

AREA DE PREDICCIÓN Y APLICACIONES

SERVICIO DE TECNICAS DE ANALISIS Y PREDICCIÓN

EDICION  
30- Octubre- 1998

NOTA TECNICA Nº 31

REVISION  
-0-

**Las configuraciones en "champiñón" en las imágenes de WV: usos y aplicaciones**

**F. Martín León  
F. Elizaga Rodríguez  
R. Riosalido Alonso**



17 DIC 1998

**INSTITUTO NACIONAL DE METEOROLOGIA**  
Subdirección General de Redes, Sistemas y Producción Meteorológica

AEMET-BIBLIOTECA



1004011

**NOTA TECNICA DEL STAP N° 31 (Ver.1.0 23 Oct/98)**

# **Las configuraciones en "champiñón" en las imágenes de WV: usos y aplicaciones**

***Francisco Martín León***

***Fermín Elizaga Rodríguez***

***Ricardo Riosalido Alonso***

***Servicio de Técnicas de Análisis y Predicción (STAP)***

***INSTITUTO NACIONAL DE METEOROLOGIA (INM)***

# Indice

## Resumen

### 1.- Introducción

### 2.- Revisión de las propiedades de las zonas de deformación y estructuras en "T"

*2.1 Zonas de deformación: propiedades*

*2.2 La configuración en "T"*

### 3.- Aspectos cinemáticos de las configuraciones en "champiñón": modelo extendido de la estructura en "T"

### 4.- Tipos de configuraciones en "champiñón" en las imágenes de WV

*4.1 Estructura ciclónica (anticiclónica) asimétrica*

*4.2 Doble configuración*

*4.3 Estructura en forma de ancla*

*4.4 Configuraciones negativas*

*4.5 Estructuras complejas*

### 5.- Identificación de las estructuras en "champiñón" en las imágenes de WV: su uso en el análisis y diagnosis de niveles medios-altos

*5.1 Situaciones de bloqueo y procesos convectivos*

*5.2 Sistemas a diferentes escalas y latitudes*

*5.3 Procesos de aislamiento de depresiones en niveles altos*

*5.4 Detección de discrepancias entre las salidas de los modelos y las imágenes de WV*

### 6.- Conclusiones

### Referencias bibliográficas

### Relación de Notas Técnicas del STAP

## Resumen

*Esta nota técnica trata sobre ciertas estructuras atmosféricas que pueden observarse en las imágenes del canal del vapor de agua (WV) y que recuerdan, o se parecen, en su forma a la de un "champiñón". Se presenta un modelo conceptual cinemático para su fácil identificación e interpretación en imágenes de satélite. Este modelo conceptual se ha adaptado de la configuración en "T" de Weldon y usando, además, las propiedades de las imágenes de WV: la mejor continuidad espacial y mejor definición de las estructuras atmosféricas de niveles altos. Este hecho se debe a que existen tres tipos de trazadores pasivos: nubes, zonas de humedad y zonas secas. Del modelo cinemático es posible inferir ciertas componentes de campo de viento de niveles medios-altos, tales como las zonas de deformación, centros de rotación (centros de vorticidad), máximos de vientos y circulaciones o flujos relativos. Estos elementos son muy útiles en las labores de análisis y diagnosis diarias. Se acompañan de algunos ejemplos para poner de manifiesto la utilidad de este modelo conceptual en la interpretación de imágenes de WV, junto con salidas numéricas de niveles altos. Por último se presentarán algunos ejemplos ligados a ciertos procesos atmosféricos donde se puede observar dichas estructuras y como su utilización puede servir para detectar discrepancias entre las salidas del modelo y las imágenes de WV.*

Notas. En este trabajo se incluye una figura básica, en el Anexo I, que no se explicará ya que está descrita en los libros de textos fundamentales de la cultura meteorológica correspondiente.

Si la calidad de las figuras no son suficientemente buenas, consultar la página WEB del STAP.

---

## 1.- Introducción

Las imágenes de los satélites meteorológicos constituyen una herramienta observacional valiosísima para analizar y diagnosticar las circulaciones en la troposfera. Permiten observar estructuras atmosféricas que van desde los grandes sistemas de escala planetaria hasta los fenómenos de escala convectiva. La mayoría de los satélites meteorológicos geoestacionarios operacionales han incluido un sensor radiométrico alrededor de las longitudes de onda de los 6-7  $\mu$  m, conocido como el canal de "vapor de agua" (WV). En esta región del infrarrojo existe una fuerte absorción por parte del vapor de agua atmosférico. La energía recibida y medida por el sensor de satélite representa la energía radiante integrada emitida por una capa relativamente profunda de la atmósfera. La cantidad de energía detectada por el sensor depende del contenido de humedad, en primera instancia, y de la temperatura de dicha capa. Para una atmósfera estándar, la contribución máxima de la energía proviene de una capa comprendida entre los 600 y 300 mb, aproximadamente (ver la Figura A1 del Anexo I y texto asociado en Brimacombe, 1981; o en Bader 1995).

Desde 1977 esta información ha sido suministrada por el satélite europeo METEOSAT (Morel et al. 1978). Las regiones de la alta y media troposfera con gran contenido de humedad aparecen frías (blanco, en una escala de grises entre el blanco-negro) debido a los bajos niveles de radiación que son detectados por el sensor de satélite. Las regiones de la alta y media troposfera con bajo contenido de humedad, o secas, aparecen cálidas (oscuras) por la alta cantidad de radiación que alcanza al sensor y que proviene de niveles más bajos, llegando incluso desde los

700 mb. En este tipo de imágenes podemos observar la evolución de tres trazadores pasivos (nubes, zonas húmedas y zonas secas), por lo que es posible obtener información incluso cuando no existen nubes. La existencia de tres trazadores pasivos en las imágenes de WV nos permite observar una mejor continuidad espacial que en las infrarrojas (IR) y por lo tanto son más útiles para la identificación y seguimiento de las perturbaciones de niveles medios-altos.

Por otra parte las zonas nubosas y húmedas evolucionan según una combinación de movimientos verticales y procesos advectivos. Estos son: la traslación, la rotación (cyclónica y anticiclónica) la divergencia (convergencia) y de deformación (dos componentes). Para mayor detalle consultar cualquier libro de dinámica atmosférica.

Tal y como hacen notar Weldon (1979) y Weldon & Holmes (1991), hay dos tipos de factores que controlan a los sistemas atmosféricos:

- **Los mecanismos de formación y disipación.** La divergencia (convergencia) es el componente del campo de viento que puede producir movimientos verticales y, a la vez, puede generar (disipar) nuevas (antiguas) estructuras nubosas.
- **Los mecanismos que conforman y modifican los sistemas ya existentes.** Están asociados básicamente al resto de las componentes cinemáticas del flujo aéreo. En primera aproximación, pueden considerarse la rotación (o vorticidad, tanto por cizalladura y curvatura), las componentes horizontales de la deformación y la traslación (o viento medio conductor). Estos mecanismos no producen o ni generan nubes, sólo alteran o modifican su forma.

Esta nota técnica se focalizará en las propiedades cinemáticas del campo de viento que se pueden derivar subjetivamente y fácilmente de las imágenes del WV, y en particular en la deformación. La obtención de las componentes cinemáticas del flujo permite al predictor entender y comprender mejor lo que está ocurriendo en la atmósfera, así como evaluar el ajuste, o no, de las salidas de los modelos numéricos de predicción en zonas de escasez de datos, cuando se comparan con las imágenes de WV.

El primer paso que se realiza en la prognosis, a corto y muy corto plazo, es detectar y analizar las estructuras nubosas y su relación con ciertos campos básicos (viento, temperatura, etc.) suministrados por los modelos y con otro tipo de datos disponibles. Este proceso se lleva a cabo utilizando, en términos generales, las imágenes de satélite y salidas numéricas. El siguiente paso consiste en evaluar qué perturbaciones dinámicas están involucradas en una situación dada. Aunque este último escenario es importante para comprender la evolución espacial y temporal de los sistemas atmosféricos, es necesario saber y comprender los mecanismos que controlan la formación y evolución de dichos sistemas desde un punto de vista simple y efectivo, empleando, por ejemplo, consideraciones de tipo cinemático. Desde esta visión, y usando un conjunto mínimo de ecuaciones no dinámicas, es posible explicar algunas propiedades de las estructuras observadas por el satélite. Estas son: centros de rotación, zonas de deformación, chorros, etc. Probablemente, Roger Weldon es la persona que ha sabido relacionar mejor las propiedades y componentes del campo de viento con las imágenes de satélite de una manera simple, efectiva y apropiada para los entornos operativos.

La deformación es uno de estos componentes cinemáticos y sobre el que nos focalizaremos en

los siguientes apartados. Su papel ha sido enfatizado por Petterssen (1956, pp 189-213) en las estructuras frontales. Así, en ausencia de divergencia horizontal y movimientos verticales, las componentes horizontales de deformación tienden a aumentar y concentrar los contrastes de temperatura (o temperatura potencial), si el ángulo entre el eje de dilatación y el de las isotermas es menor que  $45^\circ$ ; produciendo frontogénesis. Anderson et al. (1982) y Ellrod (1985a, 1985b) señalan la importancia de las zonas de deformación y el canal de WV para la identificación de áreas potenciales de turbulencia. Por último Weldon & Holmes (1991, WH desde ahora) presentan una gran cantidad de situaciones y ejemplos, con imágenes IR y WV, donde las zonas de deformación aparecen ligadas no sólo a las situaciones de bloqueo sino a estructuras móviles, tales como a ciclogénesis, depresiones aisladas en niveles altos (DANA), anticiclogénesis, etc.

En la interpretación de imágenes de teledetección (radar y satélite) es muy común encontrar cómo algunas estructuras atmosféricas han sido clasificadas usando "efectivos y llamativos" nombres que recuerdan a las formas en que, aparentemente, suelen presentarse. Algunas de ellas son muy populares en los ambientes operacionales. Las estructuras en forma de *coma*, *hoja baroclina*, *entradas o hendiduras secas*, *estructuras en forma de gancho*, etc. son unos buenos ejemplos, entre otros muchos. Una de éstas es la configuración en "T", como fue puesto de manifiesto por Weldon (1986). Para una revisión rápida de dicha estructura ver Bader et al. (1995) la Figura. 3.1.12 y su texto asociado.

En este modelo, dos zonas de deformación son las principales componentes del flujo, que conforman la estructura en "T". Estas configuraciones pueden encontrarse en cualquier latitud y nivel atmosférico, siendo muy útil para explicar el desarrollo y evolución de algunos modelos de nubes y configuraciones de humedad. Así, y en latitudes medias, las estructuras en "T" pueden encontrarse en la cola o extremos de los frentes fríos en superficie junto con la descarga de aire frío postfrontal.

Esta nota tratará de mostrar un modelo similar basado en la configuración en "T" utilizando las propiedades del WV. Dos son los objetivos básicos: el primero es aplicar los conceptos de la configuración en "T" sobre las imágenes de WV para analizar algunas estructuras que aparecen y recuerdan a la de un "champiñón" y el segundo lugar está en mostrar cómo usar este concepto en la operatividad diaria con objeto de entender mejor de procesos atmosféricos de niveles medios-altos que en un momento dado pueden estar ocurriendo. En el apartado 2 se realiza una revisión breve de las propiedades de las zonas de deformación y del modelo conceptual en "T". El concepto de la estructura de champiñón se presentará en el apartado 3. Algunas variaciones de esta estructura se mostrarán en la 4. En la 5 se presentará cómo usar estas ideas en la operatividad diaria con algunos ejemplos. Algunas conclusiones operacionales se discutirán brevemente al final del trabajo.

La mayoría de los ejemplos que se van a presentar se han tomado de los casos analizados en los "briefing" realizados en el STAP. Además de los campos básicos se han obtenido otros campos tantos de tipo dinámico, de estabilidad y cinemáticos para una mejor comprensión de lo que estaba ocurriendo en cada situación pero no se mostrarán con objeto de no extender el trabajo. Se enfatizará el papel del flujo horizontal y el de las componentes horizontales del viento sobre los mapas isobáricos debido a que estos son los más familiares para los predictores. Los campos de convergencia/divergencia y los mapas velocidades verticales no fueron analizados.

## 2.- Revisión de las propiedades de las zonas de deformación y las estructuras en "T"

La configuración de "champiñón" representa una adaptación del modelo conceptual en "T" de Weldon (1986). Debido a que ambos modelos se basan en la componente de deformación del campo de viento se presentará una breve revisión de los conceptos básicos asociados a la deformación (pase al apartado 3 si está familiarizado con las propiedades de la deformación y la configuración en "T").

### 2.1 Zonas de deformación: propiedades

Por su propia definición, una zona de deformación (ZD) es un collado o región hiperbólica, en flujo absoluto o relativo, que puede conformar estructuras nubosas y de humedad (de aquí en adelante el *termino estructura* incluirá no sólo las conformadas por nubes sino las de humedad y las secas, cuando se nos refiramos a las imágenes de WV) elongadas a lo largo de sus ejes: dilatación y contracción (ver Figura 1). La Figura 1(a) representa un campo puro de deformación y sus ejes asociados con una orientación arbitraria. Las líneas de corriente representan una región hiperbólica en el flujo de viento que es relativamente infrecuente encontrarlas en los mapas operacionales o en salidas numéricas de sistemas en movimiento. Solamente en los sistemas cuasi-estacionarios, o lentos, esta componente de viento puede encontrarse y observarse fácilmente. Si un trazador pasivo se encontrara inmerso en la corriente general con deformación, entonces su forma se elongará a lo largo del eje de dilatación y reducirá sus lados paralelos al eje de contracción, pero sin modificar su superficie o área inicial, A, de forma que  $dA/dt=0$ . Las ZDs son responsables de muchas estructuras lineales y elongadas. Las ZDs de niveles altos pueden detectarse con más detalles y continuidad sobre WV que en IR.

Como se mencionó anteriormente es difícil observar configuraciones hiperbólicas o collados en sistemas móviles. En situaciones reales puede observarse, en el flujo absoluto, que esta componente del campo de viento esta distorsionada por un viento medio de arrastre (viento de traslación o de conducción) que interfiere la posibilidad de "ver" directamente a las ZDs.

Por el contrario, las imágenes de satélite muestran estas áreas de forma más clara ya que las estructuras atmosféricas evolucionan de forma que sus movimientos relativos son fácilmente identificables. La Figura 1(b) muestra un ejemplo de un flujo ideal en donde coexiste un viento medio (R) del noroeste más una deformación pura. Los vectores representan los vientos totales (absolutos) y las líneas a trazos muestran las líneas de corrientes del viento total. En esta situación la velocidad máxima de viento se encuentra en el extremo noroeste de la ilustración. Corriente abajo, el flujo es difluente y la velocidad disminuye a lo largo del eje de contracción. Nuevamente, si imaginamos un sistema de nubes situado en el extremo noroeste, la encontraríamos con el tiempo de forma más difusa cuando se desplace hacia el sudeste. Al principio el sistema se moverá muy rápidamente para disminuir paulatinamente y elongarse a lo largo del eje de dilatación (DD).

Si sustraemos la componente del viento medio (R) es posible obtener el movimiento relativo y la ZD deberá aparecer con sus elementos más significativos: la zona hiperbólica, ejes de dilatación y contracción, etc. Para esta situación la velocidad máxima del viento se encontraría en el vértice superior izquierdo y sería paralela al eje de contracción y perpendicular al eje de dilatación; por lo tanto, una estructura embebida en tal sistema se alargará según el eje de dilatación,

produciendo una banda transversal al flujo general. Este tipo de estructuras pueden observarse en las imágenes de satélite cuando seguimos el movimiento del sistema con los ojos, ya que, en estas condiciones, estamos eliminado, de forma subjetiva, la componente de traslación del viento. Este proceso es más difícil de realizar si usamos simplemente los mapas, o cartas de las salidas numéricas y analizamos sistemas móviles.

Por su propia definición, *las ZDs son regiones donde no existen procesos de mezcla entre las dos masas de aires contrapuestas*, en ellas no se pueden desarrollar corrientes ascendentes o descendentes y, por tanto, no se pueden desarrollar o disipar estructuras nubosas. Uno de sus efectos principales es el de modificar o elongar la forma de la nube/humedad ya existente. Esta componente del viento es capaz de generar fuertes contrastes de humedad entre sus bordes actuando como elemento de separación entre diferentes masas de aire, a cualquier nivel y latitud. En las imágenes de WV es muy común encontrar zonas oscuras (secas) y blanquecinas (húmedas) donde existen gradientes moderados cercanos a los ejes de deformación.

En general, las calles de nubes, las estructuras nubosas en líneas y bandas elongadas se orientan paralelamente a los vientos conductores pero para las ZDs esto es sólo cierto para los sistemas estacionarios o cuasi-estacionarios. Por el contrario, si el viento medio es muy intenso, las estructuras elongadas móviles ligadas a ZD se sitúan perpendicularmente al flujo aéreo (coincidiendo con el eje de dilatación), tanto más cuanto más intenso sea éste. Un resultado muy importante se deriva de una de estas propiedades: una ZD, en un sistema móvil, representa la parte delantera de una irrupción asociada a un cambio de masa de aire y que va acompañada de vientos máximos corriente arriba, como muestra la Figura 1(b).

Muy frecuentemente las zonas de deformación se desarrollan con otras componentes cinemáticas del flujo, tales como, centros de rotación, máximos de viento, etc. El modelo en "T" proporciona una relación conceptual muy importante entre ellos.

## 2.2 La configuración en "T"

En este apartado se mostrará el concepto de la configuración en "T" de Weldon (1986), en el que se relacionan diferentes componentes del campo de viento y en donde dos zonas de deformación son la base de dicha estructura.

En la Figura 2 se ilustra una situación basada en Weldon (1986). En ella existe una distribución simétrica de centros de vorticidad positiva (X) y negativa (N), Figura 2(a). Es muy importante notar en esta configuración la ubicación de la región de confluencia (CC), la región difluente (DD) y el viento máximo (M) en relación con los centros de vorticidad, la línea de vorticidad cero y, sobre todo, en relación con las zonas de deformación embebidas en este modelo. Para este caso se suele hablar de ejes de deformación longitudinales y transversales en vez de dilatación y contracción.

Si el viento medio rector, R, se resta del viento absoluto, entonces es posible detectar las zonas de deformación en flujo relativo, Figura 2(b). Si el viento medio es el paralelo al eje longitudinal, la estructura nubosa (BL) se estirará a lo largo del viento. La deformación transversal ocurre cuando el viento medio es perpendicular al mismo eje (banda transversal, BT). El movimiento relativo revelaría los centros de rotación y zonas de deformación que conforman la estructura en "T".

Obsérvese que los ejes de deformación, y sus bandas asociadas, se localizan cerca de las zonas de las líneas de vorticidad relativa de cero, o donde la vorticidad absoluta toma el valor de  $f$  ( $10 \times 10^{-5} \text{ s}^{-1}$  en 40 N,  $12 \times 10^{-5} \text{ s}^{-1}$  en 60 N). Como notó Weldon (1986), *el modelo en "T" suministra una relación valiosa entre importantes componentes de viento: la deformación, los centros de rotación (o de vorticidad para sistemas que se mueven lentamente), las líneas de ceros de vorticidad relativa y máximos relativo de vientos.*

### 3. Aspectos cinemáticos de las estructuras en "champiñón": modelo extendido de la configuración en "T"

La Figura 3(a) representa una estructura que puede encontrarse en las imágenes de WV y recuerda a la forma de un champiñón. Se considera como un modelo derivado y extendido de la configuración en "T" ya que muchas de sus propiedades son comunes en ambos sistemas. Hay que hacer notar que las zonas sombreadas no representan estrictamente a una zona seca (o húmeda) embebida en un entorno húmedo (o seco) sino a la de una estructura, o armazón, que recuerda a la forma de "una seta" y que está ligada a los distintos componentes del campo de viento que la conforman. Pasemos a describir el modelo ideal.

Muy a menudo los centros de rotación, asociados al modelo en "T", no mantienen la distribución simétrica y, generalmente, uno de los pares X-N (centros de rotación/vorticidad positiva-negativa) es más intenso que el otro par, llegando a modificar la estructura en "T" originaria. En esta representación esquemática, Figura 3(a), se ilustra el efecto de una irrupción del Este (que se ha tomado para ilustrarla como ejemplo) dentro de un flujo general del Oeste (el mismo concepto puede aplicarse si el sistema es estacionario). El borde delantero de la zona de deformación, (LL), aparece como una banda elongada y curvada con un contraste brusco entre las masas de humedad que separa. Los centros de rotación asociados tienden a curvar dicho borde. La zona trasera, (TT), también es un área donde existe un brusco contraste de humedad, que se elonga con el tiempo, y donde descansa un máximo relativo de viento del Este (J).

Las líneas sólidas representan líneas de corrientes absolutas y las de trazo, las asociadas al flujo relativo. Las componentes cinemáticas de este modelo son las siguientes:

- La estructura en "T" formada por los ejes de contracción y dilatación (líneas gruesas con "x" intercaladas sobre ellas, que se usa en este dibujo por comodidad). Este es el aspecto principal del modelo para su identificación en las imágenes de WV. Dos bandas nubosas (si existen) o bordes discernibles con gradientes de humedad, pueden encontrarse, uno a lo largo del eje de deformación delantera (LL) y otro en la zona de deformación trasera (TT). Obsérvese que a diferencia de la configuración en "T", la zona de deformación delantera puede estar fuertemente arqueada debido a los centros de rotación principales. A veces se han detectado bandas cuasi-paralelas al eje de trasero y situadas a ambos lados de ella, que corresponderían a zonas donde los sistemas de humedad se dilatan con el tiempo.

- El máximo relativo de viento "J". La dirección del "jet" es paralela al eje trasero. La línea de vorticidad relativa "cero" cae a lo largo de este eje de deformación y suele estar mejor definida que la asociada a la zona de deformación delantera. Otros máximos de vorticidad secundarios pueden existir en los extremos de los ejes de deformación. Normalmente este máximo suele situarse apuntando al centro del eje de dilatación y más cerca de lo que correspondería según la

configuración en "T" de la Figura 2.

- Dos pares de centros de rotación aparecen en esta configuración, "X"- "N". Uno de ellos es el que conforma la estructura principal, el par de la izquierda para el caso de la Figura 3(a). Para sistemas que se desplazan lentamente, los centros de vorticidad son coincidentes con los centros de rotación. Su identificación es inmediata al utilizar secuencias de imágenes de WV. Obsérvese que ya no existen cuatro centros simétricos que conformarían una "T". En estas estructuras son dos los principales centros de rotación.

Otras configuraciones basadas en esta, pero más realistas, pueden encontrarse en las imágenes de WV. Este aspecto se muestra en el próximo apartado.

#### **4. Tipos de configuraciones en "champiñón" en las imágenes de WV**

La configuración en champiñón puede aparecer en diferentes formas y tamaños en las imágenes de WV. Algunas de estas formas se pueden presentar junto con otras estructuras atmosféricas superpuestas como veremos en los ejemplos. Así, es posible encontrar una zona de deformación en niveles altos afectando a otra perturbación previa tales como un sistema frontal, a otra zona de deformación, etc. La mayoría de las veces el viento máximo, relativamente intenso, J, ligado a un sistema móvil está formado por un chorro de origen advectivo. Este hecho repercute en que el propio jet posea una traza en WV que se "sume" a la asociada a la configuración en T o de champiñón.

Los ejemplos presentados, Figura 4, se basan en las formas y aspectos del sistema resultante más que por el entorno sinóptico asociado. Por simplicidad nos focalizaremos en los aspectos cinemáticos para derivar, posteriormente, algunos aspectos dinámicos y consecuencias que tuvo en la situación en el tiempo en superficie (aunque este no es el objeto del trabajo), todo ello partiendo de las estructuras analizadas en las imágenes de WV y algunas de IR.

##### **4.1 Estructura ciclónica (anticiclónica) asimétrica**

Nuevamente una configuración en champiñón pura y simétrica, respecto al eje de deformación trasero, es difícil observar en WV donde los centros principales de vorticidad sean iguales uno al otro. Muy frecuentemente el centro principal ciclónico (anticiclónico) es más intenso y evidente que el anticiclónico (ciclónico). En estas condiciones, las estructuras de nubes y humedad de niveles altos se curvarán y estirarán de forma más acusada hacia el centro más activo que define al sistema y generando estructuras asimétricas.

La Figura 4 (a) muestra una zona de deformación ideal en flujo del oeste que está actuando sobre un sistema frontal. Las áreas sombreadas representarían las nubes observadas en IR. En este caso un centro de vorticidad intenso, positivo y preexistente conforma al sistema frontal de nubes, mientras otro sistema de nubes, descolgado del anterior, evoluciona en la zona sur de la banda de deformación delantera mientras se elonga continuamente. El máximo de viento trasero puede, o no, estar actuando como elemento amplificador de la depresión ciclónica, a menos que la sobrevuele de forma adecuada, en cuyo caso la activaría.

En la Figura 4 (b) se representa el caso opuesto. Una situación de bloqueo a las masas nubosas del Oeste, donde un flujo del Este se divide en dos ramales: la rama que se dirige a latitudes más

bajas puede estar conformada por diferentes centros de vorticidad positiva. Esta situación es muy común sobre la Europa continental y desarrollos convectivos podrían existir en la estación cálida sobre áreas terrestres cuando el calentamiento diurno es notable en la zona de influencia ciclónica, tanto más cuanto menor sea la cantidad de nubes ligada al sistema. Un ejemplo de estas situaciones se presentará en el apartado 5.

#### **4.2 Doble configuración**

Ocasionalmente es posible observar dos configuraciones compartiendo alguno de sus centros de rotación/vorticidad y porciones comunes de los ejes de deformación. La Figura 4 (c) presenta el caso donde un centro de vorticidad anticiclónica es compartido por dos champiñones. También se comparte una porción del eje de contracción de un sistema que es parte del eje de dilatación del otro sistema.

#### **4.3 Estructura en forma de ancla**

A veces algunas características que aparecen en WV poseen unan formas que recuerdan a la de un "ancla" (Appenzeller & Davies, 1992) y no a un champiñón. Básicamente ambos sistemas son similares el uno al otro. En el primer caso los centros principales de rotación no están bien definidos o no han llegado a curvar lo suficiente la zona delantera de deformación. En estos casos los extremos del eje de deformación delantero no sufren un encurvamiento aparente tan marcado. El resultado es una estructura en forma de "ancla". Si los centros primarios de rotación se intensifican la estructura en "ancla" pasaría a ser la que estamos estudiando.

Realmente la estructura en "ancla" puede considerarse como parte del ciclo de vida de una estructura en champiñón, como se puede apreciar en la Figura 3(b) de forma esquemática. De acuerdo con estas ideas gran cantidad de estas estructuras presentaría un ciclo de vida parecido a este:

- **Estructura en "T"**. Para sistemas móviles, la zona de deformación va embebida y acompañada, a gran escala, con un máximo de viento corriente arriba y una zona difluente corriente abajo. La estructura en "T" comienza a aparecer, según los esquemas de las Figuras 1 y 2.
- **Estructura en "ancla"**. Los centros de rotación principales comienzan a actuar sobre la zona de delantera de la configuración en "T" curvándola. El máximo de viento que forma parte de la estructura principal se va acercando a dicha zona de dilatación.
- **Estructura en "champiñón"**. Los centros de rotación están muy bien definidos y han conformado plenamente la zona de dilatación. El máximo de viento se ha acercado aun más a dicha zona, según la Figura 3(a).

#### **4.4 Configuraciones negativas**

Las configuraciones negativas ( o secas) aparecen debido a un contraste extremo entre las masas de aire implicadas en la formación del "cuerpo" del champiñón: una de ellas es muy seca respecto al ambiente que lo rodea. En ese caso, el cuerpo principal del sistema, que es la que posee los centros de rotación, aparece completamente oscuro o incluso negro. Un buen ejemplo

puede encontrarse en la Figura 6 (d), que será mostrada y comentada más adelante. Muy frecuentemente la imagen IR correspondiente no presenta nubosidad aparente ligada a dicha estructura. WH presentan en su trabajo una gran cantidad de estructuras oscuras ligadas a otros sistemas atmosféricos, como son: depresiones aisladas en niveles altos, fronteras o bordes en niveles altos, procesos de anticiclógenésis, etc.

#### **4.5 Estructuras complejas**

Hasta ahora se han presentado estructuras simples o dobles. Existen casos en los que una estructura de gran escala lleva embebida otra de menor escala. Esta situación puede aparecer cuando del extremo del eje de dilatación se den las condiciones para la formación de otra estructura en champiñón. Otras veces en el propio eje de contracción aparecen circulaciones menores paralelas a dicho eje que conforman otra nueva estructura de menor escala. Si se aplican las ideas anteriores del modelos conceptual en champiñón, podemos obtener una información muy útil y detallada a partir de las imágenes de WV. En la Figura 4 (d) podemos observar un caso complejo en el que dos estructuras están inmersas en otra de mayor entidad.

### **5. Identificación de las estructuras en champiñón en las imágenes de WV: su uso en el análisis y diagnóstico de niveles medios-altos**

Las imágenes animadas de satélite ofrecen la posibilidad de inferir el movimiento relativo de las estructuras atmosféricas así como de ciertos factores cinemáticos, dinámicos y térmicos que actúan sobre las nubes. En este sentido, el canal del WV es muy valioso para estos fines. Si, además, lo unimos con la utilización de modelos conceptuales simples y útiles, se tendrá la posibilidad de analizar y diagnosticar la atmósfera de una forma rápida y eficaz. En este último apartado se mostrarán algunos ejemplos usando los conceptos previos. En todos los casos se han utilizado la potencialidad del McIDAS superponiendo las salidas de los modelos LAM, HIRLAM-INM y ECMWF según la fecha de su disponibilidad y hechos a destacar. Como se ha dado un enfoque cinemático a esta documentación y nos hemos focalizados en las imágenes del WV. Hemos utilizado las salidas de niveles altos y medios (500, 300, 250 mb) superpuestas con las imágenes de satélite.

Las configuraciones a estudiar pueden encontrarse en muchas situaciones atmosféricas. A veces las nubes suelen estar ausentes y algún tipo especial de realce debe de aplicarse a las imágenes de WV para poder observar fácilmente las estructuras.

#### **5.1 Situaciones de bloqueo y procesos convectivos**

A veces es posible encontrar una estructura en champiñón ligado a un sistema de alta-baja presiones embebido dentro de un flujo a gran escala. En la época cálida puede incluso no aparecer nubes en IR asociado a estas estructuras. En estos casos las imágenes de WV es la mejor herramienta observacional para detectar y analizar dichas estructuras.

La Figura 5 representa un caso de finales de primavera de las 12 UTC del 17/Junio/1993. Las circulaciones ciclónica y anticiclónica, asociadas al sistema en champiñón, pueden observarse al Oeste y cerca de la península Ibérica, Figura 5(a). Ambas circulaciones principales están separadas por la zona de deformación trasera o posterior (banda alarga que cruza la península

Ibérica) caracterizada por un contraste brusco de humedad. La zona de deformación delantera es perpendicular a la anterior y se sitúa en pleno océano. El champiñón es discernible sólo en WV y se encuentra en posición de bloqueo al flujo general del sudoeste. Una circulación secundaria, no polar, se sitúa al norte de África. En este caso no hay evidencia de nubes asociada a la configuración en la imagen IR, Figura 5(b) de las 15 UTC. Sólo algunos Cbs son la única evidencia de una posible perturbación de altura sobre el sudoeste de la península.

En primavera y verano es importante analizar, y seguir, este tipo de perturbaciones en WV cuando se acercan y sobrevuelan áreas terrestres coincidiendo con el calentamiento diurno. Núcleos convectivos, incluso de tipo profundo, pueden formarse cuando la zona de influencia del centro de vorticidad ciclónica se desplaza sobre tierra donde el calentamiento solar es muy efectivo ya que normalmente la ausencia de nubes la hace ser más intensa. En este caso la región entre la zona de deformación trasera y el flanco sur de la zona de deformación delantera, que contiene el área ciclónica, es la zona más favorable para el inicio de la convección, Figura 5(c) y (d).

Diversos autores, Maddox et al. (1979), Doswell et al. (1985) y Doswell (1987), han apuntado que ciertas situaciones anticiclónicas, en la época cálida, tienden a concentrar la inestabilidad en capas bajas de forma acusada, a la vez que tienden a generar sobre ellas algún tipo de tapadera ligada al propio influjo anticiclónico que inhibiría los desarrollos convectivos. Los procesos ligados al calentamiento diurno (más marcado por ausencia de nubes) y/o un aporte continuo de humedad en niveles bajos son los elementos a tener en cuenta en estas situaciones. Cuando el influjo del anticiclón se debilita y es ocupado paulatinamente por una perturbación ciclónica de altura, aparentemente, poco activa entonces la tapadera se debilita o desaparece y se produce una liberación de la inestabilidad convectiva, a veces de forma explosiva, generando convección profunda.

Estos procesos son los que, presumiblemente, tuvieron lugar en este caso. El análisis de la estructura en champiñón, mediante WV, nos permitiría analizar el sistema en su conjunto en vez de considerar simplemente la llegada de la perturbación ciclónica como tal.

El efecto opuesto puede encontrarse en la parte norte o superior del "champiñón" donde el posible efecto anticiclónico puede tener como consecuencia la estabilización de la atmósfera. Para esta situación, nieblas costeras y algunas en el interior peninsular se formaron a la caída del día y bajo el efectos estabilizador comentado con anterioridad.

La zona de deformación trasera, línea de vorticidad 0, aproximadamente, en la Figura 5(d), actúa como una zona de separación entre ambientes más favorables para generar convección. La irrupción de humedad, en niveles medios y altos, debido al desarrollo convectivo tiende a destruir la estructura del "champiñón" en su parte ciclónica. Un esbozo de dicha situación se reproduce en la Figura 5(f), como resumen de lo comentado hasta aquí.

Durante el verano es posible observar situaciones de bloqueo orientadas de norte a sur impidiendo que las estructuras nubosas que llegan del Atlántico no penetren a la Europa continental. En estas condiciones una corriente del Este suele conducir a estas situaciones y situarse sobre el continente dividiéndose, en su flanco más occidental, en dos ramas: una hacia el norte, afectando a los países escandinavos y otra hacia el sur. Para estas situaciones los mismos de procesos de inestabilización-estabilización, descritos con anterioridad, pueden aparecer. Las imágenes de WV ofrecen la posibilidad de delimitar las áreas de influencia de las zonas

ciclónicas y anticiclónicas, que a su vez nos pueden ayudar a delimitar las áreas potenciales de desarrollos convectivos.

Por supuesto la configuración en champiñón no puede explicar por sí mismo los desarrollos convectivos, ya que otros factores o ingredientes deben existir para el desarrollo convectivo (inestabilidad, mecanismos de disparos, etc.) pero las imágenes de WV pueden servir para la delimitación espacial de ellas. Las mismas ideas pueden ser aplicadas al caso de las nieblas.

## 5.2 Sistemas a diferentes escalas y latitudes

Este ejemplo, Figura 6, muestra las ventajas de usar las imágenes de WV y la configuración de champiñón, como modelo conceptual, para comprender algunos de los procesos atmosféricos. Tres estructuras en forma de T aparecen sobre el Atlántico Norte y África, a las 00 UTC del 16/Nov/95. Solamente las zonas de deformación principal y los centros de rotación se han señalado en la Figura 6(a). La imagen IR correspondiente se presenta en Figura 6(b), mostrando sólo una porción de la información que suministra la de WV. Se observa que esta última es más rica que IR debido a que las estructuras de humedad y sequedad dan más detalles y continuidad si simplemente utilizáramos el trazador de nubosidad en la IR. En la Figura 6(c) se ha superpuesto el análisis a 300 mb, geopotencial y temperatura a las 00 UTC del modelo HIRLAM-INM. Obsérvese que las estructuras embebidas en dicho análisis no son evidentes en el campo de geopotencial y de temperatura.

La perturbación principal esta formada por una vaguada orientada de nordeste a sudoeste. Diferentes subestructuras pueden observarse en la Figura 6(e) embebidas en la principal. Así es posible inferir centros de vorticidad ciclónica ( $X_1, X_2, X_3$ ) situados en el flujo del noreste. La zona más al suroeste está dominada por la perturbación principal (X). El eje de deformación trasero ha sido exagerado deliberadamente en la Figura 6(a) y Figura 6(e).

A veces, y con sistemas móviles, la zona de deformación delantera puede ser el indicio de la llegada o irrupción de una nueva masa de aire asociada a un cambio de régimen atmosférico en altura y, muy a menudo, precediendo a un máximo de viento que se encuentra corriente arriba. Esta irrupción queda marcada por un contraste brusco entre la humedad de la masa aire previa y la nueva que llega. Un buen ejemplo se muestra la estructura nombrada como "2,s" en la Figura 6(a). En este caso la zona de deformación delantera marca la irrupción o empuje de una masa de aire del norte en niveles altos. Veinticuatro horas después, Figura 6(f), se ha establecido un flujo de norte en niveles superiores haciendo retroceder y debilitar a la perturbación originariamente principal.

A veces es posible observar un champiñón "negativo" ó "seco", por su apariencia muy oscura, como resultado de la existencia de una zona muy seca interpuesta a otra más húmeda. En este ejemplo se observa uno sobre el norte de África, Figura 6(d). Se ha aplicado un realce para resaltar esta estructura en WV. No existe indicio de él en la imagen IR, ni existen evidencias de generar tiempo significativo en superficie. En este ejemplo se han presentado tres estructuras en champiñón a diferentes escalas y latitudes.

## 5.3 Procesos de aislamiento de depresiones en niveles altos

Normalmente el sistema en champiñón no es una estructura aislada en si misma sino que esta acompañada, y es alterada, por otros elementos atmosféricos combinados entre si. En este caso,

Figura 7, una intensa circulación del noreste fluye sobre Europa que cae paralelamente al eje de deformación trasero de una estructura a gran escala. Nuevamente esta configuración es la parte de un sistema de bloqueo que evita que los sistemas nubosos del oeste barran Europa occidental.

En la Figura 7(a) se presenta la imagen IR para las 23:30 UTC del 13 Diciembre 1995. Si la comparamos con la de WV correspondiente, Figura 7(b) pero 30 minutos después, aparecen importantes elementos que no son observados en la IR. Usando una secuencia de WV, Figura 7(b-c-d), es posible identificar diferentes componentes atmosféricos relacionados con la estructura en champiñón así como una circulación asociado a un jet. Por comodidad hemos nombrado a cada una de las estructuras que se identifican en la secuencia:

- La serie de "0,s" es una banda de humedad que se elonga con el tiempo y que marca el borde delantero de una irrupción de niveles altos con un flujo del noreste. Es una zona de dilatación o zona de deformación delantera.
- Las áreas etiquetadas con "1" y "2" son los sistemas de humedad y nubes que caen dentro del radio de acción de las zonas de dilatación y contracción respectivamente. Las estructuras de la "2" se mueven en la zona de influencia de la región de contracción, Figura 7(b), que posteriormente se dilata con el tiempo y se funde con la "1" en la zona paralela al eje de dilatación o delantero.
- La región "3" es una zona de rotación ciclónica. En esta situación existe más de un centro y están nombrados como "3a" y "3b". La zona anticiclónica es evidente en WV y se sitúa en las cercanías de las Islas Británicas.
- La zona "4" marca la señal de un "jet" orientado del noreste, que es paralelo a la zona de deformación trasera o eje de contracción. Se observa una protuberancia a las 00 UTC y se acentúan en horas posteriores hasta conformarse a las 18 UTC, Figura 7(c), como un vórtice con una curvatura muy definida. Esta región del jet, desde el punto de vista cinemático, se caracteriza por una fuerte cizalladura horizontal. La transferencia de vorticidad de cizalladura a curvatura es evidente en las imágenes a lo largo del día, Figura 7(d).
- Las áreas "5" y "6" se asocian con una zona previa de deformación, que va perdiendo su identidad con el tiempo, y un meso-vórtice de niveles altos respectivamente. Ambos no son significativos en este caso.

La Figura 8 muestra la superposición de la imagen de 00 UTC de WV y el análisis de 300 mb del HIRLAM-INM. Se puede apreciar un buen ajuste entre las salidas del modelo en dicho nivel y las imágenes del WV. La Figura 8(e) resume los elementos principales que se derivaron subjetivamente usando únicamente una secuencia de imágenes de WV y el modelo conceptual presentado en esta nota.

#### **5.4 Detección de discrepancias entre las salidas de los modelos y las imágenes de WV**

Otra posible utilidad de este modelo conceptual es la detección de errores o discrepancias entre un modelo y las imágenes de satélite. Veamos un ejemplo de como se realiza este proceso con un ejemplo de una circulación no muy intensa, típica de en nuestras latitudes.

Como se mencionó con anterioridad, en situaciones de débil forzamiento sinóptico y en periodos

cálidos es posible de observar estructuras en champiñón en WV, en incluso fuera de las circulaciones de tipo polar. Estas circulaciones no suelen estar bien reproducidas por los modelos numéricos.

Algunas diferencias fueron evidentes el día 12 de Sep. de 1997 sobre la parte occidental y central del área Mediterránea entre las imágenes de WV y las salidas operativas del modelo del ECMWF del día anterior. Estas diferencias se centraban en las salidas de los campos básicos en niveles altos. La imagen IR no mostraba evidencias de estructuras nubosas significativas. En este sentido, la circulación estaba gobernada por una circulación no polar como se puede apreciar en la Figura 9. La Figura 9(a) nos muestra la imagen IR de las 12 UTC. A esta hora las diferencias se hicieron más notables entre la imagen de WV y los previstos del modelo del ECMWF a 24 h, como se aprecia en los mapas de 500 mb, Figura 9(b). La vaguada estaba formada por dos centros ciclónicos de acuerdo con la imagen. El primero se situaba sobre el Golfo de Génova y el segundo sobre el norte de Argelia. Tanto la perturbación situada más al sur como la respuesta de la circulación subtropical estuvieron subestimadas por el modelo. La profundización y la actividad de la propia estructura ciclónica parece más activa de lo que daba el modelo.

El sistema anterior, conformado por dos centros ciclónicos, formaba parte de una estructura de mayor entidad que a su vez era la parte sur de una estructura en champiñón en la parte central del Mediterráneo, como se puede apreciar en la Figura 9(c). Por otra parte existía otro más débil en la parte este de la región mediterránea. La banda elongada y oscura paralela a la península italiana no es más ni menos que la zona de deformación trasera o eje de deformación del primer champiñón. Dicho eje llega a ser, en su parte más oriental, el eje de deformación delantero del segundo. Usando el modelo de champiñón es posible obtener una idea más completa y exacta de lo que está afectado a toda el área mediterránea.

## 6. Conclusiones

Una de las tareas más importantes del Servicio de Técnicas de Análisis y Predicción (S.T.A.P), es la de documentar, adaptar y generar modelos conceptuales que sean útiles en ambientes operacionales teniendo en cuenta las herramientas observacionales disponibles en el INM. Para la interpretación de imágenes de satélite es básico considerar las propiedades cinemáticas del campo de viento como primer paso para entender los procesos atmosféricos: mecanismo que conforman las nubes y sistemas de humedad. Por supuesto es crucial saber las bases teóricas de los factores que desarrollan y disipan las estructuras atmosféricas (conceptos dinámicos); mecanismos de generación.

Algunos modelos conceptuales, y teorías asociadas, se han desarrollado para estos propósitos. Una de estos modelos conceptuales cinemáticos es el relativo a la configuración en "T" (Weldon, 1986) que relaciona diferentes elementos del flujo de vientos tales como los centros de rotación (vorticidad), zonas de deformación, máximos de viento, etc.. Debido a que la configuración en "T" puede encontrarse a cualquier latitud y el nivel atmosférico, y teniendo en cuenta las propiedades de canal de WV, hemos extendido este concepto para explicar algunas de las configuraciones que parecen en WV y recuerdan a la forma de un champiñón. En este trabajo hemos pretendido resumir como las propiedades cinemáticas del modelo de "champiñón" y cómo se podrían aplicar en el diagnóstico de niveles medios-altos junto con las imágenes de WV. La mayoría de los ejemplos corresponden a situaciones no muy marcadas sinópticamente. En todas

ellas las dos zonas de deformación constituyen los elementos fundamentales y nexo de "unión" para la identificación del resto de la estructura. Se ha subrayado el papel de estas zonas de deformación como estructuras que, además, nos permiten identificar zonas de fuerte contraste de humedad y elementos que nos marcan la antesala de una irrupción en el flujo general atmosférico previo (zona delantera). Mientras que los conceptos de vorticidad ciclónica/anticiclónica y circulaciones del chorro son ampliamente conocidos y aplicados en las labores operativas diarias, las zonas de deformación no se le han prestado la atención que se le debía, en la mayoría de los casos por algunos de estos motivos:

- a) se cree que no influyen directamente en los procesos que controlan el tiempo en superficie,
- b) no están directamente relacionada con movimientos ascendentes/descendentes y, por tanto, con la generación/disipación de estructuras nubosas,
- c) los modelos conceptuales a ellas asociadas no han sido adaptados a las labores operativas y, por último,
- d) no son fácilmente identificables en las salidas numéricas en los sistemas móviles. Este trabajo, junto con los anteriores enumerados en la introducción, tratan de demostrar que se les debe de prestar más atención a esta componente atmosférica.

Por supuesto las mismas ideas conceptuales pueden usarse para evaluar la bondad y el ajuste de las salidas numéricas, relativas a niveles altos-medios, al compararlas con las imágenes de WV donde aparezcan estructuras en "champiñón".

Durante alguno tiempo se han utilizado estas ideas en los "briefing" no operativos de STAP y se ha observado su inmediata aceptación por parte de los predictores operativos en la práctica diarias relativas a la diagnosis atmosférica de niveles altos-medios dentro del INM. Por este motivo, entre otros, ha sido elaborada esta nota técnica.

**Agradecimiento.** Queremos expresar nuestro agradecimiento a *Javier Rodríguez Izcarra* quien preparó con detalle algunas de las figuras empleadas en esta nota técnica.

---

## Referencias bibliográficas

Anderson, R. K., Gurka, J.J. & Steinmetz, S. J. (1982). Application of VAS multispectral imagery to aviation forecasting. *Preprint Vol., 9th Conf. on Weather Forecasting and Analysis, Seattle, WA, Amer. Meteor. Soc.*, Boston, 227-234.

Appenzeller, C. and Davies, H. C. (1992). Structure of stratospheric intrusions into the troposphere. *Nature*, vol. 358, pp. 572-572.

Bader, M.J. (editor) (1995). *Images in Weather Forecasting. Cambridge University Press.*

Brimacombe, C. A. (1981). Atlas of Meteosat imagery. *ESA SP-1030,495 pp.*

Ellrod, G. P. (1985a). Detection of high level turbulence using satellite imagery and upper air data. *NESDIS Tech. Memo, Satellite Applications Laboratory (NESDIS/NOAA), Washington, D.C.*, 30 pp.

**Ellrod, G. P. (1985b).** Indicators of high altitude, non-convective turbulence observed in satellite images. *Preprint Vol., 2nd International Conference on the Aviation Weather Systems. Montreal, Canada, Amer. Meteor. Soc., Boston, 277-284.*

**Morel, P., Desbois, M. and Szejwach, G. (1978).** A new insight into the troposphere with the water vapor channel of METEOSAT. *Bull. Amer. Met. Soc., 59: 711-714.*

**Petterssen, S. (1956).** Weather analysis and forecasting, Vol.1, Motion and Motion Systems. *2nd ed., McGraw-Hill, New York, 428 pp.*

**Smigielski, F.J. and Ellrod, G.P. (1985).** Surface cyclogenesis as indicated by satellite imagery. *NOAA Technical Memorandum NESDIS 9. Washington., D.C. 30 pp.*

**Weldon, R. W. (1979).** In-house publication: *Satellite Training Course Notes. Part IV, Cloud patterns and the upper air wind field. Applications Division, NESS, NOAA, US Department of Commerce, Washington, DC, 88 pp.*

**Weldon, R. W. (1986).** Synoptic scale cloud systems. Satellite imagery interpretation for forecasters. *Editado por P.S. Parke. (Temple Hills, Md., National Weather Association, Meteorological Monographs 2-86), Vol. 1, pp. 2.A.1-35.*

**Weldon, R. W. & Holmes, S.J. (1991).** Water vapor imagery: interpretation and applications to weather analysis and forecasting. *NOAA Tech Report NESDIS 57, Washington, DC, 213 pp.*

---

## Figuras

**Figura 1.** Zonas de deformación. (a) Zona de deformación ideal y ejes asociados. (b) Campo de deformación más traslación con flujo de noroeste; la figura inferior derecha representaría un caso más real. Ver texto para su explicación. "A" representa el área de un trazador pasivo ideal.

**Figura 2.** Modelo en "T". (a) En un sistema móvil. (b) En un sistema estacionario o cuasi-estacionario.. Las flechas representan el flujo aéreo. N y X representan centros de vorticidad negativo y positivo, respectivamente. H y L, son sistemas de presión de alta y baja, respectivamente. Áreas sombreadas representan estructuras nubosas.

**Figura 3.** Estructura en champiñón idealizada. (a) Asociada a una un jet (J) débil del Este. Las dos líneas gruesas con "x" representan las zonas de deformación. Líneas sólidas delgadas son las líneas de corrientes en flujo relativo. Otros elementos se describen en la leyenda. (b) Ciclo de vida de dicha estructura en sus tres fases: en "T", en "ancla" y en "champiñón". J representa un jet del NW; X y N representan los centros de rotación ciclónico y anticiclónico, respectivamente. Líneas gruesas son los ejes de deformación.

**Figura 4.** Diferentes tipos de configuraciones de champiñón. (a) Esquema de estructura no simétrica actuando sobre un sistema frontal en flujo de oeste. Las áreas frontales nubosas se han sombreados. AA representa la zona de deformación asociada al propio sistema frontal. (b) Como en (a) pero para un flujo del este. Ver texto para explicación. (c) Doble estructura en champiñón,

donde los subíndices indican el correspondiente sistema al que están asociados.  $N_1$  y  $N_2$  son compartidos por ambos sistemas, además de la zona de deformación  $T_2$   $T_2$  y  $L_1$   $L_1$ . (d). Estructuras en champiñón embebidas en otras mayores. Simbología y notaciones definidas a lo largo del texto.

**Figura 5.** Situación atmosférica a las 12 UTC del 17/Jun/93 con una estructura cuasi-estacionaria cerca de la Península Ibérica. (a) Imagen de WV. (b) Imagen de IR para las 15 UTC (12 UTC no disponible). (c) Geopotencial (línea sólida blanca) y Temperatura (C, la línea negra a trazos) en 300 mb. (d) Líneas de corriente y línea de vorticidad "0" (línea gruesa, color gris para el CC asociado y en negra para las circulaciones polar y subtropical). Viento en 300 mb e isotacas (kt). Elementos cinemáticos principales derivados de una secuencia de imágenes de satélite donde, DD es la zona de deformación delantera; TT la trasera, X y N representan los centros de vorticidad negativa y positiva, respectivamente, J el jet local. Todos los campos se han obtenido del modelo HIRLAM-INM para las 12 UTC.

**Figura 6.** Tres estructuras etiquetadas como "1", "2" y "3" para las 00 UTC del 16/Nov/95. (a) Imagen de WV y elementos cinemáticos básicos. (b) IR correspondiente. (c) Geopotencial (línea sólida blanca) y la temperatura (C, línea a trazos negra) en 300 mb del modelo HIRLAM-INM. (d) Configuración en negativo, o seco, asociado con "2" en Figura 6(a). Un realce especial se ha aplicado a la imagen de WV. (e) Aspectos cinemáticos asociados a "1". (f) Evolución de "2" para las 00 UTC del 17/Nov/95 y elementos más significativos. Símbolos convencionales para todos ellos. Las zonas de deformación principales en líneas sólidas gruesas-blancas y secundarias en líneas delgadas-blancas.

**Figura 7.** Imágenes del METEOSAT mostrando un proceso de aislamiento de una perturbación ciclónica en altura en un flujo del nordeste. (a) Imagen IR para las 23:30 UTC del 13/Dic/95 (b) Imagen de WV para las 00 UTC 14/Dic/95. (c) Ídem para las 18:00 UTC (d) WV pero para 00 UTC del 15/Dic/95. Los "5",s y "0",s se asocian con las zonas de deformación, "1",s y "2",s representan estructuras nubosas o zonas de humedad. "4" es el extremo del jet del noreste.

**Figura 8.** Análisis de 300 mb del HIRLAM-INM para las 00 UTC del 14/Dic/95 e imagen de WV. (a) Geopotencial (dm, línea sólida blanca) y la temperatura (C, en la línea a trazos negra). (b) Mapa de Vorticidad en 10-5 s-1 (línea de "0" en línea gruesa, línea sólida fina para valores positivos, a trazos para negativos). (c) Viento en kt. (d) Isotacas superiores a 60 kt. (e) Las componentes cinemáticas más significativas. Líneas gruesas representando las zonas de deformación. El resto, con los símbolos convencionales.

**Figura 9.** Discrepancias entre el modelo y las imágenes de WV correspondiente a las 1200 UTC del 12 Septiembre de 1997. (a) Imagen IR. (b) Imagen de WV junto con el mapa de 500 mb del modelo ECMWF, previsto a 24 horas válida a la misma hora que la imagen (altura de geopotencial, líneas sólidas, y temperatura, T, en C y líneas discontinuas). (c) Esquema básico de las principales estructuras al considerar una doble estructura en champiñón en la imagen de WV. Los símbolos son los convencionales empleados en este trabajo.

## RELACION DE NOTAS TECNICAS DEL STAP

**Nº.1** Sistemas Convectivos de Mesoescala. Campaña Previmet Mediterráneo-92. Parte I: Características según las imágenes de satélite. Parte II: Evolución de los sistemas convectivos. R. Riosalido. Mayo 1991

**Nº.2** Explotación operativa de la combinación de imágenes Meteosat 3 y 4. M. Isabel Jiménez. Abril 1992 (Obsoleta)

**Nº.3** Principios generales de electricidad atmosférica: descargas eléctricas. F. Martín León y O. Carretero Porris. Abril 1992

**Nº.4** Programa de análisis de sondeos mediante PC. R. Riosalido. Julio 1992

**Nº.5** Temperatura potencial del termómetro húmedo: cálculo y aplicaciones. A. García Méndez. Octubre 1992

**Nº.6** Consideraciones sobre la predicción de nevadas. Resultados de la campaña 1991-1992. F. Elizaga Rodríguez. Octubre 1992

**Nº.7** Sistemas frontales: localización y caracterización a partir de modelos numéricos. A. García Méndez y F. Elizaga Rodríguez. Octubre 1992

**Nº.8** Obtención de secciones verticales en el SAIDAS: aplicaciones a la diagnosis y a la predicción. F. Elizaga Rodríguez y A. García Méndez. Octubre 1992

**Nº.9** Sistemas Convectivos de Mesoescala. Campaña Previmet Mediterraneo-90. Parte I: Características según las imágenes de satélite Parte II: Evolución de los sistemas convectivos. M. Canalejo, O. Carretero y R. Riosalido. Marzo 1993

**Nº.10** Guía Operativa SIRAM. F. Martín León y L. De Esteban Jodar. Julio 1993

**Nº.11** PAMIS. Procedimiento de Análisis a Mesoescala Interactivo en SAIDAS. Parte I: Formalismo Matemático. Parte II: Aplicaciones. A García y F. Elizaga. Octubre 1993

**Nº.12** Sistemas Convectivos de Mesoescala. Campaña Previmet Mediterraneo-91. Parte I: Características según las imágenes de satélite. Parte II: Evolución de los sistemas convectivos. O. Carretero, M. Canalejo y R. Riosalido. Noviembre 1993

**Nº.13** Caracterización de la convección estival en la Zona Centro. Campaña 1992. F. Martín, L. Esteban y R. Riosalido. Diciembre 1993

**Nº.14** Sistemas Convectivos de Mesoescala. Campaña Previmet Mediterraneo-92. Parte I: Características según las imágenes de satélite. Parte II: Evolución de los sistemas convectivos. M. Canalejo, O. Carretero y R. Riosalido. Marzo 1994

**Nº.15** Sistemas Convectivos de Mesoescala. Campaña Previmet Mediterráneo-93. Caracterización a partir de las imágenes de satélite, entorno sinóptico, mesoescalar y rayos. F. Martín, F. Elizaga, O. Carretero y R. Riosalido. Abril 1994

**Nº.16** Estudio de los Sistemas Convectivos de Mesoescala del 8-9 de Octubre de 1992. F. Martín, L. De Esteban y M. Canalejo. Abril 1994

**Nº.17** Herramientas para el análisis de estabilidad en SAIDAS. F. Elizaga. Julio 1994

**Nº.18** STArPc: Software para Tratamiento y Análisis de datos radar en PC. R. Riosalido. Octubre 1994

**Nº.19** Caracterización de la actividad tormentosa en la Zona Centro durante el verano de 1993. F. Martín León. Noviembre 1994

**Nº.20** TEMPO: Temas de Estudio de Meteorología y Predicción por Ordenador. Guía del Usuario Ver.2.0. R. Riosalido. Octubre 1996 (Versión 1.0 Enero 1995)

**Nº.21** Caracterización de la convección estival en la Zona Centro. Campaña de 1993. B. Elvira, L. de Esteban, F. Martín, M. Lazcano y R. Masa. Septiembre 1995

**Nº.22** Campos y Trayectorias sobre superficies isentrópicas en SAIDAS. A. García Méndez y F. Elizaga Rodríguez. Septiembre 1995

**Nº.23** Actividad Tormentosa en la Península y Áreas Limítrofes durante el verano de 1994. F. Martín León. Septiembre 1995

**Nº.24** Sistemas Convectivos de Mesoescala. Campaña Previmet Mediterráneo-94. Características a partir de las imágenes de satélite. B. Elvira Montejo, O. Carretero Porris y R. Riosalido Alonso. Febrero de 1996

**Nº.25** Estudio del tornado de Sigüenza. Análisis de los ingredientes para la formación de tormentas severas. F. Martín León, R. Riosalido Alonso y L. de Esteban Jódar. Diciembre 1995

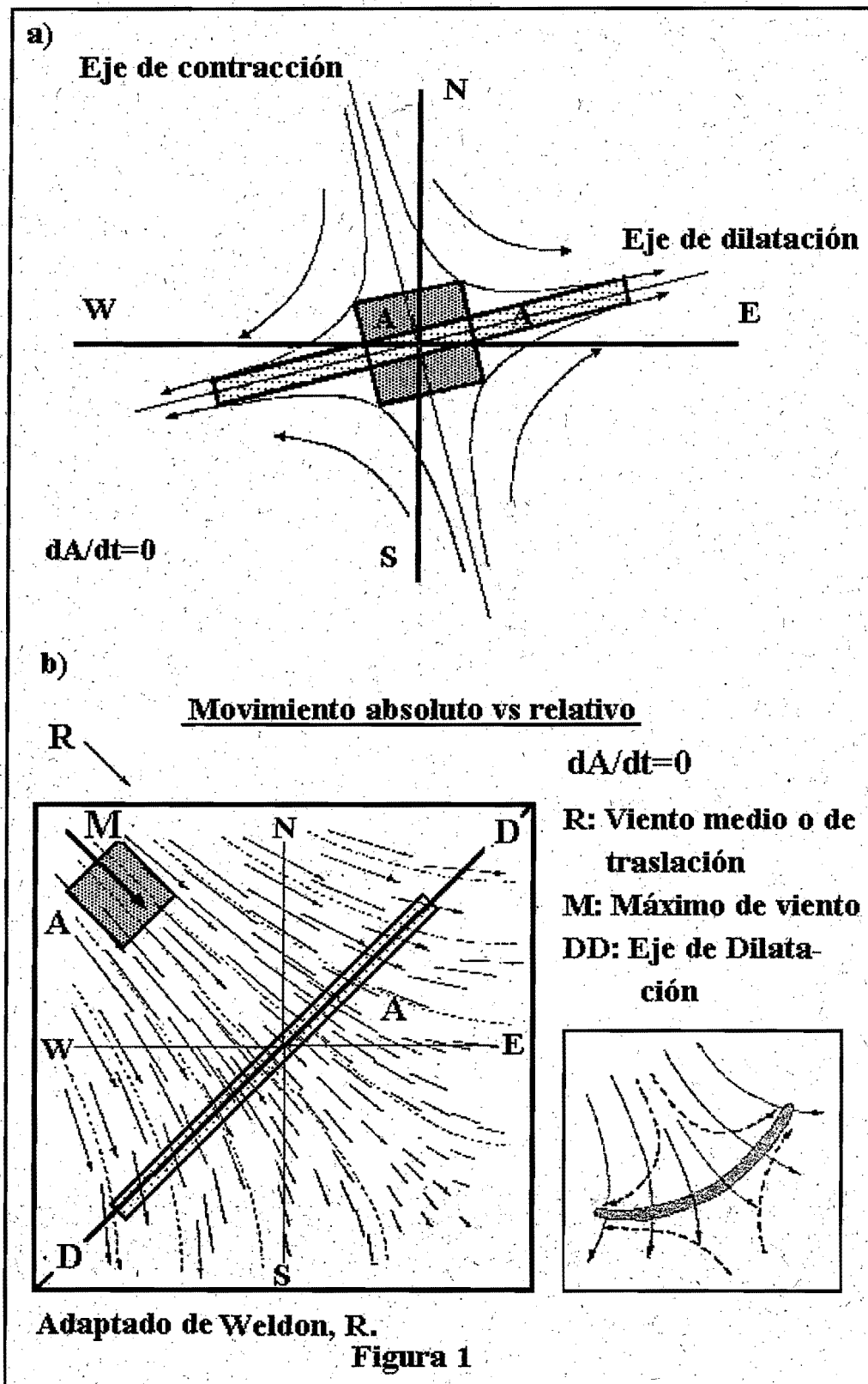
**Nº.26** Estudio meteorológico de la situación del 7 de agosto de 1997 (Biescas). R. Riosalido, J. Ferraz, E. Alvarez, F. Martín, F. Elizaga, A. Cansado, J.L. Camacho y A. Martín. Junio 1997. (Nota Técnica Nº1 del CMT de Aragón, La Rioja y Navarra)

**Nº.27** STArPcw : Software de Tratamiento y Análisis de datos radar en PC bajo entorno windows. Guía del Usuario. R. Riosalido Alonso. Septiembre 1997

**Nº.28** Sistemas Convectivos de Mesoescala-97. Caracterización a partir de las imágenes de satélite. A. Martín, O. Carretero, P. Castro y R. Riosalido. Mayo 1998

**Nº.29** Climatología Satélite de Sistemas Convectivos de Mesoescala en las proximidades de la Península Ibérica. Aplicación a la predicción de lluvias torrenciales. Memoria final Proyecto CLI95-1776. R. Riosalido, F. Elizaga, O. Carretero y F. Martín. Mayo 1998

**Nº.30** Revisión del Uso Operativo de Campos Derivados en McIDAS. F. Elizaga Rodríguez. Octubre 1998

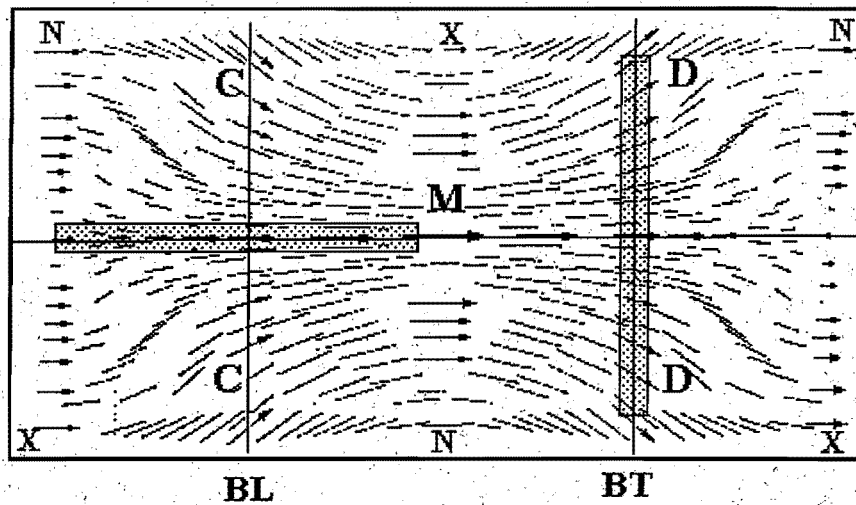


**Figura 1.** Zonas de deformación. (a) Zona de deformación ideal y ejes asociados. (b) Campo de deformación más traslación con flujo de noroeste; la figura inferior derecha representaría un caso más real con las zonas sombreadas como nubes. "A" representa el área de un trazador pasivo ideal.

**a) sistema móvil**

**M** → Viento máximo

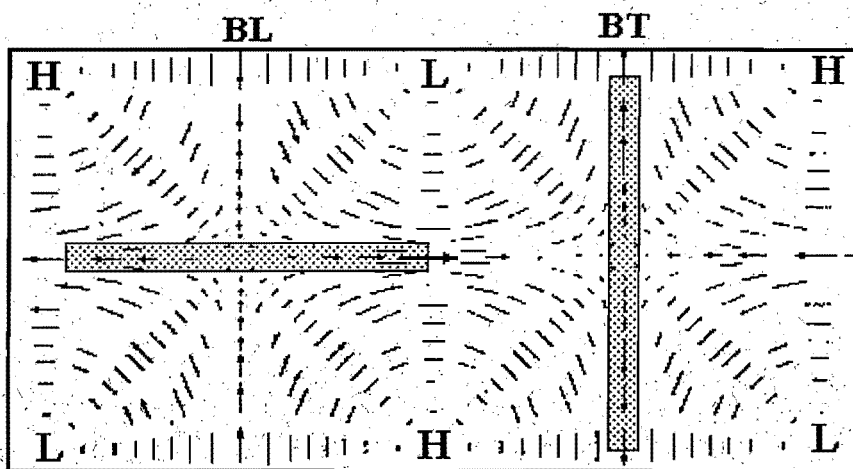
**R** → Viento medio



**X** Máximo de vorticidad positivo

**N** Máximo de vorticidad negativo

**b) Sistema cuasi-estacionario o flujo relativo**

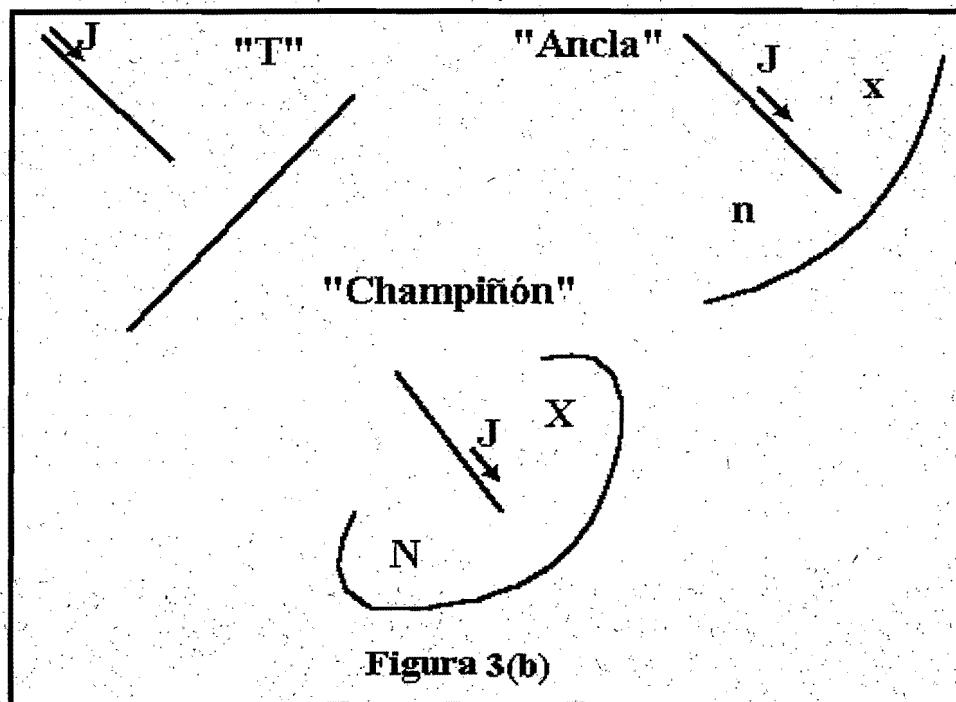
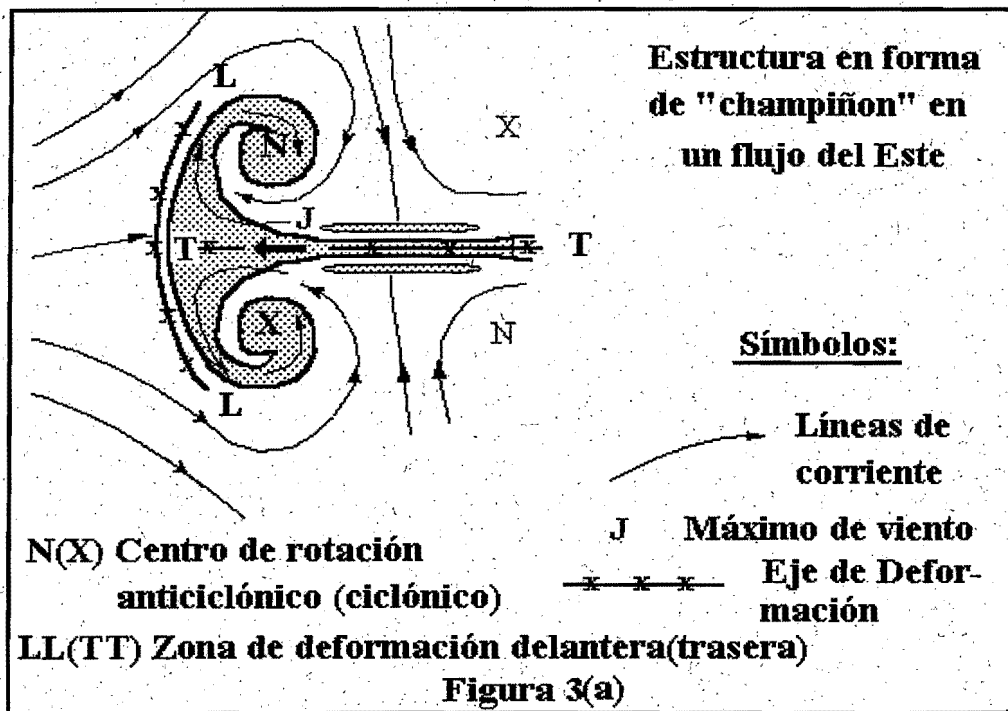


**L** Centro de rotación ciclónica

**H** Centro de rotación anticiclónica

**Figura 2**

**Figura 2.** Modelo en "T". (a) En un sistema móvil. (b) En un sistema estacionario o cuasi-estacionario. Las flechas representan el flujo aéreo. N y X representan centros de vorticidad negativo y positivo, respectivamente. H y L, son sistemas de presión de alta y baja, respectivamente. Áreas sombreadas representan estructuras nubosas.



**Figura 3.** Estructura en champiñón idealizada. (a) Asociada a una un jet (J) débil del Este. Las dos líneas gruesas con "x" representan las zonas de deformación. Líneas sólidas delgadas son las líneas de corrientes en flujo relativo. Otros elementos se describen en la leyenda. (b) Ciclo de vida de dicha estructura en sus tres fases: en "T", en "ancla" y en "champiñón". J representa un jet del NW; X y N representan los centros de rotación ciclónico y anticiclónico, respectivamente. Líneas gruesas son los ejes de deformación.

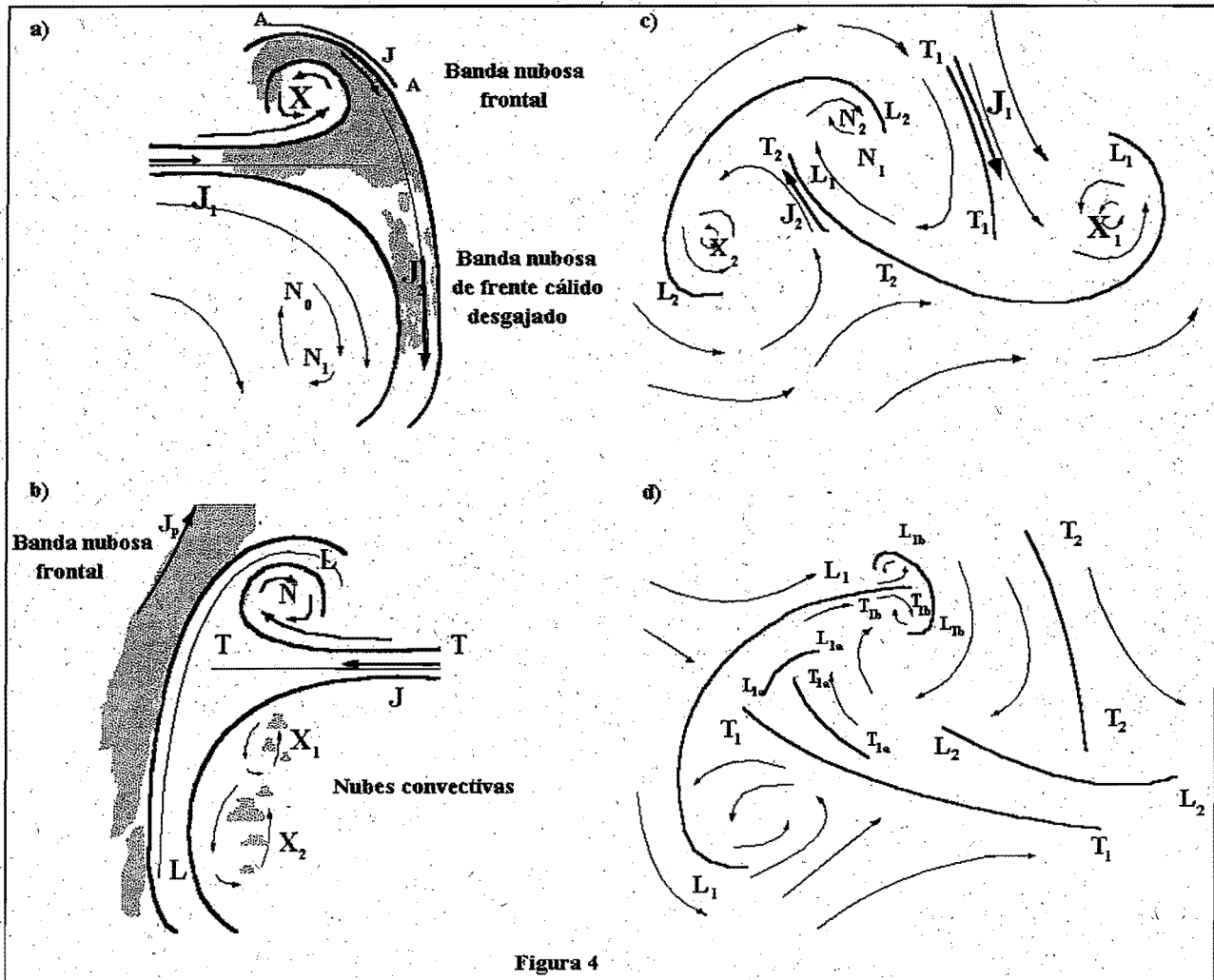


Figura 4

**Figura 4.** Diferentes tipos de configuraciones de champiñón. (a) Esquema de estructura no simétrica actuando sobre un sistema frontal en flujo de oeste. Las áreas frontales nubosas se han sombreado. AA representa la zona de deformación asociada al propio sistema frontal. (b) Como en (a) pero para un flujo del este. Ver texto para explicación. (c) Doble estructura en champiñón, donde los subíndices indican el correspondiente sistema al que están asociados.  $N_1$  y  $N_2$  son compartidos por ambos sistemas, además de la zona de deformación  $T_2 T_2$  y  $L_1 L_1$ . (d). Estructuras en champiñón embebidas en otras mayores. Simbología y notaciones definidas a lo largo del texto.

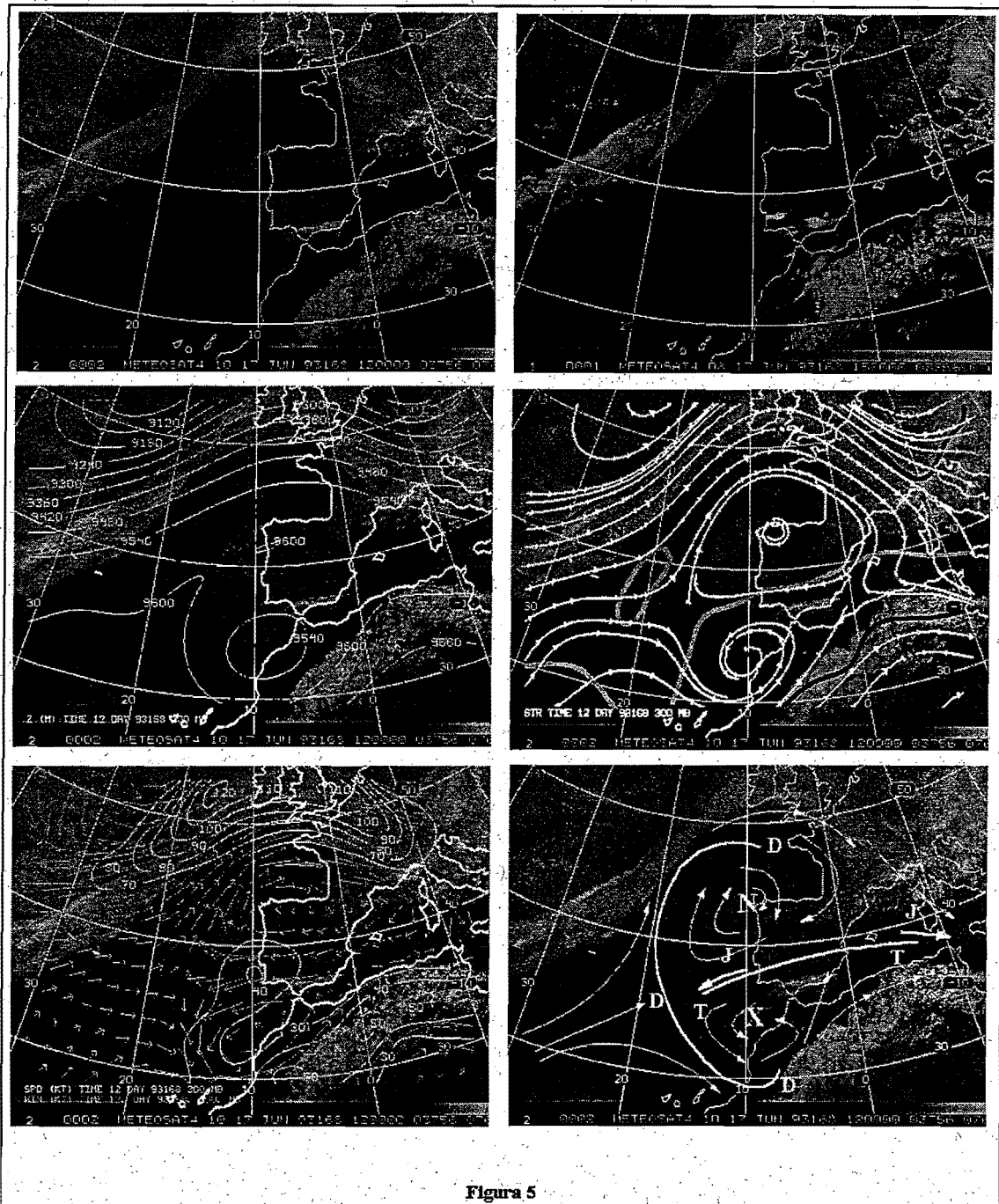


Figura 5

**Figura 5.** Situación atmosférica a las 12 UTC del 17/Jun/93 con una estructura cuasi-estacionaria cerca de la Península Ibérica. (a) Imagen de WV. (b) Imagen de IR para las 15 UTC (12 UTC no disponible). (c) Geopotencial (línea sólida blanca) y Temperatura (C, la línea negra a trazos) en 300 mb. (d) Líneas de corriente y línea de vorticidad "0" (línea gruesa, color gris para el CC asociado y en negra para las circulaciones polar y subtropical). Viento en 300 mb e isotacas (kt). Elementos cinemáticos principales derivados de una secuencia de imágenes de satélite donde, DD es la zona de deformación delantera; TT la trasera, X y N representan los centros de vorticidad negativa y positiva, respectivamente, J el jet local. Todos los campos se han obtenido del modelo HIRLAM-INM para las 12 UTC.

NOTA TECNICA Nº 31 Ver.1. Oct/98: Las configuraciones en "champiñón" en las imágenes de WV: usos y aplicaciones.

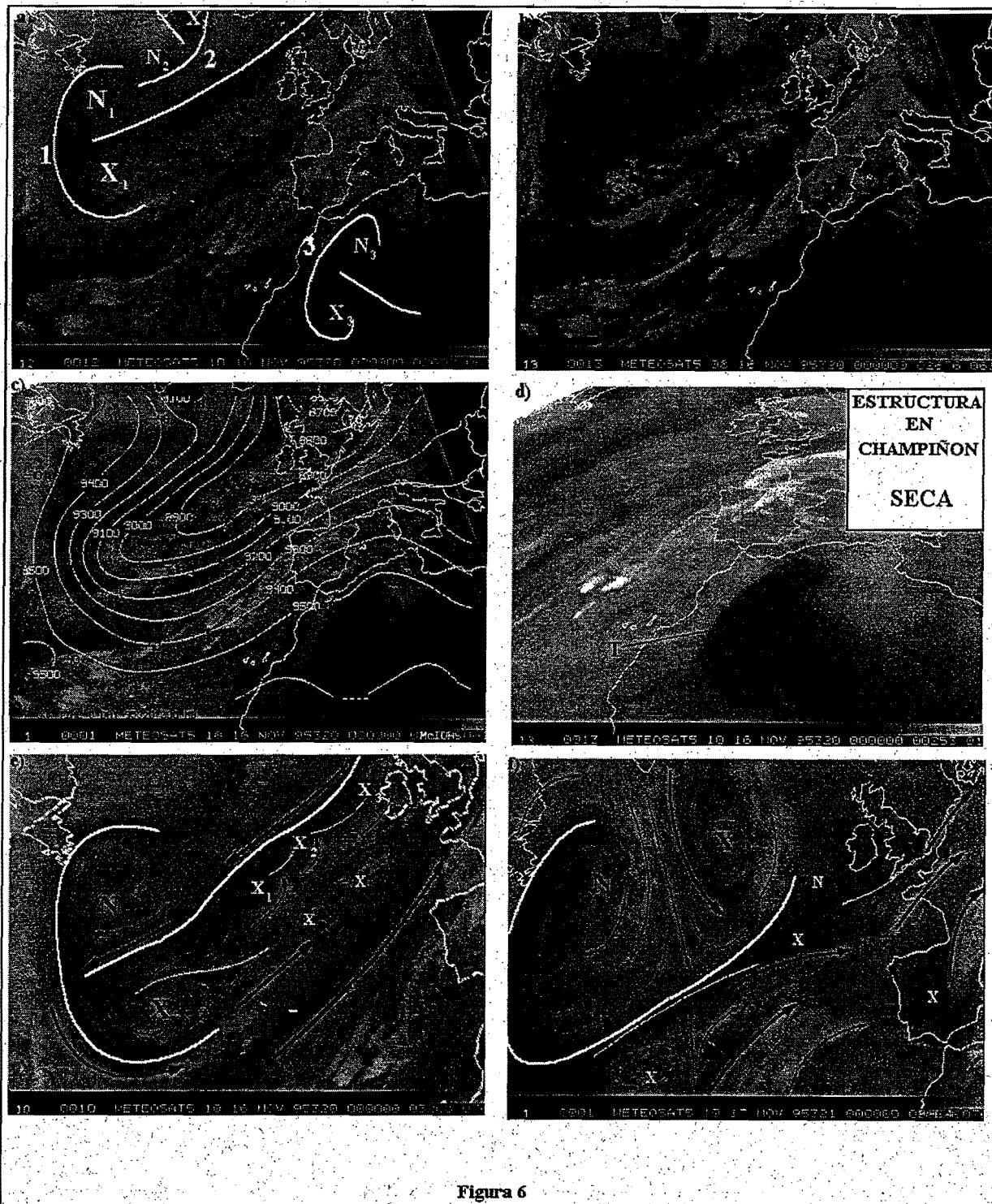


Figura 6

**Figura 6.** Tres estructuras etiquetadas como "1", "2" y "3" para las 00 UTC del 6/Nov/95. (a) Imagen de WV y elementos cinemáticos básicos. (b) IR correspondiente. (c) Geopotencial (línea sólida blanca) y la temperatura (C, línea a trazos negra) en 300 mb del modelo HIRLAM-INM. (d) Configuración en negativo, o seco, asociado con "2" en Figura 6(a). Un realce especial se ha aplicado a la imagen de WV. (e) Aspectos cinemáticos asociados a "1". (f) Evolución de "2" para las 00 UTC del 17/Nov/95 y elementos más significativos. Símbolos convencionales para todos ellos. Las zonas de deformación principales en líneas sólidas gruesas-blancas y secundarias en líneas delgadas-blancas.

NOTA TECNICA Nº 31 Ver.1. Oct/98: Las configuraciones en "champiñón" en las imágenes de WV: usos y aplicaciones.

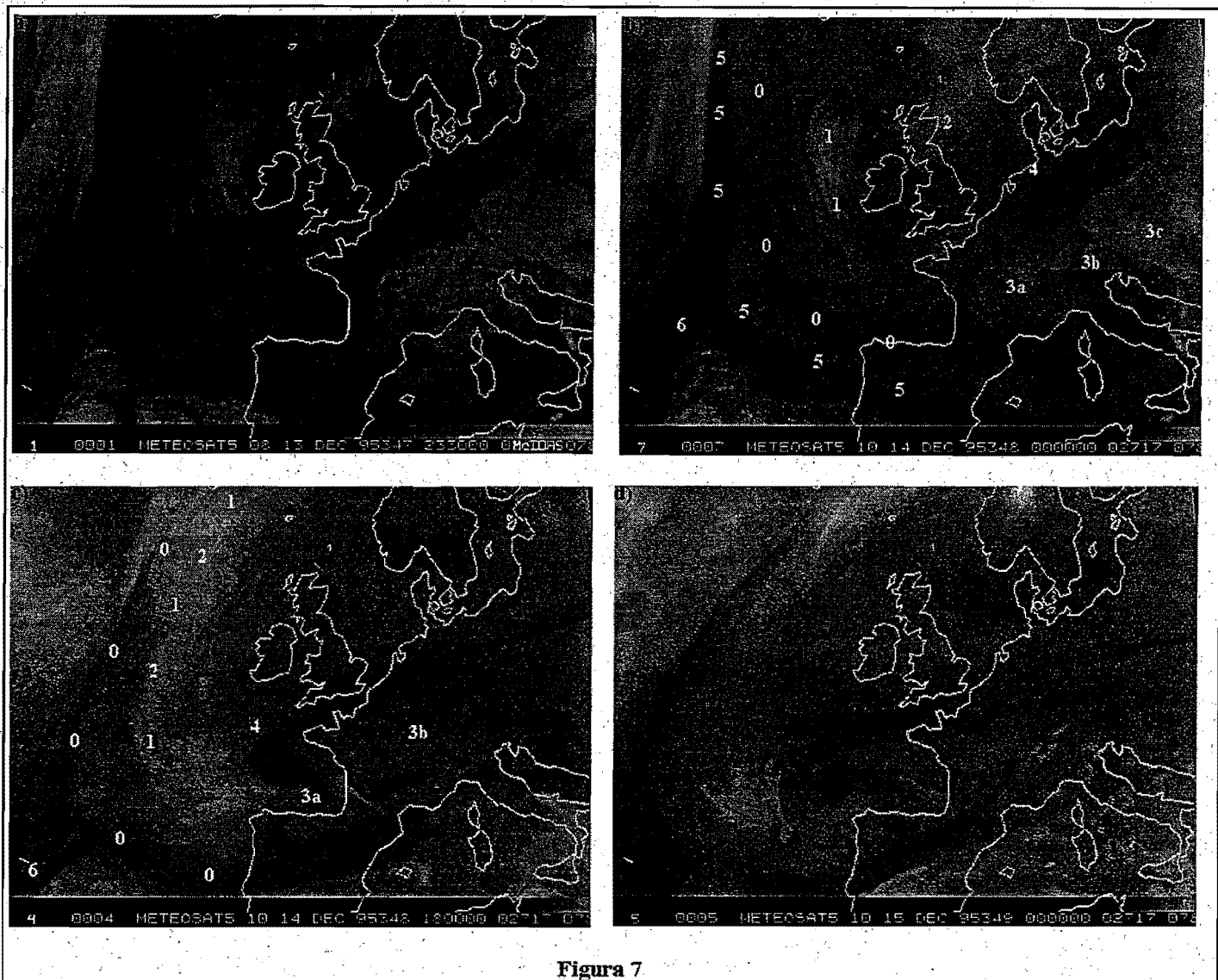


Figura 7

**Figura 7.** Imágenes del METEOSAT mostrando un proceso de aislamiento de una perturbación ciclónica en altura en un flujo del noreste. (a) Imagen IR para las 23:30 UTC del 13/Dic/95 (b) Imagen de WV para las 00 UTC 14/Dic/95. (c) Ídem para las 18:00 UTC (d) WV pero para 00 UTC del 15/Dic/95 . Los "5",s y "0",s se asocian con las zonas de deformación, "1",s y "2",s representan estructuras nubosas o zonas de humedad. "4" es el extremo del jet del noreste.

NOTA TECNICA N° 31 Ver.1. Oct/98: Las configuraciones en "champiñón" en las imágenes de WV: usos y aplicaciones.

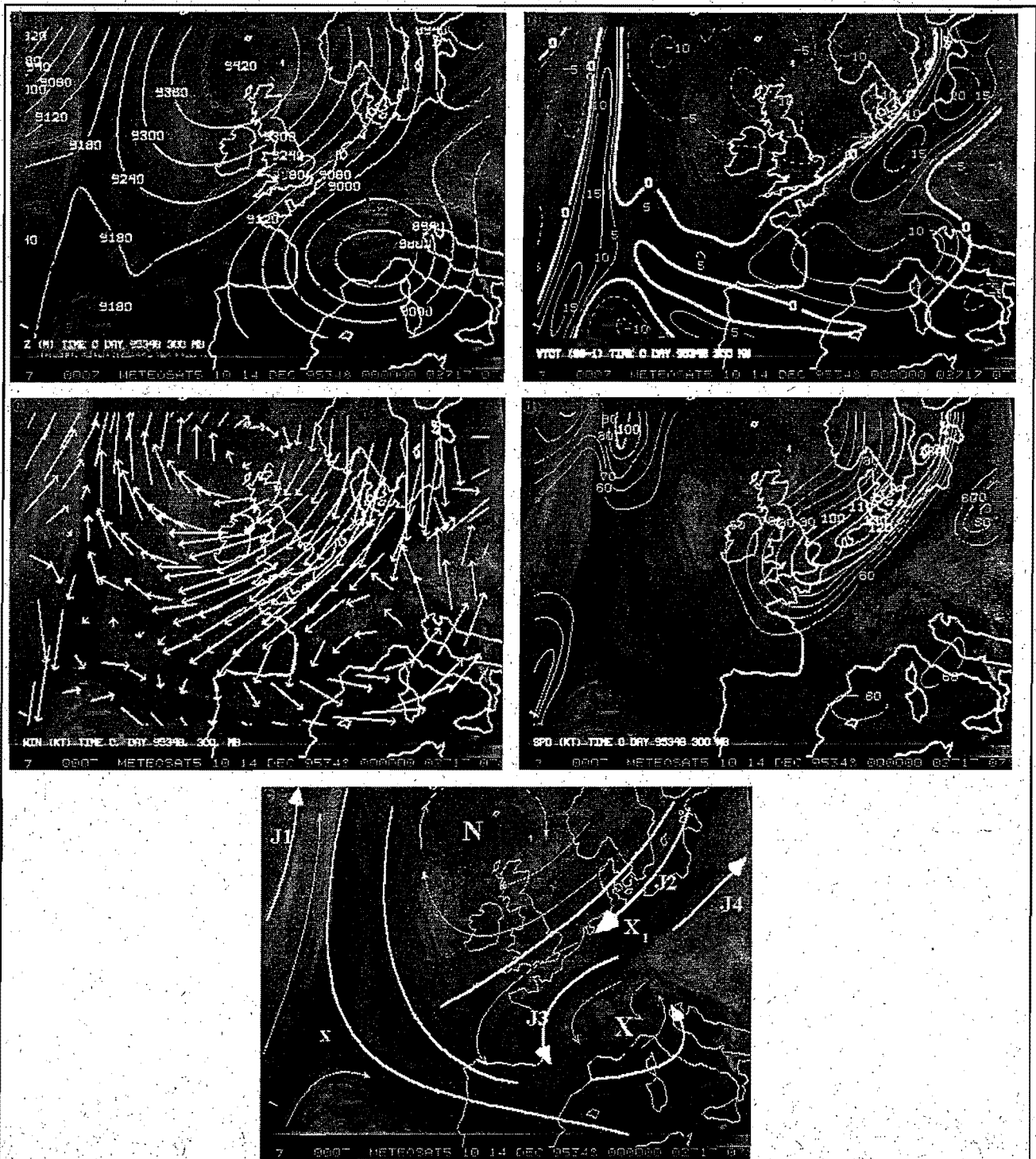
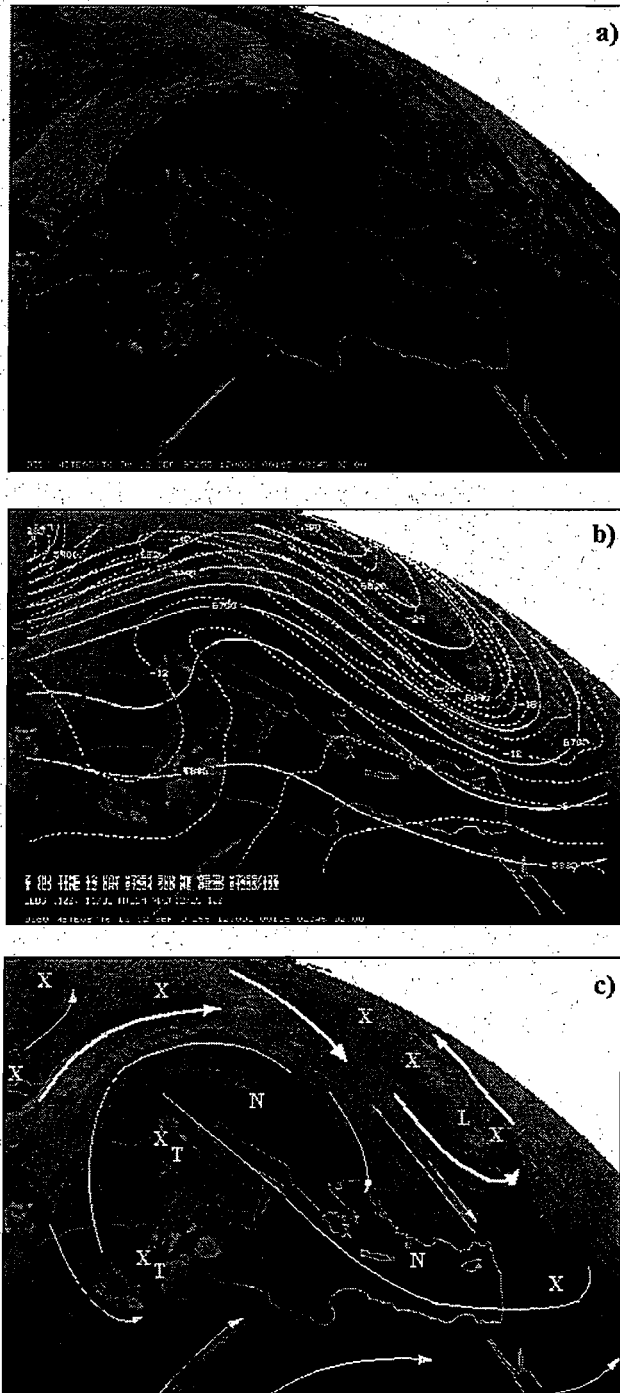


Figura 8

**Figura 8.** Análisis de 300 mb del HIRLAM-INM para las 00 UTC del 14/Dic/95 e imagen de WV. (a) Geopotencial (dm, línea sólida blanca) y la temperatura (C, en la línea a trazos negra). (b) Mapa de Vorticidad en  $10^{-5} \text{ s}^{-1}$  (línea de "0" en línea gruesa, línea sólida fina para valores positivos, a trazos para negativos). (c) Viento en kt. (d) Isotacas superiores a 60 kt. (e) Las componentes cinemáticas más significativas. Líneas gruesas representando las zonas de deformación. El resto, con los símbolos convencionales.

NOTA TECNICA Nº 31 Ver.1. Oct/98: Las configuraciones en "champiñón" en las imágenes de WV: usos y aplicaciones.



**Figura 9.** Discrepancias entre el modelo y las imágenes de WV correspondiente a las 1200 UTC del 12 Septiembre de 1997. (a) Imagen IR. (b) Imagen de WV junto con el mapa de 500 mb del modelo ECMWF, previsto a 24 horas válida a la misma hora que la imagen (altura de geopotencial, líneas sólidas, y temperatura, T, en °C y líneas discontinuas). (c) Esquema básico de las principales estructuras al considerar una doble estructura en champiñón en la imagen de WV. Los símbolos son los convencionales empleados en este trabajo.

## ANEXO I

### Figura y texto complementario a la Nota Técnica

Figura A1. Función ideal de peso, o contribución, de las distintas capas al canal de WV del Meteosat para tres tipos de perfiles atmosféricos.

