

Actas del V Coloquio de Geografía Cuantitativa
Universidad de Zaragoza
1992, Zaragoza

**CARTOGRAFIA DE RIESGO DE
INUNDACIONES DEL SECTOR OESTE DE LA
CIUDAD DE MALAGA.**

**PROYECTO REALIZADO EN EL
DEPARTAMENTO DE GEOGRAFIA DE LA
UNIVERSIDAD DE MALAGA PARA EL
SERVICIO DE PROTECCION CIVIL DEL
EXCMO. AYTMO. DE MALAGA.**

Eusebio GARCIA MANRIQUE

Federico Benjamín GALACHO JIMENEZ

Departamento de Geografía de la Universidad de Málaga.

El día 13 de noviembre de 1989 se inició un período de lluvias en la costa mediterránea andaluza que duró todo el mes y se prolongó, aunque con menor intensidad, durante los primeros días de diciembre. El estacionamiento de una gota fría sobre el meridiano de Málaga, cuyo desplazamiento, hacia el este, estaba bloqueado por la permanencia de un anticiclón sobre Italia, provocó no solo los grandes aguaceros de los días 13 y 14 - causantes de la primera y mayor inundación - sino que, con la persistencia de las lluvias y el hecho de estar el suelo saturado de agua en profundidad, la escorrentía de las aguas de lluvia era casi total, provocando nuevos desbordamientos del Guadalhorce y de los arroyos Cañas, Teatinos y Cuarto sobre los polígonos industriales y sobre la expansión residencial-oeste de la ciudad. Además, el viento reinante, con fuerte oleaje, bloqueaba la evacuación de las aguas e incluso hacía remontar su nivel en la desembocadura del río.

Las lluvias fueron generales y se inician el 13 sobre el Estrecho, Serranía de Ronda y costa occidental de Málaga. La noche del 13 al 14 y, sobre todo, este último día, las lluvias se intensificaron sobre la cuenca media y baja del Guadalhorce y montes de Málaga causando una de las mayores inundaciones, por ocupar grandes espacios de la ciudad y de sus polígonos industriales.

La cuantía de las precipitaciones en el valle bajo del Guadalhorce fue extraordinaria: el día 14, 230 litros/m², en Cártama; 210, en Alora; 160, en Almogía; 140, en el aeropuerto de Málaga; 170, en Alhaurín la Torre; 310 en Pizarra si acumulamos la de los días 13 y 14.

Al estar regulado el Guadalmedina por el pantano del Limonero, el centro de la ciudad - donde se localizaban las grandes inundaciones históricas - sólo sufrió efectos secundarios y muy localizados provocados por los pequeños barrancos que afluyen al Guadalmedina aguas abajo del Limonero. Es pues, un hecho histórico que las inundaciones se han trasladado al oeste de la ciudad, pero con una amplitud, en cuanto al espacio afectado, desconocida hasta entonces.

El emplazamiento de los polígonos industriales en esta zona, sin protección frente a las avenidas del Guadalhorce y la expansión de la ciudad por el eje de la carretera de Cádiz, sin previsión de posibles avenidas de los arroyos del Cuarto, Teatinos y, sobre todo del Cañas, fue la causa de tener que improvisar los servicios de asistencia.

Se constató la necesidad de poseer para el futuro una cartografía de las zonas susceptibles de ser afectadas, ante posibles desbordamientos. Ante esta necesidad en el Departamento de Geografía de la Universidad de Málaga hemos realizado la localización cartográfica de las zonas con riesgo de inundación del sector oeste de la ciudad de Málaga a través de la aplicación de un Sistema de Información Geográfica.

Estos dos posters que presentamos pertenecen al proyecto mencionado más arriba. Proyecto que ha constado de tres grupos cartográficos que hemos denominado como: Cartografía Original, Cartografía Básica y Mapas Generales.

Como CARTOGRAFIA ORIGINAL hemos entendido una serie de planos a escala 1:2.000 que, digitalizados en Autocad, han

servido de base para la realización del trabajo. Se trata de 50 planos de los cuales:

** 32 - pertenecientes a la cuenca baja del Guadalhorce - provienen de la cartografía recientemente elaborada por la Confederación Hidrográfica del Sur (1990).

** 11 - pertenecientes al sector oeste de la ciudad entre la denominada Ronda Intermedia y la Ronda Oeste - fueron cedidos por el Servicio de Cartografía del Excmo. Ayuntamiento de Málaga.

** 7 - correspondientes a la zona universitaria de Teatinos, sector de los depósitos de Campsa y prolongación hasta el mar - fueron proporcionados por el Servicio de Cartografía ya digitalizados.

Como CARTOGRAFIA BASICA hemos llamado a una serie de mapas que presentamos a escala 1:6.000, resultado de la unión de seis planos de escala 1:2.000. Se ha denominado como "básica" porque es la base óptima para el objetivo de este trabajo y escala elegida para la aplicación del S.I.G., dando una visión de espacios suficientemente amplios. Consta de doce mapas tamaño DINA-1.

Los MAPAS GENERALES de todo el espacio estudiado son aquellos que abarcan toda la cartografía original (50 planos) que se había digitalizado previamente a escala 1:2.000. Estos proporcionan una visión general como se ha dicho: extremo occidental del municipio de Málaga en su contacto con los de Alhaurín de la Torre y Cártama, siguiendo el curso del río Guadalhorce. Como límites al sur, el mar; y como límites al este, la Ronda Intermedia de la ciudad de Málaga y al norte, la zona de Teatinos.

EL MAPA DE ALTURAS ABSOLUTAS y EL MAPA DE ALTURAS RELATIVAS SOBRE EL LECHO DEL RIO GUADALHORCE a escala 1:17.000 pertenecen al grupo cartográfico que hemos denominado como Mapas Generales.

Estos mapas generales, realizados con el módulo Arcplot de Arc/Info 3.4D están conformados por los 50 planos de la denominada "Cartografía Original" de escala 1:2.000, o lo que es lo mismo, por los 12 planos de la "Cartografía Básica" de escala 1:6.000, Obviamente para que estos posters o mapas generales no adolezcan de problemas de inteligibilidad, hemos seleccionado las capas de información consideradas como más representativas: capas 1, 2, 3, 4, 6 (se ha realizado una

selección de anotaciones), 7, 9 y 11 de las trece (1. Marcos o Cajas de localización geográfica de cada una de las hojas; 2. Edificios; 3. Lindes de edificios y solares; 4. Vegetación; 5. Cotas de altura del terreno; 6. Anotaciones; 7. Límites de parcelas de usos no urbanos; 8. Curvas de nivel; 9. Carreteras, sendas, ferrocarril y curvas de depresión; 10. Límites de término municipal; 11. Cauce de río y arroyos, límite marítimo, atributos del fondo del río Guadalhorce; 12. Tendido eléctrico; y, por último, 13. Taludes del terreno) con que contaba el proyecto inicialmente, a las que se ha añadido las capas de alturas absolutas y relativas según cada poster. Excepto las capas 3 y 11 (ploteadas en verde y azul respectivamente), las restantes lo han sido en negro, mientras que la capa de alturas absolutas se han ploteado en marrón y tramas de color, la de alturas relativas se ha realizado en negro y tramas de color.

Trabajando sobre la capa de cotas de altitud se han elaborado las alturas absolutas y las curvas de nivel relativas respecto al lecho del río Guadalhorce, que se constituyen en base cartográfica común y fundamental de este proyecto. El método de construcción de estas curvas de nivel está explicado en la comunicación que presentamos, por lo que consideramos sobra repetirlo aquí; no obstante, pensamos que sería más interesante, describir como reaccionaron las diferentes zonas del área estudiada ante las inundaciones acaecidas con los mapas a la vista de alturas absolutas y relativas.

En una apreciación global de todo el área, podemos decir que, en las inundaciones del río Guadalhorce producidas entre noviembre-diciembre de 1.989, los límites máximos del avance de las aguas fueron: por la margen izquierda del río, en la mayor parte de los casos, la línea de ferrocarril de Bobadilla a Málaga que actuó como muro de contención; y por la margen derecha, fueron principalmente las distintas acequias para el riego, salvo algunas excepciones (cuando éstas van subterráneas) en las que el límite del avance de las aguas fueron algunos desniveles pronunciados. Las aguas consiguieron alturas sobre los campos entre 0,5 y casi dos metros, dependiendo del desnivel del terreno y de la intensidad de las diferentes riadas. La mayor parte de los terrenos de cultivo que afectó en esta zona están ocupados por cítricos (más del 95%). Las viviendas habitadas, afectadas por las inundaciones, fueron las pertenecientes al cortijo de Doña Ana (carretera de Cártama a Churriana) y la barriada de Santa Amalia y Estación de Campanillas (Campanillas).

La acción principal fue realizada por el río Guadalhorce y en algunos puntos, fue reforzada e intensificada por otros colectores secundarios, como, el Río Grande, Fahala (margen derecha), Campanillas (margen izquierdo) y toda una serie de arroyos: por el margen izquierdo del Guadalhorce, los arroyos del Buho, Comendador, Ratón, Estacada y Torres; y por la margen derecha cabe citarse la acción del arroyo Zambrano, Breña o del Valle y arroyo Bienquerido. Estos otros cauces han sido los que determinaron que los límites principales, que en el párrafo anterior hemos señalado como avance máximo del río Guadalhorce, se prolongaran más en profundidad.

Igualmente, se ha podido comprobar como en el sector de la cuenca baja del Guadalhorce buena parte de las inundaciones producidas en la zona urbana y polígonos industriales y comerciales de Málaga, no procedieron en exclusiva del Guadalhorce, sino también de sus tributarios, algunos de pequeña importancia; ello indica una deficiente red que no drena las aguas ante una precipitación extraordinaria.

Pero no sólo son los cauces, de deficientes infraestructuras, los responsables de las inundaciones. Hay que distinguir áreas por las que el agua corre y afecta sólo durante los momentos de crecida, y áreas donde el agua se acumula y es necesario, bien el bombeo, o bien un mayor tiempo de espera para que se avacúe todo el agua. Es este el caso de las zonas cercanas a la vía del tren (Intelhorce, Polígono La Estrella, Polígono Sta. Teresa, Polígono San Rafael, zona de norte de San Julián), donde las aguas tienen dificultad para ser evacuadas, al igual que a causa de las carreteras (Azucarera y Polígono Sta. Bárbara por N- 340 y Ronda Oeste, respectivamente).

Es de sobra conocida la incidencia de los Arroyos de las Cañas y de Teatinos, pero también resultan importantes arroyos como Pocapringue, Cantarranas, Roldán, Bienquerido, desconocidos normalmente pero que, a la vista de las direcciones de las aguas, tuvieron gran repercusión, confundida con efectos del Arroyo de las Cañas o del propio Guadalhorce.

Se revela gran negligencia en las propias construcciones industriales, comerciales o residenciales junto a las áreas de inundación de los arroyos y sin ningún tipo de prevención. De hecho, tras las inundaciones se han seguido construyendo urbanizaciones en la propia desembocadura del Guadalhorce, con el riesgo que ello significa. Los

propios muros de las construcciones sirven de canalización y, a la vez, provoca la subida de las aguas de inundación de dichas construcciones; ello ocurre en las zonas de Carretera de Cádiz y Polígono Carretera de Cádiz y Guadalhorce.

Entrando algo más en detalle describimos como reaccionaron las diferentes zonas en el sector oeste próximo a la zona urbana o residencial de la ciudad:

* La zona NO. de la denominada Carretera de Cádiz (antigua CN-340 Cádiz-Barcelona, actual vía urbana) quedó inundado por completo por el Arroyo de las Cañas, limitado por las vías del tren. La zona correspondiente a áreas de Los Prados, el Viso, San Luis y La Estrella, permaneció libre o inundado según su mayor proximidad al arroyo de las Cañas. Pero son de destacar varios hechos: en los Prados, junto a la vía del tren, una estrecha franja se inundó sobre 30 cm. a causa del agua de lluvia; junto a la finca San Luis discurre un arroyo que está taponado en una plaza; dicho arroyo es responsable de la inundación de parte del Polígono San Luis y de algunas casas de Los Prados; el Polígono La Estrella sufrió fuertemente el agua de lluvia, que corría por sus pendientes calles, pero sobre todo, quedó aislado a causa del Arroyo de las Cañas, que inundó varias naves y se embalsaba al llegar a la carretera y en la vía del tren; en la parte norte de la hoja confluyen el arroyo Roldán y el Arroyo de las Cañas, tras haber "barrido" sus respectivas cuencas de inundación; en la parte SE. del sector el agua embalsada del Arroyo de las Cañas salía "disparada" hacia las barriadas de La Luz, Virgen de Belén, etc..

* Por su parte, la zona NE. fue inundada por agua de lluvia y la procedente del arroyo de Teatinos. La vía del tren actuó de límite y embalse, que fue roto junto a los depósitos de petróleo de la Ronda Intermedia; la ruptura del muro de la vía del tren y del "tapón del arroyo de Teatinos" en la Avenida de Europa, produjeron la inundación de la mayor parte de la barriada de Dos hermanas, donde, además, confluyeron las aguas procedentes del Arroyo de las Cañas. La barriada El Torcal, por una ligera mayor elevación, pendiente y buen alcantarillado, quedó libre de inundación, siendo refugio de gran parte de los barrios vecinos. La Ronda Intermedia actuó como límite difuso de la inundación fluvial (hacia el NE. y E. las aguas de inundación parece que fueron pluviales, según la dirección que presentan).

* La zona SE. fue la más afectada por inundación, ya que en él conflúan las aguas del Arroyo de las Cañas y del de Teatinos, además de que la evacuación era impedida por un largo muro de casas y sólo tiene unas pocas calles de salida al mar, que para agravar el problema, estaba embravecido con olas en torno a dos metros de altura (impidiendo la salida natural de las aguas). Sólo Parque Mediterráneo, por ser una barriada de elevación artificial quedó libre de inundación en los portales, pero no en los garajes.

* La zona donde se encuentran la Colonia de Sta. Inés y Finca la Palma, fue afectada en cierta medida por el arroyo Roldán, que rebasó la carretera del Cementerio en un ancho de varios metros, pero afectando escasamente a las casas contiguas. Junto al recinto ferial se le une un tributario, produciendo incidencias en el sector suroeste de la hoja. En la parte este de la zona, el Arroyo de Teatinos produjo estragos en la carretera C-3.310 (camino viejo de Antequera), arrasando una casa, sobre todo debido al tapón que se produce pocos metros aguas abajo de la citada carretera. Sus restantes incidencias se desarrollan en el sector nordeste de la hoja.

* La zona de Teatinos destacará por tener una gran parte de áreas libres de inundación por arroyos, si bien se produjeron acumulaciones por agua de lluvia en puntos concretos. Destaca sobre todo el Arroyo Roldán, que rebasó y rompió la carretera de acceso al Campus Universitario de Teatinos, así como invadió parte de la carretera de enlace entre la Ronda Oeste y la Carretera de Cártama. El Arroyo de las Cañas afectó al Polígono El Viso en una pequeña porción (pocas naves en comparación con los efectos que produjo aguas abajo); a él se le une un tributario - el arroyo la Palma - que discurre detrás de la Facultad de Medicina y el Hospital Clínico y que afectó, en parte, a la plaza existente entre dicho Hospital y la Facultad de Medicina. Este tributario inundó la plaza de la carretera del Campus, de donde sale una carretera hacia El Viso, que también quedó inundada, pero al parecer, sólo por la lluvia.

* Es de destacar, también, el área de inundación del Arroyo de Teatinos, que afectó la barriada de la Barriguilla y Portada Alta; su límite resulta difuso en contacto con la Avda. Sta. Rosa de Lima, donde las aguas proceden del N., lo que hace pensar que sólo en parte son de procedencia aluvial. Aunque en el mapa que poseemos no figura el puente sobre la Ronda Oeste que une Portada Alta con el

Recinto Ferial (solo en proyecto), fue éste el responsable de la inundación a niveles que superaron los dos metros en la barriada de la Barriguilla, donde se acumularon las aguas del arroyo de Teatinos.

* Por último, es digna de mención la importancia que tuvo en aquel momento la existencia de un fuerte temporal que impidió de forma decisiva la evacuación de las aguas hacia el mar. Ello condujo a la destrucción del núcleo de chabolas de Estación del Perro y a la inundación de áreas del sector carretera de Cádiz, cuya elevación sobre el nivel del mar se sitúa en torno a los 3 metros. Si a ello se le unen olas de dos metros y un nivel de inundación en torno a un metro, se ve claramente por qué las aguas apenas eran evacuadas, en especial, en esta zona.

Actas del V Coloquio de Geografía Cuantitativa
Universidad de Zaragoza
1992, Zaragoza

POTENCIALIDADES Y LIMITACIONES DE UN EQUIPO DE RECEPCION Y DE LAS IMAGENES METEOSAT EN LA DOCENCIA CLIMATOLOGICA UNIVERSITARIA

Javier MARTIN VIDE
M^a Belén GOMEZ MARTIN
Dep.Geografía Física y A.G.R., Univ.Barcelona

En el presente póster se resumen algunas de las potencialidades que ofrece la disponibilidad de un equipo de recepción de imágenes Meteosat, y, en consecuencia, de sus imágenes, en la docencia de la Climatología, al tiempo que se recuerdan ciertas limitaciones meteorológicas de éstas. Buena parte de las consideraciones aquí expuestas se presentan a modo de conclusión o epílogo de la asignatura de especialidad "Análisis Imágenes Meteosat", impartida, por primera vez, por el coautor, en el Departamento de Geografía Física y Análisis Geográfico Regional de la Universidad de Barcelona, durante el curso académico 1991-92.

El material que conforma el póster se dispone en dos bloques: el primero, introductorio, ordenado en dos apartados, A y B, donde se resumen los tipos y formatos de las imágenes Meteosat, tras describirse el satélite, y las características del equipo de recepción existente en el centro universitario citado; y el segundo, numerado y desglosado en cinco epígrafes, que recoge cinco ideas-clave en cuanto a las potencialidades y las limitaciones de las imágenes Meteosat en la práctica meteorológica y climatológica.

A. El satélite y las imágenes Meteosat.

El satélite Meteosat depende en su mantenimiento y explotación de Eumetsat, organización intergubernamental europea integrada por 16 estados miembros, entre ellos España, que cubren, con diferentes cuotas, su financiación.

Con el satélite Meteosat, Eumetsat contribuye de un modo significativo al Sistema Global de Satélites Meteorológicos (GOES, GMS, INSAT, NOAA, etc.), una de las principales componentes del programa de Vigilancia Mundial del Tiempo, o WWW (World Weather Watch), de la Organización Meteorológica Mundial. El centro de recepción de las señales del satélite y de procesos de datos y la administración de Eumetsat tienen su sede en Darmstadt (Alemania).

El satélite Meteosat tiene una órbita geoestacionaria. Se halla situado a 35.800 km. de altitud, en la intersección del meridiano de Greenwich con el ecuador. Está formado por un cuerpo cilíndrico más dos cilindros menores concéntricos con el primero. Su diámetro es de 2,1 m., su longitud, de 3,195 m. y su peso, de 293 kg., que se reducen a 245 kg., por consumo del combustible que lleva (hidrazina). Su eje es sensiblemente paralelo al eje polar. El cuerpo cilíndrico principal posee células solares de alimentación.

La primera unidad Meteosat se lanzó al espacio en noviembre de 1977 y funcionó durante dos años. El Meteosat 2 se puso en órbita en junio de 1981 y estuvo activo hasta agosto de 1988. El Meteosat 3 se lanzó en junio de 1988, el Meteosat 4, en marzo de 1989 y el Meteosat 5, en el mismo mes de 1991. Actualmente -julio 1992-, tras algunas pruebas de este último, la unidad operativa sigue siendo la cuatro. Hay previstas dos unidades más, de segunda generación, cuyos lanzamientos se efectuarán en 1995 y 1996.

El radiómetro multiespectral del Meteosat opera en tres bandas o canales espectrales, generando imágenes, en los tres canales, cada 30 minutos. Barre, de E a W, con el mecanismo de spin (100 rpm) del satélite, el disco terrestre cubierto, generando tras cada rotación una cinta de S a N, que es transmitida a la estación principal en tierra. Completa esta operación en 25 minutos, a los que hay que añadir 5 minutos de estabilización. Las imágenes, una vez procesadas en tierra, son diseminadas por el satélite por dos canales de frecuencias (hay además otros 66 para transmitir datos desde tierra).

Los canales espectrales son los siguientes: 0,5-0,9 (visible, VIS), 5,7-7,1 (infrarrojo en la banda de absorción del vapor de agua, WV) y 10,5-12,5 (infrarrojo térmico, IR) micrómetros. La resolución espacial en el punto subsatélite es de 2,5 km. para VIS y 5 km. para WV e IR. El número de líneas por imagen y el de pixels por línea son 5.000 para VIS y 2.500 para WV e IR.

Simplificando mucho -pues ello es objeto de bastantes sesiones teóricas en el curso indicado en la introducción- las imágenes VIS distinguen grados de reflectividad (albedos), las WV son representativas de la capa troposférica entre 500 y 300 hPa, suministrando información sobre la humedad del aire en esos niveles, y las IR pueden asimilarse a mapas de contrastes térmicos, de la superficie radiante (superficies terrestre y acuática o cimas nubosas).

Casi cada 4 minutos en promedio, por el primer canal de frecuencias, se recibe una imagen de uno de los tres tipos posibles, que abarca, en el caso de las WV e IR, una de las 9 parcelas en que se divide el disco cubierto por el satélite, o todo él, o bien informaciones, carta de ajuste u otras imágenes.

B. Breve descripción del equipo de recepción de imágenes Meteosat disponible.-

La unidad de recepción de imágenes Meteosat existente en el Departamento de Geografía Física y Análisis Geográfico Regional de la Universidad de Barcelona es el equipo básico MM (Montajes y Mantenimiento-Tecnavia, S.A., Madrid) más un video-procesador. Consta de 5 elementos: una antena parabólica, un receptor o sintonizador, un procesador, un monitor y un video-procesador. La antena parabólica, de 95 cm. de diámetro, con su preamplificador, amplificador y convertidor, está instalada en el terrado de la torre A del edificio de la Facultad de Geografía e Historia. Un cable coaxial, de 75 ohmios, la une al receptor, sito en el ámbito del Grupo de Climatología. El receptor posee un selector de frecuencias, que permite sintonizar las correspondientes a los dos canales de recepción de la señal del satélite (134.000 kHz y 137.500 kHz), así como un mando que regula el volumen de la señal acústica de la transmisión. El procesador, situado junto al receptor, tiene, según las especificaciones técnicas, las siguientes características: CPU de 8 bits, 2 Kb de EPROM, 128 Kb de RAM, resolución máxima de 131.072 puntos, 256 niveles de gris

convertibles en color, potenciómetro de nivel de entrada, inversores start-stop y up-down y selector de 12 gamas de color. Lleva incorporado un software básico, disponiendo de mandos para la selección de diversas funciones, entre ellas desplazamiento de una ventana de ampliación (x2 y x4) de las imágenes, almacenamiento, manual o automático, de imágenes, presentación secuencial de las mismas, reloj interno, elección de formato -normal o zoom- de las imágenes, etc. El procesador permite el almacenamiento de 7 imágenes. El monitor, de 14", garantiza, por su definición, una buena calidad de imagen. Junto a él, un video-procesador MITSUBISHI CP-100 E, con mandos autónomos, permite reproducir en color y formatos 75x100 mm., tanto para papel como para transparencia, las imágenes de interés visualizadas en el monitor. Los consumos eléctricos son de 20W para el receptor, 40W para el procesador, 300W para el monitor y 160W para el video-procesador.

El aprendizaje del funcionamiento del procesador resulta de notoria sencillez, por el limitado número de funciones y su diseño, aunque el alumno no lo maneja directamente, sino a través del profesor.

1. El carácter climático de las imágenes IR con formato DTOT.-

Aunque es muy frecuente el empleo incorrecto, por parte del gran público, de los medios de comunicación y hasta de profesionales de diferentes especialidades, de los términos climático y climatológico por meteorológico, al referirse a un suceso atmosférico determinado, a una escala temporal limitada, el geógrafo y los estudiantes de Geografía distinguen con toda claridad los antinomios clima versus tiempo, climático versus meteorológico, Climatología versus Meteorología. Ello deriva muy probablemente de la consideración de la Climatología como una de las ramas de la Geografía Física, con una entidad epistemológica y de contenidos propia, aun teniendo en cuenta que la frontera con la Meteorología es una amplia franja de saberes y métodos compartidos.

Pues bien, ciertamente las imágenes Meteosat son productos meteorológicos, ya que refieren a un instante determinado: la hora que figura en sus cabeceras (no la hora de recepción). Concretando más, la imagen se construye sobre un período de unos 25 minutos, los que median entre los cinco minutos anteriores a la hora de la cabecera y media hora atrás, intervalo necesario para que el radiómetro

multiespectral del satélite barra completamente, con su mecanismo de spin, el disco planetario que cubre.

Por esa acotación temporal, cada imagen Meteosat constituye un documento meteorológico, como este mismo carácter tiene cada dato pluviométrico o de cualquier otro elemento medido en una estación meteorológica. Naturalmente, siguiendo con el paralelismo, de un archivo amplio de imágenes Meteosat puede obtenerse información climática, podrían construirse productos gráficos o hallarse valores con el carácter permanente, de resumen o síntesis de la realidad meteorológica, que caracteriza a lo climatológico.

Sin embargo, hay un tipo de imagen y formato Meteosat que, muy frecuentemente, constituye en sí no sólo un documento meteorológico, sino también climático, o, al menos, con una rica y afinada información de carácter climatológico. Tal imagen es una de las IR, la DTOT, que es una imagen infrarroja del conjunto del disco cubierto por el satélite Meteosat. Al dar una imagen del planeta visible, esto es, de pequeña escala, se disminuye la visión del suceso meteorológico localizado, y se realza, por contra, aquellos otros de mayor extensión espacial, que son los que, a la postre, definen, las grandes zonas climáticas planetarias. Así, en las imágenes DTOT puede apreciarse muy bien, casi siempre, el rosario de grandes células convectivas y tormentas ecuatoriales, con sus tonos muy claros y brillantes, lo que denota cimas nubosas muy elevadas, y, por tanto, con temperaturas muy bajas. Al norte y sur del cinturón ecuatorial aparecen, en gran medida, oscuros, lo que significa ausencia de nubes y fuerte recalentamiento del sustrato, unas anchas franjas, que corresponden a las latitudes de los grandes desiertos planetarios (Sahara, Arabia, Kalahari, etc). Más al norte y al sur de esas dos zonas oscuras suelen observarse formas alargadas de color claro, estructura nubosa que se corresponde con las bandas de los frentes, especialmente los fríos, de las latitudes medias, al tiempo que manchas más redondeadas, espiraladas en detalle, son los vórtices de las borrascas ondulatorias a las que van asociadas.

Los tres tipos de franjas descritas tienen un carácter permanente, y, por tanto, climatológico, en el planeta, por lo que las imágenes DTOT cabe considerarlas como un buen reflejo de la realidad (más que de la abstracción) climática.

2. El provechoso análisis combinado mapas sinópticos versus imágenes Meteosat.-

Una de las aplicaciones inmediatas de las imágenes Meteosat en los centros meteorológicos es su análisis combinado con el de los mapas del tiempo correspondientes de las mismas horas. En muchos casos, en especial en las latitudes medias, algo por encima de las españolas, la coincidencia entre los sistemas sinópticos, de los mapas del tiempo, y las franjas y células nubosas, de las imágenes Meteosat, es muy notable, lo que mejora el nivel de confianza de los pronósticos meteorológicos a corto plazo. Otras veces, con cierta frecuencia en las latitudes mediterráneas, la aparición, desarrollo y evolución de ciertas células nubosas, sean, por ejemplo, las correspondientes a núcleos tormentosos, sirven para matizar una previsión a corto plazo, si el campo bórico superficial o las condiciones sinópticas en las capas medias troposféricas están poco definidas.

Pero en todo caso, en la práctica docente universitaria de la materia de Climatología, tal análisis combinado de mapas del tiempo e imágenes Meteosat, muestren grandes o sólo medianas coincidencias, supone un ejercicio de gran valor para el estudiante. Particularmente, conviene reseñar el interés de la comparación entre: a) la superficie afectada por las bandas nubosas frontales y las trazas de los correspondientes frentes; b) las formas nubosas espiraladas de las depresiones y la localización de su vórtice; c) el desarrollo de células convectivas en el seno de una masa de aire polar postfrontal y el campo de isobaras e isohipsas con dirección noroeste; d) la circulación de la corriente en chorro deducida de las imágenes WV (de vapor de agua) y el trazado de isohipsas en 300 hPa; e) la aparición de nubosidad de tipo bajo o temperaturas superficiales bajas en ciertos enclaves costeros y la procedencia marítima del viento en superficie; f) la delimitación de áreas con nieblas o con temperaturas relativamente bajas y la posición de los centros anticiclónicos; etc.

Tras ese análisis combinado, un elemento "abstracto", isoplético, como el mapa sinóptico, sea el isobórico de superficie o el de isohipsas de diferentes presiones, adquiere una proyección real (o se reviste con una imagen), la de la cobertura nubosa o de diferencias térmicas, que el estudiante asimila y evalúa con mucha mayor rapidez.

3. La secuencias cronológicas de imágenes Meteosat: perfecta plasmación de la dinámica del sistema atmosférico.-

Las secciones meteorológicas de las cadenas de televisión han acostumbrado a la población a las vistosas secuencias animadas (cronológicas) de imágenes Meteosat, que muestran la evolución y el desplazamiento de las grandes formas nubosas. La alta resolución temporal de las imágenes Meteosat (media hora) permite ofrecer varias veces cada día una completa y, a menudo, variada evolución animada.

Pues bien, si hay en la actualidad un procedimiento difundido para mostrar la dinámica del sistema atmosférico a macroescala ese no es otro que las secuencias cronológicas de imágenes Meteosat, especialmente las infrarrojas. Tales secuencias constituyen una plasmación visual perfecta de la dinámica de los grandes sistemas nubosos, que, en gran medida, responden, en sus trayectorias y modos de evolución, a los grandes flujos aéreos y al comportamiento de los sistemas sinópticos. Se trata, pues, en este caso, de un recurso didáctico insustituible, que complementa la práctica clásica de recogida de mapas del tiempo sucesivos y posterior análisis del desplazamiento de borrascas y frentes, de notable interés.

Unas secuencias tan difundidas en televisión como las animaciones cronológicas de imágenes Meteosat han de poder ponerse al alcance de los estudiantes de los cursos de Climatología en los propios departamentos universitarios de Geografía, aun contando con la penuria de medios económicos con que se desenvuelven algunos de esos centros, por, entre otros motivos, la no consideración legal de la experimentalidad de sus enseñanzas. En caso contrario, el alumno encontrará una manifiesta contradicción entre lo que está al alcance del gran público y lo que le ofrece la máxima institución docente e investigadora.

4. El limitado poder de resolución de las imágenes Meteosat y su incapacidad para detectar o analizar con detalle sistemas microescalares.-

El sensor del Meteosat posee un limitado poder de resolución, o, con más propiedad, una pequeña resolución espacial. Esta es de 5 km. en las imágenes IR -las más utilizadas- para el punto subsatélite. Por lo cual, y más en latitudes medias, donde la resolución espacial disminuye algo, las imágenes Meteosat no permiten detectar conjuntos nubosos ni mosaicos térmicos de pequeñas dimensiones, microescalares. Incluso

ciertas células de tormenta, de reducida extensión espacial, aun teniendo un gran espesor y actividad, pueden escapar de la grosera malla de pixels o tener una representación insignificante, por lo que tiende a quitárseles, erróneamente, importancia. Más de una vez tales células han causado en la España mediterránea chubascos de gran intensidad pluviométrica.

En consecuencia, las escalas de aplicación de las imágenes Meteosat, más las recibidas en los equipos sencillos como el descrito, son, sobre todo, la sinóptica o macroescala, la de los grandes conjuntos nubosos, y las mesoescalas alfa y beta, con una dimensión horizontal superior a los 25 km. El alumno ha de tener siempre presente estas consideraciones, para no caer en la tentación de relacionar ciertas formas y conjuntos nubosos visibles desde tierra con los de las imágenes o echar en falta aquéllos, cuando la imagen aparece limpia (esto último al margen de la sabida incapacidad de las imágenes IR para discriminar capas de nubes bajas).

Al contrario de lo que ocurre con la resolución espacial, limitada, más si se tiene en cuenta la que ofrecen otros satélites artificiales, conviene recordar que la resolución temporal, es decir, la frecuencia de cobertura proporcionada por el sensor, o periodicidad en la adquisición de imágenes, es excelente, con relación a aquélla: cada media hora ofrece una nueva imagen.

Por ello la comparación entre dos imágenes sucesivas suele deparar pequeñas diferencias, permitiendo la construcción de secuencias animadas finas, con "saltos" moderados.

5. Las imágenes Meteosat como herramienta complementaria pero no sustitutiva

de los mapas del tiempo en la prognosis meteorológica.-

La irrupción espectacular en los medios de comunicación de las imágenes Meteosat, el poder sintético y dinámico de sus secuencias animadas y la certeza de que son las nubes y no las isobaras los elementos causantes de la lluvia llevan, a menudo, al profano y al propio estudiante universitario en sus primeros pasos de formación climatológica a la conclusión de que tal eficaz herramienta permite sustituir el análisis sinóptico, en la tarea de la previsión meteorológica.

Tal idea debe, evidentemente, ser rechazada, y sustituida por la de la complementariedad entre el mapa del tiempo y la imagen Meteosat.

En efecto, la prognosis meteorológica sigue teniendo su más poderosa y eficiente base en los mapas del tiempo, actuales y previstos, contruidos manualmente o de un modo automático, fruto éstos de cálculos larguísimos y de notable complejidad, sólo realizables en un tiempo que no sobrepase el de la validez de la propia predicción por potentes ordenadores en los centros meteorológicos principales.

Si a muy corto plazo, un par de horas, por ejemplo, las imágenes Meteosat permiten por sí solas establecer, si se posee la suficiente experiencia, una previsión meteorológica aceptable, a medida que aumenta el plazo temporal de validez del pronóstico la información del satélite pierde potencia como herramienta predictiva, mientras que la derivada del análisis sinóptico, aun disminuyendo también su validez, obviamente, la aumenta de un modo relativo con respecto a aquélla. Son los mapas de isalobaras, o de curvas que unen puntos con la misma variación de la presión atmosférica en un determinado intervalo temporal, los que anuncian hacia dónde se espera que se desplacen los mínimos depresionarios o sobre qué áreas se reforzarán las altas presiones, lo que conllevará el desarrollo de la nubosidad en unos casos o su disipación o no presencia en otros. Los mapas del tiempo de superficie y las topografías absolutas y relativas previstos son el resultado de esas variaciones de presión para un futuro próximo. El movimiento en una cierta dirección de las masas nubosas visibles en las imágenes Meteosat no garantiza, o en todo caso lo hace mucho menos que el anterior procedimiento sinóptico, que, al cabo de un cierto período de tiempo, como pueden ser 24 horas, tales masas se sitúen en el área hacia la que se encaminaban.

CONTENIDO GRAFICO Y FOTOGRAFICO PRINCIPAL DEL POSTER: 8 imágenes en color seleccionadas entre las recibidas por el equipo disponible más otras 5 en blanco y negro, mapas del tiempo, esquemas del equipo de recepción y del sistema global de satélites meteorológicos y fotografía del satélite Meteosat.