

Generación automática de mapas de emisividad para el sensor AATSR

Automatic generation of emissivity maps for AATSR sensor

E. Caselles¹, F. Abad¹, E. Valor², J.M. Galve² y V. Caselles²
edu@casell.es

¹*Departamento de Sistemas Informáticos y Computación, Universidad Politécnica de Valencia.
Camino de Vera s/n. 46022 Valencia.*

²*Departamento de Física de la Tierra y Termodinámica, Universidad de Valencia.
C/ Dr. Moliner, 50. 46100 Burjassot, Valencia.*

Recibido el 06 de abril de 2009, aceptado el 08 de septiembre de 2009

RESUMEN

La medida a distancia de la temperatura de la superficie terrestre desde satélites ofrece una visión global de esta magnitud de forma continua y periódica. El estudio de su evolución en el tiempo y el espacio es determinante en la predicción meteorológica, la detección de incendios forestales, el cambio climático, etc. El problema fundamental de realizar esta medida a partir de datos de satélite es la necesidad de corregir los efectos producidos por la atmósfera y la emisividad de la superficie. En este trabajo, estas correcciones se han realizado empleando un algoritmo de tipo split-window. El objetivo principal fue definir un método de cálculo de cobertura vegetal e implementar un sistema que lo aplicase para calcular y generar automáticamente mapas de emisividad terrestre a partir de las imágenes del sensor AATSR a bordo del satélite Envisat. La validación de estos mapas se realizó comparando los resultados de la aplicación con medidas de anteriores campañas experimentales, llevadas a cabo en la zona de arrozales de Valencia. La importancia de este trabajo radica en que, hasta ahora, no existían mapas específicos para este sensor.

PALABRAS CLAVE: LST, mapas de emisividad, cobertura vegetal, AATSR, GlobCover.

ABSTRACT

The remote sensing measurement of the land surface temperature from satellites provides an overview of this magnitude on a continuous and regular basis. The study of its evolution in time and space is a critical factor in many scientific fields such as weather forecasting, detection of forest fires, climate change, and so on. The main problem of making this measurement from satellite data is the need to correct the effects of the atmosphere and the surface emissivity. In this work, these corrections have been made using a split-window algorithm. The aim was to define an enhanced vegetation cover method and develop a system that used it, in order to automatically calculate and generate maps of land surface emissivity from images of the AATSR onboard the Envisat satellite. Its validation was made by comparing the obtained results and the values measured in previous field campaigns carried out in the area of rice fields of Valencia, Spain. The importance of this work is that no maps for this specific sensor were available until now.

KEYWORDS: LST, surface emissivity maps, vegetation cover, AATSR, GlobCover.

INTRODUCCIÓN

La medida a distancia de la temperatura de la superficie terrestre, desde satélites artificiales, ofrece la posibilidad de obtener una visión global de esta magnitud de forma continua y periódica. Permitiendo el estudio de su evolución en el tiempo y el espacio, factor determinante con importantes aplicaciones en diversos campos científicos como la predicción meteorológica, la detección de incendios forestales, el cambio climático, etc.

El problema fundamental de realizar esta medida a partir de datos de satélite es la necesidad de corregir en los mismos, los efectos debidos a la absorción de la atmósfera y a la emisividad de la superficie medida. Estas correcciones se realizarán empleando un algoritmo de tipo split-window, que tiene una dependencia explícita con la emisividad.

Por lo tanto, el principal objetivo del trabajo consistía en definir un método de cálculo de cobertura vegetal mejorado que permitiese implementar un sistema para calcular y generar, de la forma más automática posible, mapas de emisividad, a partir de las imágenes medidas por el sensor AATSR (*Advanced Along Track Scanning Radiometer*) del satélite Envisat.

La importancia de este trabajo radica en que hasta ahora, no existían mapas específicos para este sensor. Por lo que este artículo se ha centrado en realizarlos para el territorio europeo, con vistas a poder obtenerlos a nivel mundial en el futuro.

El procedimiento actualmente existente (global, operativo y respaldado por la ESA) para obtener la emisividad de cada pixel AATSR provoca errores sistemáticos para la determinación de la temperatura de 2 a 5K (Coll *et al.* 2009), mostrando que la clasificación y los mapas de proporción de vegetación hechos con una resolución de 0'5° x 0'5° podrían mejorarse y proporcionarse a la misma resolución espacial de las imágenes AATSR (1km x 1km). Éste es el motivo del presente artículo.

METODOLOGÍA

Hasta el momento, se han propuesto numerosos métodos para estimar la emisividad de la superficie terrestre basados en ideas diferentes. Los principales inconvenientes que presenta la mayoría de ellos, si tenemos como objetivo final el cálculo automático de esta magnitud, son: (i) su complejidad, ya que son difíciles de aplicar operativamente, acarre-

ando grandes cálculos computacionales; (ii) su error, puesto que en los algoritmos complejos se da una mayor propagación de errores; y (iii) sus errores sistemáticos, que pueden ser introducidos si las aproximaciones del modelo no se cumplen exactamente.

Por ello, en este trabajo se ha empleado el uso de un método operativo mejorado, matemáticamente simple y sin errores sistemáticos importantes, para estimar la emisividad a partir de imágenes de satélite, inspirado en los resultados de Valor y Caselles (1996), quienes obtuvieron una relación entre la emisividad térmica y el Índice de Vegetación de Diferencia Normalizada (NDVI). En el presente trabajo presentamos el nuevo algoritmo y lo aplicamos a diferentes tipos de vegetación, realizando todos los cálculos de forma automática, mediante el sistema informático implementado.

Cálculo de la emisividad

Como ya hemos dicho, para la producción de los mapas de emisividad, partimos del modelo presentado en Valor y Caselles (1996), del que obtenemos la siguiente ecuación, que nos permite calcular la emisividad efectiva en una superficie heterogénea, a partir de los usos de suelo en dicha superficie y el porcentaje de cobertura vegetal que contiene.

$$\varepsilon = \varepsilon_v P_v + \varepsilon_s (1 - P_v) + 4 \langle d\varepsilon \rangle P_v (1 - P_v) \quad (1)$$

donde ε_v y ε_s son las emisividades de la vegetación y del suelo, respectivamente, $\langle d\varepsilon \rangle$ es el término de cavidad efectiva y P_v es el porcentaje de cobertura vegetal.

Por tanto, necesitamos conocer la emisividad de las superficies puras (ε_v y ε_s), es decir, de la vegetación y del suelo existente bajo ella, así como el factor de cavidad ($\langle d\varepsilon \rangle$). Puesto que no se dispone de medidas de campo de todo el planeta y nuestro sistema está orientado a ser aplicado a nivel internacional, lo único que podíamos hacer era basarnos en valores medios obtenidos teniendo en cuenta cuáles son los intervalos de variación, experimentalmente observados. Para ello, elaboramos la tabla de datos de usos de suelo, como se describe más adelante.

Para la estimación de la proporción de cobertura vegetal (P_v), incluida en una superficie determinada, necesitamos los valores de reflectividad tomados en

los canales del rojo y del infrarrojo medio. De esta forma, podemos usar la siguiente relación para calcularla:

donde i es el NDVI (Normalized Difference Vegeta-

$$P_v = \frac{1 - \frac{i}{i_s}}{\left(1 - \frac{i}{i_s}\right) - K \left(1 - \frac{i}{i_v}\right)} \quad (2)$$

tion Index) de la superficie considerada, i_v e i_s son los valores del NDVI obtenidos son una superficie vegetada y otra desprovista de vegetación, respectivamente, y K viene dado por:

siendo ρ_{2v} y ρ_{1v} las reflectividades medidas sobre

$$K = \frac{\rho_{2v} - \rho_{1v}}{\rho_{2s} - \rho_{1s}} \quad (3)$$

vegetación en el infrarrojo próximo y el rojo, respectivamente, y ρ_{2s} y ρ_{1s} las mismas medidas efectuadas sobre una superficie de suelo sin vegetación.

Clasificación de usos de suelo

Con el fin de determinar los coeficientes del modelo dependientes de los tipos de suelo y vegetación, en primer lugar, se realizó un estudio de las distintas clasificaciones de usos de suelo ya existentes, destacando Corine Land Cover de la Agencia Europea del Medioambiente e Ionia GlobCover de la Agencia Espacial Europea. El propósito era poder confeccionar, a partir de ellas, una colección propia de clases de suelo, más concreta y adecuada a la finalidad del proyecto. Al final, se ha decidido emplear el segundo por la actualidad de su última versión 2.2 (año 2008) y su resolución espacial (300 metros).

Posteriormente, siguiendo la metodología explicada por la FAO en el libro Land Cover Classification Systems (Di Gregorio y Jansen, 2000) se ha establecido un conjunto de clases basado en la clasificación GlobCover, obtenida a partir de datos del sensor MERIS con una resolución espacial de 300 m (Bicheron *et al.*, 2008).

A partir de las 22 clases iniciales se ha llevado a cabo una reducción a 10 clases teniendo en cuenta las similitudes entre clases afines desde el punto de vista de los elementos que la componen y su estruc-

tura típica. Para cada clase correspondiente a zonas con vegetación se han calculado valores medios de los coeficientes ε_v y ε_s en cada banda espectral (11 y 12 μm) a partir de los espectros de emisividad para suelos y vegetación proporcionados en la versión 2 de la librería espectral de ASTER (Baldrige *et al.*, 2009).

Junto a estos coeficientes se ha calculado un valor medio del término de cavidad ($\langle d\varepsilon \rangle$), teniendo en cuenta la estructura de cada tipo de vegetación según su descripción en la clasificación GlobCover (Bicheron *et al.*, 2008), siguiendo el procedimiento definido en Valor y Caselles (2005). Para el caso de las superficies de agua, nieve y hielo, o suelo sin vegetación, se han asignado directamente los valores de emisividad a partir de las muestras correspondientes de la librería ASTER. En el caso de zonas urbanas se ha utilizado el valor efectivo propuesto por Valor *et al.* (2000) determinado a partir de los valores de emisividad de materiales urbanos (principalmente hormigón, asfalto, cerámica) y de la estructura de edificios. La Tabla 1 muestra las clases definidas, su descripción, y la relación de coeficientes aplicables a la ecuación (1).

El sistema informático desarrollado

El software que se encarga de producir los mapas de emisividad parte de la imagen de clasificación de usos de suelo, la información derivada de cada tipo de suelos y de las diversas imágenes AATSR de la zona de la que se quiera producir el mapa. Extra- yendo la información requerida de cada una de ellas, para poder aplicar el modelo matemático anterior, como explicamos a continuación (ver Figura 1).

Las imágenes AATSR tienen un formato propio que está definido en la especificación del propio sensor. De ellas, se extraen las coordenadas que delimitan la superficie estudiada por dicha imagen y los valores medidos por cada canal del sensor.

La imagen con la clasificación de suelo de GlobCover v2.2 (Bicheron *et al.* 2008), a nivel mundial, emplea el formato GeoTIFF (Ritter y Ruth 2000) y se utiliza para obtener la clase de suelo de un pixel dado, a partir de las coordenadas de las imágenes AATSR. Cabe destacar, que esta imagen tiene una resolución espacial de 300 m, mientras que las producidas por el sensor la tienen de 1 km. Por lo que el sistema ha sido dotado de un algoritmo de interpolación por proporción de área ocupada, para ser capaz de combinarlas, a partir de las coordenadas geográficas de ambas (ver Figura 2).

Clase de emisividad	AATSR-11 μm	AATSR-12 μm
Flooded vegetation/ crops/grasslands	$\epsilon_v = 0,983 \pm 0,005$	$\epsilon_v = 0,989 \pm 0,005$
	$\epsilon_s = 0,970 \pm 0,005$ (suelo)	$\epsilon_s = 0,977 \pm 0,004$ (suelo)
	$\epsilon_s = 0,991 \pm 0,001$ (agua)	$\epsilon_s = 0,985 \pm 0,001$ (agua)
	$\langle d\epsilon \rangle = 0$	$\langle d\epsilon \rangle = 0$
Flooded forest/shrubland	$\epsilon_v = 0,981 \pm 0,008$	$\epsilon_v = 0,982 \pm 0,009$
	$\epsilon_s = 0,970 \pm 0,005$ (suelo)	$\epsilon_s = 0,977 \pm 0,004$ (suelo)
	$\epsilon_s = 0,991 \pm 0,001$ (agua)	$\epsilon_s = 0,985 \pm 0,001$ (agua)
	$\langle d\epsilon \rangle = 0,014 \pm 0,004$ (suelo)	$\langle d\epsilon \rangle = 0,010 \pm 0,003$ (suelo)
	$\langle d\epsilon \rangle = 0,004 \pm 0,001$ (agua)	$\langle d\epsilon \rangle = 0,007 \pm 0,002$ (agua)
Croplands/grasslands	$\epsilon_v = 0,983 \pm 0,005$	$\epsilon_v = 0,989 \pm 0,005$
	$\epsilon_s = 0,970 \pm 0,005$ (suelo)	$\epsilon_s = 0,977 \pm 0,004$ (suelo)
	$\langle d\epsilon \rangle = 0$	$\langle d\epsilon \rangle = 0$
Shrublands	$\epsilon_v = 0,981 \pm 0,008$	$\epsilon_v = 0,982 \pm 0,009$
	$\epsilon_s = 0,970 \pm 0,005$ (suelo)	$\epsilon_s = 0,977 \pm 0,004$ (suelo)
	$\langle d\epsilon \rangle = 0,014 \pm 0,004$ (suelo)	$\langle d\epsilon \rangle = 0,010 \pm 0,003$ (suelo)
Broadleaved/needleleaved deciduous forest	$\epsilon_v = 0,973 \pm 0,005$	$\epsilon_v = 0,973 \pm 0,005$
	$\epsilon_s = 0,970 \pm 0,005$ (suelo)	$\epsilon_s = 0,977 \pm 0,004$ (suelo)
	$\langle d\epsilon \rangle = 0,019 \pm 0,006$	$\langle d\epsilon \rangle = 0,015 \pm 0,004$
Broadleaved/needleleaved evergreen forest	$\epsilon_v = 0,989 \pm 0,005$	$\epsilon_v = 0,991 \pm 0,005$
	$\epsilon_s = 0,970 \pm 0,005$ (suelo)	$\epsilon_s = 0,977 \pm 0,004$ (suelo)
	$\langle d\epsilon \rangle = 0,019 \pm 0,005$	$\langle d\epsilon \rangle = 0,015 \pm 0,004$
Urban area	$\epsilon = 0,969 \pm 0,006$	$\epsilon = 0,976 \pm 0,004$
Bare rock	$\epsilon = 0,93 \pm 0,05$	$\epsilon = 0,95 \pm 0,05$
Water	$\epsilon = 0,991 \pm 0,001$ (agua)	$\epsilon = 0,985 \pm 0,001$ (agua)
Snow and ice	$\epsilon = 0,990 \pm 0,004$	$\epsilon = 0,971 \pm 0,014$

Tabla 1. Tabla de emisividades según usos de suelo, con los valores de los parámetros del modelo para los canales 11 y 12 μm .

Clase de emisividad	Clase GLC	Descripción GLC
Flooded	11	Post-flooding or irrigated croplands (or aquatic)
vegetation/crops/grasslands	13	Post-flooding or irrigated herbaceous crops
	180	Closed to open (>15%) grassland or woody vegetation on regularly flooded or waterlogged soil - Fresh, brackish or saline water
	185	Closed to open (>15%) grassland on regularly flooded or waterlogged soil - Fresh or brackish water
Flooded forest/shrubland	170	Closed (>40%) broadleaved forest or shrubland permanently flooded - Saline or brackish water
Croplands/grasslands	14	Rainfed croplands
	15	Rainfed herbaceous crops
	20	Mosaic cropland (50-70%) / vegetation (grassland/shrubland/forest) (20-50%)
	21	Mosaic cropland (50-70%) / grassland or shrubland (20-50%)
	120	Mosaic grassland (50-70%) / forest or shrubland (20-50%)
	140	Closed to open (>15%) herbaceous vegetation (grassland, savannas or lichens/mosses)
	141	Closed (>40%) grassland
	150	Sparse (<15%) vegetation
	151	Sparse (<15%) grassland
Shrublands	16	Rainfed shrub or tree crops (cash crops, vineyards, olive tree, orchards...)
	30	Mosaic vegetation (grassland/shrubland/forest) (50-70%) / cropland (20-50%)
	130	Closed to open (>15%) (broadleaved or needleleaved, evergreen or deciduous) shrubland (<5m)
	131	Closed to open (>15%) broadleaved or needleleaved evergreen shrubland (<5m)
	134	Closed to open (>15%) broadleaved deciduous shrubland (<5m)
	152	Sparse (<15%) shrubland
Broadleaved/needleleaved	40	Closed to open (>15%) broadleaved evergreen or semi-deciduous forest (>5m)
deciduous forest	41	Closed (>40%) broadleaved deciduous forest (>5m)
	50	Closed (>40%) broadleaved deciduous forest (>5m)
	60	Open (15-40%) broadleaved deciduous forest/woodland (>5m)
	90	Open (15-40%) needleleaved deciduous or evergreen forest (>5m)
	91	Open (15-40%) needleleaved deciduous forest (>5m)
Broadleaved/needleleaved	32	Mosaic forest (50-70%) / cropland (20-50%)
evergreen forest	70	Closed (>40%) needleleaved evergreen forest (>5m)
	92	Open (15-40%) needleleaved evergreen forest (>5m)
	100	Closed to open (>15%) mixed broadleaved and needleleaved forest (>5m)
	101	Closed (>40%) mixed broadleaved and needleleaved forest (>5m)
	110	Mosaic forest or shrubland (50-70%) / grassland (20-50%)
Urban area	190	Artificial surfaces and associated areas (Urban areas >50%)
Bare rock	200	Bare areas
	201	Consolidated bare areas (hardpans, gravels, bare rock, stones, boulders)
	202	Non-consolidated bare areas (sandy desert)
	203	Salt hardpans
Water	210	Water bodies
Snow and ice	220	Permanent snow and ice
	230	No data (burnt areas, clouds,...)

Tabla 2. Tabla con las correspondencias entre las clases del producto globcover para Europa Occidental y las clases de la Tabla de emisividades (Tabla 1).

Por tanto, para cada imagen del sensor, el sistema procesa sus píxeles uno a uno, adquiriendo las reflectividades (en los canales rojo e infrarrojo) de cada uno de ellos y aplicando el modelo mencionado para obtener la emisividad. De modo que, una vez procesados todos los píxeles de la imagen AATSR, se genera un mapa con las emisividades calculadas, para la misma superficie originaria que había sido

medida por el sensor.

Finalmente, el sistema produce un fichero de salida, siguiendo también el formato GeoTIFF, en el que se almacenan: el mapa de emisividad medio, la banda de confianza, el mapa de usos de suelo, el de NDVI y el de cobertura vegetal (P_v).

El lector interesado podrá pedir al autor principal copia de este programa, si así lo desea.

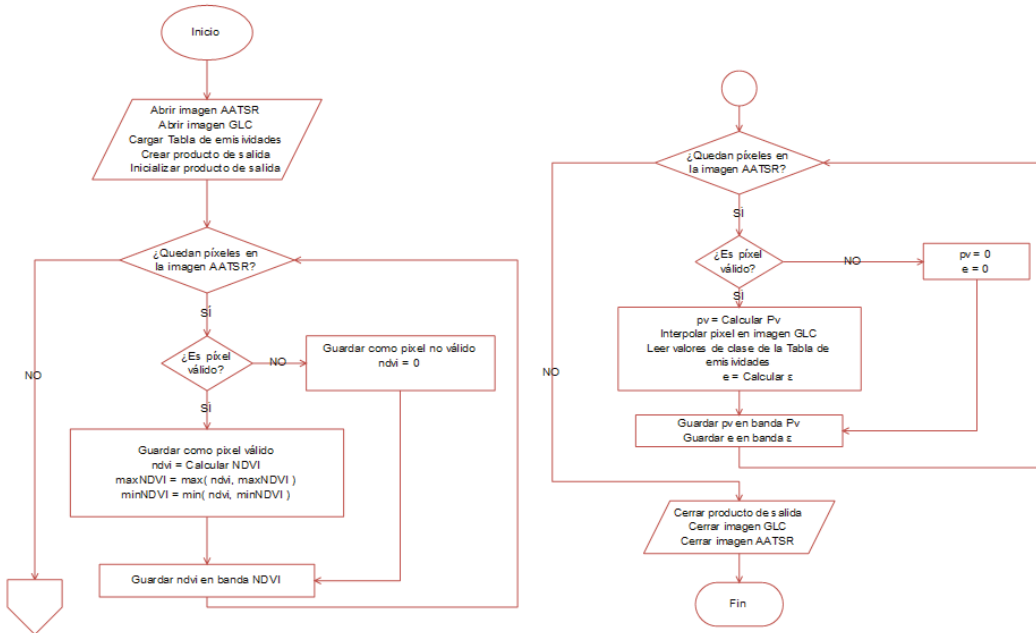


Figura 1. Diagrama de flujo principal del sistema encargado de producir los mapas de emisividad.

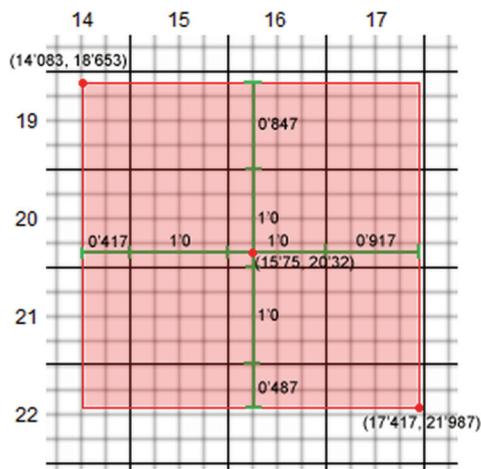


Figura 2. Ejemplo de píxel AATSR de 1km de resolución interpolado en píxeles GLC de 300m, según el algoritmo de interpolación por proporción de áreas ocupadas.

RESULTADOS

A continuación se presentan, como ejemplo, los mapas producidos por el sistema, a partir de una imagen AATSR de la Comunidad Valenciana (España).

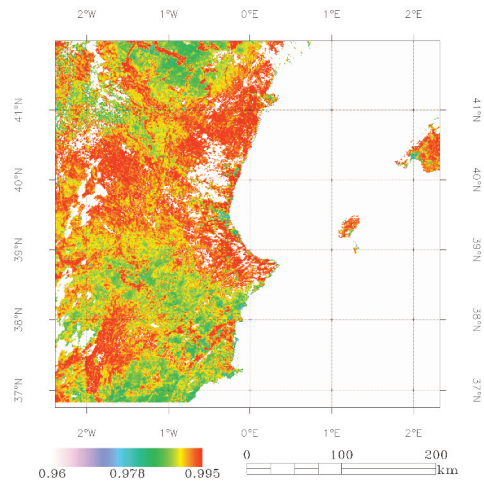


Figura 3. Mapa de emisividad media para el sensor AATSR, entre los canales 11µm y 12µm, de la Comunidad Valenciana (20/07/2007).

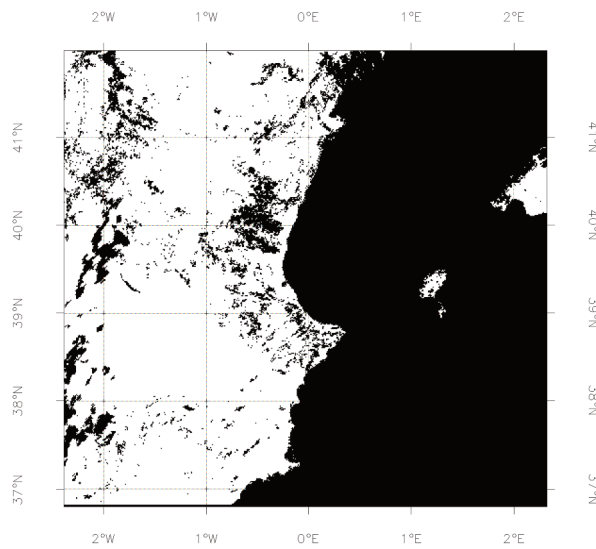


Figura 4. Banda de confianza del producto anterior (pixel blanco válido, negro incorrecto).

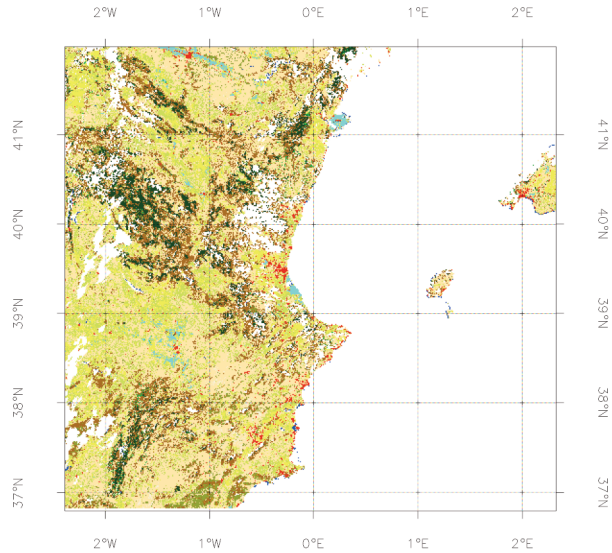


Figura 5. Mapa de usos de suelo (según el GLC 2.2) de la Comunidad Valenciana (20/07/2007).

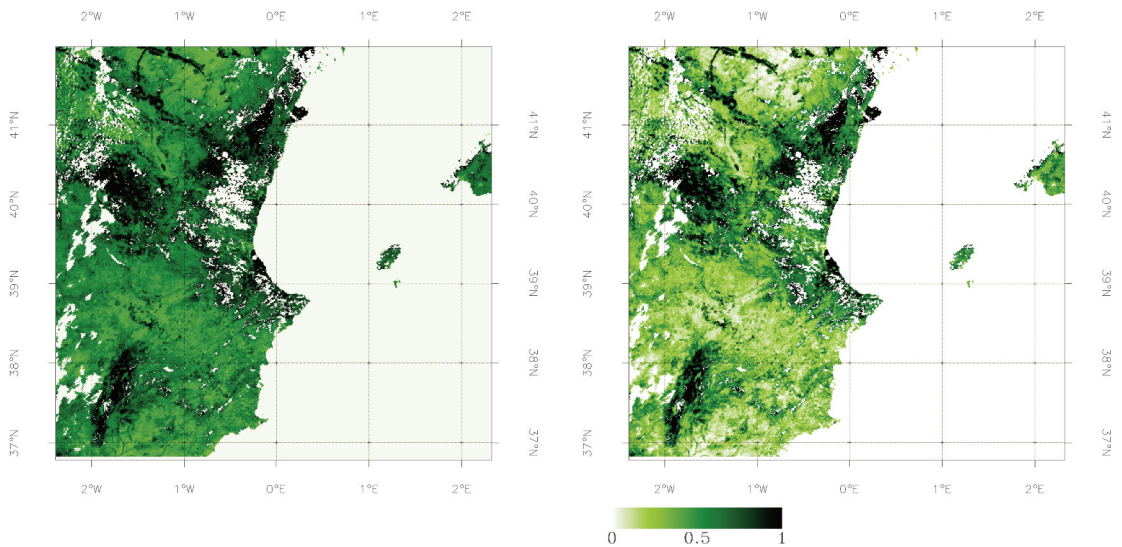


Figura 6. Mapas de NDVI y cobertura vegetal, respectivamente, de la Comunidad Valenciana (20/07/2007).

Análisis de sensibilidad

Para efectuar el análisis de sensibilidad hemos definido el error absoluto de la emisividad a partir de los errores de las variables involucradas en el problema como:

$$\delta\epsilon = \sum_{i=1}^n \left| \frac{\partial\epsilon}{\partial x_i} \right| \delta x_i \tag{4}$$

donde hemos considerado la existencia de dependencias entre algunas de las variables implicadas. Así, el error de la emisividad efectiva vendrá dada por:

$$\begin{aligned} \delta\epsilon_1 = & \left| \frac{\partial\epsilon_1}{\partial\epsilon_{iv}} \right| \delta\epsilon_{iv} + \left| \frac{\partial\epsilon_1}{\partial\epsilon_{is}} \right| \delta\epsilon_{is} + \left| \frac{\partial\epsilon_1}{\partial P_v} \right| \delta P_v + \\ & + \left| \frac{\partial\epsilon_1}{\partial P_p} \right| \delta P_p + \left| \frac{\partial\epsilon_1}{\partial S} \right| \delta S + \left| \frac{\partial\epsilon_1}{\partial H} \right| \delta H \end{aligned} \tag{5}$$

donde cada uno de los coeficientes de la ecuación es:

$$\begin{aligned} \frac{\partial\epsilon_1}{\partial\epsilon_{iv}} = & P_v + (1 - \epsilon_{is}) \cdot F \cdot (1 - P_v) - \\ & - \epsilon_{is} \cdot G \cdot P_p + (1 - 2\epsilon_{iv}) \cdot F \cdot P_p \end{aligned} \tag{6}$$

$$\frac{\partial\epsilon_1}{\partial\epsilon_{is}} = (1 - \epsilon_{iv}) \cdot F \cdot (1 - P_v) + (1 - \epsilon_{iv}) \cdot G \cdot P_p \tag{7}$$

$$\frac{\partial\epsilon_1}{\partial P_v} = \epsilon_{iv} - \epsilon_{is} - (1 - \epsilon_{is}) \cdot \epsilon_{iv} \cdot F \tag{8}$$

$$\frac{\partial\epsilon_1}{\partial P_p} = (1 - \epsilon_{iv}) \cdot (\epsilon_{is} \cdot G + \epsilon_{iv} \cdot F) \tag{9}$$

$$\begin{aligned} \frac{\partial\epsilon_1}{\partial S} = & (1 - \epsilon_{is}) \cdot \epsilon_{iv} \cdot (1 - P_v) \cdot \left[\frac{\frac{H^2}{S^3}}{\sqrt{1 + \left(\frac{H}{S}\right)^2}} - \frac{H}{S^2} \right] + \\ & + (1 - \epsilon_{iv}) \cdot P_p \cdot \left[\frac{\frac{S}{H} - \frac{H^2}{\sqrt{1 + \left(\frac{S}{H}\right)^2}}}{H} \right] \cdot \left(\frac{1}{2} \epsilon_{is} - \epsilon_{iv} \right) \end{aligned} \tag{10}$$

$$\frac{\partial\epsilon_1}{\partial H} = (1 - \epsilon_{is}) \cdot \epsilon_{iv} \cdot (1 - P_v) \cdot \left[\frac{1}{S} - \frac{\frac{H}{S^2}}{\sqrt{1 + \left(\frac{H}{S}\right)^2}} \right] +$$

$$+ (1 - \epsilon_{iv}) \cdot P_p \cdot \left[\frac{\frac{S^2}{H^3}}{\sqrt{1 + \left(\frac{S}{H}\right)^2}} - \frac{S}{H^2} \right] \cdot \left(\frac{1}{2} \epsilon_{is} - \epsilon_{iv} \right) \tag{11}$$

Eligiendo un caso medio correspondiente a una superficie con porcentaje de cobertura vegetal del 50% y suponiendo condiciones óptimas de aplicación para el método, esto es, conocimiento suficiente del área de estudio, Caselles *et al.* (1997) llegan a que el error del método para los canales centrados en 11 y 12 μm es de ±0,005.

Validación con datos de suelo

La validación del sistema se llevó a cabo comparando los datos de los mapas de emisividad (Caselles

et al. 2009), con las medidas realizadas por el método de la caja (Rubio *et al.* 1997) en campañas experimentales llevadas a cabo en la zona de arrozales de Valencia (Coll *et al.* 2005). Comparando ambos valores se ha obtenido una diferencia inferior al 1% (ver Tabla 3), lo que en temperatura representa un error de $\pm 0,5$ K (Mira *et al.* 2007).

Canal (μm)	Valor experimental	Valor calculado
10,5-11,5	$0,985 \pm 0,002$	$0,982 \pm 0,001$
11,5-12,5	$0,980 \pm 0,005$	$0,988 \pm 0,002$

Tabla 3. Comparación de valores experimentales y calculados, para las emisividades de los canales centrados en 11 y 12 μm .

CONCLUSIONES

En este trabajo hemos conseguido que, de forma totalmente automática, se pueda determinar la emisividad terrestre, con un error del 1%. Aunque lo hemos validado en la zona de Valencia, comprobando que se comete dicho error; en un futuro esperamos poder validarlo con medidas de campo de otras zonas de España.

Por otro lado, como ya se ha mencionado brevemente al comienzo de este documento, este producto se utilizará como entrada a un algoritmo de tipo split-window, con el fin de corregir el efecto de la atmósfera en las medidas térmicas y así poder obtener, finalmente, la temperatura de la superficie terrestre automáticamente, con un error de $\pm 0,5$ K (Mira *et al.* 2007).

AGRADECIMIENTOS

Los autores queremos agradecer la financiación recibida del Ministerio de Ciencia e Innovación (a través del Proyecto CGL2007-64666/CLI, de la Acción Complementaria CGL2007-29819-E y de la beca FPI de J. M. Galve) y a la Generalitat Valenciana (a través del proyecto PROMETEO/2009|086). Así mismo, agradecemos también las sugerencias realizadas por el Prof. C. Coll, el Dr. J. M. Sánchez, M. Mira, V. García, M.M. Bisquert y C. Doña, de la Universidad de Valencia.

REFERENCIAS

BALDRIDGE, A. M., HOOK, S. J., GROVE, C. I. Y RIVERA, G., 2009. The ASTER Spectral

Library Version 2.0. *Remote Sensing of Environment*, (en prensa).

BICHERON, P., HUC, M., HENRY, C., BONTEMPS, S. AND LACAUX, J. P., 2008. Globcover: Products Description Manual. Issue 2, Rev. 2.

CASELLES, E., ABAD, F., VALOR, E., GALVE, J. M. Y CASELLES, V., 2009, An enhanced vegetation cover method for automatic generation of land surface emissivity maps, SPIE OP090 Optical Engineering + Applications Symposium, San Diego (USA), 2-6 agosto. (Aceptado).

CASELLES, V., COLL, C., VALOR, E. Y RUBIO, E., 1997. Thermal band selection for the PRISM instrument 2. Analysis and Comparison of the existing atmospheric and emissivity correction methods for land surface temperature recovery, *Journal of Geophysical Research*, 102(D16): 19.611–19.627.

COLL, C., CASELLES, V., GALVE, J. M., VALOR, E., NICLÒS, R., SÁNCHEZ, J. M. Y RIVAS, R., 2005. Ground measurements for the validation of land surface temperatures derived from AATSR and MODIS data. *Remote Sensing of Environment*, 97, 288-300.

COLL, C., VALOR, E., GALVE, J.M., MIRA, M., BISQUERT, M., GARCÍA, V., CASELLES, E. Y CASELLES, V., 2009. Long-term accuracy assessment of land surface temperatures derived from the Advanced Along-Track Scanning Radiometer, *Remote Sensing of Environment*, (aceptado).

DI GREGORIO, A. Y JANSEN, L., 2000. Land Cover Classification System (LCCS): Classification Concepts and User. *FAO Corporate Document Repository*.

MIRA, M., VALOR, E., BOLUDA, R., CASELLES, V. Y COLL, C., 2007. Influence of soil water content on the thermal infrared emissivity of bare soils: Implication for land surface temperature determination. *Journal of Geophysical Research* 112 (F4), F04003, doi: 10.1029/2007JF000749.

RITTER, N. Y RUTH, M., 2000. GeoTIFF Format Specification: GeoTIFF Revision 1.0.

RUBIO, E., CASELLES, V. Y BADENAS, C., 1997, Emissivity measurements of several soils and vegetation types in the 8–14 mm wave band: Analysis of two field methods, *Remote Sensing of Environment*, 59, 490-

521.

- VALOR, E. Y CASELLES, V., 1996. Mapping Land Surface Emissivity from NDVI: Application to European, African, and South American Areas. *Remote Sensing of Environment*, 57, 167-184.
- VALOR, E., CASELLES, V., COLL, C., SÁNCHEZ, F., RUBIO, E. Y SOSPEDRA, F., 2000, Análisis comparativo del efecto de isla térmica de la ciudad de Valencia con imágenes TM, MUST y AVHRR, *Revista de Teledetección*, 14: 5-10.
- VALOR, E. Y CASELLES, V., 2005, Validation of the Vegetation Cover Method for land Surface Emissivity Estimation, *Recent Advances in Thermal Remote Sensing* (ISBN: 81-7736-164-3), 1-20, Research Signpost, Kerala (India).