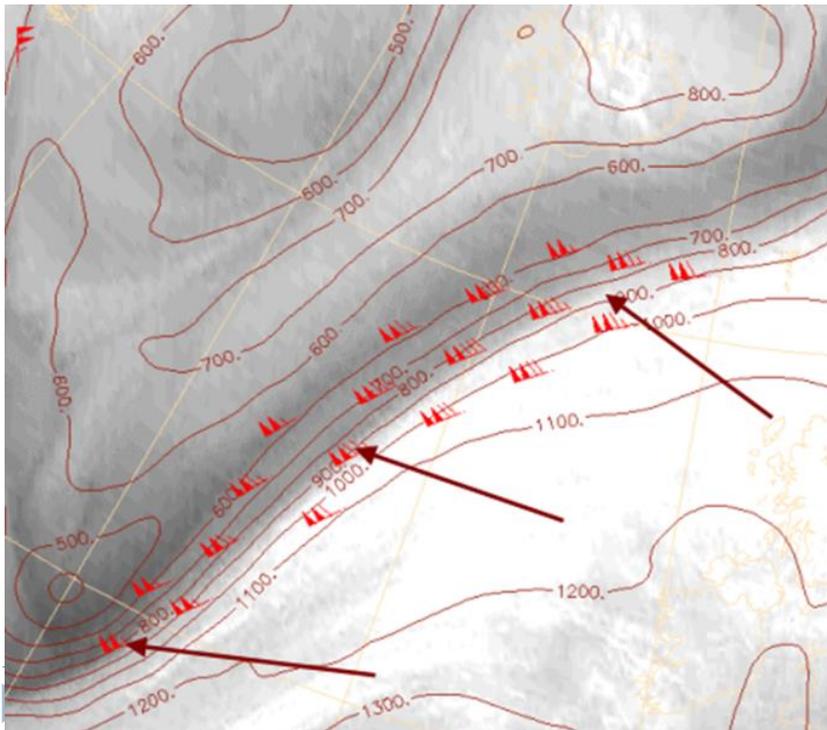
- ▶ Chorros canalizados (**A**)
- ▶ Hundimiento de la estratosfera (**B**)



2. Identificación de tropopausa y chorros

b) Ejemplo hundimiento tropopausa

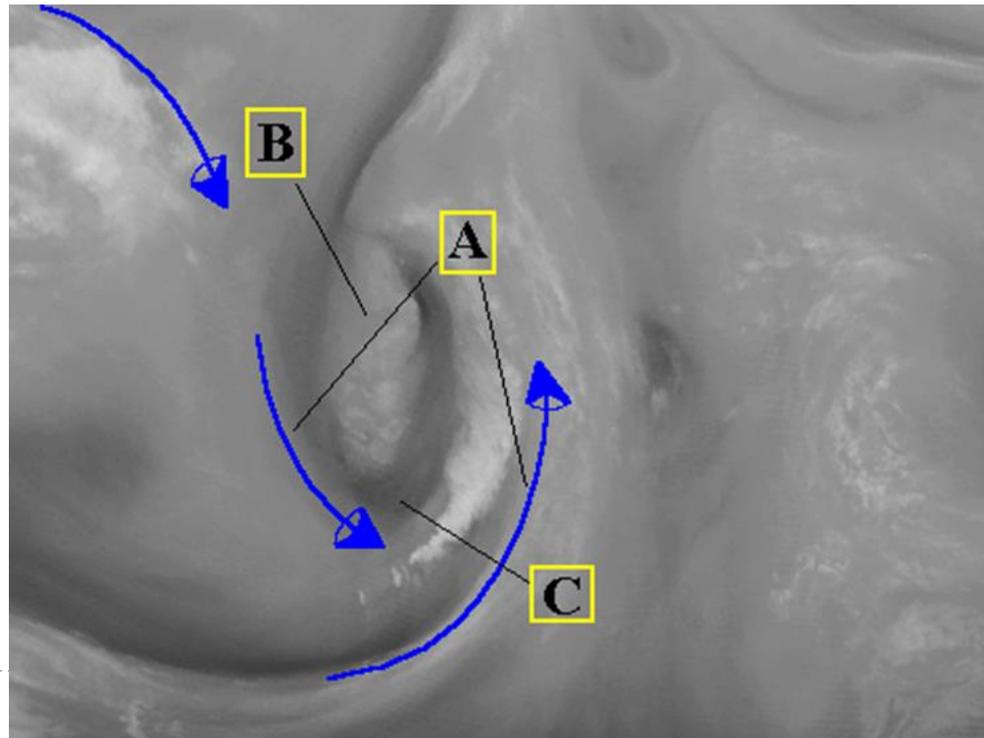
- ▶ Los máximos de viento bordean las bandas oscuras en WV, algo a la derecha.
- ▶ Cuanto mayor sea el gradiente de tonos grises mayor es la pendiente del doblez de la tropopausa y mayor será la intensidad del chorro que va encauzado en este doblez.
- ▶ En la zona comprendida entre los máximos de vientos cabe esperar:
 - ▶ Anomalías térmicas cálidas entre los 200 y 300 hPa..
 - ▶ Anomalías térmicas frías en la troposfera media alrededor de los 500 mb



2. Identificación de tropopausa y chorros

b) Ejemplo hundimiento tropopausa

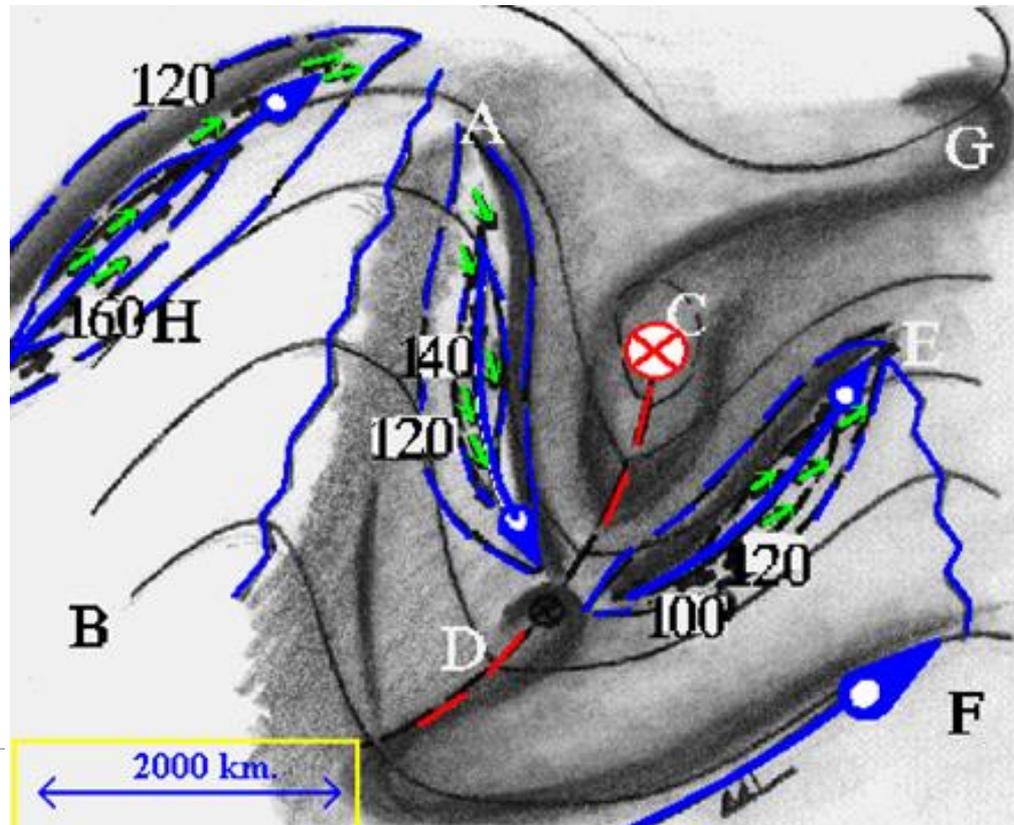
- ▶ Bandas oscuras alargadas asociadas a máximos de viento (**A**).
- ▶ En las zonas donde se acelera/desacelera el chorro las bandas oscuras muestran una apertura (**C**).
- ▶ Zona grisácea moteada de blanco asociado a la presencia de una masa fría en la troposfera media causante del hundimiento de la estratosfera (**B**) y de la convección profunda que inyecta vapor de agua desde niveles a medios/altos de la troposfera.



2. Identificación de tropopausa y chorros

c) Ejemplo de sistema de ondas

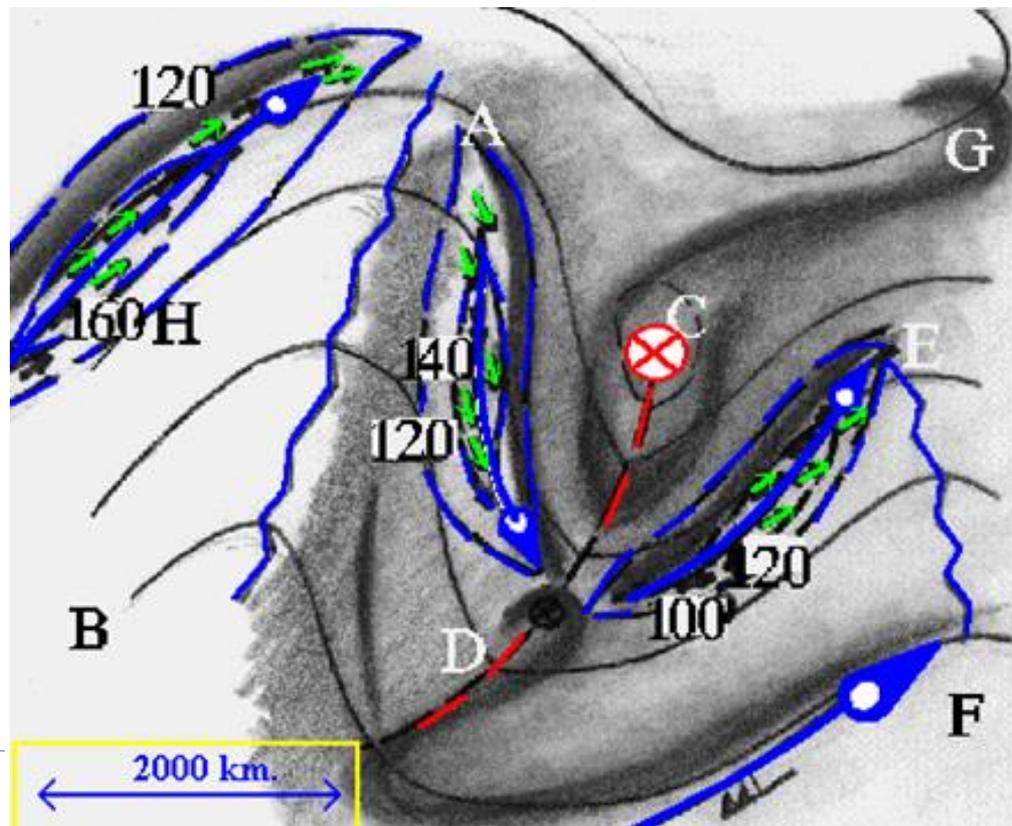
- ▶ Entre **A** y **D**, una banda oscura marca la presencia de un máximo de viento.
- ▶ La orientación norte-sur es a menudo señal de un *chorro advectivo* con fuerte desaceleración en su zona de salida.



2. Identificación de tropopausa y chorros

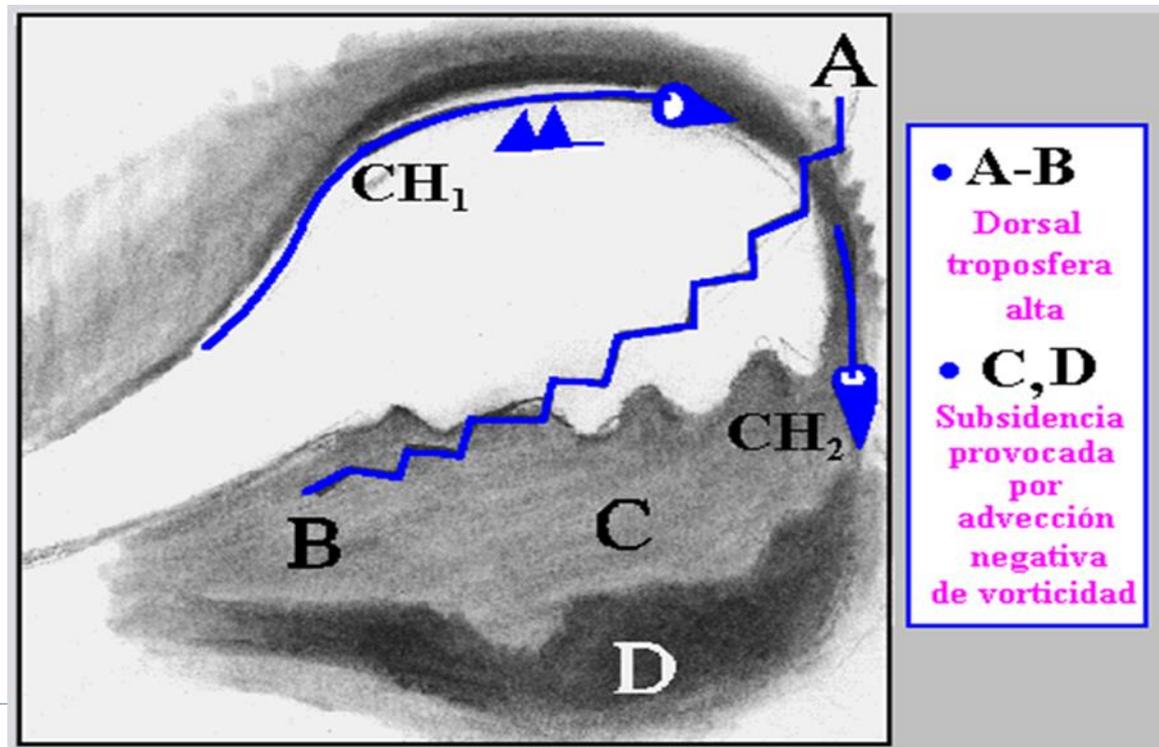
c) Ejemplo de sistema de ondas

- ▶ La apertura del geopotencial en **D** al sur de la salida del chorro, marca la presencia de un centro secundario de vorticidad que sustenta una vaguada corta al sur de la vaguada principal.
- ▶ Otro máximo de viento de tipo advectivo en la parte delantera de la vaguada (**C-D**), que provoca el crecimiento posterior de la dorsal corta **E-F**, situada corriente abajo.



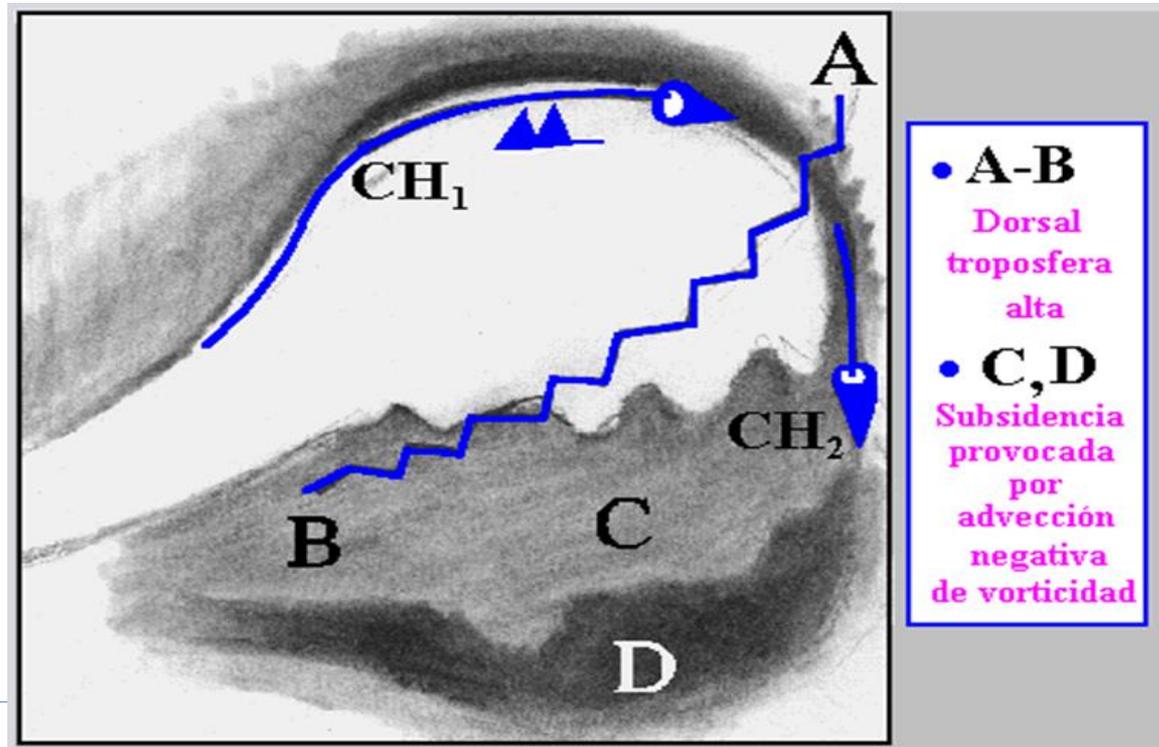
3. Gradación de grises y subsidencia

- ▶ La presencia de una dorsal con amplitud apreciable da lugar a subsidencia generalizada corriente abajo de ésta, causada principalmente por advección negativa de vorticidad.
- ▶ En las imágenes WV aparecen amplias zonas con tonos gris oscuro debido al escaso contenido de humedad provocado por movimientos descendentes generalizados.
- ▶ En la zona trasera de las dorsales se aprecia una zona brillante con curvatura anticiclónica causada por la presencia de cirros. .



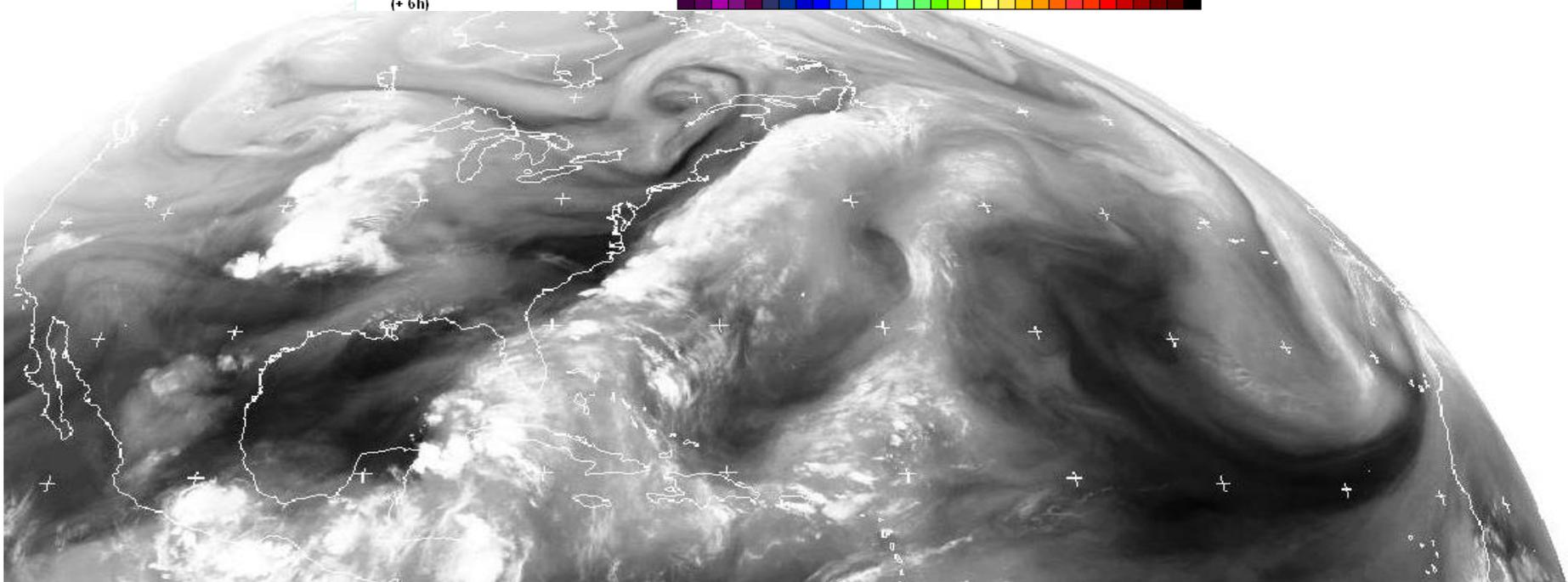
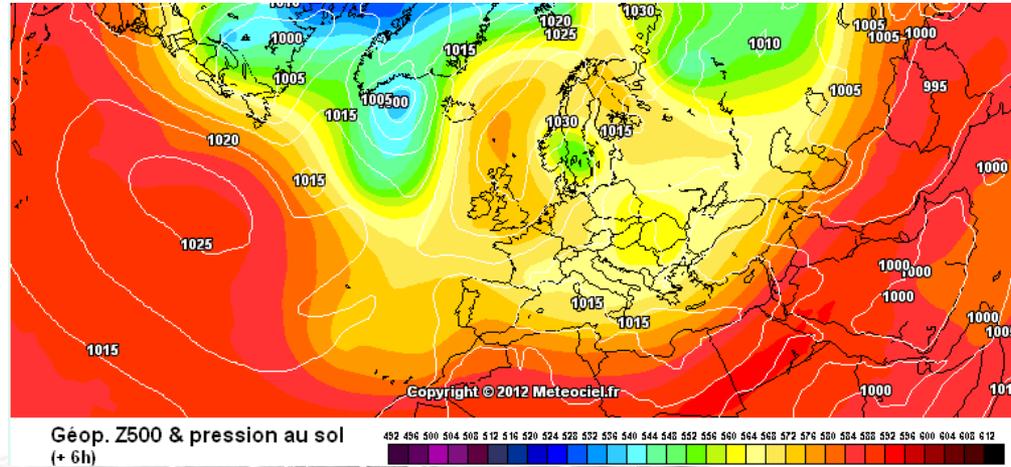
3. Gradación de grises y subsidencia

- ▶ Máximo de viento (**CHI**) corriente arriba de la dorsal sinóptica (**A-B**) bordeando los cirros.
- ▶ Corriente abajo de la dorsal, el tono blanco comienza a volverse gris claro según la nubosidad alta va deshaciéndose a causa de la subsidencia (**C**).
- ▶ La tonalidad gris claro sigue degradándose (**D**) hasta apreciarse zonas oscuras que se localizan entre el eje de la dorsal y el máximo de viento delantero.



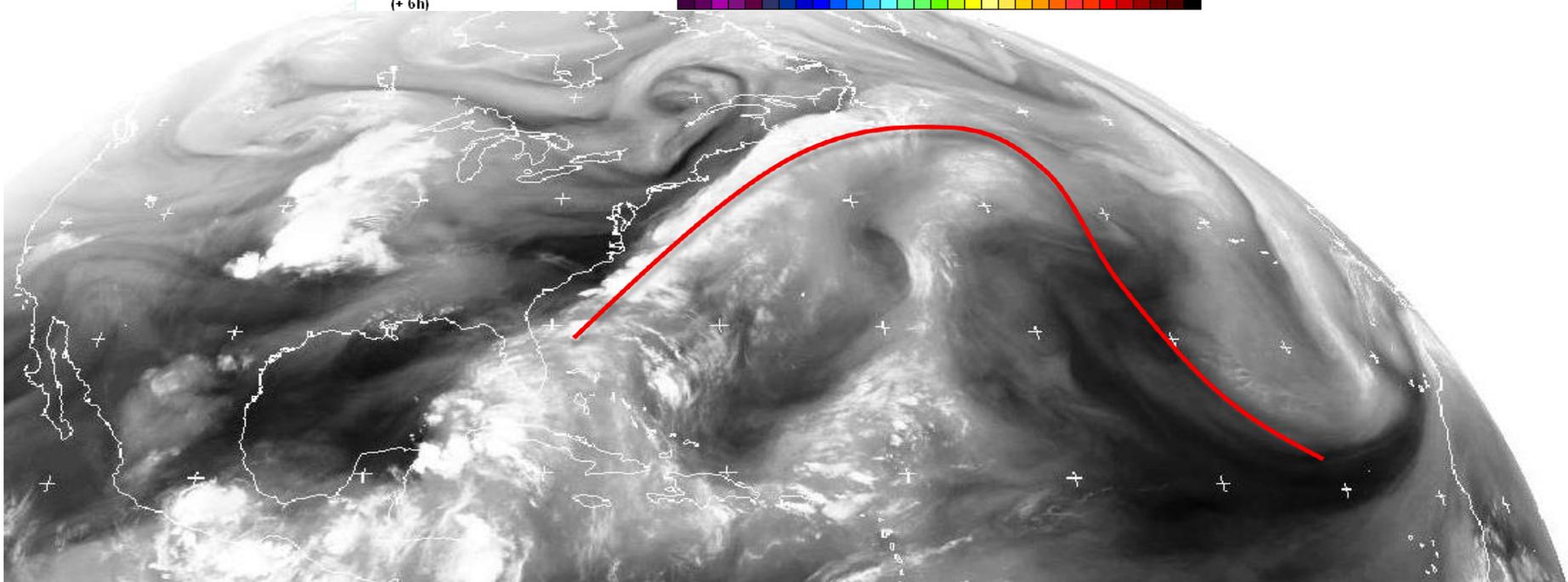
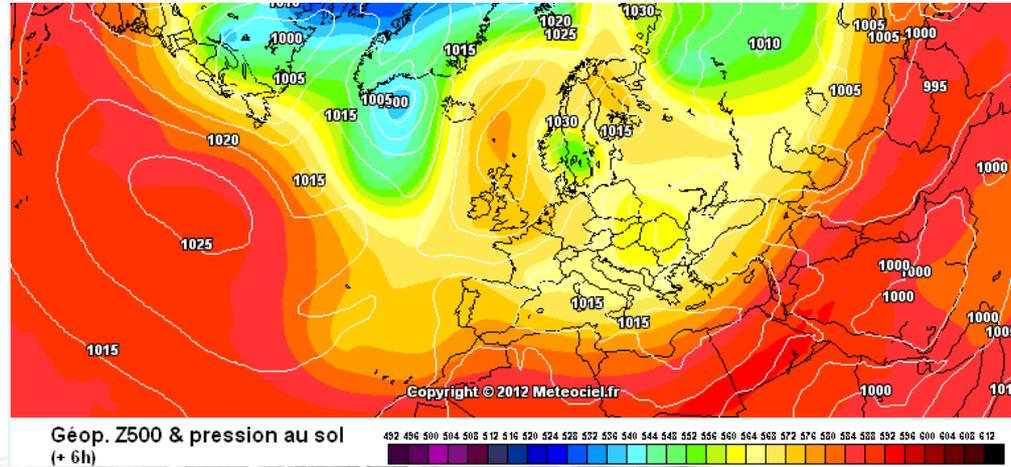
3. Gradación de grises y subsidencia

Ejemplo



3. Gradación de grises y subsidencia

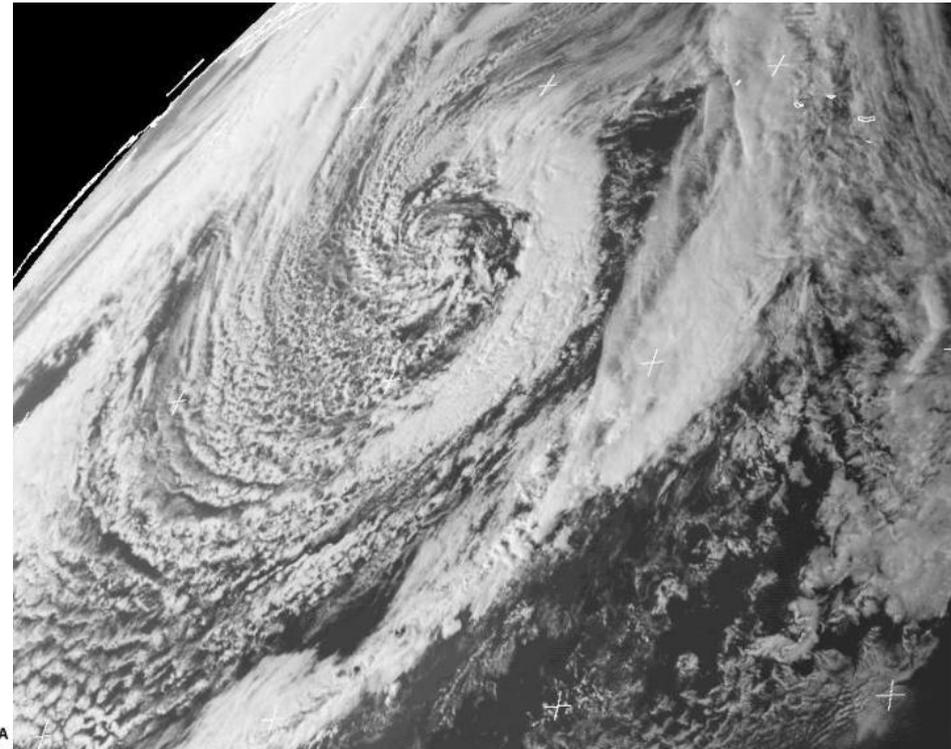
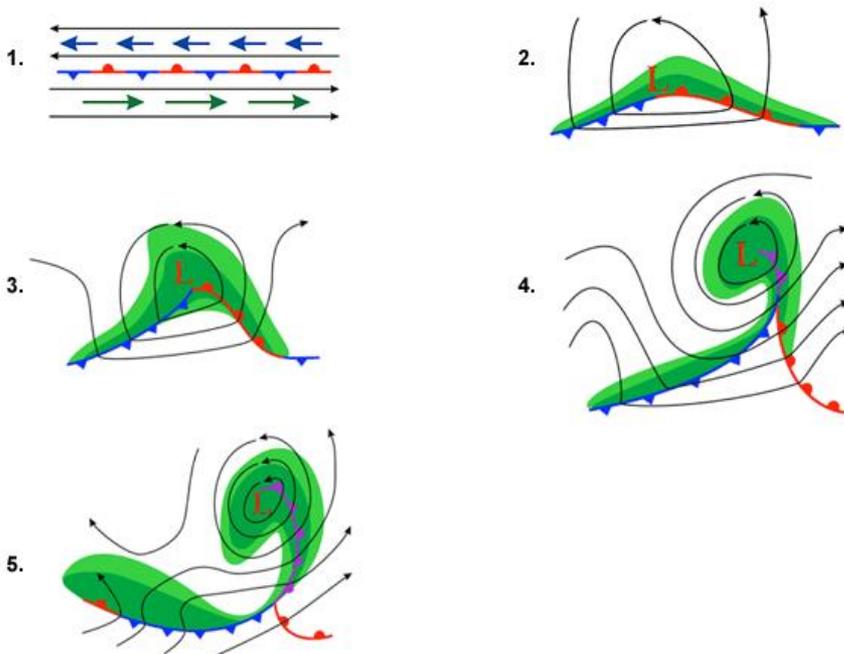
Ejemplo



4. Ciclogénesis extratropical

- ▶ Las borrascas tienden a formarse a lo largo de frentes pre-existentes (zonas baroclina) conjuntamente con la aproximación de una perturbación en la alta troposfera corriente arriba.
- ▶ La zona baroclina superficial se pliega al iniciarse una circulación ciclónica y por tanto el ciclón nace.

Norwegian Cyclone Model



4. Ciclogénesis extratropical

- ▶ La ciclogénesis puede ocurrir de diferentes maneras a través de la relación entre los forzamientos de los precursores (**X** y **F**).
- ▶ Según la fuerza relativa entre **X** (perturbación corriete arriba) y **F** (zona frontal baroclina), se puede pensar en un amplio espectro de probabilidad ciclogenética.

Cyclogenetic Likelihood

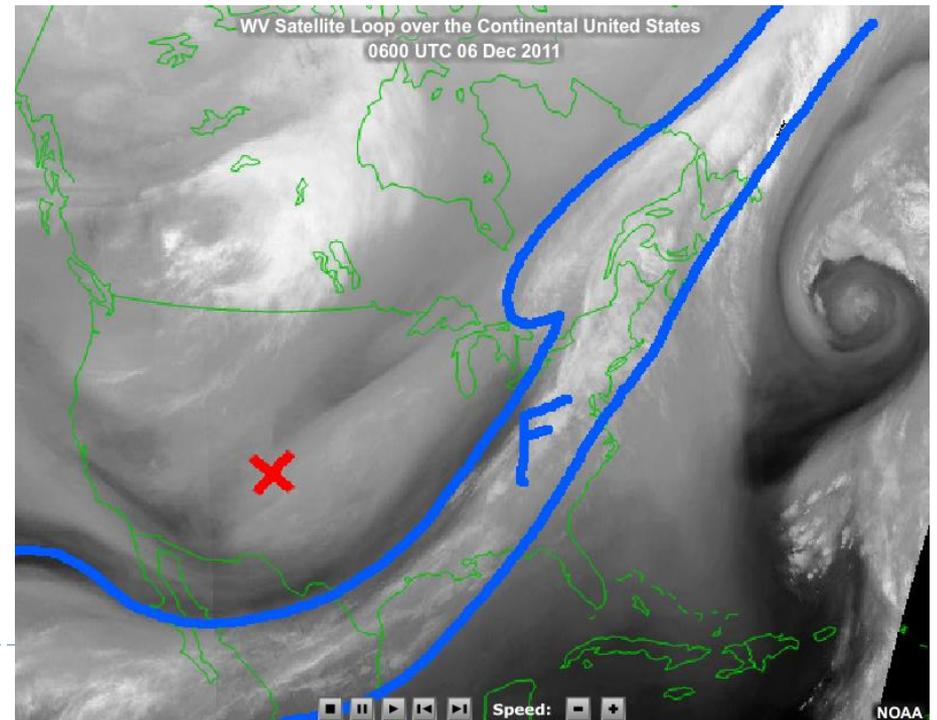
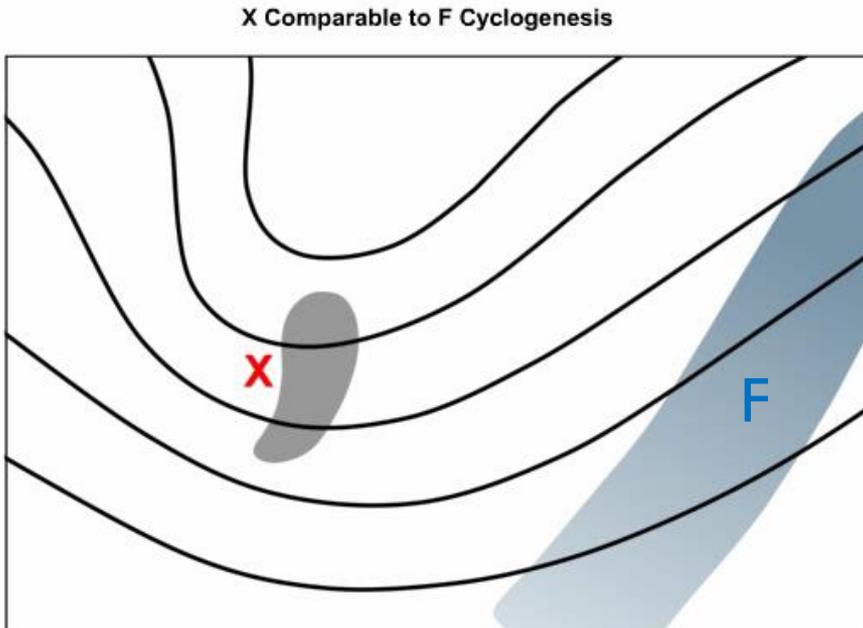


©The COMET Program

4. Ciclogénesis extratropical

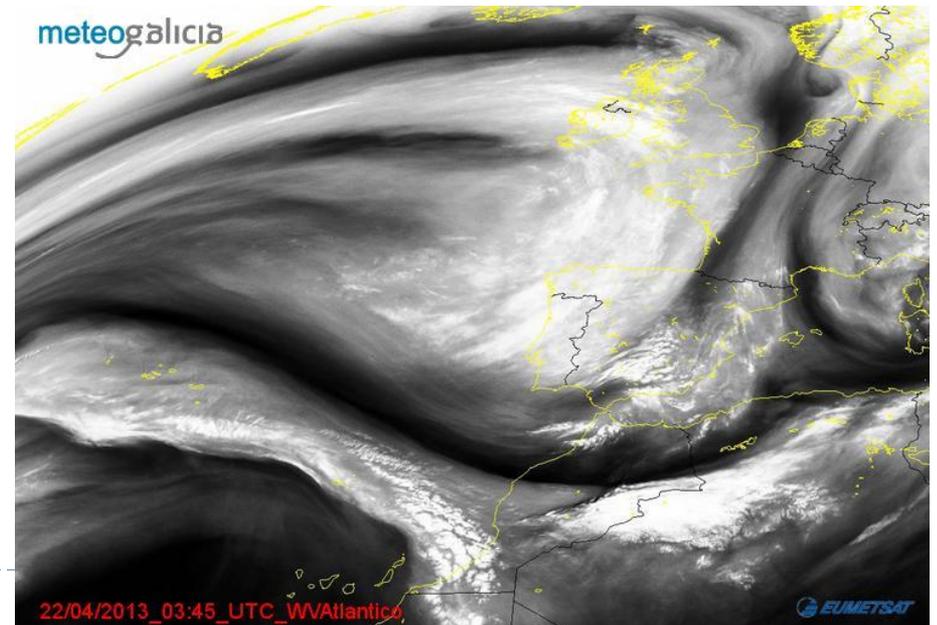
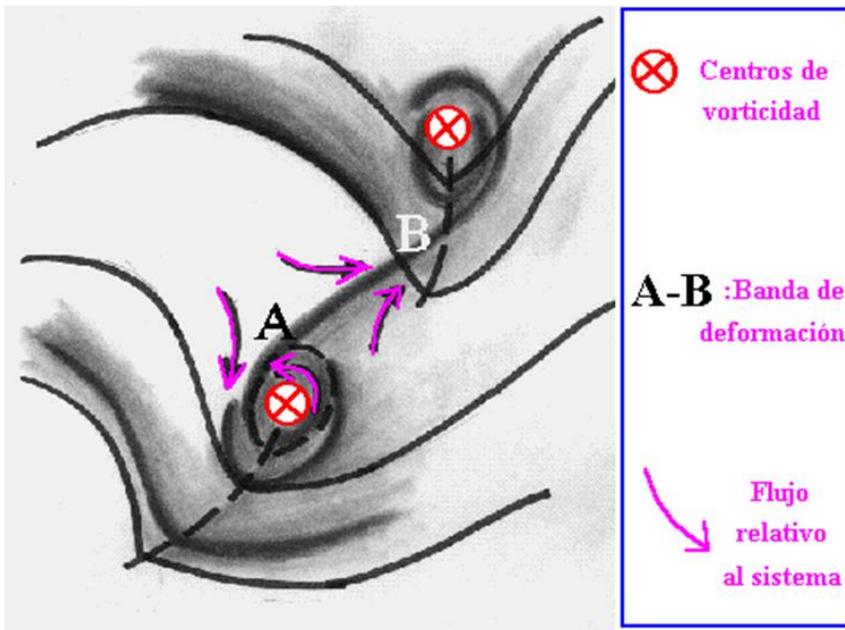
Caso X comparable a F

- ▶ A medida que **X** se acerca a **F**, emerge nubosidad desde **F** delante de **X** procedente de niveles más bajos/cálidos (**E**) indicando que la ciclogénesis ha empezado.
- ▶ **E** se enfria y se expande más mientras la ciclogénesis continua.
- ▶ Posteriormente, se fusiona con las nubes asociadas a **X** formando una estructura en coma.



5. Bandas de deformación

- ▶ Región de la atmósfera donde se produce un grado considerable de estiramiento o cizalladura (cortante).
- ▶ El análisis de las zonas de deformación es importante en muchas situaciones, porque la deformación es un factor principal de los procesos de frontogénesis y frontólisis.
- ▶ Hay que considerar el campo de viento relativo respecto a algún sistema de referencia anclado en la estructura de interés.
- ▶ Se sitúan cerca de los ejes con vorticidad relativa nula (vorticidad planetaria).



5. Bandas de deformación

a) Modelo conceptual

- Las estructuras dinámicas responsables principalmente de la evolución de una zona de deformación son los máximos y mínimos de vorticidad con ella asociados.



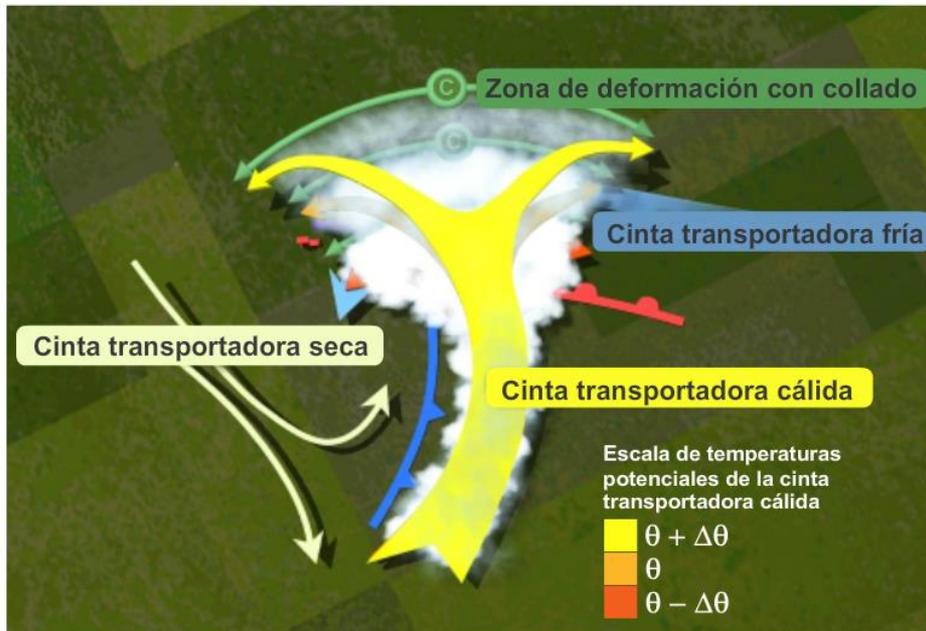
5. Bandas de deformación

a) Modelo conceptual WCB (3D)

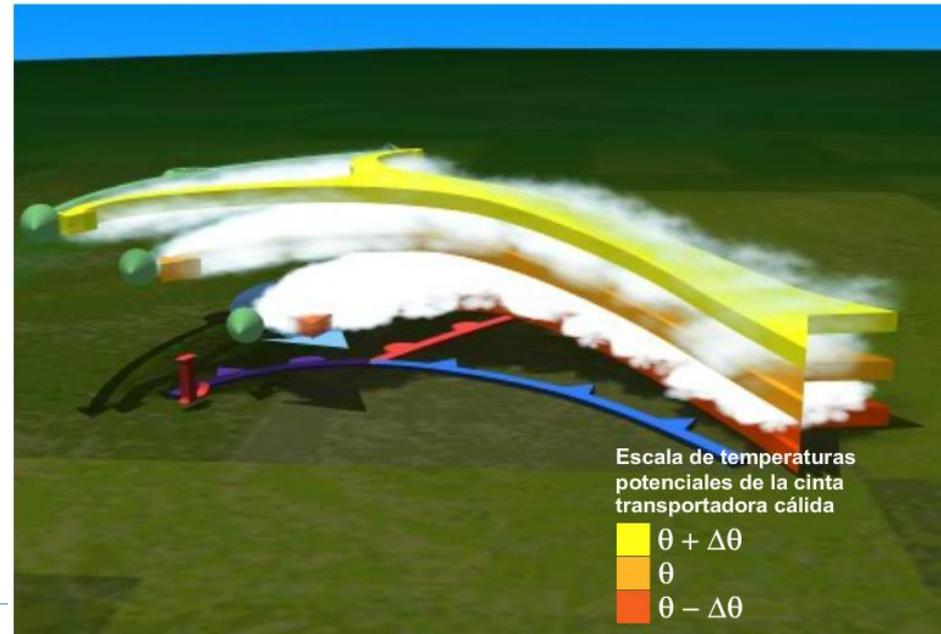
Cinta transportadora cálida asociada a una banda de deformación (warm conveyor belt).

- ▶ Los movimientos cuasihorizontales de escala sinóptica son varios órdenes de magnitud más grandes que los movimientos verticales, lo que justifica la simplificación al dibujar las zonas de deformación en superficies casi horizontales.

Zona de deformación asociada a una cinta transportadora cálida



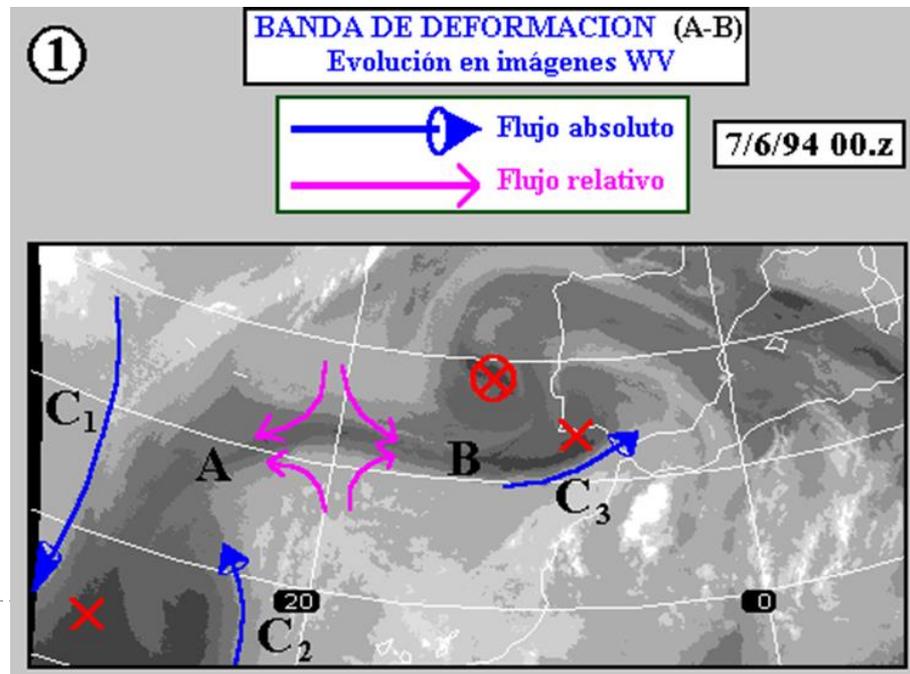
Zona de deformación asociada a una cinta transportadora cálida



5. Bandas de deformación

b) Ejemplo caso real

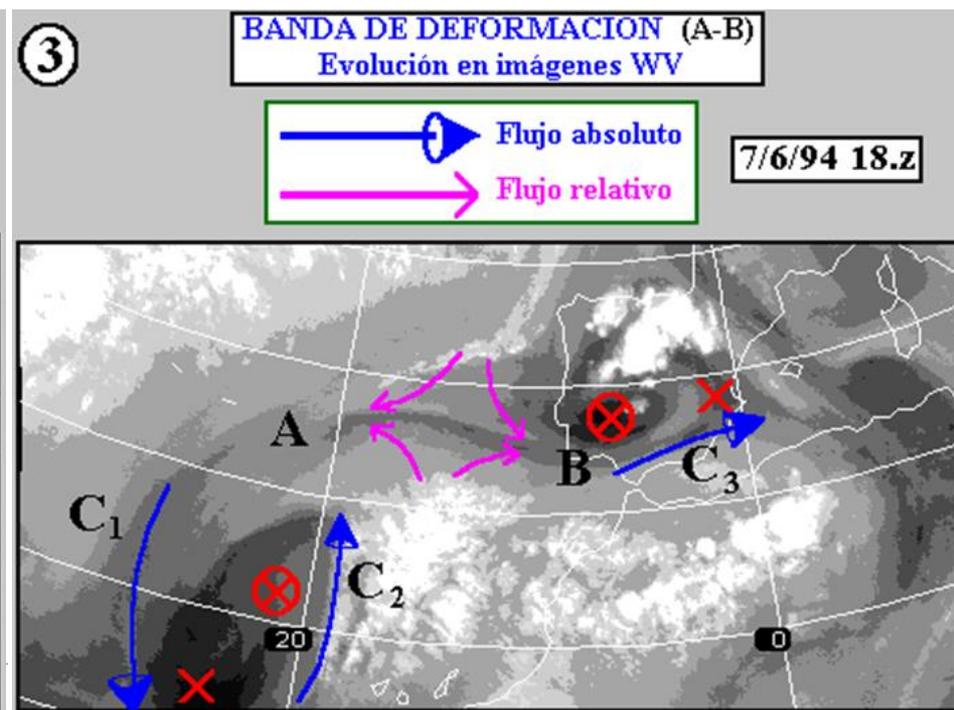
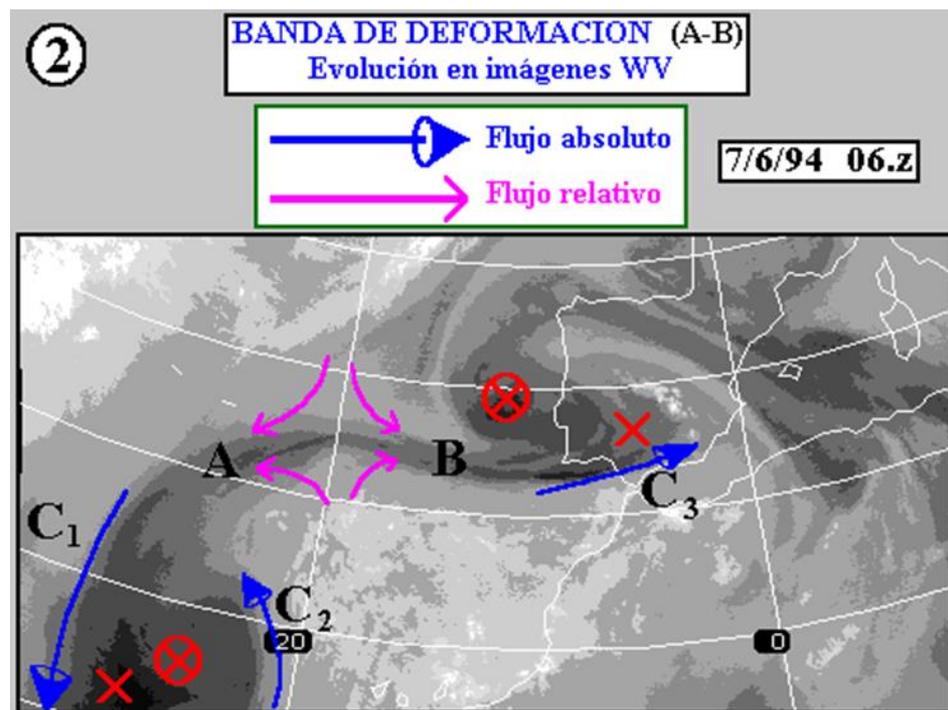
- ▶ Posición de la banda de deformación (**A-B**) .
- ▶ Los máximos de viento que bordean la DANA (**C1** y **C2**) determinan tanto el desplazamiento como la evolución de esta configuración.
- ▶ En la parte oriental de **A-B**, existe otro máximo de viento **C3** con un centro de vorticidad por cizalladura, del que cabe esperar advección positiva de vorticidad sobre el suroeste de la Península Ibérica.
- ▶ La evolución posterior de esta banda está gobernada por las dos depresiones a las que conecta.



5. Bandas de deformación

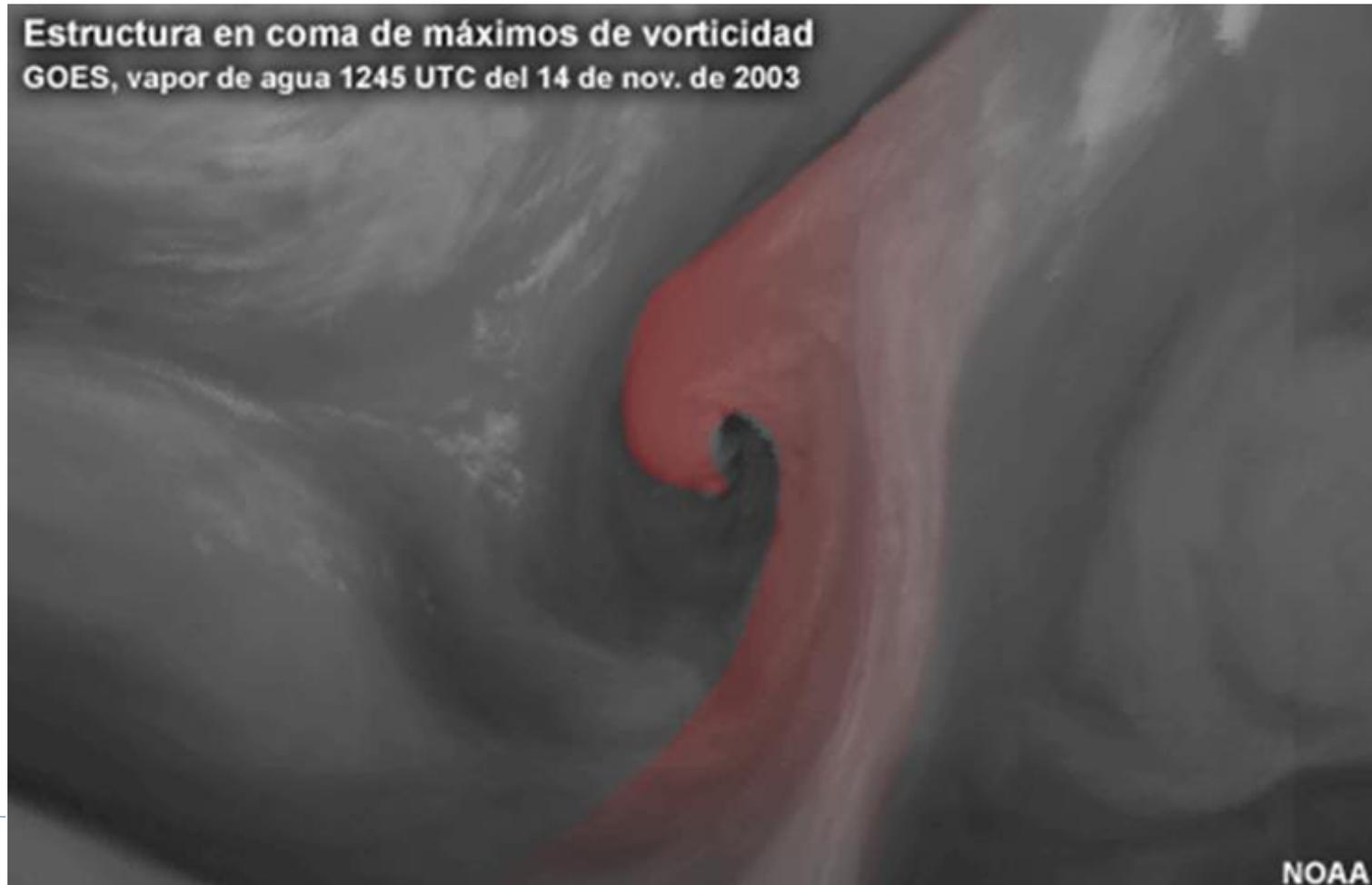
b) Ejemplo caso real

- ▶ Seis horas después (**2**) se aprecia como **C2** ha amplificado la dorsal en la parte delantera de la DANA provocando la reorientación del eje de dilatación **A-B**.
- ▶ A su vez la advección de vorticidad causada por el chorro **C3** se hace patente en el interior de la Península Ibérica.
- ▶ Los efectos de esta advección de vorticidad se magnifican por la existencia de inestabilidad en la troposfera baja y por factores de mesoescala en niveles bajos.



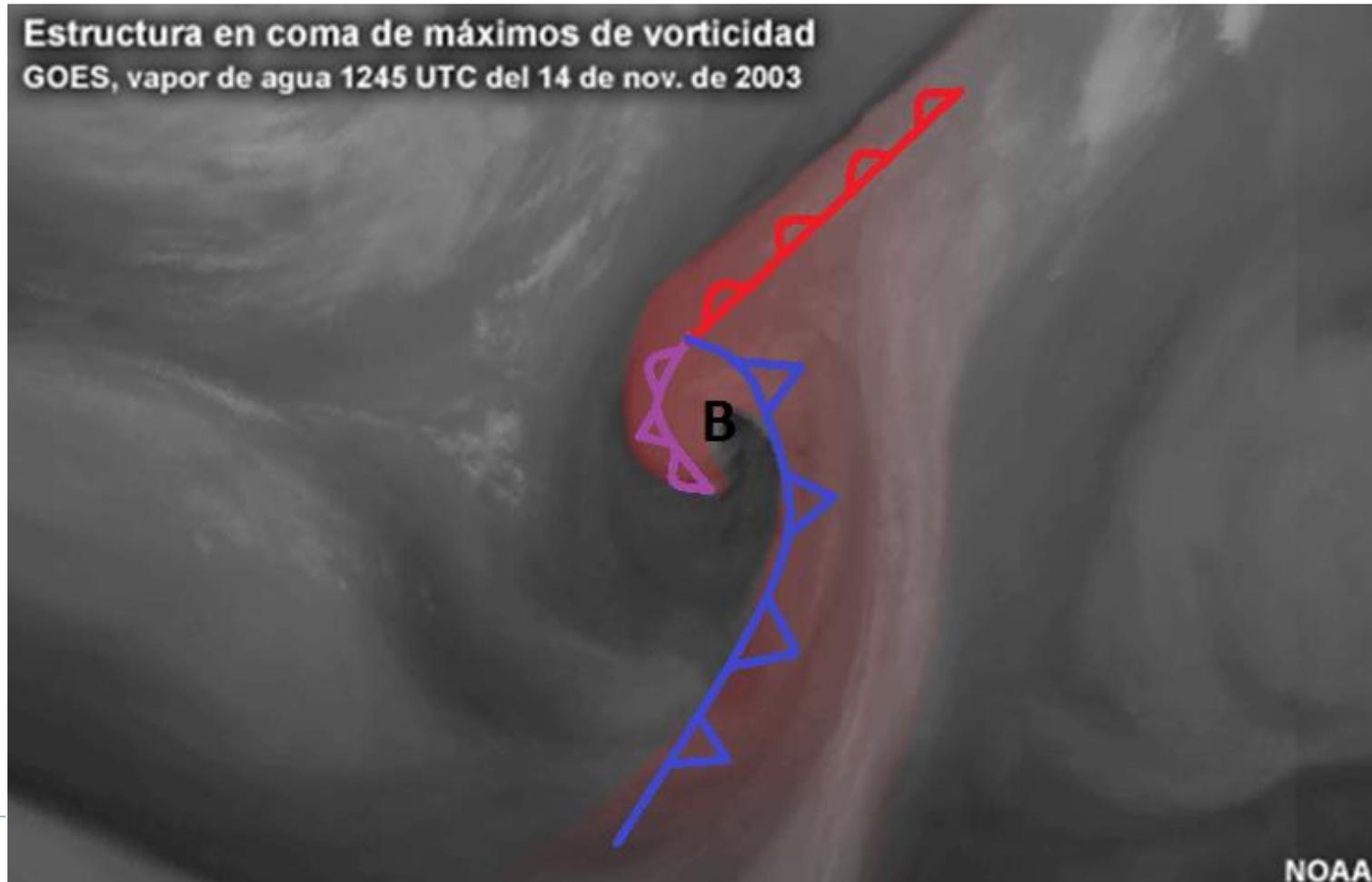
6. Máximo de vorticidad y estructura en coma

- ▶ Estructura particular que es muy común e indica la existencia de un área de circulación y forzamiento atmosférico ascendente



6. Máximo de vorticidad y estructura en coma

- ▶ Estructura particular que es muy común e indica la existencia de un área de circulación y forzamiento atmosférico ascendente

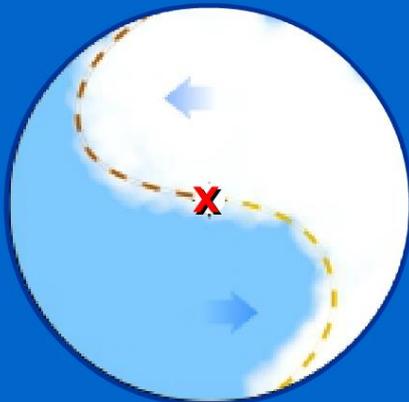


6. Máximo de vorticidad y estructura en coma

a) Modelo conceptual

- ▶ El máximo de vorticidad (**X**) se ubica en el punto de inflexión.
- ▶ La forma de los arcos, cóncavo para flujo entrante y convexo para flujo saliente, está relacionada con la intensidad relativa del máximo de vorticidad y la cantidad de tiempo que el máximo de vorticidad actúa sobre ellos.
- ▶ **X** = cizalladura horizontal del viento + vorticidad rotacional.

Formación de estructura en coma
Rotación pura



Formación de estructura en coma
Mayor cizalladura en el lado del ecuador



Formación de estructura en coma
Cizalladura fuerte en el lado del ecuador

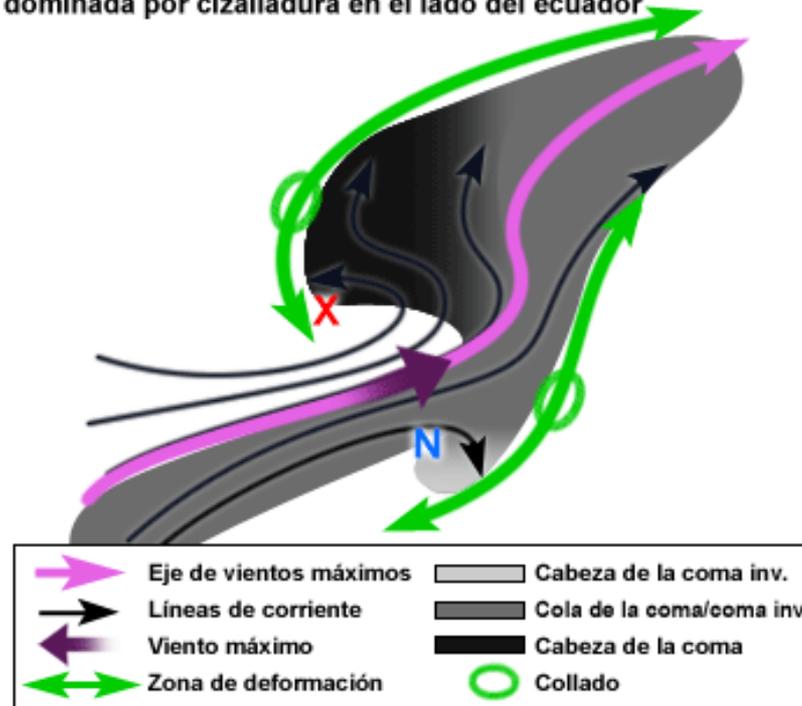


6. Máximo de vorticidad y estructura en coma

a) Modelo conceptual

- ▶ La parte más cóncava es donde el eje de vientos máximos pasa a la región de humedad.
- ▶ La “cabeza” es la parte de la estructura en coma corriente abajo del máximo de vorticidad y donde existe mayor advección de vorticidad positiva.

Modelo conceptual de estructura en coma dominada por cizalladura en el lado del ecuador

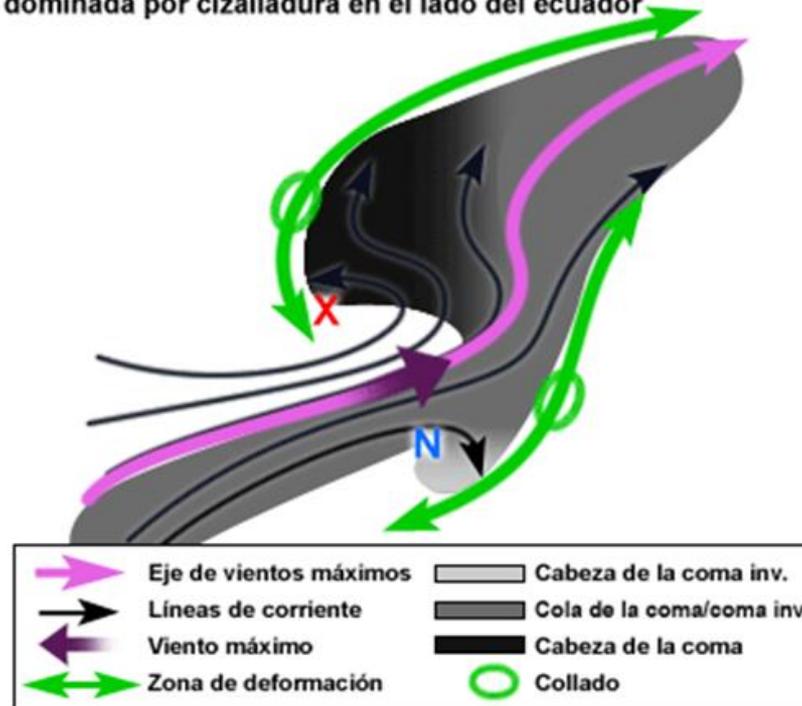


6. Máximo de vorticidad y estructura en coma

a) Modelo conceptual

- ▶ La "cola" de la coma está asociada al WCB y comienza en la vaguada corriente arriba. La advección de vorticidad es mínima en esta región.
- ▶ Si los elementos de humedad en el lado del polo de la circulación ciclónica son estacionarios o se desplazan hacia el oeste, el máximo de vorticidad corresponde una depresión aislada.

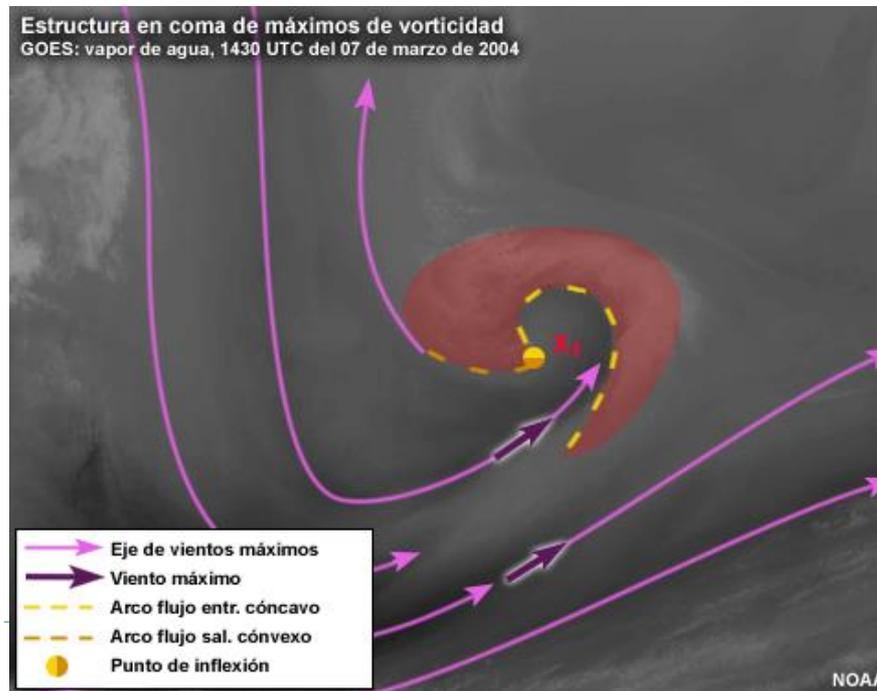
Modelo conceptual de estructura en coma dominada por cizalladura en el lado del ecuador



6. Máximo de vorticidad y estructura en coma

b) Análisis de un ejemplo

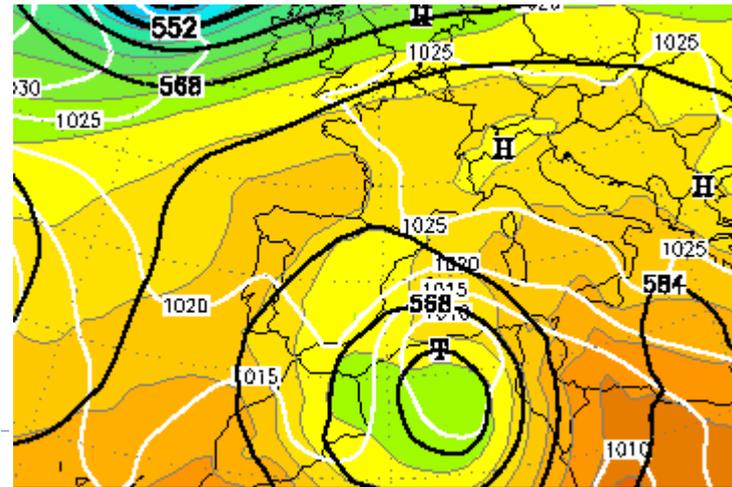
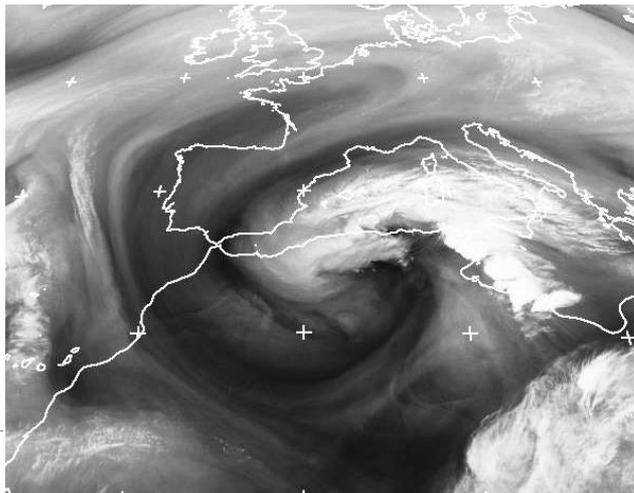
- ▶ El punto de inflexión y el máximo de vorticidad se hallan en el vértice del patrón de humedad.
- ▶ La fuerte curvatura del eje de vientos máximos que se arrolla alrededor del máximo de vorticidad indica que la vorticidad por curvatura es el principal elemento que contribuye al intenso máximo de vorticidad.
- ▶ El máximo de viento asociado se observa en el oscurecimiento provocado por el desecamiento en la estructura en coma.



6. Máximo de vorticidad y estructura en coma

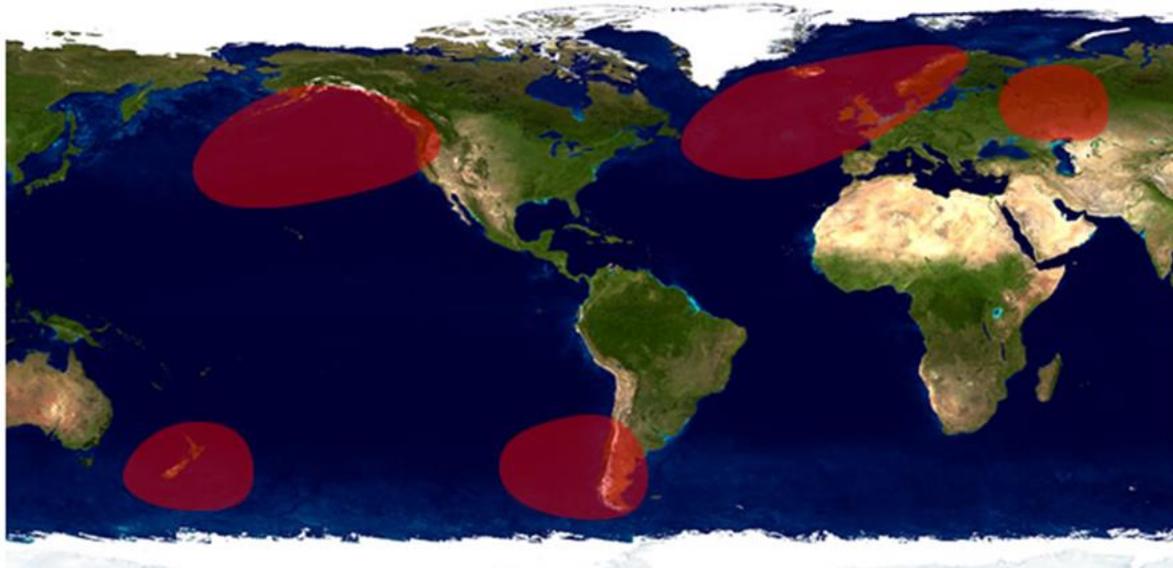
c) Importancia

- ▶ Un análisis incorrecto del modelo numérico, puede tener repercusiones importantes en las predicciones.
- ▶ Suelen “verlo” correctamente por que normalmente son circulaciones muy intensas.
- ▶ La identificación de los máximos de vorticidad y su posición puede mejorar el pronóstico de la convección y los patrones nubosos asociados
- ▶ La retroalimentación convectiva en los modelos numéricos puede generar máximos de vorticidad espurios que mediante un análisis minucioso de las imágenes WVV permite determinar su naturaleza incorrecta.

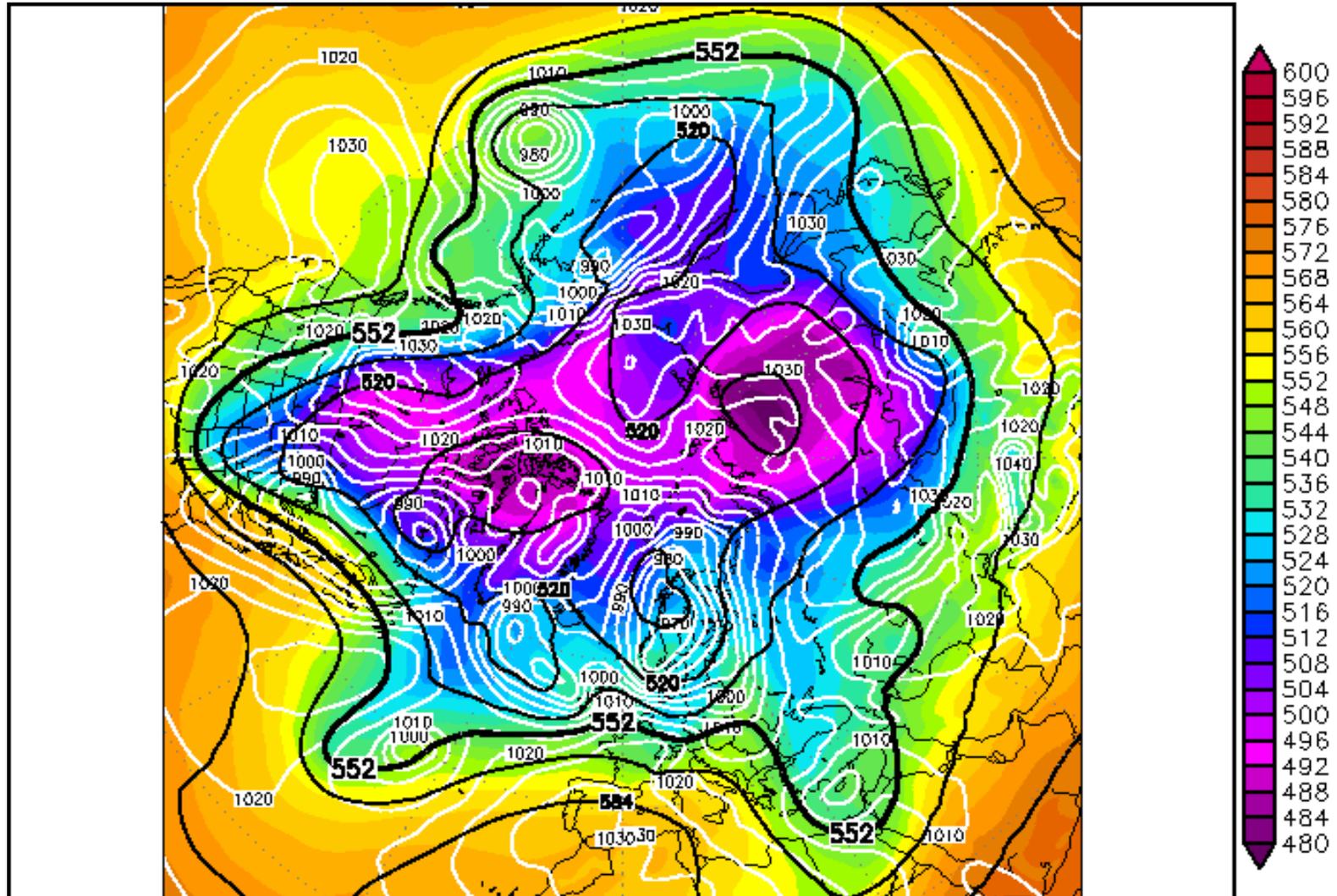


7. Patrones de bloqueo

- ▶ Régimen de vientos anómalo en la alta troposfera que se caracteriza por un movimiento sinóptico cuasi estacionario, estacionario o retrógrado.
- ▶ Interrumpe el típico patrón de vientos del oeste en latitudes medias y establece un flujo de vientos del este en ocasiones muy significativo.
- ▶ Las condiciones meteorológicas en la zona afectada se vuelven más predecibles y si comprendemos cuándo se disipará el bloqueo, podemos hacernos una idea más clara de la evolución de las condiciones atmosféricas.
- ▶ Tienen zonas preferentes de formación:

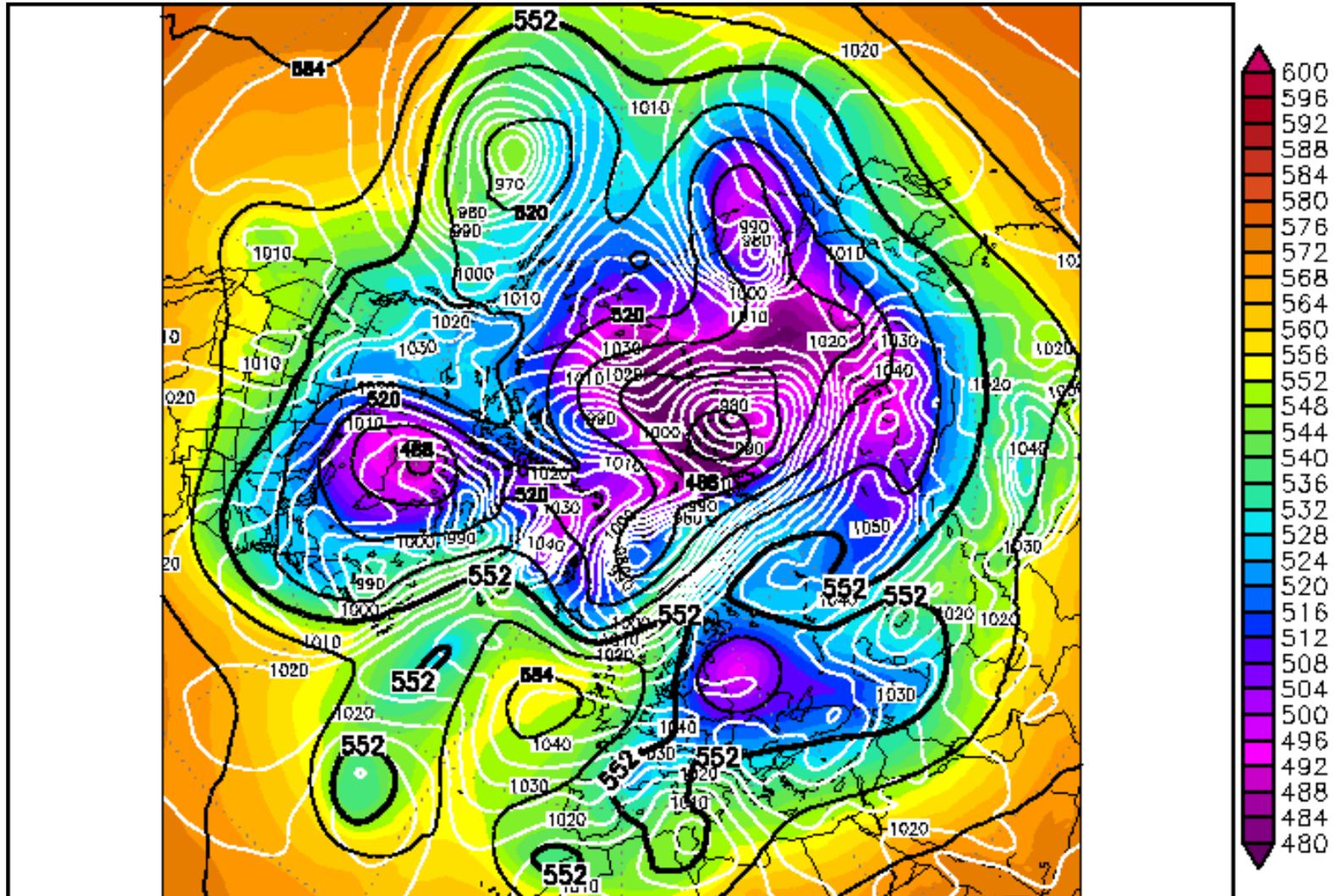


7. Patrones de bloqueo



500 hPa Geopotential [gpdam], Bodendruck [hPa], relative Topographie H500-H1000 [gpdam]
Donnerstag, 31-01-2013 00 UTC (GFS) (Analyse) © www.wetter3.de

7. Patrones de bloqueo



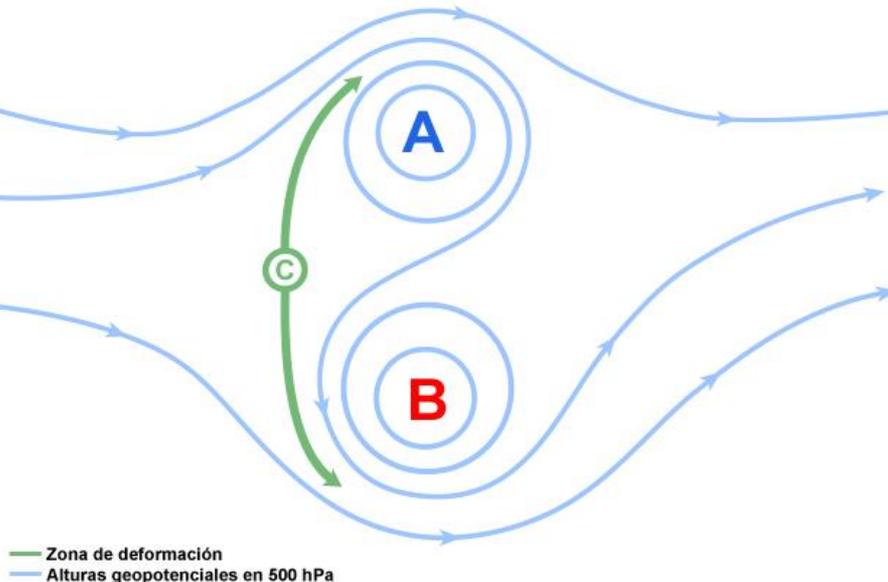
500 hPa Geopotential [gpdm], Bodendruck [hPa], relative Topographie H500–H1000 [gpdm]
Mittwoch, 27-01-2010 00 UTC (CFS) (Dienstag 18 + 06) © www.wetter3.de

7. Patrones de bloqueo

Bloqueo Rex (alta sobre baja)

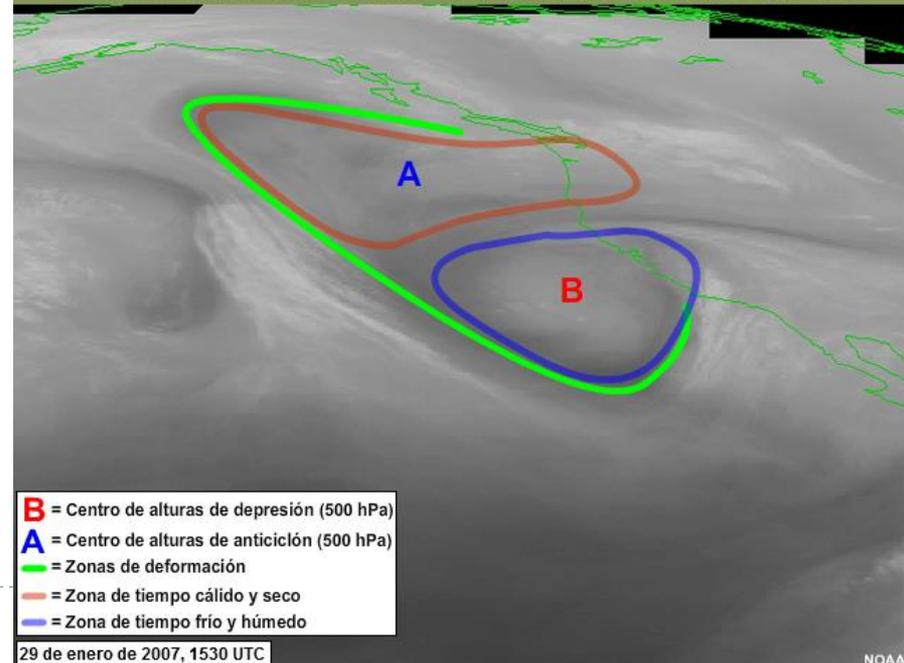
- ▶ Presenta una fuerte corriente en chorro de este a oeste con una pluma difluente en su límite occidental.
- ▶ Bajo este régimen, las condiciones debajo de cada centro de altura son las típicas de un centro de alta (estabilidad) o baja presión (inestabilidad).
- ▶ Intensa zona de deformación meridional corriente arriba (al oeste) de los centros de presión que obstaculiza el movimiento normal de la circulación zonal a gran escala en la troposfera superior.

Representación esquemática de un bloqueo rex (500 hPa)



© The COMET Program

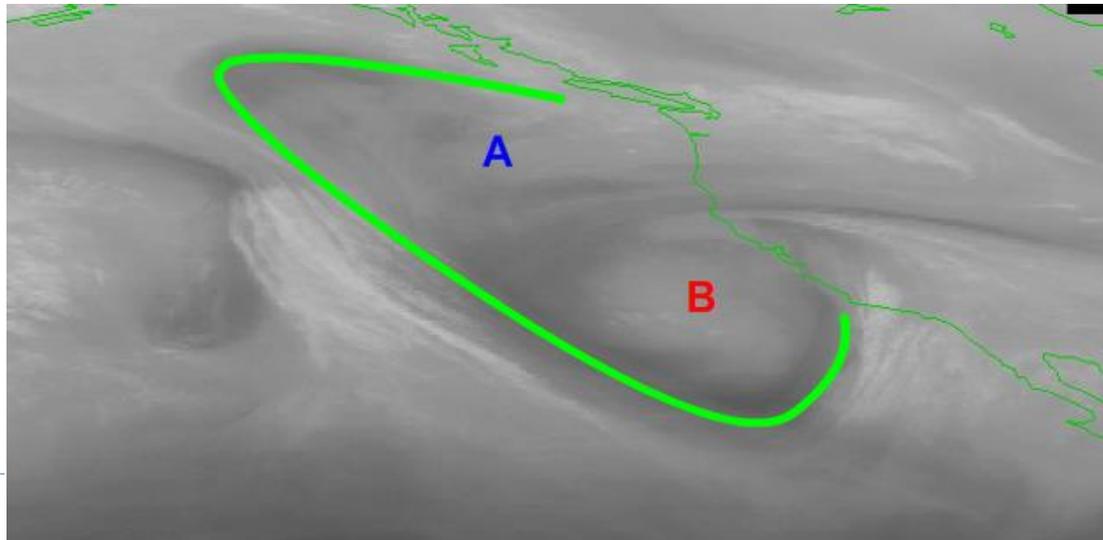
Animación de bloqueo rex en imágenes del canal vapor de agua (26 a 29 de enero de 2007)



7. Patrones de bloqueo

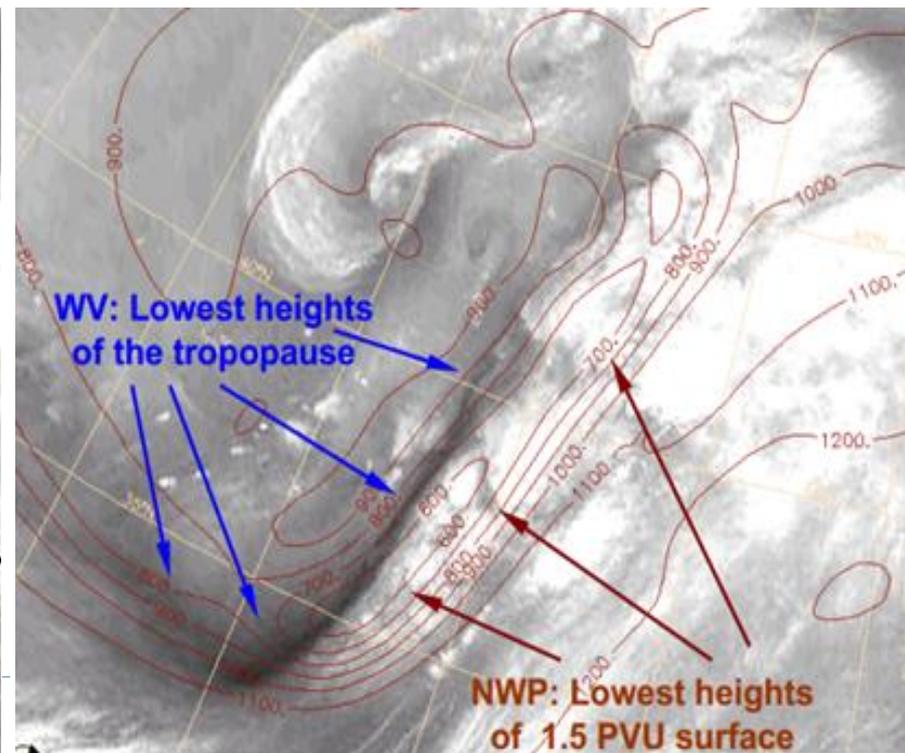
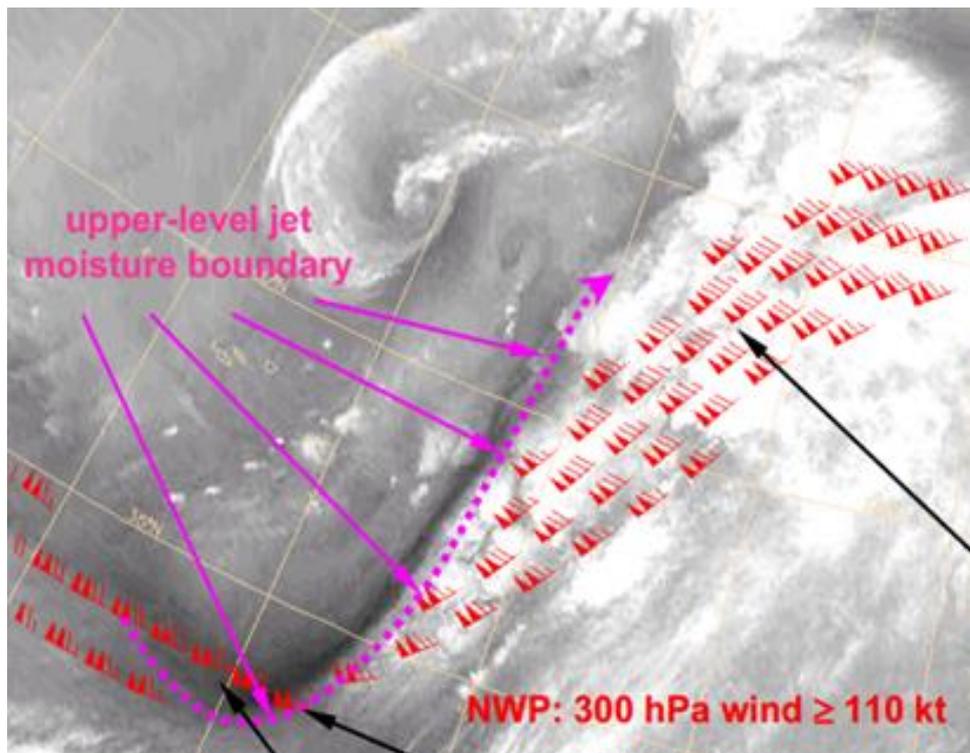
Disipación

- ▶ La capacidad de diagnosticar los bloqueos en fase de disipación es importante porque:
 - ▶ Después de la disipación del bloqueo, volverá a desarrollarse un patrón de flujo activo en altura
 - ▶ Los modelos numéricos no manejan adecuadamente la disipación de los patrones de bloqueo, y con frecuencia los debilitan con demasiada rapidez.
- ▶ La estructura más importante para diagnosticar la disipación es la zona de deformación meridional corriente arriba del bloqueo.
- ▶ El contraste de humedad a través de la zona de deformación es directamente proporcional a su intensidad por lo que cuando el contraste de humedad a través de la zona disminuya, el bloqueo se disipará.



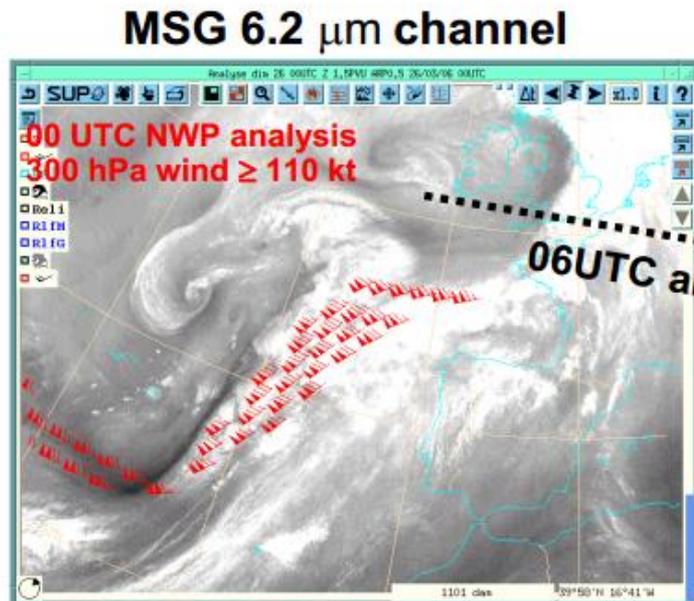
8. Detección de errores en los modelos numéricos

- ▶ Usando las imágenes de WV conjuntamente con un análisis de la PV podemos chequear la validez de las salidas de los modelos numéricos de predicción del tiempo localizando las regiones dinámicamente activas (anomalías de PV)
- ▶ El análisis del modelo tiene el mínimo de altura de la superficie de 1,5 PV algo al este de la región seca asociada a la intrusión estratosférica relacionada con la región más oscura. Esto es un signo evidente de una mala modelización dinámica del modelo.

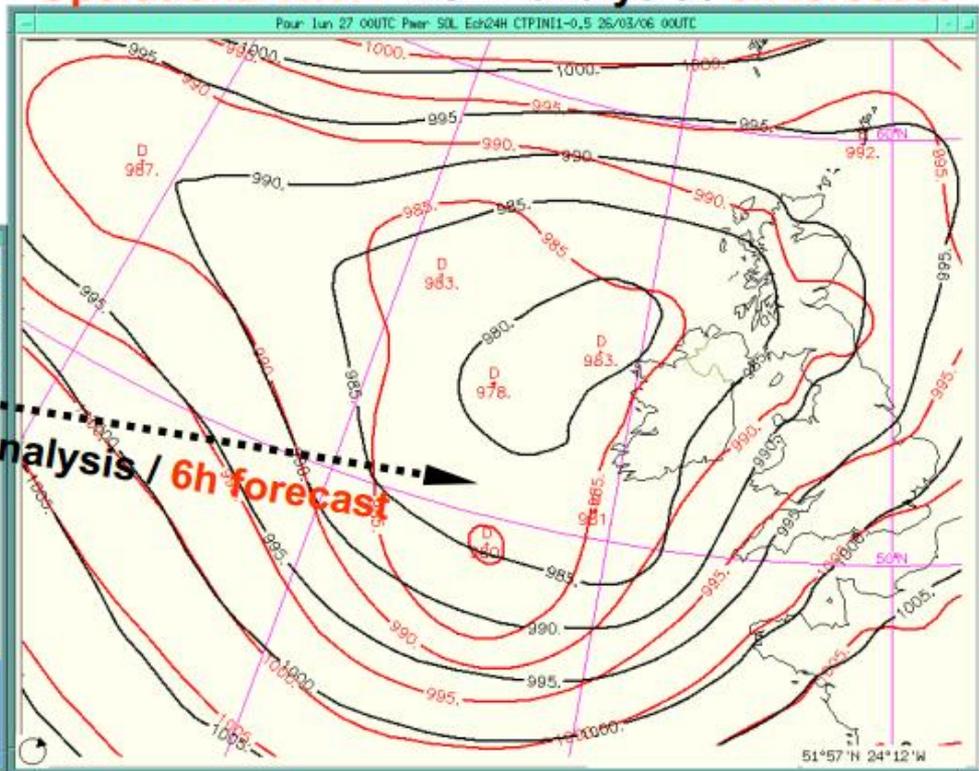


8. Detección de errores en los modelos numéricos

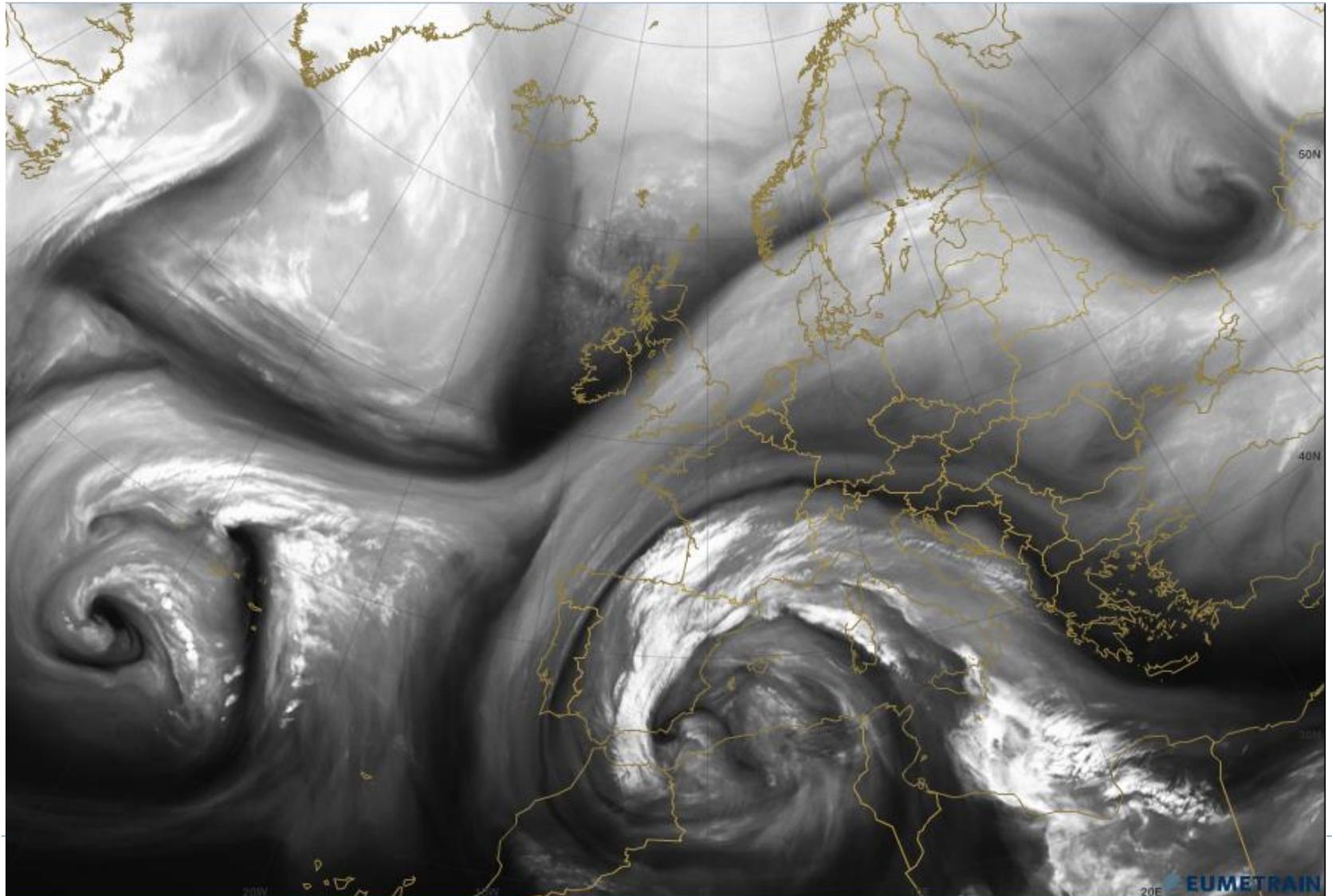
- ▶ Error en el análisis del jet stream.
- ▶ En la base de la vaguada, la modelización errónea “ve” al jet cruzando a la banda oscura en la imagen de WV y luego cruzando la frontera húmeda del jet a su lado ecuatorial.
- ▶ Como resultado, el modelo operacional no predice bien el desarrollo del ciclón corriente abajo del jet stream simulado erróneamente.



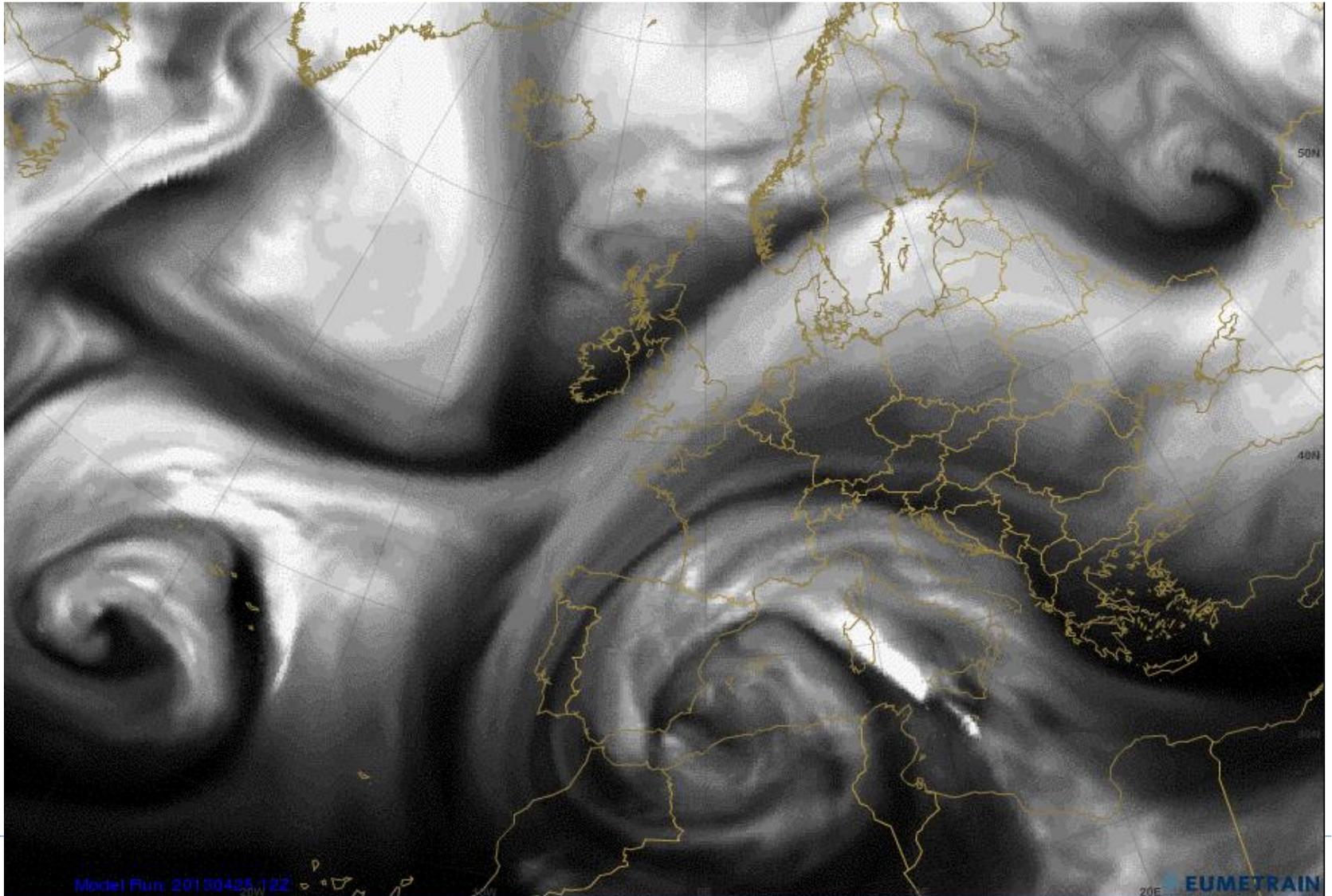
Operational NWP: MSLP analysis / 6h forecast

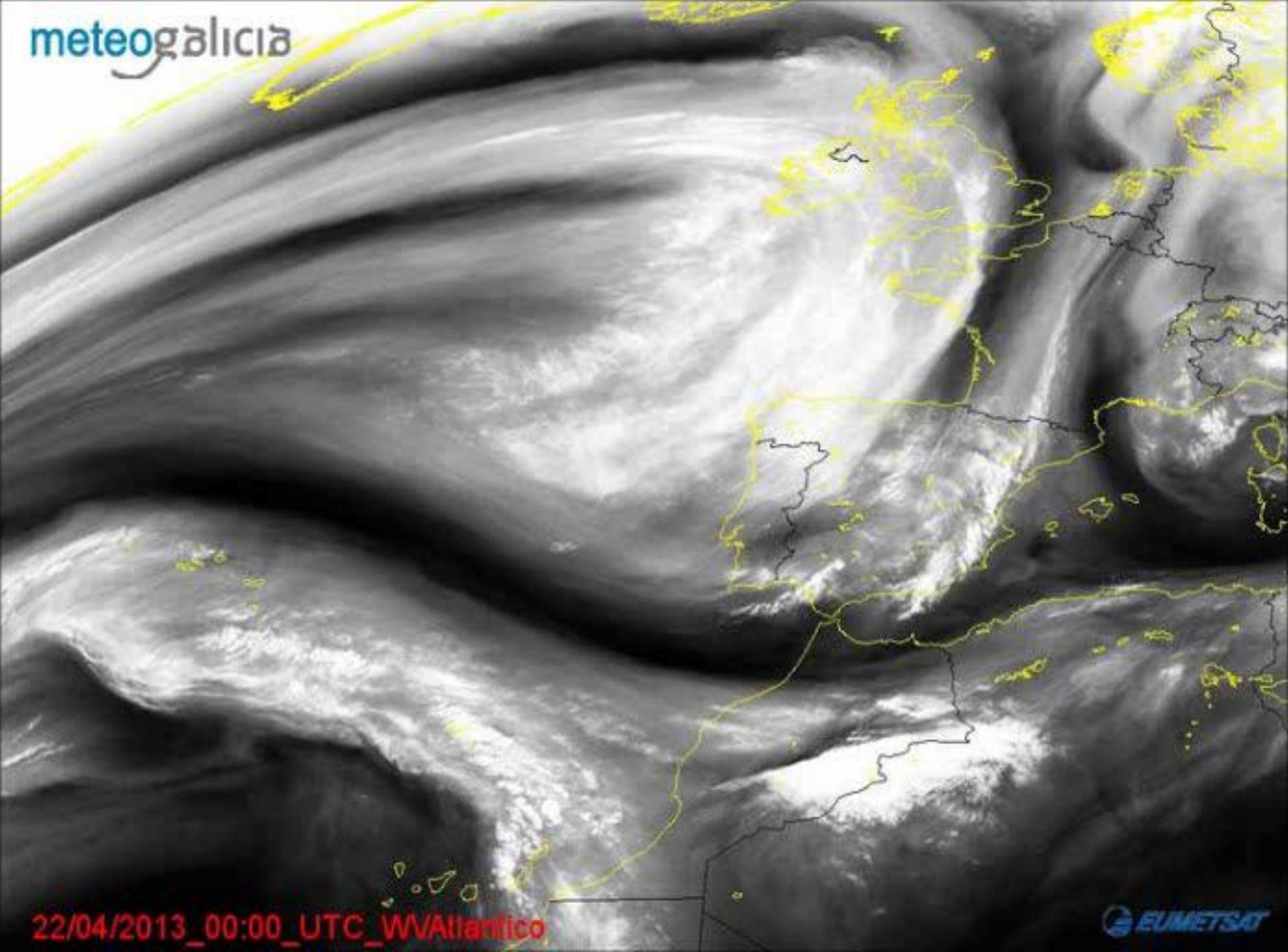


8. Detección de errores en los modelos numéricos



8. Detección de errores en los modelos numéricos





Conclusiones

- ▶ Las imágenes WV son de una gran utilidad para realizar un diagnóstico correcto de la dinámica atmosférica.
- ▶ Las regiones dinámicamente activas como las dobleces de la tropopausa (hundimientos de la estratosfera) y las corrientes en chorro se detectan fácilmente en estas imágenes.
- ▶ Se pueden localizar las vaguadas y dorsales que se suceden en latitudes medias producto de las ondas de Rossby, así como sus patrones de bloqueos asociados que ocurren con relativa frecuencia.
- ▶ Permite pronosticar a muy corto plazo la evolución de la atmósfera sin necesidad de la utilización de modelos a través de la identificación de las ciclogénesis, máximos de vorticidad y bandas de deformación.
- ▶ Probablemente la utilidad más importante es la validación de los modelos numéricos.



Bibliografía

- ▶ Weldon, R. B., Holmes, S. J., 1991. Water vapor imagery: interpretation and applications to weather analysis and forecasting, NOAA Technical. Report. NESDIS 57, Washington D.C., 213 pp.
 - ▶ Bader, M. J., Forbes, G. S., Grant, J. R., Lilley, R. B. E., Waters, A. J. (Editors). 1995. Images in weather forecasting. A practical guide for interpreting satellite and radar imagery. University Press, Cambridge, 499 pp.
 - ▶ Conway Eric D. and The Maryland Space Grant Consortium, 1997. An introduction to satellite image interpretation. The Johns Hopkins University Press, 242 pp.
 - ▶ AEMET, 1999. Biblioteca de Módulos TEMPO. Técnicas de análisis y diagnosis. Diagnóstico: Guía técnica.
 - ▶ Santurette, P., Georgiev C. G., 2005. Weather analysis and forecasting: Applying satellite water vapor imagery and potential vorticity analysis. Academic Press, Elsevier Inc. 179 pp.
 - ▶ The COMET Program (UCAR). Dynamic Feature Identification: The Satellite Palette.
<http://meted.ucar.edu/>
 - ▶ Eumetrain (Eumersat). Water Vapor CAL Module.
<http://www.eumetrain.org/data/3/33/intro.htm>
 - ▶ Eumetrain (Eumetsat). Satellite Imagen Interpretation. Lecture 4: WV Images.
http://www.eumetrain.org/courses/satellite_image_interpretation.html
-

