

Aplicación del canal WV al estudio de un fenómeno convectivo.

M. Vázquez, G. Maqueda

Dep. Física de la Tierra, Astronomía y Astrofísica II. Facultad de CC. Físicas. Universidad Complutense de Madrid.
Avda. Complutense s/n 28040 Madrid. margarita.vazquez@fis.ucm.es, gmaqueda@fis.ucm.es

Resumen

Este trabajo presenta diferentes aplicaciones del canal de WV ($5.7-7.1\mu\text{m}$) del satélite Meteosat al estudio de sistemas convectivos, con objeto de complementar la información procedente de la banda de infrarrojo térmico (IR) utilizada clásicamente. La utilización de los dos canales de forma simultánea permite interpretaciones interesantes en el estudio del desarrollo y evolución de los sistemas convectivos cuando alcanzan a la Tropopausa.

1. Introducción

En la Península Ibérica se producen situaciones de precipitación intensa de origen convectivo debidas a la inestabilidad de masas de aire cálidas procedentes de África y al forzamiento orográfico. Las fuertes lluvias pueden ocasionar grandes inundaciones, con los consiguientes perjuicios económicos e incluso pérdidas humanas. La previsión de la aparición de estos fenómenos puede ayudar a atenuar dichas consecuencias.

Los satélites geoestacionarios son privilegiados observadores meteorológicos. El sistema europeo Meteosat-7 (primera generación), observa la atmósfera con una frecuencia de 30 minutos y resolución de $2,5\text{ km}$ para el visible y 5 km para el infrarrojo y el vapor de agua. Esto permite estudiar la evolución de la cubierta nubosa terrestre y las interacciones entre las distintas escalas de los procesos atmosféricos.

El canal (IR), que recibe información de la banda $10.5-12.5\mu\text{m}$ para la que la atmósfera es prácticamente transparente, es el más utilizado para estudiar los sistemas convectivos. Con él se pueden identificar con gran facilidad las cimas frías que los caracterizan por contraste con superficies emisoras situadas más abajo. Por tanto, el estudio de estos sistemas se realiza esencialmente a través del canal

IR. Sin embargo la utilización de otros canales es escasa en la bibliografía, implicando un conocimiento limitado de los sistemas, lo cual ha motivado este trabajo.

El canal WV informa sobre el contenido de humedad en niveles medios y altos de la troposfera. En dicha banda, la radiación que alcanza el satélite es el resultado de la emisión de capas superiores que, en función de su contenido de vapor, absorben radiación de las capas más bajas y la reemiten para mantener su equilibrio termodinámico local.

2. Sistemas Convectivos

Existen dos clasificaciones de sistemas convectivos atendiendo a su escala temporal y espacial: MCC (complejos convectivos) y MCS (sistemas convectivos a mesoescala). Zipser y Hane (cfr. [1]) establecen una definición de los MCS. Maddox [2] define las características de los MCC.

En ambas situaciones convectivas mesoescalares se encuentra una distribución característica de las masas de aire atendiendo a su temperatura y a su contenido en vapor de agua. La estructura puede mantenerse durante largos periodos de tiempo, puesto que la circulación del aire en la "supercélula" es estacionaria y los flujos ascendentes y descendentes se refuerzan mutuamente.

Las condiciones meteorológicas necesarias para que se origine una supercélula se caracterizan por la existencia de aire cálido y húmedo cerca del suelo, de aire seco en las alturas y de una fuerte cizalla vertical del viento (Holton, [3])

3. Estabilidad de la situación elegida

Para el presente estudio se ha elegido un fenómeno convectivo de 13 horas de duración que se desarrolló en la Península Ibérica el 26 de Junio de 2000.

Tanto los diagramas termodinámicos como los mapas sinópticos indican una situación favorable para el desarrollo de tormentas no muy severas. El boletín meteorológico publicado por el INM indica que la precipitación mayor se dio en Bilbao, recogiéndose 12 l/m². También hace mención a tormentas vespertinas acompañadas de aparato eléctrico producidas en Asturias, Cantabria, País Vasco, Castilla y León, La Rioja, Navarra y Aragón.

Los índices de inestabilidad que proporcionan los diagramas termodinámicos muestran una inestabilidad leve en las regiones que atraviesa la tormenta convectiva. La tabla a continuación corresponde a sondeos de Zaragoza en diferentes momentos del desarrollo de la tormenta.

Tabla 1. Índices de estabilidad para los sondeos de Zaragoza

| Fecha | 26 Jun 0000 UTC | 26 Jun 1200 UTC | 27 Jun 0000 UTC |
|-------|--------------------|--------------------|--------------------|
| TT | 43.60 | 50.80 | 53.40 |
| K | 14.10 | 24.70 | 31.70 |
| LI | 5.04 | -2.47 | -1.00 |
| CAPE | 0.00 | 482.1 | 17.97 |
| CIN | 0.00 | -575 | -787 |

Los mapas sinópticos correspondientes presentan un área de bajas presiones relativas situada sobre la península. Dada la época del año, es de esperar que se produzca convección por un calentamiento diferencial entre la superficie terrestre y la oceánica.

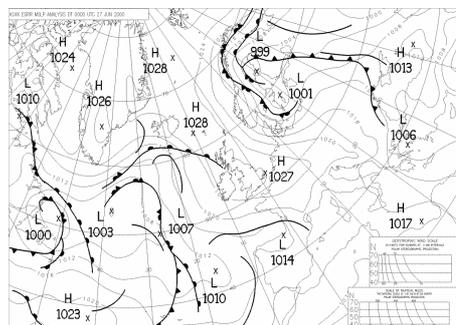


Figura 1: Situación sinóptica. 27/VI/200; 0000 UTC

4. Análisis del fenómeno convectivo del 26-27/VI/2000

4.1 Imágenes de IR y WV.

Las imágenes empleadas en este trabajo se han obtenido de la estación de teledetección del Departamento de Física de la Tierra, Astronomía y Astrofísica II. Las imágenes almacenadas de WV y de proceden de dos formatos distintos (A y B).

La máxima extensión en IR se alcanza a las 2030UTC. La extensión de la región encerrada por la isoterma de -51°C supera los 21.300 km². No alcanza los 50.000 km² exigidos para clasificarlo como MCC, por lo que se trata de un MCS. El umbral de -51°C es el elegido por Feidas y Cartalis [5] tanto para IR como para WV para la aplicación de un algoritmo diseñado para identificar y seguir MCS. En la fig. 2 se muestran algunos momentos de la evolución de la tormenta.

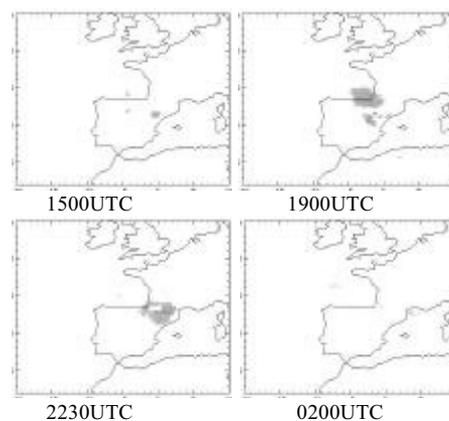


Figura 2. Momentos del desarrollo de la región de $T_b < -51^\circ\text{C}$ en el canal IR

La región de la imagen de WV que traspasa el umbral de -51°C 24.000 km², superior a la de IR. En este momento el MCS consiste en dos células, situándose la mayor en el golfo de Vizcaya, la región francesa de Las Landas y el Pirineo occidental y la segunda célula, de menor tamaño, sobre la provincia de Zaragoza y contiguas. Algunos momentos del desarrollo del sistema convectivo en el canal de WV se presentan en la fig. 3.

Las medidas del área son aproximadas, ya que el programa de IDL diseñado las calcula a partir del número de píxeles que satisfacen el umbral impuesto, lo que incluye sistemas nubosos que no están asociados al MCS en estudio. El número de píxeles que podrían no estar incluidos en el sistema no es significativo, excepto en las fases de la evolución de menor interés.

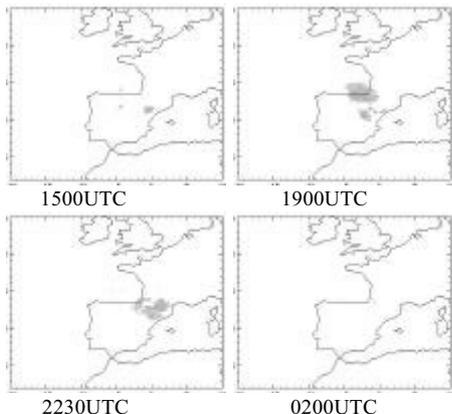


Figura 3. Evolución en WV de la región de $T_b < -51^\circ\text{C}$

Se ha comprobado que la evolución del sistema convectivo es simultánea en ambos canales (fig.4).

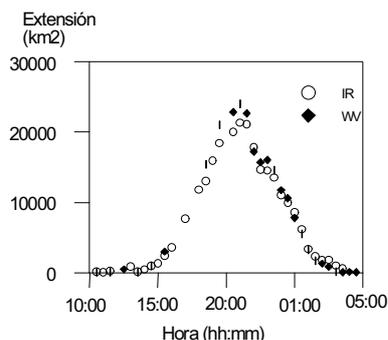


Figura 4. Evolución temporal del MCS del 26/VI/00

4.2 Aplicación de las diferencias entre canales a sistemas convectivos

La observación del mismo sistema convectivo en IR y en WV muestra que la temperatura de brillo

en WV es mayor que en IR. La diferencia entre las temperaturas de brillo de ambos canales constituye un buen método para destacar cimas frías de nubes convectivas. Se espera encontrar una temperatura de brillo en el WV inferior a la del canal IR, ya que el vapor de agua registrado por el satélite se sitúa por encima de la nube (a menor temperatura).

Esto no se verifica en las observaciones de cimas de nubes altas. Este hecho ha merecido diversas explicaciones en la literatura. Ottenbacher y Schmetz (cfr. [5]) encontraron mayor temperatura de brillo en WV que en IR en nubes consistentes en partículas de hielo pequeñas. Fritz y Laszlo (cfr. [5]) argumentan que la estratosfera debe ser más húmeda de lo que se esperaba. Schmetz et al. [5] muestran que la diferencia puede ser positiva sobre la cima de nubes en todas las latitudes y estiman la temperatura de la estratosfera a partir de las diferencias observadas en imágenes consecutivas.

4.2.1 Procedimiento

En primer lugar es necesario hacer compatibles los canales IR y WV. Los dos formatos diferentes de almacenamiento, A y B, (cfr. 4.1) no se pueden superponer y cubren áreas diferentes del globo por razones de economía de espacio en los soportes digitales en los que se registran. La imagen de WV disponible cubre una porción menor que la de IR.

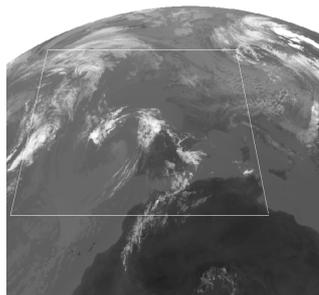


Figura 5. Comparación esquemática de las áreas que cubren los canales IR (todo) y WV (recuadro)

- Se extrae de la imagen de IR la porción de superficie terrestre que se cubre la imagen de WV. El distinto procesado de las imágenes genera errores en los valores numéricos de las coordenadas de los cuatro vértices. En el caso más desfavorable dicho error no alcanza el 1%.

- Se reescala la imagen de IR para que coincida en número de píxeles con la de WV.
- Paso de la magnitud “cuentas” a la magnitud física “temperatura” (“temperatura de brillo”) a través de los algoritmos y tablas disponibles en la página web de Eumetsat [web 1].

La preparación de las imágenes para que sean iguales en cobertura superficial y número de píxeles, su transformación a temperaturas de brillo y la posterior diferencia entre canales se han realizado por medio de diferentes programas en IDL.

4.2.2. Análisis y resultados

La fig. 6 muestra el resultado de las diferencias entre la temperatura de brillo del canal IR y la del canal de WV canales de acuerdo con la ecuación siguiente

$$\Delta T_b = T_b^{WV} - T_b^{IR} \quad [1]$$

T_b^{WV} representa la temperatura de brillo del canal WV y T_b^{IR} la de IR.

Claramente se observan diferencias positivas en las regiones donde se ha localizado el fenómeno convectivo [ver figuras 2 y 3] como se preveía. Estas diferencias son menores de 10°C, de acuerdo con Schmetz [5] La diferencia de temperaturas es tanto mayor cuanto más próxima a la tropopausa se sitúa a cima de la nube.

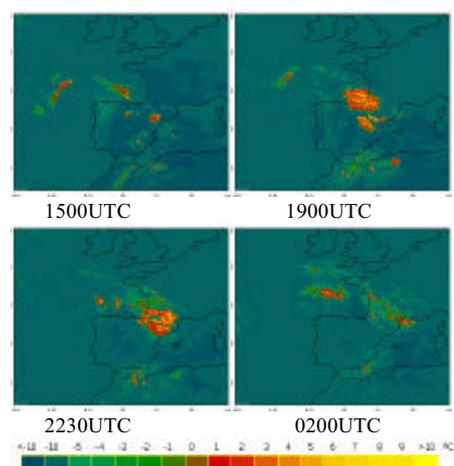


Figura 6. Evolución de ΔT_b

5. Conclusiones

En el presente trabajo se aplica la teledetección al estudio de una situación convectiva. Se ha seguido su evolución espacial y temporal en el canal IR y en el WV obteniendo que se trata de un sistema convectivo a mesoescala. Esta evolución es simultánea en un canal y otro, observándose sólo una extensión ligeramente mayor en WV.

La diferencia entre las temperaturas de brillo es un buen método para localizar cimas de nubes muy altas que en podrían alcanzar la tropopausa. Sobre el fenómeno convectivo se observa mayor temperatura de brillo de WV que de IR, lo que podría deberse a la inversión térmica situada en la estratosfera. El vapor de agua que se mide desde el satélite está situado por encima la nube y si ésta ha superado la tropopausa, la temperatura del vapor de agua será mayor que la de la cima nubosa.

6. Referencias

- [1] Moore, J. T. Comet Hydrometeorology Course: 14-21 August 2003 <http://www.eas.slu.edu/CIPS/Presentations/Hydromet2003/MCSs/sld003.htm>
- [2] Maddox, R. A. “Mesoscale Convective Complexes”, *Focus on Forecasting*, **61**, 1374-1387,1980
- [3] Holton, J. R. *An Introduction to Dynamic Meteorology*. 3rd Edition,1992
- [4] Feidas, H. y C. Cartalis. “Monitoring Mesoscale Convective Cloud Systems Associated with Heavy Storms Using Meteosat Imagery”. *J. of Applied Meteorology*. **40**, 491-512, 2001
- [5] Schmetz, J. et al. “Monitoring Deep Convection and Convective Overshooting with Meteosat”, *Adv. Space Res.*, **19**, 433-441,1997

[web 1] www.eumetsat.de