

# Aplicación de imágenes radar de satélite a la cartografía de la vegetación en zonas boreales

J. M. Verdú y J. A. Martínez-Casasnovas

Correo electrónico: jan.verdu@macs.udl.es

Universitat de Lleida

Dept. de Medi Ambient i Ciències del Sòl

Av. Rovira Roure, 177. 25198 Lleida

## RESUMEN

El presente estudio se enmarca en el proyecto europeo SIBERIA. Trata de explorar el uso de imágenes radar de satélite (ERS y JERS) para la actualización de la cartografía de vegetación de zonas boreales. Se dispone de 8 imágenes de amplitud y coherencia tomadas en 1998, así como de un inventario de vegetación georreferenciado de dos pequeñas zonas. Se proponen tres tipos de clasificaciones supervisadas por el método de máxima verosimilitud. La primera con las imágenes de satélite, la segunda añadiendo algunas imágenes texturales, y la tercera utilizando sólo las imágenes de los componentes principales más significativos. Se siguen los criterios establecidos en el proyecto SIBERIA para la obtención de áreas de entrenamiento. Se propone una doble validación, por una parte vía matrices de confusión a partir de áreas de verdad-terreno obtenidas por el mismo método que las áreas de entrenamiento, y por otra parte contrastando y correlacionando las clasificaciones con los parámetros de inventario disponibles para dos pequeñas áreas de verdad-terreno. Los resultados indican una sensible mejora en la clasificación con la incorporación de imágenes texturales (la precisión aumenta de un 66% a un 75%), y señalan el parámetro biomasa como el mejor correlacionado con las clasificaciones derivadas (coeficiente de correlación  $r$  de hasta 0,49). Diferentes fuentes de error permiten augurar un margen de mejora para posteriores estudios.

**PALABRAS CLAVE:** teledetección, radar, cartografía vegetación, zonas boreales, imágenes texturales.

## ABSTRACT

The present study is within the frame of the European project SIBERIA. It explores the use of radar satellite images (ERS & JERS) for updating of vegetation cartography of boreal zones. There were available 8 amplitude and coherence images, taken in 1998. In addition, there was a forest inventory of two subregions in GIS format. Three supervised maximum-likelihood classifications were undertaken. First, with the original set of images; the second one, adding some textural images; and third, using the more significant principal component images. The SIBERIA project criteria was followed in order to obtain the training areas. A double validation process is proposed. On one hand via confusion matrix from ground-truth areas obtained with the same criteria as the training-areas. On the other hand, correlating the final classifications with the forest inventory parameters available, in order to show up the most relevant ones.

The results show a sensible improvement by using textural images in the classification process (accuracy increases from 66% to 75%), and they point out that biomass is the best-correlated parameter ( $r$  coefficient up to 0,49). These results can be improved in future studies, taking into account several error sources detected.

**KEY WORDS:** remote sensing, radar, forest mapping, boreal zones, textural images.

## INTRODUCCIÓN

El estudio del medio natural en zonas boreales presenta la dificultad de la inaccesibilidad y la gran extensión de regiones, como Siberia. Esto dificulta enormemente la actualización de una cartografía que permita una adecuada gestión del territorio. El uso de la teledetección en estas zonas ha presentado tradicionalmente el inconveniente de las interferencias de una omnipresente cobertura nubosa en las señales ópticas y térmicas. Los únicos satélites

operativos que permiten solventar este problema en la actualidad son los equipados con sensores activos de microondas, es decir los satélites radar (Henderson y Lewis, 1998).

## OBJETIVOS

En esta línea, el objetivo del presente estudio es cartografiar la vegetación de una región boreal,

concretamente la región siberiana de Chunksy, partiendo de imágenes radar de satélite de diferentes bandas, y de una información de campo detallada en dos pequeñas zonas de verdad-terreno. El estudio se enmarca dentro del proyecto de investigación SIBERIA (*SAR Imaging for Boreal Ecology and Radar Interferometry Applications*), y es fruto de una estancia de investigación del primer autor del presente trabajo en la Agencia Espacial Alemana (DLR), en otoño de 1999.

## MATERIALES Y MÉTODOS

El material disponible fue:

- Imágenes de satélite: 2 imágenes de amplitud del satélite ERS-1 (banda C); 1 imagen de amplitud del ERS-2 (banda C); 2 imágenes de coherencia a partir de las imágenes tándem ERS-1 y 2; 2 imágenes de amplitud JERS-1 (banda L); y 1 imagen de coherencia JERS-1.
- Una base de datos georreferenciada, para dos pequeñas zonas dentro de la región de estudio, con 5 parámetros de inventario de vegetación (biomasa, stock relativo, diámetro, altura, y porcentaje de especies acutifolias).

La metodología utilizada comienza por un solapamiento y corrección de las imágenes de satélite originales. A continuación se derivan, a partir de las imágenes originales, imágenes texturales (Haralick *et alii.* 1973) y también imágenes de los componentes principales más significativos (>2%). Con toda esta colección de imágenes, se hacen por separado tres clasificaciones supervisadas diferentes por el método de máxima verosimilitud. La primera clasificación (nº 1) es con las imágenes originales, la segunda (nº 2) añadiendo imágenes texturales, y la tercera (nº 3) sólo con los componentes principales. Los criterios para escoger las áreas de entrena-

miento y las clases a determinar se hicieron siguiendo las directrices del proyecto SIBERIA (Gaveau 1999).

Una vez obtenidas las clasificaciones, se hicieron dos tipos de validaciones. La primera consistió en tomar dos nuevas series de áreas de validación, con los mismos criterios que se usaron para determinar las áreas de entrenamiento. Estas áreas de validación se utilizaron para derivar la precisión, los coeficientes Kappa y la matriz de confusión de cada clasificación.

El segundo tipo de validación se hizo, en las dos regiones, eminentemente forestales, donde se disponía de una base de datos georreferenciada, derivando la estadística de clases para cada clasificación y cada parámetro de inventario disponible. De esta manera se pretendía ver cuál de los parámetros de inventario se puede estimar con mayor fiabilidad a partir de las clases. Finalmente, con el parámetro que mejor definiera las clases halladas, se trató de encontrar correlaciones lineales para cada pixel entre el valor de este parámetro con el ratio banda L-banda C, tal y como se había encontrado en la literatura (Ranson *et alii.* 1995, Woodhouse y Hoekman 2000).

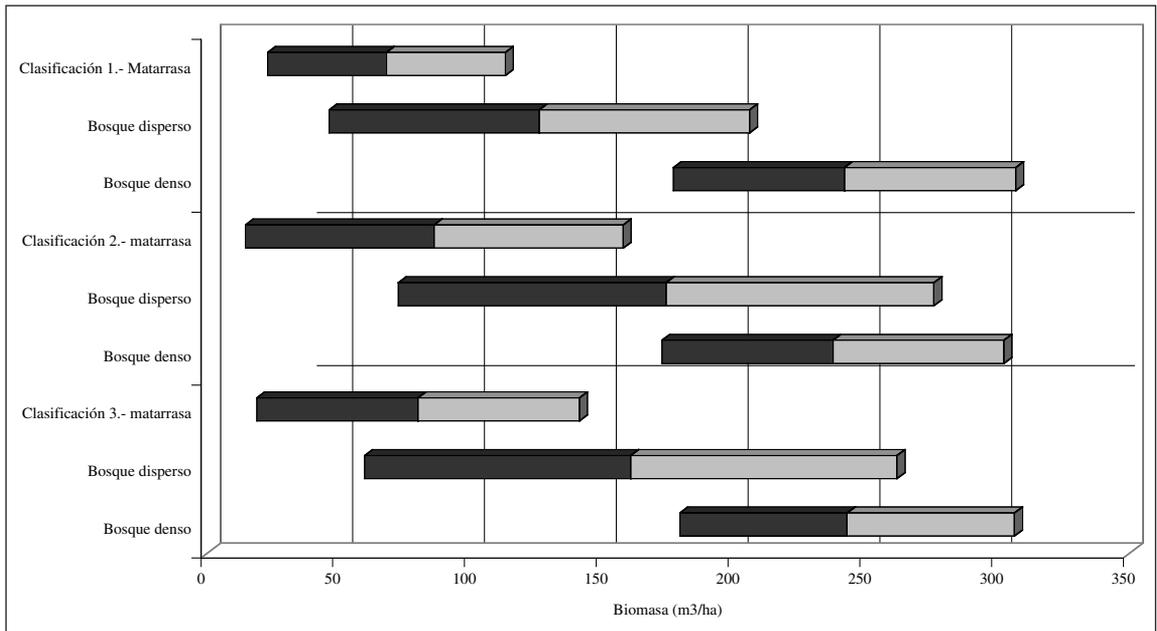
## RESULTADOS

En cuanto a los principales resultados obtenidos, se resumen en la Tabla 1.

Se observa una sensible mejora en la clasificación con la incorporación de imágenes texturales (la precisión aumenta de un 66% a un 75%). Dicha clasificación presenta la mejor precisión y el menor número de pixels sin clasificar. Los parámetros texturales seleccionados fueron la varianza y el segundo momento angular. Aún así, la clasificación nº 1 presenta menor solapamiento en la definición de las clases según el parámetro biomasa. El uso de componentes principales aumenta el número de píxeles

	Clasificación nº 1	Clasificación nº 2	Clasificación nº 3
Fiabilidad global	66%	75%	58%
Píxeles sin clasificar	16%	2%	10%
Errores comisión	Zonas pantanosas (58%), matarrasa (60%)	Zonas pantanosas (28%), matarrasa (56%)	Zonas pantanosas (64%), matarrasa (71%), bosque denso (40%)
Error omisión	Bosque disperso (50%)	Bosque denso (41%)	Bosque disperso (71%)
Parámetro correlacionado	Biomasa (r=0.37)	Biomasa (r=0.49)	
Solapamiento clases	Escaso	Apreciable	Apreciable

**Tabla 1.** Resumen de resultados de las diferentes clasificaciones.



**Figura 1.** Gráfico de la estadística de clases con el parámetro biomasa. El valor central de cada barra es el valor medio de la clase. La barra oscura y la clara a lado y lado del punto central representan la desviación estándar.

clasificados, evitando parcialmente el efecto topográfico, pero la pérdida de información inherente al método empeora la precisión de la clasificación resultante.

El parámetro de inventario mejor correlacionado (coeficiente  $r$  de hasta 0,49) ha sido en todos los casos la biomasa ( $m^3/ha$ ). Nuevamente la clasificación con imágenes texturales es la que ha generado una mejor correlación. Los diferentes valores obtenidos para este parámetro aparecen en la Figura 1.

## CONCLUSIONES

Las principales conclusiones son:

1. El uso de imágenes texturales permite una mejora de las clasificaciones obtenidas de cara a una cartografía de vegetación a partir de imágenes radar.
2. El parámetro de inventario mejor correlacionado con la señal radar es la biomasa, aunque sólo se puede llegar a cuantificar dentro de un rango, con un sensible solapamiento entre clases.
3. La clase peor determinada fue la de zonas pantanosas, debido a la poca diferencia de humedad en el suelo entre esta clase y la clase matarrasa en el momento de tomar las imágenes.

También hubo una confusión apreciable entre la clase matarrasa y bosque disperso, que habría que afinar partiendo de una información de campo más detallada. El efecto de la topografía y la humedad, así como la heterogeneidad natural de las clases de vegetación, son las principales fuentes de error.

## AGRADECIMIENTOS

A la Dra. Christiane Schmullius, jefe del grupo de Geomática del Instituto de Técnica de Alta Frecuencia de la Agencia Espacial Alemana (IH-DLR), actualmente profesora de la Universidad de Jena (Alemania), por facilitar la integración de J.M. Verdú en su grupo de investigación y permitir la realización del presente estudio. A todo el equipo de Geomática implicado en el proyecto SIBERIA, por los buenos ratos compartidos.

SIBERIA es una actuación a coste compartido (*shared-cost action*, SCA) financiado mediante el 4º Programa Marco de la Comunidad Europea, apartado Medio Ambiente y Clima, Área 3.3: Center for Earth Observation. Técnicas Espaciales Aplicadas a la Monitorización Ambiental (Contrato N°. ENV4-CT97-0743-SIBERIA). Para una completa información sobre el proyecto SIBERIA, consultar la página web <http://pipeline.swan.ac.uk/siberia/>

## BIBLIOGRAFÍA

- GAVEAU, D. 1999. *Classification of boreal forest (Ust-Illimsk) with Maximum Likelihood Classification*. Institute of Terrestrial Ecology, Natural Environment Research Council, Monks Wood. Informe de trabajo, proyecto SIBERIA. 15 p.
- HARALICK, R., SHANMUGAM, K. y DINSTEIN, I. 1973. Textural features for image classification. *IEEE Transactions on Systems Man Cybernetics*, SMC-3: 610-621.
- HENDERSON, F. M. y LEWIS, A. J. 1998. *Principles and applications of imaging radar*. 3ª edición. American Society of Photogrammetry and Remote Sensing. John Wiley & Sons. New York. 865 p.
- RANSON, K. J., LANG, R. H., SUN, G., CHAUHAN, N. S., CACCIOLA, R. J. 1995. Mapping of boreal forest biomass using synthetic aperture radar measurements and modeling. *Proceedings of the International Symposium "Retrival of bio-and geophysical parameters from SAR data for land aplications"*. CNES-IEEE, Toulouse.
- WOODHOUSE, I. H. y HOEKMAN, D. H. 2000. Radar modelling of coniferous forest using a tree growth model. *International Journal of Remote Sensing*. 21 (8): 1725-1737.