

# Influencia del número de imágenes en la calidad de la cartografía detallada de vegetación forestal

G. Moré<sup>1</sup> y X. Pons<sup>2</sup>

g.more@creaf.uab.cat

(1) Centre de Recerca Ecològica i Aplicacions Forestals (CREAF) Edifici C, Univ. Autònoma de Barcelona, 08193 Bellaterra

(2) Dep. Geografia. Universitat Autònoma de Barcelona. Cerdanyola del Vallès, 08193.

Recibido el 30 de octubre de 2007, aceptado el 4 de febrero de 2008

## RESUMEN

Es conocido que en la generación de cartografía detallada de vegetación mediante clasificación de imágenes de satélite es de gran utilidad el uso de imágenes tomadas a lo largo de varias fechas. Ello se debe a que la resolución multiestacional que ofrecen dichas imágenes permite la diferenciación de las cubiertas en base a su diferente dinámica fenológica.

Este trabajo tiene el objetivo de determinar de forma empírica cuantas fechas diferentes son necesarias para la obtención de un mapa detallado de vegetación. Un clasificador híbrido se ha aplicado a dos zonas de estudio con tipologías de paisaje diferentes para cartografiar cubiertas de vegetación natural (en su mayoría a nivel de especie dominante). Las variables de entrada en la fase no supervisada del clasificador provienen de las imágenes de una serie temporal Landsat continua desde 2002 hasta 2005. Se han realizado las clasificaciones en cada una de las zonas incorporando distintos números de fechas y combinaciones de ellas. Se han comparado los resultados según el número de categorías que el clasificador consigue discriminar, el acierto de la clasificación, la superficie finalmente clasificada y otras consideraciones de carácter cartográfico. Los resultados apuntan a que un mínimo de tres fechas es casi imprescindible para poder discriminar las principales categorías de la leyenda, pero que para obtener una cartografía detallada con un alto grado de acierto y completitud espacial es necesario un mínimo de cuatro o cinco (en función de la zona de estudio) fechas distintas.

**PALABRAS CLAVE:** IsoData, Landsat, Clasificación digital.

## ABSTRACT

Using several images from a range of several dates is very important when producing detailed vegetation maps. Land covers can be discriminated by using this multitemporal resolution that takes advantage of the particular phenology of each cover.

The objective of this work is to empirically determine how many dates are needed to obtain a detailed vegetation map. A hybrid classifier has been applied to two study zones with different landscapes. The legend is on natural vegetation categories (almost all of them at species level). The input variables in the unsupervised stage come from Landsat imagery from 2002 until 2005. Several classifications have been done using different number of images and different combinations of dates. The accuracy level, the classified area, the number of finally classified categories and other cartographic considerations have been compared among the different classifications. Results show that for our study zones a minimum of three dates are needed to represent the main categories of the legend, but four or five (depending on the area) are required to obtain a detailed map with high accuracy level and spatial completeness.

**KEY WORDS:** IsoData, Landsat, Digital classification.

## INTRODUCCIÓN

El uso de los Sistemas de Información Geográfica (SIG) y la Teledetección supone un gran potencial en el estudio de los recursos naturales (Stoms y Estes, 1993). La resolución espacial y temporal de las imágenes de satélite y la gran cantidad de información espectral que ofrecen convierten a la Teledetección en una disciplina excelente para la elaboración de cartografía de usos del suelo, ya sea como soporte a la fotointerpretación (Corine Land Cover Project, 1985 y posteriores), o como una fuente para el tratamiento digital y clasificación de imágenes (Fuller et al., 1994). Son muchos los autores que han utilizado la Teledetección para cartografiar usos del suelo en regiones de todo el planeta (por ejemplo: Wulder, 2002; EOSD, 2004; Homer et al., 1997; Viñas y Baulies, 1995).

Desde el punto de vista de la cartografía de vegetación, resulta especialmente interesante el hecho que se puedan adquirir imágenes de satélite de forma permanente a lo largo del año. Esta resolución multiestacional permite la diferenciación por caracterización fenológica de distintas cubiertas vegetales (Lo et al., 1986). La incorporación de la componente temporal en la clasificación espectral enriquece los resultados obtenidos (Wolter et al., 1995, Shriever y Congalton, 1998).

En este sentido, las imágenes de satélite, concretamente las imágenes Landsat, ofrecen la información necesaria para describir el comportamiento de la vegetación a lo largo del año de un modo relativamente continuo (cada 16 días, si la meteorología lo permite) y a una escala geográfica suficientemente detallada (un píxel cada 30 m x 30 m).

Sin embargo, dado que las imágenes no son gratuitas, y el tiempo requerido para su tratamiento es proporcional al número de fechas, cabe preguntarse: ¿Cuántas fechas son necesarias para obtener un mapa de vegetación detallado? En general, se podría pensar que como mínimo son necesarias dos o tres fechas distintas que correspondan a momentos claves en la fenología y que nos permita diferenciar entre grandes grupos de vegetación arbórea: caducifolios, esclerófilas y coníferas. Una mayor disponibilidad de fechas será necesaria si deseamos obtener una leyenda más detallada y una clasificación mejor. Pax-Lenney y Woodcock (1997) estudiaron el efecto del número de imágenes Landsat utilizadas en una clasificación entre tierras productivas y no productivas de una zona agrícola de Egipto. En el estudio se

utilizaron diez imágenes diferentes tomadas entre 1984 y 1993. Los autores concluyen que en general la adición de nuevas fechas implica una mejora en los resultados, aunque la magnitud de la mejoría dependerá en cierta medida de la combinación de fechas utilizada en cada caso. Además, observan que un período dilatado de tiempo presenta potenciales problemas de confusión por dinámicas del propio territorio.

El objetivo del presente estudio es determinar la influencia del número de fechas utilizadas (Landsat) en una clasificación detallada de vegetación natural. A diferencia del trabajo anteriormente citado, aquí se estudia la influencia del número de imágenes usadas en la calidad de clasificación en dos zonas de Cataluña donde predomina la vegetación natural. En cada caso se ha establecido una leyenda de 15 y 11 categorías respectivamente y un método de clasificación híbrido que utiliza, para cada una de las fechas disponibles, todas las bandas Landsat (excepto el canal pancromático y el térmico) e índices de vegetación y componente humedad de una transformación *Tasseled cap* (a diferencia del estudio de Pax-Lenney y Woodcock, que aplica el uso de umbrales a los valores NDVI para cada fecha y a variables resumen de NDVI a lo largo del rango temporal).

## MATERIAL Y MÉTODOS

Las imágenes de satélite disponibles en este estudio son aquellas imágenes contenidas dentro de una serie completa de imágenes Landsat desde 2002 hasta 2005 y con una cubierta de nubes inferior al 25%. Las imágenes se han corregido geométricamente (Palà y Pons, 1995) y radiométricamente (Pons y Solé-Sugrañes, 1994). Las imágenes están originalmente en formato CEOS y, por lo tanto, la conversión de valores DN a radiancias se ha realizado mediante la lectura de los datos incluidos en la cabecera de cada imagen tal y como se recomienda en Cristóbal et al., 2004. Se han obtenido también los índices de vegetación NDVI y la componente de humedad de una transformación *Tasseled cap* para cada una de las fechas utilizadas. En la tabla 1 quedan reflejadas las fechas utilizadas en cada una de las zonas de estudio. La alta presencia de nubes restringe a usar dichas fechas, a pesar de disponer de la serie continua de imágenes desde enero de 2002. Las imágenes de invierno (comprendidas entre noviembre y febrero) han sido rechazadas por la elevada

presencia de valores NoData debidos a que la corrección radiométrica aplicada no permite procesar los píxeles sin radiación solar directa (las dos zonas de estudio corresponden a zonas de relieve montañoso).

Se ha usado un método de clasificación híbrido compuesto por una fase no supervisada (llamada IsoMM) y una fase supervisada (llamada ClsMix). IsoMM consiste en un clasificador no supervisado inspirado en IsoData (Duda y Hart, 1973). Por su parte, ClsMix reclasifica las clases estadísticas clasificadas por IsoMM en clases temáticas mediante la correspondencia espacial entre las clases estadísticas y unas áreas de entrenamiento definidas por el usuario. El método de clasificación está explicado en detalle en Serra et al. (2003), Moré et al. (2004) y Pons et al. (2005, 2006). A las imágenes originales se les ha aplicado un máscara para excluir de ellas las zonas que según el Mapa de Cubiertas del Suelo (MCSC, 2005), no correspondan a vegetación natural (cultivos, zonas urbanas, etc.).

Las áreas de entrenamiento se han obtenido a partir del *Mapa d'Hàbitats de Catalunya* (Carreras et al., 2006), tras efectuar el procedimiento de filtrado descrito en Moré et al. (2004). Este proceso se basa en la aplicación de una serie de normas heurísticas para la selección de zonas temáticamente y estadísticamente más homogéneas y, por lo tanto, con menor riesgo de tratarse de zonas con mezcla de categorías o con posibles errores temáticos. Los parámetros utilizados en dicho proceso se deciden de forma empírica y puede inducir a ciertos errores y confusiones. Sin embargo, debido al elevado número de píxeles de entrenamiento conseguidos así como a la consistencia estadística de éstos y a los buenos resultados de las clasificaciones, se considera que el procedimiento es suficientemente fiable para los objetivos del presente trabajo.

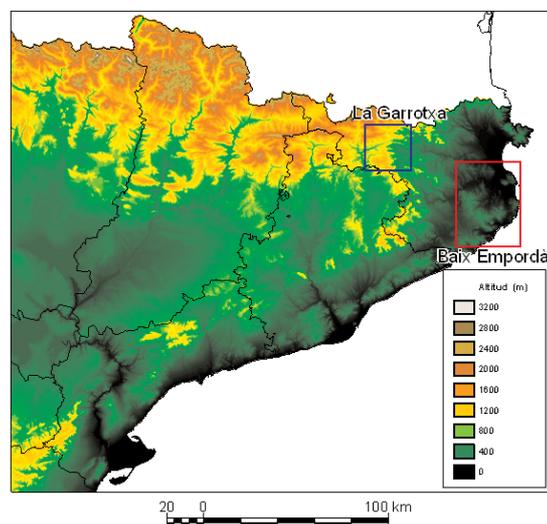
Una muestra aleatoria del 50% de las áreas de entrenamiento se ha reservado para realizar la validación de las clasificaciones mediante matrices de

confusión.

El proceso de clasificación y validación se ha realizado para todas las posibles combinaciones de fechas en cada una de las zonas (un total de 63 para la zona de “la Garrotxa”, y 31 para el Baix Empordà). Los estadísticos de los resultados han sido agregados por combinaciones de *n* fechas y se presentan en forma de gráfico en la sección de resultados.

## Zona de estudio

En la figura 1 se ubican geográficamente las zonas de estudio en el Noreste de la Península Ibérica y en la tabla 1 se muestra su información básica, así como las fechas utilizadas en cada una de ellas.



**Figura 1.** Ubicación geográfica de las zonas de estudio. Fuente: Atlas Climático de la Península Ibérica (ACPI, 2007; Ninyerola et al., 2000).

Las tablas 2 y 3 describen las leyendas de las zonas de estudio así como la superficie proporcional de cada categoría respecto a la superficie total de muestras de terreno.

El paisaje de la zona de estudio de “la Garrotxa” (véase tabla 2) contiene un elevado número de cate-

	<b>La Garrotxa</b>	<b>Baix Empordà</b>
<b>Superficie forestal</b>	427.47 km <sup>2</sup>	607.54 km <sup>2</sup>
<b>Fechas disponibles</b>	6 fechas: 12-03-2003, 16-04-2005, 28-05-2005, 29-06-2005, 15-07-2005, 16-08-2002.	5 fechas: 09-03-2005, 10-04-2005, 10-06- 2004, 28-07-2004, 11-08-2003.
<b>Leyenda (nº de categorías)</b>	15 (bosques, matorrales y prados)	11 (referente a bosques)

**Tabla 1.** Información básica sobre zonas de estudio y fechas utilizadas.

Categoría	Superficie (%)
<i>Quercus ilex</i>	25.05
<i>Fagus sylvatica</i>	23.40
<i>Quercus humilis</i>	18.11
<i>Pinus sylvestris</i>	15.67
<i>Fraxinus</i> sp.	3.47
Prados basófilos	3.40
Bosques caducifolios mixtos	1.94
<i>Pinus pinaster</i>	1.50
<i>Pinus uncinata</i>	1.45
Prados acidófilos	1.05
Matorrales mediterráneos	0.78
Prados de alta montaña	0.37
<i>Quercus canariensis</i>	0.19
Pastos	0.16
<i>Betula pendula</i>	0.07

**Tabla 2.** Leyenda de la zona de estudio de “la Garrotxa” y superficie proporcional por categoría respecto a la superficie total de muestras de terreno.

Categoría	Superficie (%)
<i>Quercus suber</i>	61.48
<i>Pinus pinaster</i>	9.04
<i>Quercus suber</i> y <i>Pinus</i> sp.	7.35
<i>Quercus ilex</i> y <i>Pinus</i> sp.	6.81
<i>Pinus halepensis</i>	6.61
<i>Pinus pinea</i>	4.58
<i>Quercus ilex</i>	1.07
<i>Quercus ilex</i> y <i>Quercus humilis</i>	0.49
Matorrales mediterráneos	0.35
<i>Quercus humilis</i>	0.20
<i>Castanea sativa</i>	0.14

**Tabla 3.** Leyenda de la zona de estudio de Baix Empordà y superficie proporcional por categoría respecto a la superficie total de muestras de terreno.

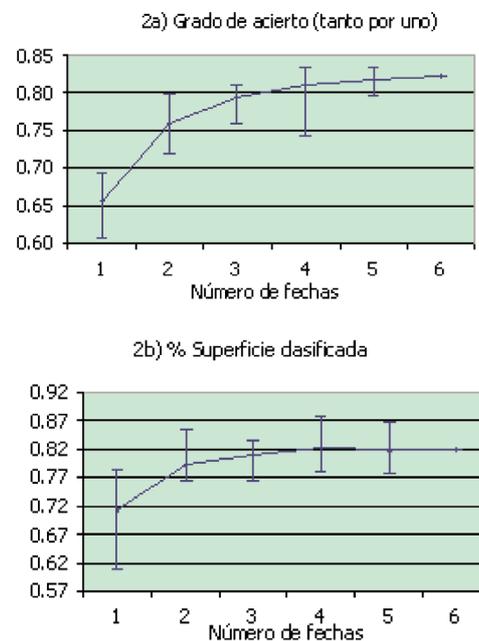
gorías (15) pero se distribuyen de forma relativamente homogénea en el territorio. En la zona de “la Garrotxa” se distinguen claramente zonas dominadas por *Fagus sylvatica*, *Quercus ilex*, *Quercus humilis*, *Pinus sylvestris*, y matorrales mediterráneos. La parte norte de la escena está ocupada por categorías típicas de zonas de alta montaña, con varias categorías de prados, matorrales de alta montaña, *Fraxinus* sp., *Pinus uncinata* y *Betula pendula*. *Quercus canariensis*, una categoría muy minoritaria en la zona de estudio, y fácilmente confundible no se ha conseguido clasificar en ninguna de las ejecuciones.

En la zona del Baix Empordà (véase tabla 3) pre-

domina sobretodo el alcornoque (*Quercus suber*), ocupando aproximadamente el 60% de las áreas de entrenamiento, y apareciendo también en algunas zonas mezclada con otras especies (*Pinus pinaster*, *Pinus pinea*, *Pinus halepensis*, *Quercus ilex*, *Quercus humilis*). Aparecen también enclavamientos de castaños (*Castanea sativa*) dentro de los alcornocales. Otras zonas aparecen claramente dominadas por especies de pinos o encinas y en otras predomina la mezcla de pinos y encinas, o de robles y encinas.

## RESULTADOS

Las figuras 2a y 2b muestran los resultados para la zona de estudio de “la Garrotxa”. Se puede comprobar como el uso de más fechas tiende a incrementar tanto el nivel de acierto de la clasificación como la superficie clasificada. La superficie clasificada aumenta claramente hasta llegar a usar cuatro imágenes diferentes. La alta variabilidad cuando se usa una sola fecha, y la estabilización de ésta a medida que aumentamos el número de fechas, se debe al tratamiento que realiza IsoMM sobre los valores NoData (Pons et al., 2006). IsoMM permite clasificar aque-



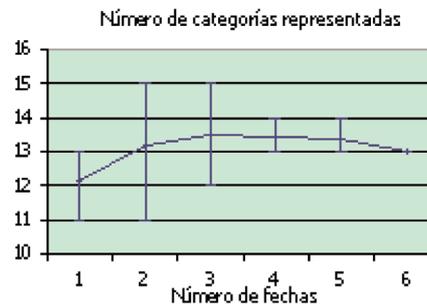
**Figura 2.** Relación entre el número de imágenes usadas en la clasificación y 2a) el grado de acierto de la clasificación, y 2b) la superficie clasificada (proporción respecto a la superficie total), para la zona de “la Garrotxa”. Los puntos de la línea corresponden al valor promedio para todas las clasificaciones usando un determinado número de fechas. Las barras verticales indican los valores mínimo y máximo.

llos píxeles que tengan, en algunas de las variables, valores NoData. Sin embargo, hay que tener en cuenta que es necesario por lo menos un valor válido. Cuando usamos una sola fecha, y en el caso de que en la imagen en cuestión exista cubierta de nubes, no se podrá clasificar la zona ocupada por las nubes. Sin embargo, al añadir una nueva imagen que contenga valores válidos en las zonas antes ocupadas por nubes, estaremos aportando suficiente información para que el algoritmo pueda clasificar dichas zonas.

Se produce un aumento del nivel de acierto global de la clasificación a medida que se van introduciendo pocas imágenes y éste empieza a estabilizarse al llegar a las cuatro o cinco imágenes usadas. La influencia del número de imágenes en el número de clases representadas en la clasificación (véase figura 3) es menos tajante que en el nivel de acierto y superficie clasificada. La variabilidad cuando se usan dos y tres imágenes es muy alta, y es posible llegar a obtener clases que no son posibles de clasificar en el caso de usar seis imágenes.

La influencia del número de imágenes usadas respecto al nivel de acierto y superficie clasificada de la zona de Baix Empordà (véase figuras 4a y 4b) es muy similar al anteriormente citado. El nivel de acierto incrementa hasta estabilizarse cuando se usan cuatro o más imágenes. Lo mismo sucede con la superficie clasificada.

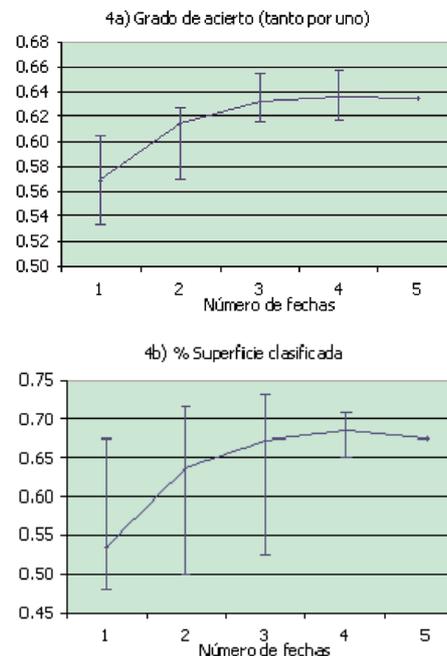
El número de clases representadas en la clasificación también aumenta al incrementar el número de imágenes usadas (véase figura 5). En este caso la influencia del número de imágenes es más beneficiosa que en la zona de “la Garrotxa”. Estas diferencias pueden ser debidas a la naturaleza de las leyendas usadas. En “la Garrotxa”, como se ha comentado anteriormente, el paisaje se caracteriza por ser relativamente diverso. Véase en tabla 2, como las cuatro clases más abundantes en la zona de “la Garrotxa” corresponden a los tres grandes grupos de vegetación (caducifolios, esclerófilas y coníferas). Esto hace pensar que con pocas imágenes será relativamente fácil diferenciar éstas clases fenológicamente tan diferentes. Las clases menos abundantes son las que no se llegan a clasificar, debido seguramente a una falta de muestras de entrenamiento (y por lo tanto a un defecto en la construcción de la leyenda). En cambio, en la zona de Baix Empordà, más del 90% de la superficie de muestreo corresponde a los grupos de esclerófilas, coníferas o mezcla de los dos. En este caso, la adición de nuevas imágenes ofrece la posibilidad de discriminar entre clases muy simi-



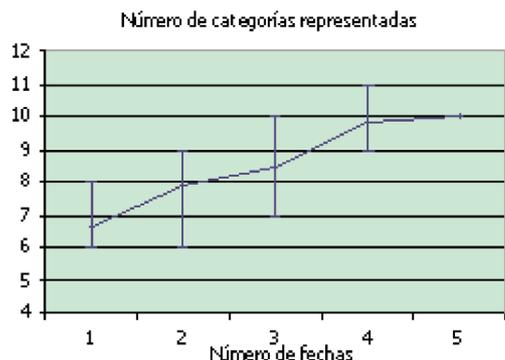
**Figura 3.** Relación entre el número de imágenes usadas en la clasificación y el número de categorías representadas en la clasificación para la zona de “la Garrotxa”. Los puntos de la línea corresponden al valor promedio para todas las clasificaciones usando un determinado número de imágenes. Las barras verticales indican los valores mínimo y máximo.

lares supuestamente gracias a pequeñas diferencias en su fenología.

En la serie de figuras que se muestra a continuación se puede apreciar las mejoras en la cartografía obtenida al incrementar el número de imágenes usadas. En la figura 6 (ejemplos de las clasificaciones efectuadas sobre la zona de estudio de “la Garrotxa”) se puede observar como los patrones de vegetación cla-



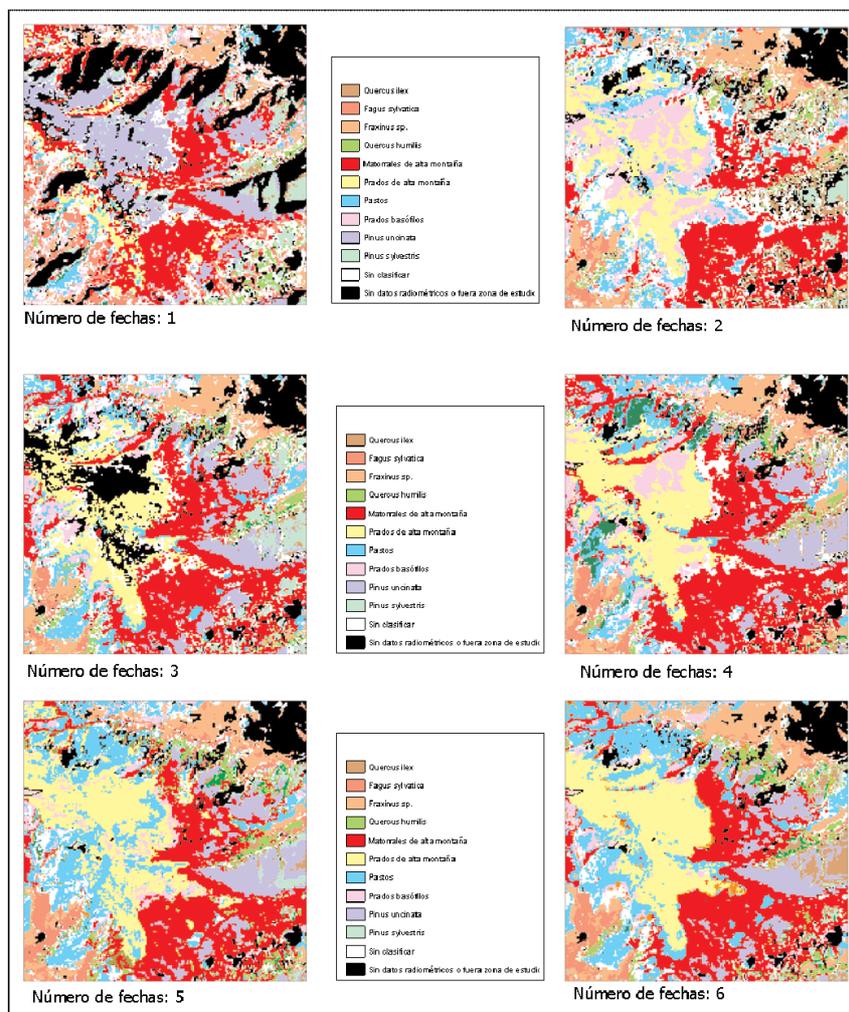
**Figura 4.** Relación entre el número de imágenes usadas en la clasificación y 4a) el grado de acierto de la clasificación, y 4b) la superficie clasificada (proporción respecto la superficie total), para la zona de Baix Empordà. Los puntos de la línea corresponden al valor promedio para todas las clasificaciones usando un determinado número de fechas. Las barras verticales indican los valores mínimo y máximo.



**Figura 5.** Relación entre el número de imágenes usadas en la clasificación y el número de categorías representadas en la clasificación para la zona de “la Garrotxa”. Los puntos de la línea corresponden al valor promedio para todas las clasificaciones usando un determinado número de imágenes. Las barras verticales indican los valores mínimo y máximo.

sificados se van definiendo mejor a medida que se usan más imágenes. Aparentemente, los cambios que se producen cuando se usan tres o menos imágenes son importantes, y a partir de cuatro imágenes la escena clasificada permanece estable a grandes rasgos. En cada caso, la imagen escogida es la que presenta mayor acierto.

En la figura 7 (ejemplos de clasificación para la zona de Baix Empordà), podemos observar como el poder discriminatorio de las categorías aumenta con el número de imágenes utilizadas (nótese que la clase de castaños no se consigue diferenciar de forma razonable hasta utilizar cuatro imágenes diferentes) y como la representación cartográfica aparece más clara al añadir más imágenes (polígonos mejor definidos).



**Figura 6.** Ejemplo de clasificación usando diferente número de fechas en la zona de “la Garrotxa”. En la leyenda no aparecen todas las categorías de la clasificación sino sólo aquellas más relevantes para el fragmento de la escena representado.

## CONCLUSIONES

Un mayor número de fechas usadas en una clasificación permite discriminar un mayor número de categorías, una mayor superficie clasificada y obtener una mejor calidad cartográfica en la clasificación. Los tres parámetros estudiados aumentan considerablemente hasta llegar a usar tres imágenes, pero sería recomendable usar cuatro o más imágenes para completar leyendas detalladas.

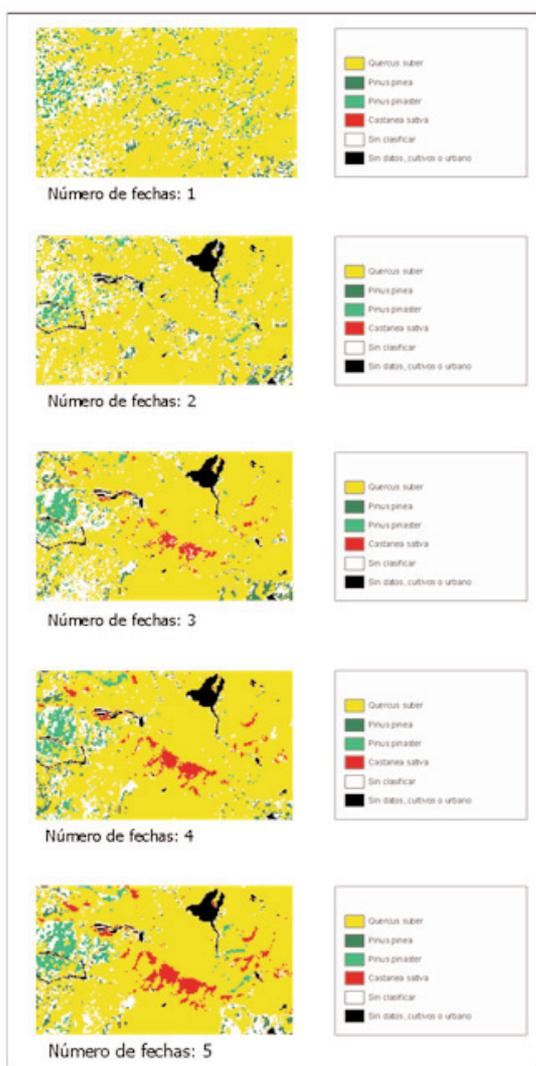
A medida que se añaden imágenes nuevas, el resultado cartográfico final aparece espacialmente más coherente y los principales patrones de vegetación

quedan representados a partir del uso de tres imágenes diferentes.

No se ha detectado una influencia negativa en la calidad de la clasificación al usar un alto número de imágenes, con lo que se recomienda usar el número máximo de imágenes disponibles. Sin embargo, hay que tener cuenta que a pesar de que la tendencia general del uso de imágenes sea positiva, existe una variabilidad importante en función de las combinaciones de fechas realizadas, la cual debe ser analizada cuidadosamente a fin de seleccionar el mejor resultado.

## REFERENCIAS

- ACPI, 2007. Atlas Climático de la Península Ibérica. En Internet: [http://opengis.uab.es/wms/iberia/espanol/es\\_presentacio.htm](http://opengis.uab.es/wms/iberia/espanol/es_presentacio.htm)
- CARRERAS, J.; VIGO J.; FERRÉ, A., 2006. *Cartografía dels hàbitats a Catalunya. Manual d'interpretació*. Barcelona, Departament de Medi Ambient i Habitatge de la Generalitat de Catalunya.
- CORINE LAND COVER PROJECT, 1985. *Technical Guide*. Direction Générale de l'Environnement, Commission des Communautés européennes, Bruxelles, Belgique.
- CRISTÓBAL, J.; PONS, X.; SERRA, P., 2004. Sobre el uso operativo de Landsat-7 ETM+ en Europa. *Revista de Teledetecció*. 21:55-59.
- DUDA, R.D.; HART, P.E., 1973. *Pattern Classification and Scene analysis*. New York, John Wiley & Sons.
- EOSD, 2004. *Earth Observation for Sustainable Development of Forests*. En Internet: [http://www.pfc.forestry.ca/eosd/cover/index\\_e.html](http://www.pfc.forestry.ca/eosd/cover/index_e.html)
- FULLER, R.M.; GROOM, G.B.; JONES, A.R., 1994. The Land Cover Map of Great Britain: an auto-mated classification of Landsat Thematic Mapper data. *Photogrammetric Engineering & Remote Sensing*. 60:553-562.
- HOMER, C.G.; RAMSEY, D.R.; EDWARDS, T.C. JR.; FALCONER, A., 1997. Landscape Cover-Type Modelling Using a Multi-Scene Thematic Mapper Mosaic. *Photogrammetric Engineering & Remote Sensing*. 63:59-67.
- LO, T.H.C.; SCARPACE, F.L.; LILLESAND, T.M., 1986. Use of multitemporal spectral profiles in agricultural land-cover classification. *Photogrammetric Engineering and Remote Sen-*



**Figura 7.** Ejemplo de clasificación usando diferente número de fechas en la zona de Baix Empordà. En la leyenda no aparecen todas las categorías de la clasificación sino sólo aquellas más relevantes para el fragmento de la escena representado.

- sing. 52:535-544.
- MCSC, 2005. Mapa de Cubiertas del Suelo de Cataluña, 2a edición. CREAM y Departamento de Medio Ambiente y Vivienda de la Generalitat de Catalunya. En internet: <http://www.creaf.uab.es/mcsc/esp/index.htm>
- MORÉ, G.; BURRIEL, J.A.; CASTELLS, R.; IBÁÑEZ, J.J.; ROIJALS, X., 2004. Tratamiento estadístico de variables radiométricas, orográficas y climáticas para la obtención de un mapa detallado de vegetación. En C. Conesa, Y. Álvarez, J.B. Martínez (Ed.): *Medio Ambiente, Recursos y Riesgos Naturales: Análisis mediante tecnología SIG y Teledetección*. 1:261-273.
- NINYEROLA, M.; PONS, X.; ROURE, J.M., 2000. A methodological approach of climatological modelling of air temperature and precipitation through GIS techniques. *International Journal of Climatology*. 20: 1823-1841.
- PALÀ, V.; PONS, X., 1995. Incorporation of relief into geometric corrections based on polynomials. *Photogrammetric Engineering & Remote Sensing*. 61:935-944.
- PAX-LENNEY, M.; WOODCOCK, C.E., 1997. Monitoring Agricultural Lands in Egypt with Multitemporal Landsat TM Imagery: How many Images are needed?. *Remote Sensing of the Environment*. 59:522-529.
- PONS, X.; SOLÉ-SUGRAÑES, LL., 1994. A Simple Radiometric Correction Model to Improve Automatic Mapping of Vegetation from Multispectral Satellite Data. *Remote Sensing of Environment*. 48:191-204.
- PONS, X.; MORÉ, G.; SERRA, P., 2005. Clasificador para series de imágenes destinadas a la obtención de mapas detallados de vegetación y cultivos. En Arbelo, M; González, A.; Pérez, J.C (Ed.): *Teledetección. Avances en la observación de la Tierra*. Tenerife. 69-72p.
- PONS, X., MORÉ, G., SERRA, P., 2006. Improvements on Classification by Tolerating No-Data Values. Application to a Hybrid Classifier to Discriminate Mediterranean Vegetation with a Detailed Legend Using Multitemporal Series of Images. En 2006 *IEEE International Geoscience and Remote Sensing Symposium And 27th Canadian Symposium on Remote Sensing*. Denver. pp: 192-195. DOI: 10.1109/IGARSS.2006.54.
- SERRA, P.; PONS, X.; SAURÍ, D., 2003. Post-classification change detection with data from different sensors. Some accuracy considerations. *International Journal of Remote Sensing*. 24:3311-3340.
- SHRIEVER, J. R.; CONGALTON, R. G., 1993. Mapping forest cover types in New Hampshire using multi-temporal Landsat Thematic Mapper data. *ASPRS/ACSM Ann. Conv. Exp.*, New Orleans. 333-342p.
- STOMS D.M.; ESTES J.E., 1993. A Remote-Sensing Research Agenda for Mapping and Monitoring Biodiversity. *International Journal of Remote Sensing*. 14:1839-1860.
- VIÑAS, O.; BAULIES, X., 1995. 1:250 000 Land-use map of Catalonia (32 000 km<sup>2</sup>) using multitemporal Landsat-TM data. *International Journal of Remote Sensing*. 16:129-146.
- WOLTER, P. T.; MLADENOFF, D. J.; HOST, G. E. Y CROW, T. R., 1995. Improved forest classification in the northern Lake States using multitemporal Landsat imagery. *Photogrammetric Engineering & Remote Sensing*. 61:1129-1143.
- WULDER, M., 2002. Mapping the land cover of the forested area of Canada with Landsat data. En *Proceedings of 2002 International Geoscience and Remote Sensing Symposium*, June 24-28, Toronto, Canada.