

ESTUDIO MULTITEMPORAL DE LAS MASAS DE NIEVE EN LA CUENCA DEL TAJO MEDIANTE IMÁGENES NOAA-AVHRR.

Nora Larrea (*), Carmelo Alonso (*), José Antonio Hinojal (**), Victoriano Moreno (*), Luis Pérez (**)

calonso@indra.es

(*). Dept. de Teledetección, INDRA Espacio. C/ Mar Egeo, n° 4. 28850 San Fernando de Henares, MADRID.

(**) C. H. del Tajo. Avda. de Portugal, n° 81. 28071, MADRID.

RESUMEN: El control de la evolución a corto plazo de los procesos de acumulación y fusión de nieve en la cabecera de una cuenca es muy importante tanto para óptima gestión de los embalses como para la previsión de posibles avenidas provocadas por una rápida fusión de la nieve. En esta comunicación presentamos los trabajos realizados en el invierno-primavera de 2003 sobre la medida diaria de la superficie de nieve mediante teledetección en la cuenca del río Tajo y su utilización en el modelo de simulación hidrológica ASTER implantado en la Confederación Hidrográfica del Tajo.

ABSTRACT: The monitoring of the accumulation and melting of snow in the upper end of a catchment area, in short term is very important for the management of reservoirs and for the anticipation of floods originated from the rapid melting of snow. This article presents the searching done during the spring-winter time of the year 2003, on the daily measurement of the snow-covered surface by remote sensing in the basin of the Tajo river and its usage in the ASTER hydrology simulation model by the Confederación Hidrológica del Tajo.

Palabras clave: teledetección, NOAA-L, AVHRR/3, reflectancia, hidrología, simulación.

INTRODUCCIÓN

La medida de la extensión de la cubierta de nieve y su equivalente en agua constituye un dato fundamental para la predicción de la escorrentía superficial derivada de la fusión de la nieve. La previsión sobre el llenado de embalses o la prevención de inundaciones dependen en gran medida del seguimiento diario de la nieve acumulada en la cabecera de la cuenca.

Gracias a un seguimiento permanente y sistemático de los fenómenos atmosféricos, los satélites meteorológicos aportan los datos que, combinados con los obtenidos por estaciones terrestres, permiten elaborar pronósticos y alimentar los modelos numéricos de predicción (Alonso y Moreno, 2002).

En la presente comunicación se describen los trabajos realizados durante el invierno-primavera del presente año 2003, con objeto de realizar el seguimiento diario de la masa de nieve en la cuenca del río Tajo, a partir de imágenes adquiridas por el sensor AVHRR del satélite NOAA-L. Nos centraremos particularmente en el estudio del temporal de nieve producido a principios del mes de enero y que afectó a toda la península.

DATOS DE SATÉLITE Y ZONA DE ESTUDIO

El estudio multitemporal se ha realizado utilizando imágenes diarias correspondientes a la pasada diurna del satélite NOAA-16. Estas imágenes se adquieren entre las 12 y las 14 GMT.

El satélite NOAA-L (16) fue puesto en órbita en septiembre del año 2000, a una altura de aproximadamente 833 km, sobre una órbita helio-síncrona con un ángulo de inclinación de 98.7°.

CANAL	Longitud de onda en μm
Canal 1	0.58 – 0.68
Canal 2	0.725 – 1.0
Canal 3A	1.58 – 1.64
Canal 3B	3.55 – 3.93
Canal 4	10.3 – 11.3
Canal 5	11.5 – 12.5

Tabla 1: Canales de detección del radiómetro AVHRR/3 del NOAA-L.

Entre otros sensores, lleva embarcado el radiómetro de barrido AVHRR/3. Se trata de un radiómetro de seis canales distribuidos entre las

longitudes de onda del visible y el infrarrojo térmico (tabla 1). Su campo de visión instantánea (IFOV), de 1.3 milirradiantes, proporciona una resolución espacial en las imágenes de aproximadamente 1.1 km en el nadir. De los seis canales que registra el sensor, cinco son transmitidos a la estación de recepción terrestre para componer la imagen, ya que los canales 3A y 3B no operan simultáneamente.

El estudio se centró en la parte española de la cuenca del río Tajo, con una superficie total de aproximadamente 55 718 km². Geográficamente, dicha cuenca se extiende según una superficie alargada de Este a Oeste (figura 1), limitada al norte por el Sistema Central, al este por la cordillera Ibérica y al sur por los Montes de Toledo.

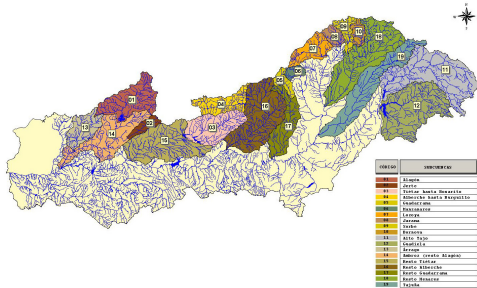


Figura 1: Zona de estudio, cuenca hidrográfica del Tajo y subcuencas para el análisis hidrológico.

Dentro de la cuenca, el estudio hidrológico en el que se analizó la variación diaria de la extensión de la capa de nieve se realizó para 19 subcuencas de la margen derecha del Tajo: desde el Árrago, Alagón y Jerte, en la parte occidental de la cuenca, al alto Tajo en la parte más oriental. Estas subcuencas de cabecera, debido a sus elevadas altitudes medias tienen una importante acumulación nival en otoño-invierno.

COMPORTAMIENTO RADIOMÉTRICO DE LA NIEVE EN LAS IMÁGENES NOAA

La elaboración de los mapas de distribución de nieve y la estimación de las características de la misma a partir de datos obtenidos mediante teledetección por satélite exige que la podamos distinguir de otras coberturas de la superficie terrestre y de las nubes (Alonso y Moreno, 1996).

En el rango de las longitudes de onda entre el infrarrojo medio (2.5 μm) y el visible (0.5 μm),

la variación de la respuesta espectral del agua en estado sólido, contenida en la nieve, y el vapor de agua, contenido en las nubes, presenta una diferencia de varios órdenes de magnitud (figura 2).

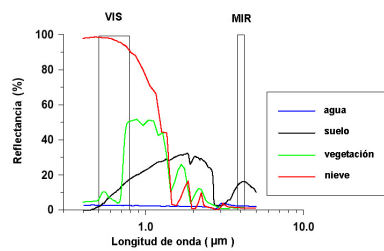


Figura 2: Comportamiento radiométrico de la nieve comparado con otras coberturas.

Gracias a esta diferencia, en el canal 1 del AVHRR/3 la nieve es más “brillante” que cualquier otra superficie natural, mientras que en el canal 3 la reflectividad de las nubes sigue siendo alta, cayendo a valores próximos a cero para la nieve (figura 3).

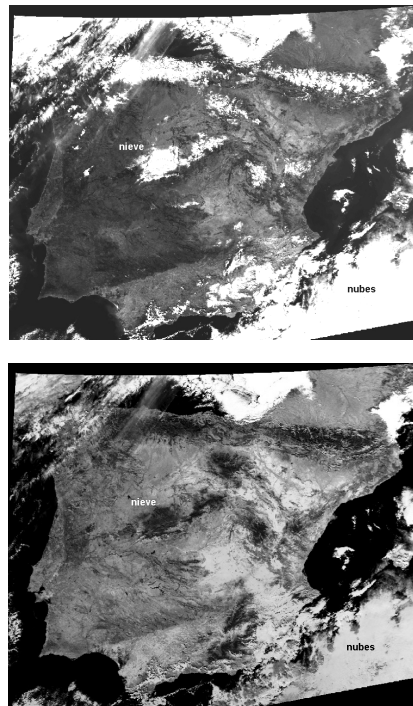


Figura 3: Comparación entre los canales 1 (arriba) y 3A (abajo) en la imagen NOAA-L del 15/01/03.

METODOLOGÍA Y ANÁLISIS DE LOS DATOS

Las imágenes se reciben a través de una antena HRPT. Se procesan posteriormente con los software SIAMIV y ERDAS Imagine 8.5.

Las imágenes son proyectadas en coordenadas UTM (huso 30), elipsoide/datum ED-50. A todas es necesario ajustarlas posteriormente a la línea de costa de la BCN200.

La nieve se extrae a partir de la combinación de los canales 1, 2, 3 en RGB, digitalizando sobre la imagen la superficie ocupada por la misma. Esta combinación de canales permite identificar la nieve, discriminándola incluso de las nubes gracias a su intenso color amarillo (figura 4).

Una vez digitalizada la extensión de la cubierta de nieve, se calcula la superficie para cada subcuenca y según diferentes intervalos de cotas. Con esta información se elabora el correspondiente informe.

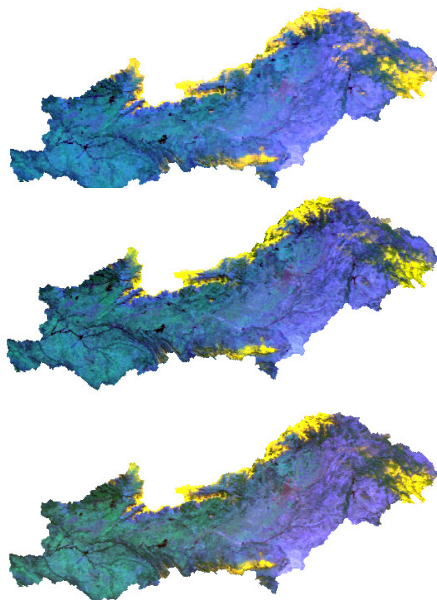


Figura 4: Secuencia de imágenes NOAA diarias correspondiente a la semana del 14 al 16 de enero.

Como primera actuación por parte de la Confederación Hidrográfica del Tajo, se envía un

fichero de temperaturas medias, máximas y mínimas de cada día para su contraste con la imagen NOAA y la obtención del correspondiente mapa de temperaturas.

Una vez realizado todo el proceso de georreferenciación, digitalización, cálculo de superficies y preparación de los informes e imágenes, la metodología seguida por la CHT con dicha información es la siguiente:

En primer lugar se vuelca toda esta información en la Intranet del SAIH (Sistema Automático de Información Hidrológica) para consulta.

En segundo lugar se contrasta la información obtenida mediante teledetección con los datos existentes en el SAIH de la cuenca del Tajo, sobre todo con los proporcionados por los telenivómetros (medidores de equivalencia en agua) automáticamente.

Una vez analizada y validada dicha información, se vuelca en el modelo de fusión de nieve implantado en la cuenca del Tajo ASTER, para obtener como objetivo principal la estimación del volumen de nieve acumulada en las diferentes subcuencas de estudio (Pérez et alii., 1998). En la figura 5 se muestra la salida gráfica del modelo ASTER para la subcuenca del Alberche, en la que se puede comparar para el período del 1/11/2002 al 28/2/2003, los datos de precipitación en mm, temperatura en °C, volumen de agua acumulada en forma de nieve (hm^3) y caudales calculados y observados en m^3/s .

Este modelo, a partir de los datos de precipitación y temperaturas registrados por la red de puntos de control del SAIH, obtiene unos caudales calculados en los puntos de cierre de las subcuencas de estudio (suelen coincidir con embalses), así como la curva de evolución de la nieve acumulada (figura 6).

El calibrado del modelo tiene dos procesos: el primero rige los parámetros del fenómeno de fusión/acumulación de la nieve, y el segundo el ajuste de la cota real de comienzo de nieve y la equivalencia en agua de la capa nival.

El resultado del modelo son los caudales calculados en los puntos de cierre de las subcuencas, y que son comparados estadísticamente con los caudales observados por el SAIH en esos embalses.

Gráficos Generales

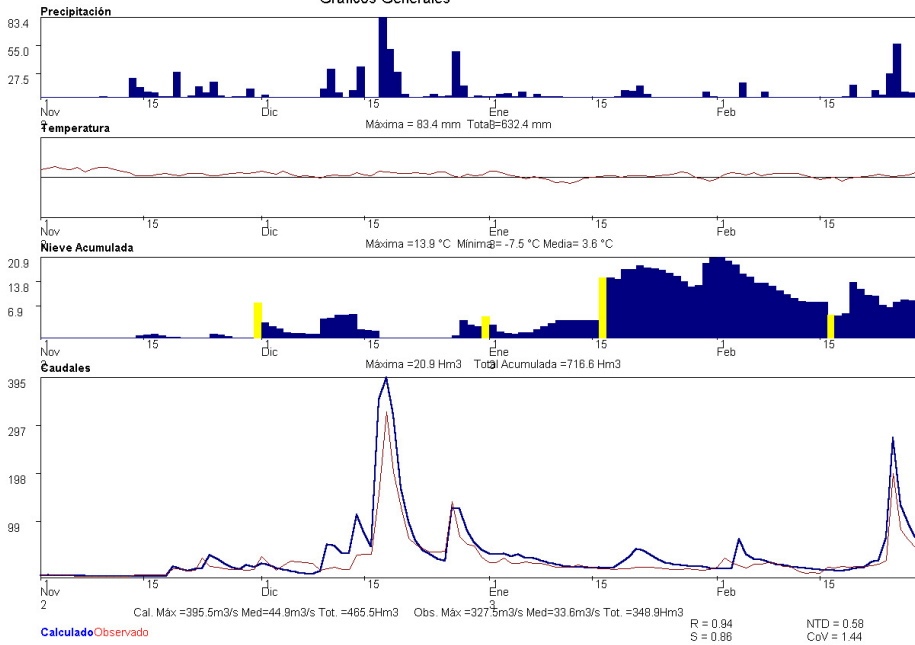


Figura 5: Salida gráfica del modelo ASTER para la subcuenca del río Alberche.

En la figura 6 se representan los valores de precipitación, temperatura y nieve acumulada para el periodo del 9 al 31 de enero de 2003. En ella se puede comprobar el ajuste de la nieve acumulada el día 16 gracias a la información obtenida mediante teledetección, así como la fusión de esa nieve acumulada, durante los días posteriores motivado por una subida de las temperaturas y el registro de unas precipitaciones intensas.

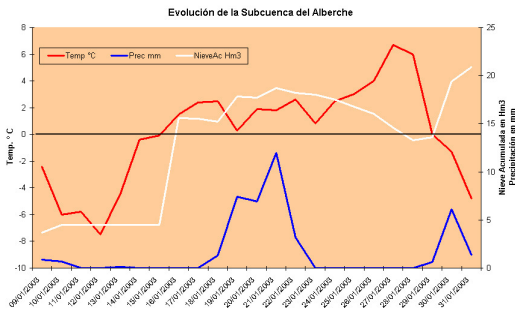


Figura 6: Valores de precipitación, temperatura y nieve acumulada para el mes de enero de 2003.

CONCLUSIONES

Como conclusión del trabajo realizado se ha puesto de manifiesto la ventaja de utilizar la información obtenida de las imágenes NOAA diarias como dato de entrada en el modelo de simulación de fusión de nieve. Conocida la superficie ocupada por la cubierta de nieve diariamente, puede introducirse como dato en el modelo de fusión que, una vez calibrado, proporciona con suficiente precisión el volumen de agua acumulado.

BIBLIOGRAFÍA

Alonso, C. y Moreno, V., 1996. *Análisis multitemporal de imágenes Landsat-TM en la cartografía de las masas de hielo y nieve aplicada a la modelización hidrológica*. Revista de Teledetección. 1996. 7: 35-47.

Alonso, C. y Moreno, V., 2002. *Satélites, clima y glaciares*. Investigación y Ciencia, mayo 2002, 76-83.

Pérez, L. et alii, 1998. *The ASTER-ERHIN system in the winter flooding management*. Congreso Internacional de Nuevas Tendencias y Guías sobre Seguridad de Presas. Barcelona, 17 al 19 de julio.