

Propuesta de un algoritmo simple para la determinación de la emisividad de la superficie del mar

R. Niclòs, V. Caselles, C. Coll, E. Valor, J.M. Sánchez y J.M. Galve
Raquel.Niclos@uv.es

*Departamento Termodinámica. Universidad de Valencia. Valencia.
C/ Dr. Moliner 50, 46100 Burjassot, Valencia.*

RESUMEN

La Emisividad de la Superficie del Mar (ESM) en el infrarrojo térmico es una magnitud esencial para la obtención de la Temperatura de la Superficie del Mar (TSM) mediante radiometría. Aun así, los trabajos relativos a la determinación experimental de dicha ESM resultan escasos, siendo insuficientes las medidas angulares realizadas hasta el momento. La validez de los estudios y modelos desarrollados a nivel teórico fue analizada en comparación con medidas realizadas con tal propósito por Niclòs et al. (2005), concluyendo que el modelo de Wu y SMith (1997) reproduce adecuadamente las dependencias presentadas por dicha ESM. Sin embargo, este tipo de modelos, basados en una caracterización física de la emisión por parte de esta superficie rugosa, presentan una elevada complejidad matemática. En este trabajo se propone una ecuación simple para obtener la variación angular de la ESM en función de la velocidad del viento en superficie, generadora de su rugosidad.

PALABRAS CLAVE: emisividad de la superficie del mar, temperatura de la superficie del mar, infrarrojo térmico, variación angular.

ABSTRACT

Sea Surface Emissivity (SSE) in the thermal infrared region is an essential magnitude to determine Sea Surface Temperature (SST) using radiometry. However, papers related to the experimental determination of this SSE are scarce, and the angular measurements carried out up to date are insufficient. The soundness of the studies and models developed theoretically was analysed by means of comparisons with SSE measurements taken with this aim by Niclòs et al. (2005), concluding that the model of Wu and SMith (1997) reproduce properly the SSE dependences. However, these kind of models, which are based on a physical characterization of the emission of this roughness surface, are mathematically complex. In this paper, we propose a simple equation to obtain the angular variation of the SSE as a function of the surface wind speed, which induces the sea surface roughness.

KEY WORDS: sea surface emissivity, sea surface temperature, thermal infrared, angular variation.

INTRODUCCIÓN

La Emisividad de la Superficie del Mar (ESM), magnitud necesaria para la determinación de la Temperatura de la Superficie del Mar (TSM) a partir de observaciones radiométricas, presenta unas dependencias que, de no estar bien caracterizadas, comportarían errores importantes en dicha TSM.

Si bien existen diversos modelos teóricos para la determinación de la ESM en el infrarrojo térmico (IRT) (Cox y Munk 1955, Saunders 1967, Takashima y Takayama 1981, Sidran 1981, Masuda et al. 1988, Watts et al. 1996, Wu y Smith 1997), en el terreno experimental se encuentran pocas referen-

cias (Liu et al. 1987, Salisbury y D'Aria 1992, Konda et al. 1994, Smith et al. 1996) que permitan el uso de estos valores, tanto en la corrección de emisividad, necesaria para la obtención de la TSM a partir de cualquier condición de observación radiométrica, como en el estudio de la validez de estos modelos teóricos. Algunas de estas medidas fueron realizadas en laboratorio, descartando posibles efectos del oleaje asociado a la superficie del mar. Por contra, las medidas de Smith et al. (1996) se llevaron a cabo con el radiómetro *Atmospheric Emitted Radiance Interferometer* (AERI) desde un barco oceanográfico en condiciones de mar abierto, pero bajo un único valor de velocidad de viento en superficie, factor que impedía el estudio del efecto

de la rugosidad en la ESM. Por ello, Niclòs et al. (2005) partieron de la realización de medidas angulares de ESM en condiciones de mar abierto y un amplio intervalo de velocidades de viento en superficie y, por tanto, de grado de rugosidad de ésta. La obtención de la TSM con una precisión de $\pm 0,3$ K, valor fijado como mínimo para estudios a nivel climático y oceanográfico por el programa internacional Tropical Ocean Global Atmosphere (Barton 1992), también meta para las actuales misiones espaciales, requiere un error máximo en la ESM de $\pm 0,5\%$ (Wu y Smith 1997). Usando como referencia esta base experimental, se llegó a la conclusión de que el modelo de Masuda et al. (1988) estima adecuadamente la ESM para ángulos inferiores a 50° , pero la subestima para ángulos superiores (Niclòs et al. 2003 y 2005). Por contra, el modelo de Wu y Smith (1997), incorporando el efecto de la emisión reflejada por parte de la propia superficie, consigue reproducir con mayor exactitud la ESM para cualquier geometría de observación y rugosidad de ésta (Niclòs et al. 2005). La expresión matemática proporcionada por el modelo de Wu y Smith (1997) para el cálculo de la ESM, en función del índice de refracción complejo, n , el ángulo de observación, $\mu_e = \cos\theta$, y la velocidad del viento en superficie, U , es la siguiente:

$$\bar{\varepsilon}(n, \mu_e, U) = \frac{2}{\pi\sigma^2 \mu_e} \int_0^1 \int_0^\pi \varepsilon'(n, \chi) \cos \chi \mu_n^{-4} \exp(-\tan^2 \theta_n / \sigma^2) d\mu_n d\phi$$

$$\frac{2}{\pi\sigma^2 \mu_e} \int_0^1 \int_0^\pi \cos \chi \mu_n^{-4} \exp(-\tan^2 \theta_n / \sigma^2) d\mu_n d\phi$$
(1)

siendo además:

$$\varepsilon'(n, \chi) = \varepsilon(n, \chi) + [1 - \varepsilon(n, \chi)] P(\theta_r) \bar{\varepsilon}(n, \mu_r)$$
(2)

donde $\varepsilon(\eta, \chi)$ es la emisividad monocromática definida mediante la ley de Kirchhoff, para cada punto individual del oleaje, como: $\varepsilon(\eta, \chi) = 1 - \rho(\eta, \chi)$, siendo χ el ángulo formado entre la dirección de emisión y la normal a la cara del oleaje. ρ es la reflectividad total, entendida como un simple valor medio de las componentes de la reflectividad en polarización paralela y perpendicular al plano de incidencia, las cuales vienen dadas, para la interfase aire-mar, por la fórmula de Fresnel en base al índice de refracción complejo para el agua del mar.

$P(\theta_r)$ es la probabilidad de que llegue a cada punto, con un ángulo cenital θ_r , radiancia emitida por la superficie del mar, y $\bar{\varepsilon}(n, \mu_r)$ es la emisividad media asociada a la superficie del mar que emite bajo dicho ángulo θ_r , donde $\mu_r = \cos\theta_r$. Wu y Smith (1997) definieron la probabilidad de reflexión emitida, $P(\theta_r)$, como:

$$P(\theta_r) \begin{cases} 1, & \theta_r > 90^\circ \\ (\theta_r - 85^\circ)^2 / 25, & 85^\circ \leq \theta_r \leq 90^\circ \\ 0, & \theta_r < 85^\circ \end{cases} \quad (3)$$

donde el ángulo de 85° fue el valor considerado por Wu y Smith (1997) como ángulo mínimo para el cual existiría reflexión de la emisión de la propia superficie del mar. Los detalles sobre el proceso de deducción de estas ecuaciones pueden consultarse en el trabajo de Wu y Smith (1997). El objetivo de su inclusión en este trabajo es mostrar la relativa complejidad del modelo.

Comprobada la bondad de este modelo (Figura 1), pero teniendo en cuenta su complejidad matemática, nos planteamos la necesidad de obtener una ecuación más simple, aunque igualmente precisa, para la determinación de la ESM en función del ángulo de observación y de la velocidad del viento en superficie. En este trabajo presentamos el estudio realizado para desarrollar esta ecuación a través de ajustes de los valores teóricos ofrecidos por el modelo de Wu y Smith (1997), seleccionado como óptimo.

ESTUDIO Y CARACTERIZACIÓN DE LAS DEPENDENCIAS DE LA ESM

La variación espectral de la ESM es función de la del índice de refracción del agua. Ambas dependencias resultan ser inversas debido a la relación introducida por la ley de Kirchhoff entre la emisividad y la reflectividad total, obteniéndose dicha reflectividad a partir de sus componentes en polarización paralela y perpendicular, que a su vez son función del índice de refracción complejo para el agua del mar (Masuda et al. 1988, Wu y Smith 1997). Esta dependencia, mostrada en la Figura 2, no parece fácilmente reproducible mediante una función matemática simple.

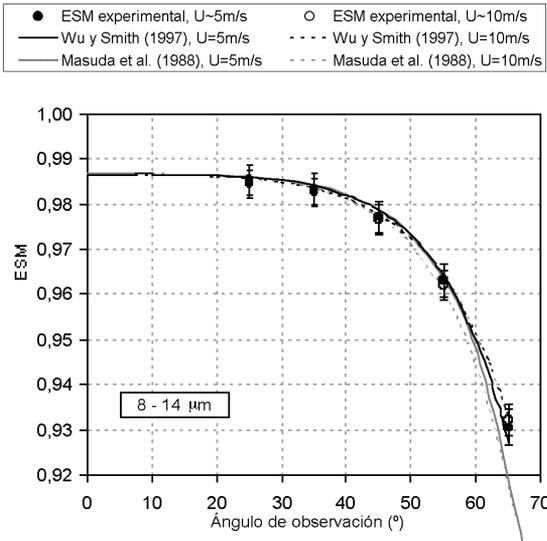


Figura 1. Variación angular de la ESM. Comparación entre valores experimentales (Nicolòs et al. 2005) y teóricos de los modelos de Masuda et al. (1988) y Wu y Smith (1997) para dos velocidades del viento, U .

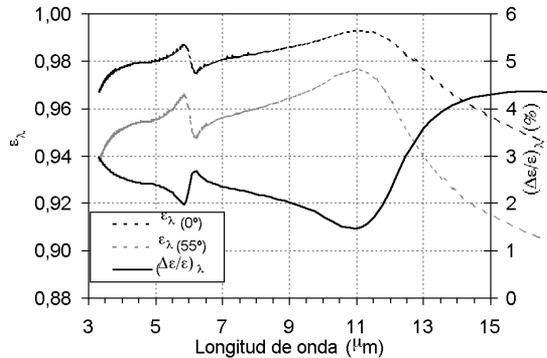


Figura 2. Variación espectral de la ESM calculada con el modelo de Wu y Smith (1997). En el eje principal se muestra la ESM para dos ángulos de observación (0° y 55°), y en el eje secundario el decrecimiento relativo de la emisividad entre 0° y 55° , en función de la longitud de onda y para $U = 0$ m/s.

La dependencia angular, sin embargo, presenta una forma más sencilla, tal y como se observa en la Figura 1. Dicha dependencia nos sugirió su posible parametrización en términos de una función coseno, pero con un decrecimiento más suavizado con el ángulo de observación. Para ello introducimos unos parámetros adicionales, que consideramos dependientes tanto espectralmente como respecto

de la velocidad del viento en superficie, reproduciendo también esta tercera variación de la ESM.

En la Figura 3 mostramos conjuntamente la variación espectral y angular presentada por la ESM, tomando para ello cómo base los valores obtenidos con el modelo de Wu y Smith (1997). Se observa como la dependencia espectral es más acusada para ángulos de observación elevados.

Usando como referencia la ESM obtenida por el modelo de Wu y Smith (1997) para el intervalo espectral de 3 a 16 μm , probamos diferentes funciones de ajuste y finalmente concluimos que la ecuación que permitía reproducir la dependencia angular de la ESM con mayor exactitud, es decir, con mayor concordancia con los resultados del modelo, tenía la forma:

$$\varepsilon_\lambda(\theta, U) = \varepsilon_\lambda(0^\circ) [\cos(\theta^{a_\lambda(U)})]^{b_\lambda(U)} \quad (4)$$

donde $\varepsilon_\lambda(q, U)$ representa la ESM monocromática, función del ángulo de observación, θ (radianes), y la velocidad del viento en superficie, U (m/s); mientras que $\varepsilon_\lambda(0^\circ)$ es el valor de la ESM monocromática en nadir, donde ésta no presenta dependencia apreciable respecto de U . $a_\lambda(U)$ y $b_\lambda(U)$ son los parámetros de ajuste, los cuales se consideraron en principio dependientes tanto de la longitud de onda, λ , como de la velocidad del viento en superficie.

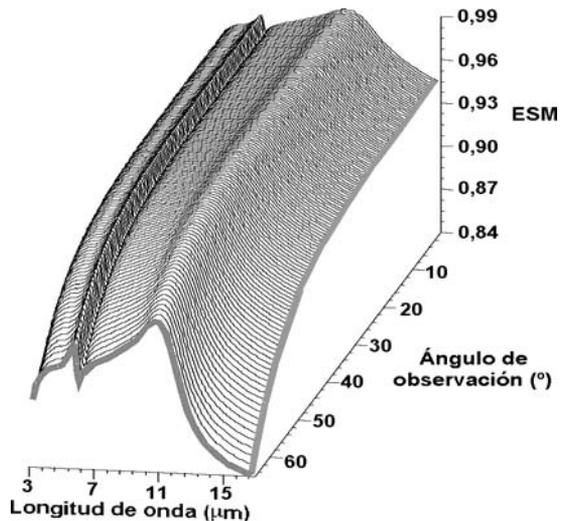


Figura 3. Dependencia de la ESM con la longitud de onda y el ángulo de observación. Valores de ESM resultantes del modelo de Wu y Smith (1997) para una velocidad del viento en superficie de 0 m/s.

El ajuste de los valores espectrales de ESM obtenidos con dicho modelo teórico a la ecuación (4) se realizó usando el algoritmo no lineal de ajuste por mínimos cuadrados de Levenberg-Marquardt (Moré 1977). De esta manera, se ajustaron los valores de ESM para velocidades de viento, U , de 0 a 15 m/s, obteniendo errores estándar de estimación, $\sigma_{ajuste,\lambda}$, menores que $\pm 0,1\%$ en términos de emisividad, y coeficientes de determinación, r_λ^2 , superiores a 0,9988 para todos los casos.

PROPUESTA DE UNA ECUACIÓN SIMPLE PARA LA OBTENCIÓN DE LA ESM DE CANAL

Parametrizada la ESM a nivel monocromático en función de la velocidad del viento en superficie y el ángulo de observación, el siguiente paso fue su adaptación para la obtención de valores de ESM de canal, puesto que la mayoría de los radiómetros, principalmente a bordo de satélite, miden dentro de bandas espectrales más o menos anchas, y no monocromáticamente. Así, la ecuación (4) se rescribió como:

$$\varepsilon_i(\theta, U) = \varepsilon_i(\theta^0) [\cos(\theta^{a_i(U)})]^{b_i(U)} \quad (5)$$

siendo $\varepsilon_i(\theta, U)$ y $\varepsilon_i(\theta^0)$ valores de ESM integrados dentro de una banda espectral i , y $a_i(U)$ y $b_i(U)$ los coeficientes de ajuste para dicha banda.

Para comprobar si la ecuación (5) era válida con el fin de determinar la ESM para canales situados dentro del IRT, utilizamos como base los resultados del modelo de Wu y Smith (1997) con U entre 0 y 15 m/s, y obtuvimos las ESM correspondientes a los canales de tres sensores con bandas representativas dentro de esta región espectral: el radiómetro térmico comercial Cimel Electronique CE 312, de cuatro bandas; el *Spinning Enhanced Visible and*

Infrared Imager (SEVIRI) en *Meteosat Second Generation* (MSG), usando cuatro de sus bandas; y el *MODerate resolution Imaging Spectrometer* (MODIS) en EOS Aqua/Terra, con sus dieciséis bandas en el IRT. Ajustamos estos valores a la ecuación (5) y obtuvimos en este caso errores estándar de estimación, $\sigma_{ajuste,\lambda}$, inferiores a $\pm 0,08\%$, y coeficientes de determinación, r_λ^2 , superiores a 0,9987, mostrándose de nuevo una perfecta concordancia entre ambos valores y, por tanto, la bondad de esta ecuación simple para obtener la ESM de canal. Como ejemplo, la Figura 4 presenta la dependencia angular de la ESM proporcionada por la ecuación (5) para U de 0 m/s y 15 m/s y las bandas térmicas del SEVIRI.

El análisis de los parámetros $a_i(U)$ y $b_i(U)$ obtenidos mostraba una mayor dependencia de $a_i(U)$ con respecto a U , siendo relativamente independiente del canal considerado, mientras que $b_i(U)$ presentaba una clara dependencia respecto del canal pero parecía no verse influenciado por la U . Además, tomando valores medios de $a_i(U)$ dentro del IRT para diferentes velocidades U , ya que su variación espectral resulta despreciable, se obtuvo un ajuste lineal $a(U) = c U + d$, con un error estándar de estimación de $\pm 0,03$ y un coeficiente de determinación de 0,989. La pendiente y ordenada en el origen obtenidas para la regresión lineal fueron $c = -0,037 \pm 0,003$ s/m y $d = 2,36 \pm 0,03$ respectivamente.

En consecuencia, la ecuación (5) se puede rescribir de la siguiente forma simplificada:

$$\varepsilon_i(\theta, U) = \varepsilon_i(\theta^0) [\cos(\theta^{cU+d})]^{b_i} \quad (6)$$

donde únicamente el coeficiente b_i es función de la banda espectral considerada, mientras que los coeficientes c y d (dados arriba) son constantes para cualquier canal y velocidad del viento. El grado de ajuste obtenido con el modelo de Wu y Smith (1997) presentaba valores en este caso de $\sigma_{ajuste,i} < \pm 0,1\%$ y $r_i^2 > 0,9987$ para las diversas bandas térmicas probadas.

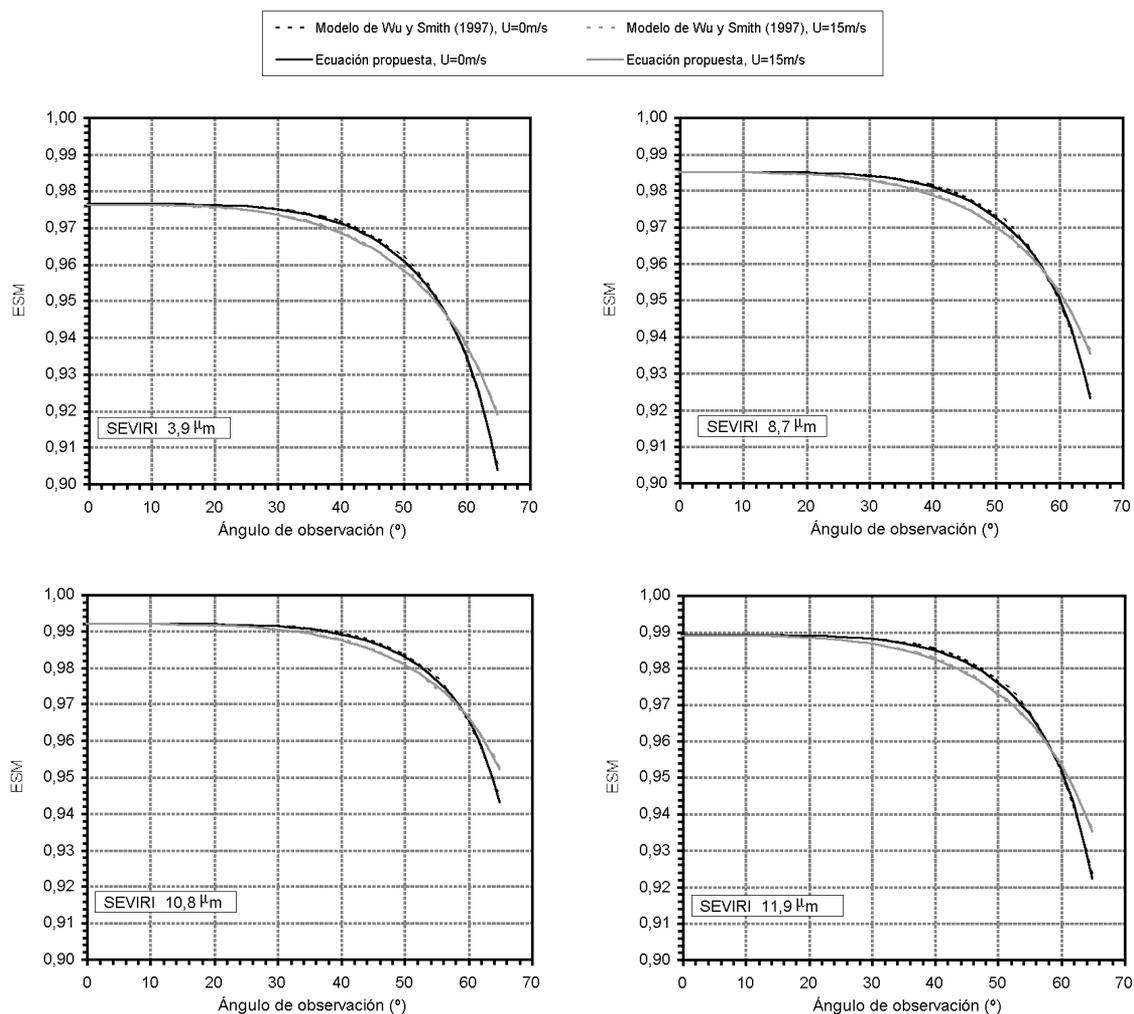


Figura 4. Comparación entre los valores de ESM calculados con el modelo de Wu y Smith (1997) y los determinados mediante la ec. (5) con los coeficientes correspondientes a cada canal del SEVIRI-MSG.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Debido a la baja dependencia del coeficiente b_i con la velocidad del viento, se calculó un valor medio de este coeficiente para cada canal espectral considerado. La Tabla 1 recoge, como ejemplo, los coeficientes b_i obtenidos para las bandas térmicas de tres radiómetros actualmente a bordo de satélite: *Advanced Along Track Scanning Radiometer* (AATSR) a bordo de ENVISAT, MODIS en EOS Terra, y el SEVIRI en MSG. Cabe destacar que solamente se incluyen los coeficientes para las bandas situadas dentro de las ventanas espectrales existentes en la región del IRT, donde tiene sentido una determinación de la ESM que permita la obtención

posterior de la TSM. Los errores asociados a estos coeficientes en la Tabla 1, $\sigma(b_i)$, son las desviaciones estándar de los coeficientes dentro del intervalo de velocidades de viento consideradas, siendo tales valores siempre superiores a los errores estándar de estimación obtenidos. Los valores de canal tabulados para la ESM en nadir, $\varepsilon_i(0^\circ)$, han sido determinados mediante la integración de las emisividades espectrales calculadas con el modelo de Wu y Smith (1997), pero en cualquier caso estos valores pueden obtenerse a partir de bases de emisividades espectrales, como la base de datos de ASTER (<http://speclib.jpl.nasa.gov/>), o por medida directa, adecuándolos mejor a las propiedades de la superficie medida. Los errores asociados a esta magnitud

que aparecen tabulados son de nuevo las desviaciones estándar de los valores determinados para diferentes velocidades del viento en superficie.

Finalmente, con el objetivo de comprobar la exactitud de la ecuación propuesta, calculamos la $\epsilon_i(\theta, U)$ para ángulos de observación entre 0° y 65° y U de 0 a 15 m/s utilizando para ello la ecuación (3) y los valores tabulados para b_i y $\epsilon_i(0^\circ)$. Estos resultados se compararon con los valores calculados con el modelo de Wu y Smith (1997), obteniéndose pequeños errores estándar de estimación y elevados

coeficientes de determinación, muy próximos siempre a la unidad, mostrados también en las dos últimas columnas de la Tabla 1.

Así, considerando como válido el modelo de Wu y Smith (1997) para la determinación de la ESM, vemos que el error de estimación comportado por la ecuación propuesta, ecuación (6), es menor a $\pm 0,10$ %, por debajo del $\pm 0,5$ % requerido como mínimo para posibilitar la determinación de la temperatura de la superficie del mar con un error de $\pm 0,3$ K (Wu y Smith 1997).

Radiómetro	Canal	$\lambda_{ef,i}$ (µm)	$\epsilon_i(0^\circ)$	$\sigma(\epsilon_i(0^\circ))$	b_i	$\sigma(b_i)$	$\sigma_{ajuste,i}$	r_i^2
AATSR (ENVISAT)	IR 3,7	3,74	0,97468	0,00006	0,0550	0,0019	0,0010	0,997
	IR 11	10,86	0,99199	0,00003	0,0343	0,0015	0,0008	0,996
	IR 12	12,05	0,98778	0,00005	0,0508	0,0019	0,0009	0,997
SEVIRI (MSG)	4	3,92	0,97613	0,00006	0,0539	0,0019	0,0010	0,997
	7	8,71	0,98482	0,00005	0,0449	0,0017	0,0008	0,997
	9	10,79	0,99176	0,00005	0,0347	0,0015	0,0008	0,996
	10	11,94	0,98875	0,00003	0,0483	0,0018	0,0009	0,997
MODIS (TERRA)	20	3,78	0,97535	0,00006	0,0546	0,0019	0,0010	0,997
	21	3,99	0,97694	0,00006	0,0532	0,0019	0,0010	0,997
	22	3,97	0,97681	0,00006	0,0533	0,0019	0,0010	0,997
	23	4,04	0,97725	0,00006	0,0530	0,0018	0,0010	0,997
	24	4,47	0,97897	0,00006	0,0514	0,0018	0,0009	0,997
	25	4,55	0,97911	0,00006	0,0512	0,0018	0,0009	0,997
	29	8,53	0,98432	0,00005	0,0456	0,0017	0,0008	0,997
	31	11,02	0,99229	0,00003	0,0342	0,0015	0,0008	0,996
32	12,03	0,98823	0,00005	0,0506	0,0019	0,0009	0,997	

Tabla 1. Parámetros de la ecuación (6) asociados a las bandas térmicas de diversos sensores a bordo de satélite. Las bandas espectrales vienen definidas por su etiqueta y su longitud de onda efectiva, $\lambda_{ef,i}$.

CONCLUSIONES

La ecuación propuesta en este trabajo (ecuación (6) con los parámetros mostrados en la Tabla 1, siendo $c = -0,037 \pm 0,003$ s/m y $d = 2,36 \pm 0,03$) permite una simple pero exacta determinación de la ESM para cualquier ángulo de observación y velocidad del viento en superficie, siendo válida incluso para la corrección de radiancias medidas bajo ángulos elevados (hasta de unos 65°) por radiómetros térmicos a bordo de satélite

La aplicación de esta parametrización con el uso de imágenes de velocidad del viento en superficie, tomadas mediante radar en microondas, como el

ASAR - ENVISAT (ESA) o QuikScat (NASA), permitiría la producción de mapas de ESM para cada banda térmica requerida. Además, los valores serían calculados píxel por píxel teniendo en cuenta así la posible variación del ángulo de observación en las imágenes de radiancia a corregir con dicho mapa de ESM. Utilizando estas imágenes de ESM, la determinación de la TSM a partir de imágenes de radiancia en el IRT coincidentes temporal y espacialmente, resultaría mucho más precisa. Por otra parte, esta parametrización podría implementarse en futuros algoritmos para la determinación de la TSM, tomando como base tanto métodos multicanal como multiangular.

AGRADECIMIENTOS

Este trabajo ha sido financiado por el MCyT (Acción Especial REN 2002-11605-E/CLI, Proyecto REN 2001-3116/CLI, y el Contrato de Investigación "Ramón y Cajal" del Dr. E. Valor), el MEC (Proyecto CGL2004-06099-C03-01/CLI, Acción Complementaria CGL2004-0166-E y Beca FPU de R. Niclòs), la Generalitat Valenciana (Proyecto GV2004-B-084) y la Universitat de València (Beca "V Segles" de J.M. Sánchez).

BIBLIOGRAFÍA

- BARTON, I. J. 1992. Satellite-derived sea surface temperatures - A comparison between operational, theoretical and experimental algorithms. *Journal of Applied Meteorology*. 31: 432-442.
- COX, C. y MUNK, W. 1955. Some problems in optical oceanography. *Journal of Marine Research*. 14: 63-78.
- KONDA, M., IMASATO, N., NISHI, K. y TODA, T. 1994. Measurement of the sea surface emissivity. *Journal of Oceanography*. 50: 17-30.
- LIU, W.-Y., FIELD, R. T., GANTT, R. G. y KLEMAS, V. 1987. Measurement of the surface emissivity of turbid waters. *Remote Sensing of Environment*. 21: 97-109.
- MASUDA, K., TAKASHIMA, T. y TAKAYAMA, Y. 1988. Emissivity of pure sea waters for the model sea surface in the infrared window regions. *Remote Sensing of Environment*. 48: 302-308.
- MORÉ, J.J. 1977. The Levenberg-Marquardt Algorithm: Implementation and Theory. Numerical Analysis, G. A. Watson (Ed.). *Lecture Notes in Mathematics* 630, 105-116. Springer Verlag.
- NICLÒS, R., VALOR, E., CASELLES, V., COLL, C. y SÁNCHEZ, J. M. 2005. In situ angular measurements of thermal infrared sea surface emissivity - Validation of models. *Remote Sensing of Environment*. 94/1: 83-93.
- NICLÒS, R., VALOR, E., CASELLES, V. y COLL, C. 2003. Dependencia angular de la emisividad de la superficie del mar: medidas experimentales frente a modelos teóricos. *Revista de Teledetección*. 20: 5-10.
- SALISBURY, J.W. y D'ARIA, D.M. 1992. Emissivity of terrestrial materials in the 8-14 mm atmospheric window. *Remote Sensing of Environment*. 42: 83-106.
- SAUNDERS, P. 1967. The temperature at the ocean-air interface. *Journal of Atmospheric Science*. 24: 267-273.
- SIDRAN, M. 1981. Broadband reflectance and emissivity of specular and rough water surfaces. *Applied Optics*. 20: 3176-3183.
- SMITH, W. L., KNUTESON, R.O., REVERCOMB, H. E., FELTZ, W., HOWELL, H. B., MENZEL, W. P., NALLI, N. R., BROWN, O., BROWN, J., MINNETT, P. y MCKEOW, W. 1996. Observations of the infrared radiative properties of the ocean - Implications for the measurement of sea surface temperature via satellite remote sensing. *Bulletin of the American Meteorological Society*. 77(1): 41-50.
- TAKASHIMA, T. y TAKAYAMA, Y. 1981. Emissivity and reflectance of the model sea surface for the use of AVHRR data of NOAA satellites. *Meteorology and Geophysics*. 32: 267-274.
- WATTS, P. D., ALLEN, M. R. y NIGHTINGALE, T. J. 1996. Wind speed effects on sea surface emission and reflection for the along track scanning radiometer. *Journal of Atmospheric and Oceanic Technology*. 13: 126-141.
- WU, X. y SMITH, W.L. 1997. Emissivity of rough sea surface for 8-13 mm: modelling and verification. *Applied Optics*. 36: 2609-2619.

Fe de Erratas

En el Sumario del n.º 22 de la **Revista de Teledetección** figura el artículo: Análisis metodológico para la detección de cambios urbanos en la ciudad de Valencia.

J. Estornell, L.A. Ruiz, P. Pérez y A. del Rey

El texto publicado en las páginas 44-56 de la misma revista, no figura como tercer coautor P. Pérez, del Departamento de SIG y Teledetección de INCIAS, S.A. Rogamos disculpas por el error.