

ANÁLISIS DE SITUACIONES TÍPICAS DE LA METEOROLOGÍA ATLÁNTICA MEDIANTE IMÁGENES DE VAPOR DE AGUA

**Beatriz Téllez Jurado
Ignacio Palacio García
Eugenio Ayensa Remírez
Darío Cano Espadas**

**I.N.M. - CMT en Madrid y Castilla la Mancha
Parque del Retiro s/n 28080 Madrid
Tfno: 91-5733205
Correo electrónico: bea@inm.es**

Resumen

Los trazadores de las imágenes de vapor de agua -nubes, zonas secas y húmedas- las formas que adoptan y las dimensiones tanto en horizontal como en vertical son elementos muy útiles para realizar un análisis sinóptico de masas de aire, permitiendo describir sus características, recorrido, límites y conexiones entre ellas. Las fronteras entre masas de aire suelen aparecer en estas imágenes como zonas con fuertes contrastes de humedad.

En este trabajo se presentan varias situaciones en las que se pueden observar masas de aire colindantes con distintas características. El análisis de las zonas limítrofes nos proporciona una idea del acoplamiento entre ellas, de su posible interacción, de su evolución posterior y del tiempo significativo más probable.

Palabras clave

Imágenes de vapor de agua, masas de aire, fronteras

Abstract

The observation of the shape and the horizontal and vertical dimensions of some special weather structures as view in water vapour images (clouds, dry and moist areas) provide a useful tool for the synoptic-scale air mass analysis: evolution, paths, boundaries and interconnections. In particular, areas with strong moisture contrasts denote the presence of air mass boundaries.

Several weather situations, in which adjacent air masses with different characteristics are present, are studied in this work. The analysis of the boundary regions provides some revealing information on their mutual connections and interactions, which may be useful in the weather forecast.

Keywords:

Water vapour images, air mass, boundary regions

1. INTRODUCCIÓN

A diferencia de las imágenes de infrarrojo o visible, donde los únicos trazadores son la existencia o no de nube, en las imágenes de vapor de agua se observan además zonas secas y húmedas. Generalmente, se considera que las imágenes de vapor de agua son un reflejo del estado de la atmósfera en niveles altos. Algunos autores sostienen que el nivel de mayor contribución a la señal depende del grado de humedad de la columna, correspondiendo las

zonas húmedas a niveles más altos que las zonas secas. En cualquier caso, se considera que casi toda la contribución procede de niveles por encima de 400 hPa. (STAP). Sin embargo, algunos detalles, como el reflejo de la retención de humedad en cordilleras poco elevadas, hacen pensar que en estas imágenes pueden verse algunas características de fenómenos propios de niveles más bajos. En las figuras 21 y 23 se observa un contraste de humedad entre las dos vertientes del Sistema Central.

Las imágenes de vapor de agua pueden considerarse como radiografías de la atmósfera. Su análisis permite hacer un diagnóstico del transporte de vapor de agua, tanto horizontal como vertical, y de la conexión entre los distintos sistemas atmosféricos. (F. Eliazaga, 1999). Especial importancia tienen los límites entre masas de aire. Se observan como bandas oscuras, asociadas a zonas de deformación, máximos de viento,... En algunos casos, estas fronteras son tan consistentes que no permiten la conexión entre las masas de aire que separan, actuando como una barrera impenetrable. En otros, las fronteras dejan de ser nítidas, se difuminan y pueden llegar a desaparecer, con los efectos que esto conlleva.

En este trabajo se analizan las imágenes correspondientes a algunas situaciones típicas de las regiones atlánticas, haciendo especial hincapié en la descripción de las fronteras entre masas de aire. En el apartado 2 se estudian situaciones con presencia de masas de aire poco estables y en el apartado 3 situaciones con masas de aire subsidentes.

2. SITUACIONES CON MASAS DE AIRE POCO ESTABLES

En este apartado se presentan las situaciones correspondientes a los días 18 y 20 de mayo de 2001. En ellas se analiza la permeabilidad y moldeabilidad de las fronteras entre masas de aire, así como los efectos que ello produce. Cuando la frontera es impermeable, se crea un límite muy definido entre los fenómenos meteorológicos asociados a una y otra masa. Por el contrario, cuando hay conexión entre ambas masas, la mezcla puede favorecer el desarrollo de la convección, provocando una progresiva difuminación de la frontera.

2.1. Situación del día 18 de mayo de 2001

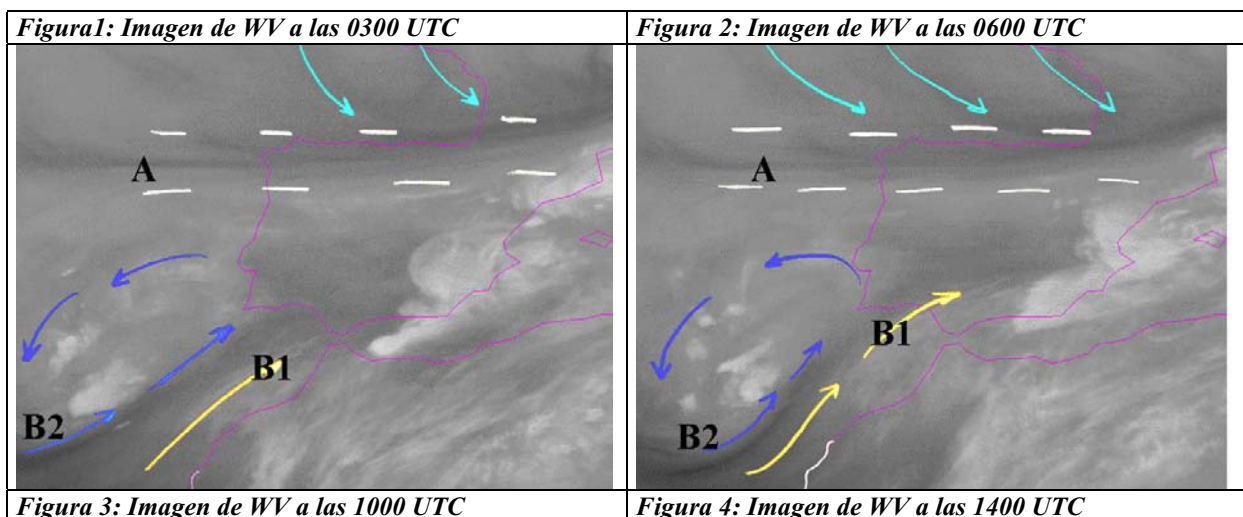
Un primer análisis de las imágenes correspondientes al día 18 de mayo de 2001 a 0300 UTC muestra dos masas de aire distintas (figura 1). La frontera entre ambas se sitúa al norte de la Península Ibérica (A). La primera masa (verde) procede de latitudes altas y cae hacia latitudes más bajas. La segunda (azul y amarillo), en cambio, se desplaza hacia el norte. En esta última pueden distinguirse dos sistemas: un vórtice (azul) y una intrusión de aire subtropical (amarillo), con una banda oscura entre ambos (B1 –B2), que se extiende desde el noroeste de África hasta el SW de la Península.

La frontera (A) (enmarcada con líneas discontinuas en las figuras 1 a 5) aparece como una banda oscura, alargada, recta, apreciándose un fuerte contraste de humedad entre ella y las masas que separa. Puede asociarse a una banda de deformación que conecta dos depresiones, una sobre el Atlántico y otra en Centroeuropa. A lo largo de la secuencia de imágenes entre las 0300 UTC y las 2000 UTC (figuras 1 a 6) se mantiene constante su forma, ausencia de curvatura y la nitidez del contraste de humedad. El efecto que esto produce es la completa infranqueabilidad de esta frontera. En la masa más meridional se genera convección que avanza desde el sur, recorre toda la Península hasta llegar al norte, donde se alinea a lo largo de la frontera, sin poder avanzar.

La frontera (B1 –B2) adopta inicialmente forma de S. Se puede distinguir una zona cóncava (B2) con fuerte gradiente de humedad asociado a un máximo de viento y una zona convexa (B1) con menor contraste de humedad. El área de inflexión o cambio de curvatura es la zona más “débil” del sistema. En ella, el máximo de viento se desacelera, mostrándose como una discontinuidad en la banda oscura. A diferencia de la frontera (A), en esta zona existe interrelación entre los dos sistemas (azul y amarillo). La interacción se aprecia más claramente a las 1000 UTC (figura 3), donde una cuña en el flujo subtropical aborda el dominio del vórtice. La zona limítrofe y en particular la región de cambio de curvatura y la zona convexa se hacen muy inestables, convirtiéndose en un área muy propicia para el desarrollo de tormentas (máximo de viento advectivo, aumento de frontogénesis, fuerte gradiente de temperatura, insolación en las horas anteriores por la ausencia de nubosidad, aporte de humedad, ...). Ello se hace más patente a la 1400 UTC (figura 4) con el moteado blanco de la zona convexa, donde el contraste de humedad se va difuminando.

Cabe destacar la diferencia entre la evolución de forma de las fronteras (A) y (B1-B2). Mientras la primera permanecía inalterada, la última sufre cambios notorios. A lo largo de la secuencia se acentúa la concavidad y la convexidad incipientes de las primeras horas. Al final del episodio, los dos sistemas están tan acoplados que es difícil delimitarlos. El efecto de cuña que ejerce el vórtice aumenta el gradiente térmico de las capas bajas y desplaza la frontera (B2) hacia el SE, aumentándole su concavidad. El movimiento retrógrado de la masa subtropical, atraída por el vórtice, acentúa la dorsal térmica de niveles medios y empuja la frontera (B1) hacia el oeste, aumentando su convexidad, aunque cada vez se observa menos contraste de humedad y queda completamente diluida horas más tarde. (Figura 6)

En resumen, estas condiciones sinópticas, junto con otros factores característicos de la circulación en niveles más bajos, provocan que la convección se extienda por toda la Península hasta el Cantábrico.



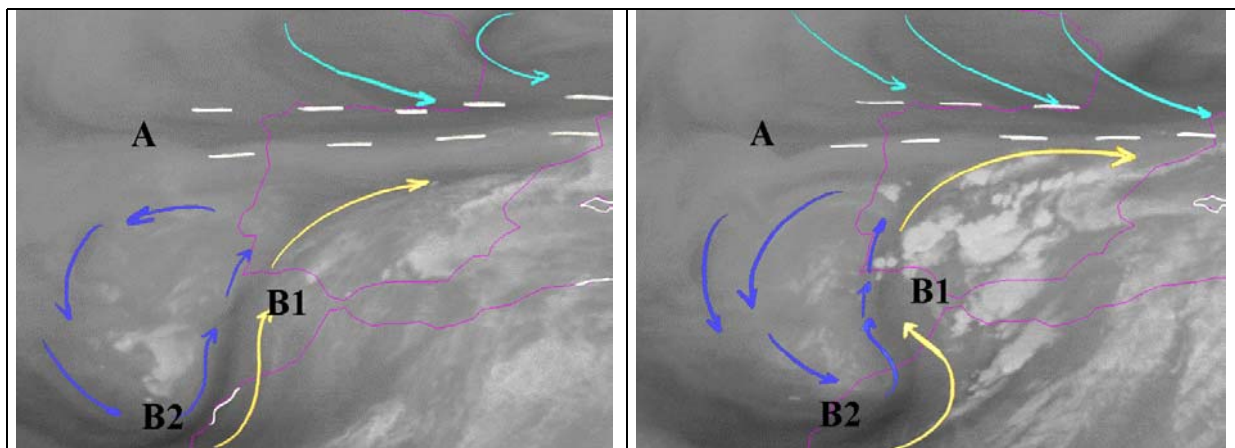
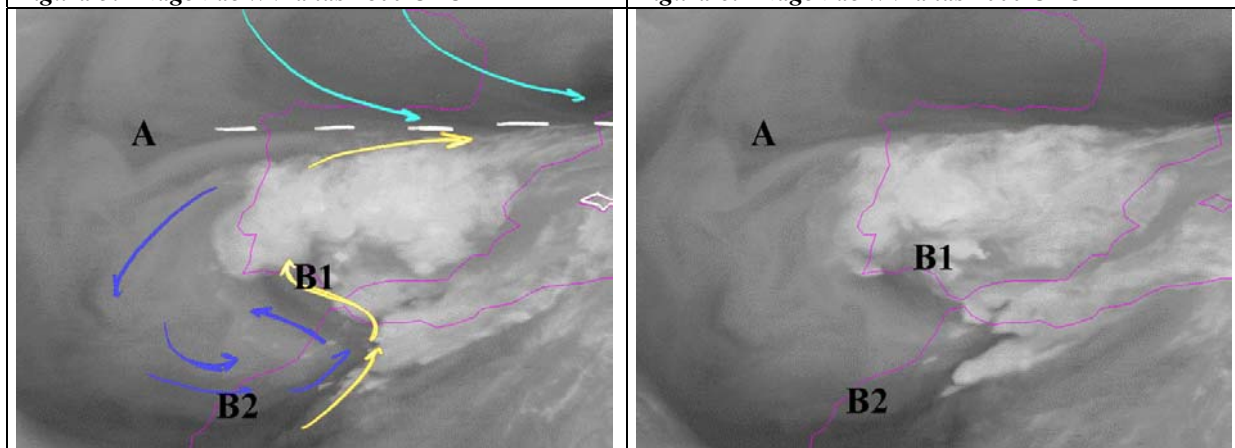


Figura 5: Imagen de WV a las 1800 UTC

Figura 6: Imagen de WV a las 2000 UTC



2.2 Situación del 20 de mayo de 2001

En este apartado se muestra la situación correspondiente al día 20 de mayo de 2001. Se analizan los dos bordes de una frontera entre masas de aire poco estables.

En un primer análisis de las imágenes de este día a 0300 UTC (figura 7), pueden distinguirse dos masas de aire distintas que afectan a la Península Ibérica. La primera (A) es una depresión que barre casi todo el territorio peninsular. La segunda (B) corresponde a un flujo del noroeste. Esta última muestra rasgos elongados característicos de una masa de aire con un campo de flujos relativos divergentes. Entre ambas masas de aire se observa una banda alargada, ancha y oscura (C).

En la secuencia de imágenes (figuras 7 a 11) se observa cómo los dos bordes de esta banda (C) evolucionan de forma diferente, influenciados por los flujos relativos que los limitan. La banda va estrechándose progresivamente, especialmente en su parte central, debido a la convergencia de las masas colindantes.

El borde más próximo a la depresión (amarillo) está condicionado por máximos de viento advectivos del noreste. A 0300 UTC (figura 7) se observa continuidad en las tonalidades oscuras, quedando bien delimitadas tanto la masa de aire correspondiente a la depresión (A) como la banda oscura (C). En las horas posteriores, los cambios de dirección y la desaceleración de los máximos de viento de la parte central provocan la rotura de este borde. Esto se observa en la secuencia de imágenes entre las 0800 y las 1100 UTC (figuras 8 y 9) como una progresiva difuminación del contraste de tonalidades que se apreciaba inicialmente. La banda oscura (C) es invadida paulatinamente por irrupciones de vapor de

agua. Estas irrupciones son deshilachadas y tenues al principio (figura 8), pero posteriormente aparecen con mucha mayor claridad (figura 11).

La evolución del borde noroccidental (azul) de la banda oscura es completamente distinta. Este borde está limitado por un eje de dilatación que permanece sin cambios destacables durante todo el episodio. En las figuras 7 a 11 se puede apreciar la inalterabilidad del contraste de tonalidades en este borde. El efecto que esto produce es el de una barrera infranqueable que separa ambos sistemas y, como consecuencia, los fenómenos meteorológicos asociados a una y otra masa. Ello puede comprobarse en la imagen del visible correspondiente a 1730 UTC (figura 12), donde la convección desarrollada se alinea a lo largo de la frontera.

La parte central de la banda oscura (C), donde se produce la mayor convergencia de las dos masas de aire (A) y (B), es potencialmente inestable. Algunos factores, como el máximo de viento advectivo, el aumento del gradiente térmico, el aporte de humedad en niveles medios hacia una zona inicialmente seca y cálida, hacen que este área sea muy favorable para el desarrollo de la convección. En las imágenes de vapor de agua de 1500 y 1900 UTC (figuras 10 y 11) se observa en esta zona el burbujeo blanco típico de las tormentas, limitadas por la barrera infranqueable que representa este borde noroccidental.

Figura 7: Imagen de WV a las 0300 UTC

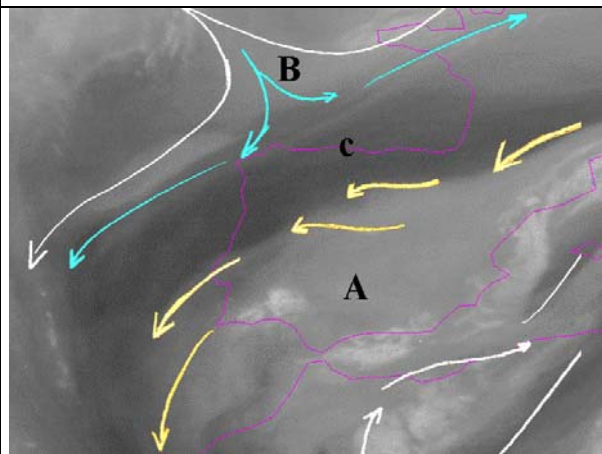


Figura 8: Imagen de WV a las 0800 UTC

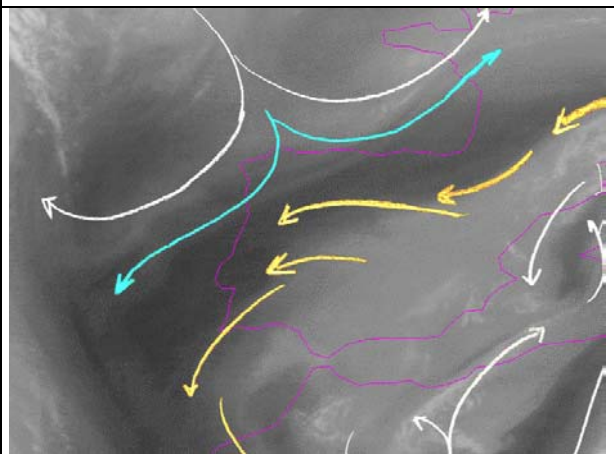


Figura 9: Imagen de WV a las 1100 UTC

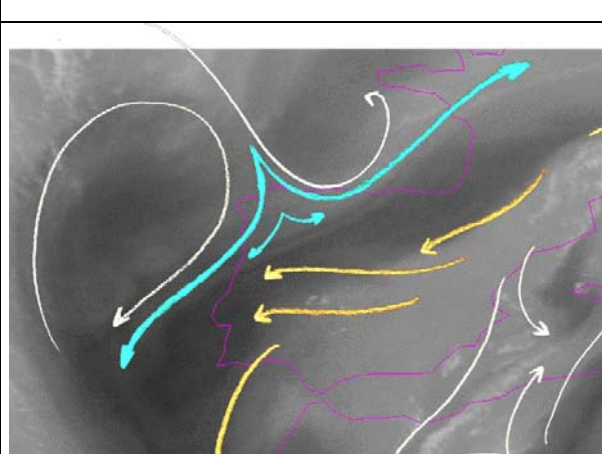


Figura 10: Imagen de WV a las 1500 UTC

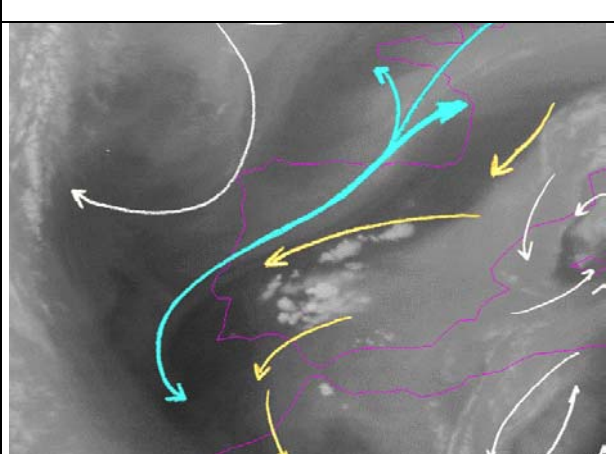
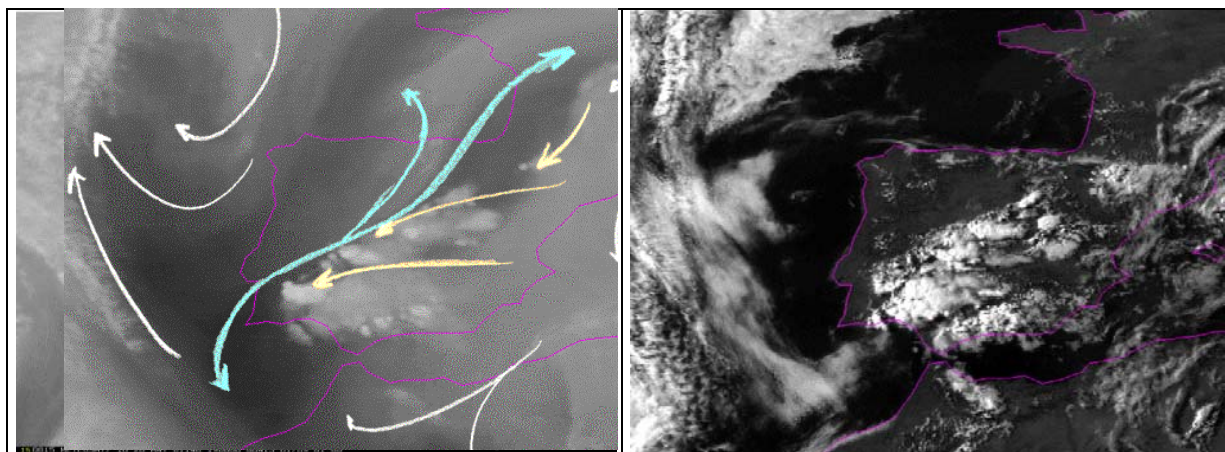


Figura 11: Imagen de WV a las 1900 UTC

Figura 12: Imagen VIS a las 1730 UTC



3. SITUACIONES CON MASAS DE AIRE SUBSIDENTES.

Se presentan tres situaciones correspondientes a los días 1 de diciembre de 2001, 11 de febrero de 2002 y 14 de enero de 2002. Se han seleccionado situaciones correspondientes a la estación invernal y, en ellas, se estudia la evolución durante las primeras horas de la mañana. Las masas de aire implicadas en ellas son estables, con movimientos subsidentes. Los cielos están despejados y los vientos son flojos en todos los niveles. En estas condiciones, inicialmente favorables para la formación de nieblas y estratos bajos, se muestra cómo el análisis de las imágenes de vapor de agua puede ayudar a explicar su localización y algunos factores que influyen en su formación.

3.1. Situación del 1 de diciembre de 2001

La imagen del canal infrarrojo correspondiente al día 1 de diciembre de 2001 a 0000 UTC (figura 13) muestra una extensa área anticiclónica sobre la Península Ibérica, y parte del Mediterráneo con estratificación estable, cielos despejados y vientos flojos.

El análisis de las imágenes de vapor de agua a esa hora (figura 14) permite distinguir tres masas de aire distintas. La primera (azul) presenta un flujo del sur que se eleva en latitud al tiempo que se curva anticiclónicamente al norte de la Península. La segunda (amarilla) contiene, al igual que la anterior, un flujo que inicialmente es del sur, pero que, después de curvarse anticiclónicamente, se dirige de nuevo hacia el sur. Entre ambas masas se observa un flujo relativo débil y también del sur (verde), en un área semi-oscura y alargada que cubre el oeste de la Península.

Observando las imágenes de vapor de agua de 0000 y de 0530 UTC (figuras 14 y 15), se comprueba cómo el área intermedia (verde) está siendo progresivamente invadida por las dos masas colindantes (azul y amarilla). Además de la convergencia de las dos masas exteriores (azul y verde), que es máxima en el centro de la Península (1), cabe destacar la divergencia que se produce en el flujo relativo del sur al chocar con la primera masa de aire al Sur de Francia (2). Ambos hechos tienen una misma consecuencia, que es la de aumentar el contraste, tanto térmico como de humedad, en una zona en la que los movimientos verticales ascendentes están inhibidos. En la imagen visible de 1000 UTC (figura 16) se observa cómo las nieblas y los estratos bajos se localizan en estas áreas de mayor contraste térmico y de humedad (sur de Francia y las dos mesetas) y no se extienden de forma arbitraria por todo el área subsidente.

Figura 13: Imagen de IR a las 0000 UTC

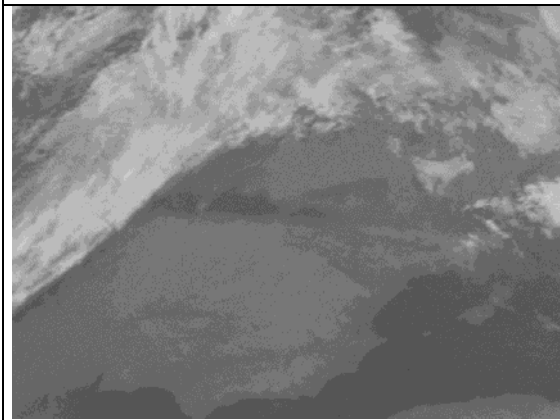


Figura 14: Imagen de WV a las 0000 UTC

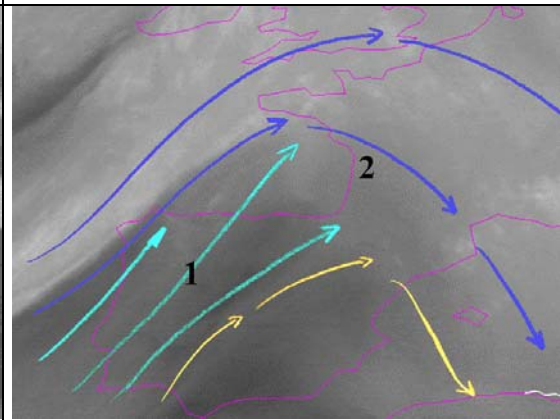


Figura 15: Imagen de WV a las 0530 UTC

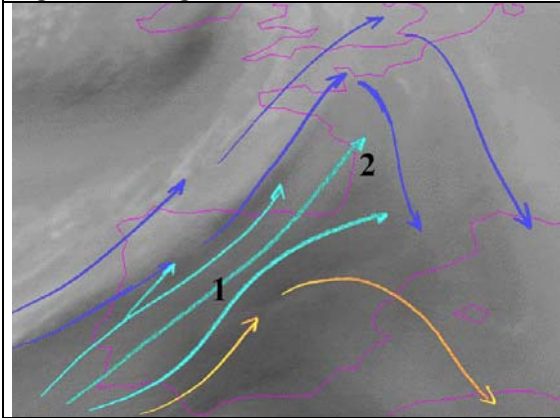
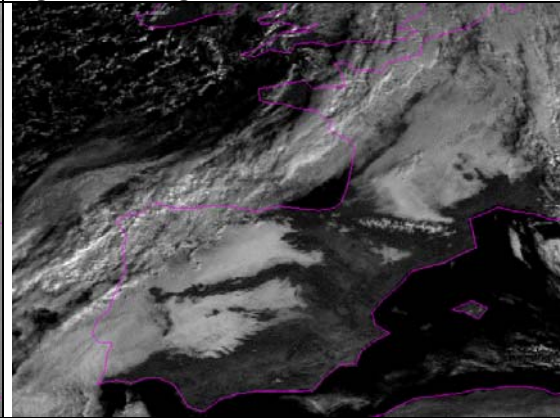


Figura 16: Imagen VIS de las 1000 UTC



3. 2 Situación del 11 de febrero de 2002

La imagen del canal infrarrojo correspondiente al día 11 de febrero de 2002 a 0000 UTC (figura 17) muestra un potente anticiclón. Su área de influencia abarca la Península Ibérica, la zona de las Islas Canarias, el Norte de África y el Mediterráneo.

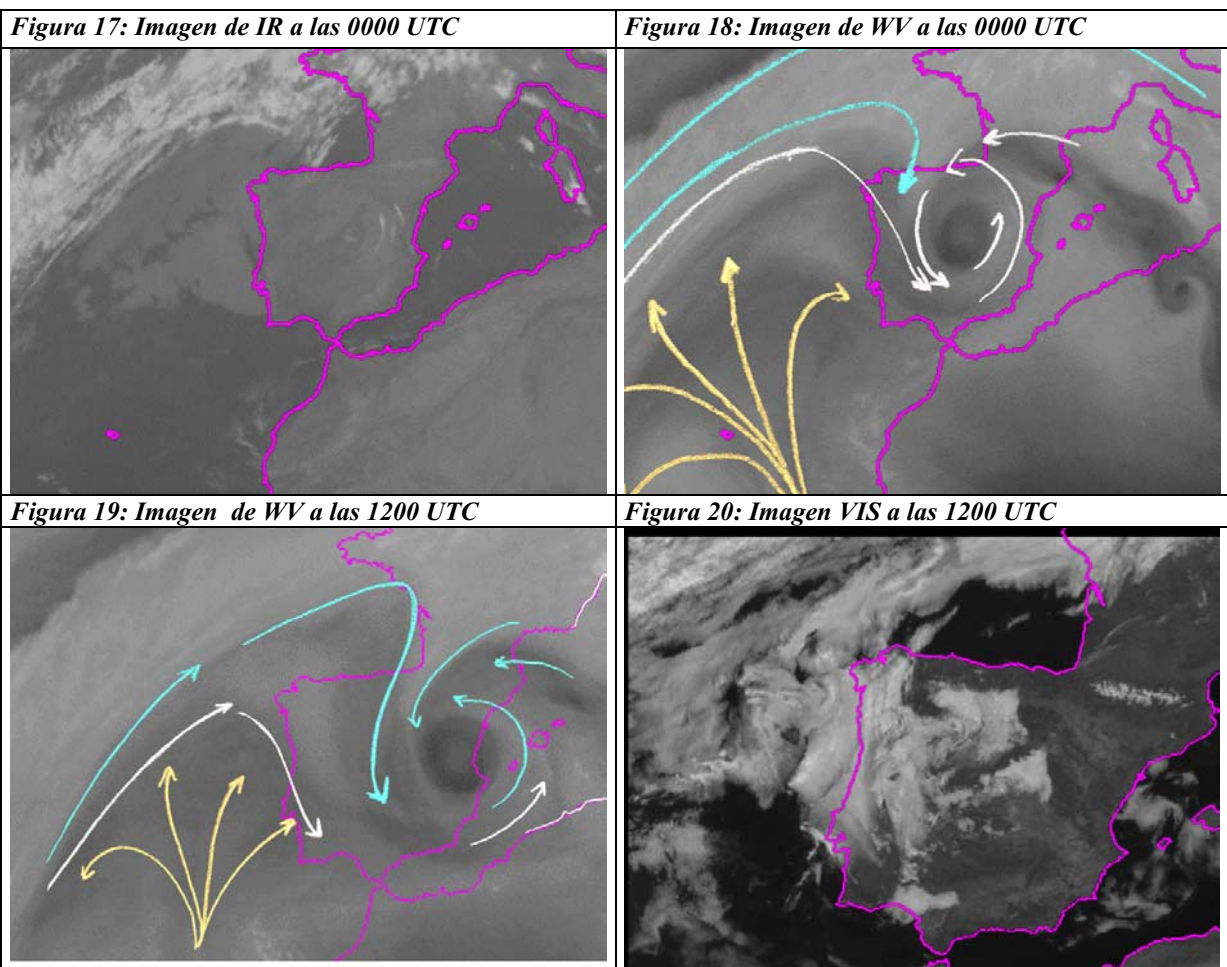
Debido a la ausencia de nubosidad media y alta, la información de la zona subsidente proporcionada por esta imagen, o incluso por una secuencia de imágenes de este canal, es muy limitada. Sin embargo, las imágenes del canal de vapor de agua de 0000 y de 1200 UTC (figuras 18 y 19) ofrecen abundante información sobre esta zona, mostrándo una situación dinámica.

En la imagen de vapor de agua de 0000 UTC (figura 18) se destacan tres elementos: una masa de aire (azul) que bordea el área anticiclónica descrita anteriormente, un vórtice barotrópico, identificado por la figura denominada “ojos en el vapor de agua“ (The manual Synoptic Satellite Meteorology Conceptual Models and Case Studies. Versión 4.0.) y situado en el centro de la Península, y un flujo del sureste débil, seco, cálido y subsidente. (amarillo).

Pueden destacarse dos aspectos del vórtice, el tono oscuro de su centro, reflejando que se trata de una zona más seca que sus alrededores, y el movimiento relativo ciclónico que atrae la humedad circundante. Estos hechos tienden a aumentar el contraste térmico y de

humedad en el centro de la Península en un marco de flujo subsidente. Esta zona queda favorecida para la formación de estratos bajos. En este caso se formaron nieblas en el valle del Tajo y en la Meseta Septentrional como puede observarse en la imagen del canal visible de 1200 UTC (figura 20).

El mismo efecto provoca el flujo relativo débil, cálido y seco del sureste (amarillo) al chocar con el flujo de sur más húmedo (figuras 18 y 19). La barrera impuesta por este último obliga al aire seco a expandirse, formando una zona de remanso donde los contrastes térmicos y de humedad son más acusados. En la imagen del canal infrarrojo de 0000 UTC (figura 17) se observa la forma de semiluna que han adoptado las nubes bajas en el Atlántico, marcando la frontera entre ambas masas. En la imagen del canal visible de 1200 UTC (figura 20) se observan las formas curvilíneas que adoptan las nubes bajas y las nieblas sobre el Atlántico.



3.3 Situación del 14 de Enero de 2002

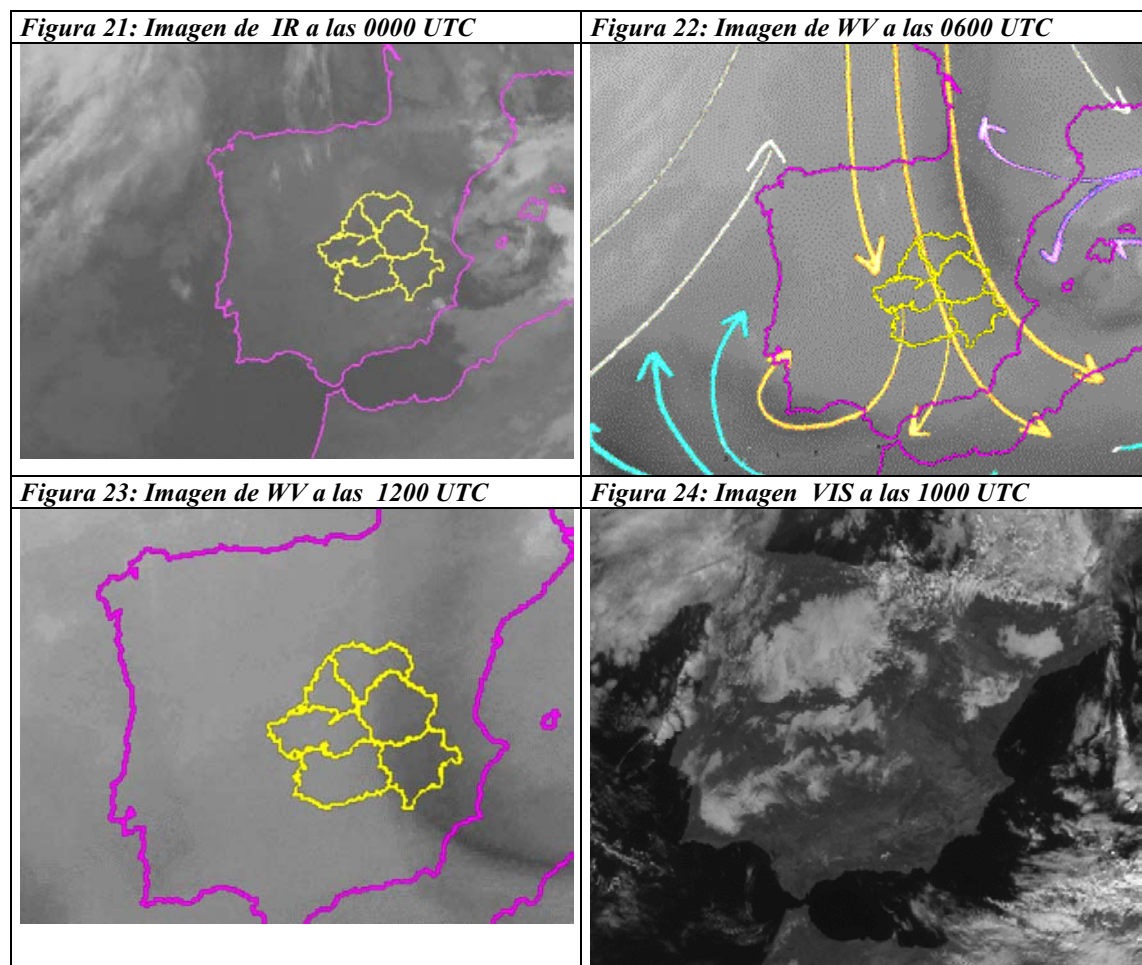
La imagen del canal visible correspondiente al día 14 de enero de 2002 a 1000 UTC (figura 24) muestra los estratos y nieblas formados en varias regiones de la Península Iberica, especialmente en los valles del Ebro, Tajo y Guadiana y en la Meseta Septentrional. Este apartado se centra en las nieblas de los valles de la Submeseta Meridional: Tajo y Guadiana.

En situaciones subsidentes, con cielos despejados, resulta difícil realizar un análisis de los factores que influyen en la formación de nieblas o estratos bajos a partir de las imágenes del canal infrarrojo (figura 21) o del canal visible (figura 24). Sin embargo, las imágenes del

canal de vapor de agua (figuras 22 y 23) permiten, de nuevo, distinguir las distintas masas de aire y trazar su trayectoria, de manera que se puede indagar sobre el origen de distintos fenómenos significativos.

Las imagen del canal de vapor de agua del día 14 de enero de 2002 a 0600 UTC (figura 22) muestra un flujo del norte (amarillo) que afecta a toda la Península excepto el cuadrante nororiental. Esta corriente se dispersa hacia el este y el oeste sobre Andalucía. Hacia el este es atraído por una depresión situada sobre el Mediterráneo y hacia el oeste se curva con giro anticiclónico.

El transporte de humedad del norte hacia el sur de la Península no es uniforme. Se observa en las imágenes de infrarrojo (figura 21) e incluso en las de vapor de agua (figura 22 y 23). Debido a la retención de humedad a barlovento del Sistema Central el flujo húmedo del norte llega modificado a la Meseta Meridional. En el cuadrante suroccidental se observan convergencias de masas de aire (figuras 22) que aumentan el gradiente térmico y de humedad, mientras que la componente oeste del flujo relativo anticiclónico advecta aire cálido y húmedo hacia el interior de la Península. Esta advección de humedad, el enfriamiento nocturno y el efecto de los vientos locales (catabáticos) (Cano, 2001) contribuyen a explicar la formación de nieblas en los valles del Tajo y Guadiana.



4. CONCLUSIONES

El análisis de las estructuras en las imágenes de vapor de agua no sólo es útil en el diagnóstico de los niveles altos, sino que indirectamente explican fenómenos de niveles bajos.

En situaciones inestables, el comportamiento y la evolución de las fronteras de masas de aire, más evidentes en las imágenes de vapor de agua, dan información de la interacción entre sistemas y de las áreas en las que la convección está favorecida .

En situaciones subsidentes y cielos despejados en las imágenes de vapor de agua se pueden observar estructuras (convergencias de masas de aire estables, vórtices barotrópicos, zonas de remanso) que ayudan a explicar la formación y la localización de estratos bajos.

REFERENCIAS

D. Cano, et al. (2001) Estudio de nieblas realizados en el CMT en Madrid y Castilla la Mancha (V Simposium Nacional de Predicción. INM 2001).

F. Eliazaga, et al. (1991) Imágenes de vapor de agua: Uso en el diagnóstico de niveles altos. (IV Simposium Nacional de Predicción. INM).

STAP, Imágenes de vapor de agua. TEMPO (Técnicas de Análisis y Diagnóstico N° 4)

Thomas Krennert, et al (Versión 4.).The manual Synoptic Satellite Meteorology Conceptual Models and Case Studies. (ZAMG, EUMETSAT ...)