

## **Detección de cambios en zonas forestales para la actualización de SIOSE-Andalucía 2005 a 2009 con imágenes SPOT-5 (REDIAM).**

**I.R. Carpintero<sup>2</sup>, L. Granado<sup>2</sup>, E. Méndez<sup>2</sup>, G. Montoya<sup>2</sup>, I. Pino<sup>2</sup>, R. Prieto<sup>2</sup>, J.J. Vales<sup>2</sup>, F. Giménez de Azcarate<sup>2</sup>, Cáceres<sup>1</sup>, J. M. Moreira<sup>1</sup>.**

<sup>1</sup> DIRECCIÓN GENERAL DE DESARROLLO SOSTENIBLE E INFORMACIÓN AMBIENTAL. Consejería de Medio Ambiente de la Junta de Andalucía, Avda. Manuel Siurot, 50, 41071. Sevilla (España). Telf: 955003429, Fax. 955003795. Correo electrónico: {josem.moreira, francisco.caceres}@juntadeandalucia.es

<sup>2</sup> DEPARTAMENTO DE COMUNICACIÓN Y SISTEMAS DE INFORMACIÓN. Agencia de Medio Ambiente y Agua, Johan Gutenberg, 1 (Isla de la Cartuja), 41092 Sevilla (España). Telf: 955044529, Fax. 955625140. Correo electrónico: {fgimenezdeazcarate, jvales, emendez, gmontoya, icarpintero, ipino, lgranado, rprieto}@agenciademediambienteyagua.es

### **RESUMEN**

Para la actualización de la zona forestal de SIOSE-Andalucía 2005 al año de referencia 2009 se ha visto imprescindible el uso de técnicas de teledetección de detección de cambios con imágenes SPOT-5. El desarrollo metodológico se ha basado en el uso de las diferencias entre las imágenes de ambas fechas como indicador de cambio, y la clasificación no supervisada como herramienta para su identificación. Los resultados alcanzados presentan errores mínimos por omisión, reduciendo considerablemente la superficie a revisar en la actualización, y con errores por comisión muy bajos en relación al beneficio aportado por el método.

**Palabras clave:** clasificación no supervisada, análisis de cambios, SIOSE, actualización cartográfica, mapa de usos, SPOT-5, Plan Nacional de Teledetección.

### **ABSTRACT**

*The update of the SIOSE 2005 Forest area, with the reference data from 2009, has been performed with remote sensing techniques for changes detection by using SPOT-5 imagery. The methodology is based in the use of differences between images from both periods as a change index, and the non supervised classification as an identification tool. The results achieved have minimal omission errors and it has significantly reduced the surface to be reviewed in this update, with a few commission errors in relation to the benefit achieved by implementing this methodology.*

**Keywords:** *non supervised classification, change detection, SIOSE, map updating, land use map, SPOT-5, National Plan of Remote Sensing (PNT).*

### **INTRODUCCIÓN**

SIOSE-Andalucía es el Sistema que integra toda la información referente a los usos y coberturas del suelo de la región andaluza a escala 1:10.000. Para su ejecución en 2005 se procedió principalmente a la fotointerpretación por barrido de todo el territorio, además de llevar a cabo la integración de cartografía y bases de datos existentes hasta la fecha. Como información de referencia se utilizó la cobertura de imágenes SPOT-5 del año 2005 procedentes del Plan Nacional de Teledetección (PNT), y la

cobertura de ortofotografías (PNOA) de los años 2004 (Sur) y 2005 (Norte) (Gil, Y. *et al.*, 2010).

En la nueva etapa SIOSE-Andalucía se pretende obtener no sólo una actualización cartográfica, sino la obtención de la consecuente capa de cambios que proporciona una información mucho más completa del territorio (Romero, D. *et al.*, 2010). Dado que se estima que gran parte de la superficie no ha sufrido ningún cambio que suponga una modificación de su clase de leyenda SIOSE, se ha desarrollado una metodología basada en técnicas de teledetección, equiparando los cambios a

diferencias, y trabajando con la diferencia entre las dos fechas de referencia (2005 y 2009).

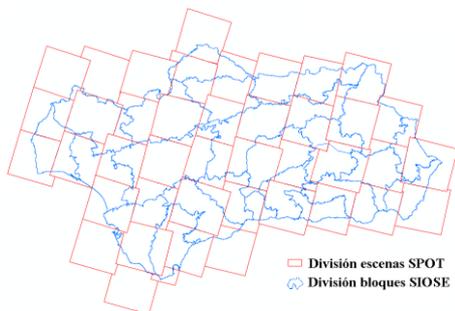
El desarrollo metodológico establece el punto de partida en la detección de cambios tanto de tipo como de forma y textura, para lo que se trabaja conjuntamente con las bandas multiespectrales y pancromáticas de las imágenes SPOT-5. Se trabaja asimilando los cambios a diferencias, y utilizando la clasificación no supervisada para su identificación.

El resultado de este procedimiento es una capa de cambios por unidad de trabajo (Andalucía se divide en 42 unidades) que minimiza los errores por omisión y reduce los errores por comisión hasta niveles muy asumibles en el ámbito del proyecto, dirigiendo al fotointérprete a las zonas de cambio de manera que se reduce en más del 75% el número de polígonos a revisar, y por lo tanto se reducen considerablemente los tiempos de ejecución y el presupuesto del proyecto.

## ÁREA DE ESTUDIO E INFORMACIÓN DE PARTIDA

El área de estudio de este proyecto es la parte dedicada a uso forestal de Andalucía, que supone aproximadamente un 52% del total de la superficie (4.543.591,34 ha).

La información de partida consta de dos coberturas de 42 imágenes SPOT-5, procedentes del Plan Nacional de Teledetección (PNT), tomadas del 15 de junio al 15 de septiembre de 2005 y 2009. La captura se realizó en modos multiespectral y pancromático, y posteriormente se corrigieron geoméricamente usando como remuestreo la convolución bicúbica.



**Figura 1.** Distribución de las unidades de trabajo por escenas SPOT y bloques SIOSE.

También se parte de SIOSE 2005, del que se extrae la máscara forestal, que delimita la zona de trabajo y supone la referencia para determinar los cambios.

Dada la dimensión del área de estudio y la distribución de las escenas, se hace imprescindible la fragmentación del territorio, como se muestra en la figura 1.

## METODOLOGÍA

La metodología desarrollada se centra en la detección de cambios tanto de “tipo” de cobertura como de “forma y textura” de la misma. El fundamento metodológico es la definición de un cambio como una diferencia entre las dos imágenes. Este principio funciona bastante bien en las zonas forestales, siempre que las imágenes sean aproximadamente de la misma fecha y la climatología haya seguido unos patrones cercanos a la normalidad, lo que se traduce en que la vegetación natural se encuentre en el mismo estado fenológico.

Las fases metodológicas se dividen en tres:

### Fase 1

La primera fase consiste en un exhaustivo preprocesado y normalización de las imágenes para eliminar las diferencias entre ambas fechas debidas a las condiciones propias de captura (efecto atmosférico, iluminación, etc.). Esta fase comprende dos etapas de trabajo bien definidas:

### *Transformación de nivel digital (ND) a reflectividad*

Las imágenes están en ND y para poder utilizarlas de forma comparativa en el tiempo hay que transformarlas a valores de reflectividad. Para ello, en primer lugar se hace la conversión de ND a valores físicos de radiancia, para lo que se aplican los datos de ganancia propios de cada imagen (G. Chander and B. Markham, 2003).

Para las imágenes pancromáticas se ha optado por la transformación a reflectividad en el techo de la atmósfera (TOA), en lugar de reflectividad de superficie, porque la banda PAN es muy ancha y los efectos atmosféricos se difuminan mucho. La relación utilizada es la dada por Vermote *et al.*, 1997.

Sin embargo, con las imágenes multiespectrales sí es imprescindible eliminar el efecto atmosférico, por lo que se trabaja con reflectividad de superficie, aplicando una corrección atmosférica con un algoritmo basado en el modelo de transferencia radiativa MODTRAN-4 (Modtran Users Manual, 1998 y L. Alados-Arboledas *et al.*, 2008). Dadas las condiciones atmosféricas de humedad y temperatura de la Región, principalmente se han utilizado dos modelos de atmósfera: latitudes

medias de verano y tropical; y dado que la zona de estudio es de uso forestal, casi siempre se ha usado el modelo de aerosol rural (L. Alados-Arboledas, 2009).

### Normalización de las imágenes

Para la normalización entre ambas fechas se ha decidido tomar como referencia la cobertura de 2009, dado que las imágenes tienen mayor nitidez porque han sido capturadas con menor ángulo que en 2005. El procedimiento se basa en la selección de entre 250 y 300 puntos de control por escena, en los que las imágenes de ambas fechas son iguales, y posteriormente extraer el valor de la imagen en todos esos puntos. Con esa información se calculan las ecuaciones de regresión de cada banda, tomando la imagen de 2005 como variable independiente y 2009 como dependiente:  $2009=A*2005+B$

Los coeficientes de regresión en las 24 escenas tratadas hasta el momento dan muy buenos resultados, con un  $R^2$  medio total de 0.93, y por bandas: B1 0.929; B2 0.939; B3 0.924; B4 0.933; PAN 0.90.

Por último se aplican las ecuaciones de regresión a las 5 bandas de 2005, obteniéndose una imagen normalizada a 2009.

### Fase 2

La segunda fase se centra en la elaboración de una imagen a la que llamamos “diferencia”, que procede del cálculo de la diferencia entre ambas fechas (09-05). Para incidir sobre los cambios de “tipo” de cobertura del suelo, se ha utilizado la parte multispectral de la imagen, dando mucho peso a la relación existente entre la reflectividad en el rojo y el infra-rojo próximo, usando para ello el Índice de Vegetación de Diferencia Normalizada (NDVI), pero sin dejar de lado otro tipo de coberturas que se identifican mejor con el verde o el infra-rojo medio, realizando también la diferencia de ambas bandas.

Este estudio se ha apoyado en el análisis textural y estructural de la imagen diferencia de las bandas pancromáticas (a 2,5m de resolución), permitiendo así definir con claridad los objetos y sus bordes (parcelas, árboles, construcciones, infraestructuras, etc.), proporcionando mejores resultados a la hora de distinguir un cambio.

Como resultado, la imagen “diferencia” de cada escena está constituida por 7 bandas: diferencia B1, diferencia B4, diferencia NDVI, diferencia PAN, media (dif. PAN), homogeneidad (dif. PAN), filtro de paso alto (dif. PAN), todas a 10m de resolución.

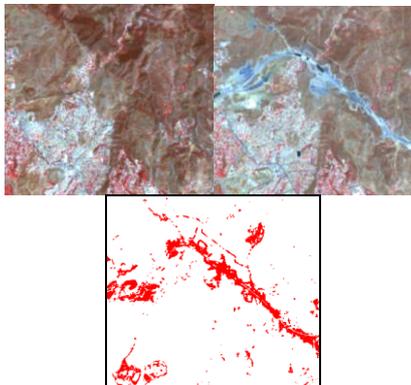
### Fase 3

La última fase metodológica consiste en una clasificación automática no supervisada de la imagen diferencia, limitando las zonas de análisis mediante máscaras. El algoritmo de clasificación utilizado es el ISODATA (Tou, J. T. and R. C. Gonzalez, 1974), que calcula las medias de cada clase uniformemente distribuidas en el espacio e iterativamente agrupa los píxeles restantes usando técnicas de mínima distancia. Cada iteración recalcula las medias y reclasifica los píxeles con respecto a las nuevas medias. Esta fase requiere un conocimiento profundo de la zona y de lo que se quiere obtener con la clasificación, para poder definir correctamente los umbrales de tolerancia y los sucesivos pasos de reclasificación encaminados a agrupar o disgregar clases de cambio.

Por último se procede al postprocesado de la imagen, agrupando todas las clases de cambio en una sola y eliminando el efecto de “sal y pimienta” mediante un filtro de moda (ventana de 3x3). El resultado se vectoriza y se le integra la máscara de nubes, si la hubiera.

## RESULTADOS Y VALIDACIÓN

El resultado obtenido para cada una de las escenas es una capa vectorial que indica los cambios ocurridos entre las dos fechas de referencia (05 y 09) y que son susceptibles de cambio en la leyenda SIOSE asignada (Figura 2). A esta capa se le eliminan los polígonos menores de 2000m<sup>2</sup> para evitar guiar al fotointérprete a puntos que no supongan un cambio real y considerable en la leyenda SIOSE asignada.



**Figura 2.** Detalle de zona de cambio. a) Iz. 2005, b) Dcha. 2009, c) capa de cambio.

De los resultados obtenidos hasta la fecha

(procesadas 24 escenas) se deduce que la reducción de superficie media de los polígonos a revisar por el equipo de fotointerpretación es del 53%, con superficie media de cambio del 7,4%.

Estos resultados suponen que la media del número de polígonos forestales de SIOSE afectados por cambio sea del 24,7%, contando con algunas escenas en que los valores descienden incluso hasta el 8,5%.

Respecto a la validación de resultados, con la metodología desarrollada se ha conseguido que los errores por omisión (cambios no detectados) sean prácticamente nulos y aceptables en el ámbito del proyecto. Sin embargo, para conseguir esto se ha tenido que admitir una capa de cambios con ciertos errores por comisión (falsos cambios) que se asemejan bastante a cambios reales que no podían quedar fuera de la capa resultante. Este tipo de errores es variable dependiendo del tipo de escena, siendo más altos en los casos en que la zona tiene un relieve muy abrupto o que las imágenes de ambos años tienen condiciones de captura muy diferentes. Aún así, finalizadas 3 zonas, sólo el 12,5% de la superficie indicada como cambio es un error por comisión, es decir que el 6,9% de los polígonos indicado como cambio, no lo es realmente.

## CONCLUSIONES

Los resultados obtenidos con este trabajo suponen una herramienta de grandísima utilidad porque proporcionan una capa de información idónea para la fotointerpretación dirigida, con un porcentaje de fiabilidad muy alto, reduciéndose de forma considerable los tiempos de ejecución del proyecto.

Teniendo en cuenta la diversidad de tipos de cobertura del suelo que tiene Andalucía, es muy importante el hecho de haber desarrollado una metodología común para todos ellos, que reduce extensamente los errores no sistemáticos.

## BIBLIOGRAFÍA

ALADOS-ARBOLEDAS L., 2009, *Informe final para la Consejería de Medio Ambiente: Determinación y evaluación de parámetros atmosféricos para la corrección atmosférica de las imágenes de la REDIAM*. Univ. de Granada.

ALADOS-ARBOLEDAS L. y GIL J. E., 2008, *Informe técnico del desarrollo de Modelos para el Pretratamiento y tratamiento de las imágenes*

*de satélite de la REDIAM*, Universidad de Granada.

CHANDER G. AND MARKHAM B. *Revised Landsat-5 TM Radiometric Calibration. Procedures and Postcalibration Dynamic Ranges*. IEEE Transactions on Geoscience and Remote Sensing, VOL. 41, NO. 11, november 2003

GIL, Y., ROMERO, D., ORTEGA, E., DOMÍNGUEZ, M.C., NAVAS, P., PATIÑO, M., VICENT, C., SANTOS, M., QUIJADA, J., GIMÉNEZ DE AZCÁRATE, F., CÁCERES, F. Y MOREIRA, J.M. (2010): *SIOSE Andalucía, experiencia de integración y actualización de bases cartográficas multiescala*. En: Ojeda, J., Pita, M.F. y Vallejo, I. (Eds.), *Tecnologías de la Información Geográfica: La Información Geográfica al servicio de los ciudadanos*. Secretariado de Publicaciones de la Universidad de Sevilla. Sevilla. Pp. 116-134. ISBN: 978-84-472-1294-1

MODTRAN USERS MANUAL, Versions 3.7 and 4.0, Air Force Res. Lab., Hanscom AFB, MA, 1998.

ROMERO, D., GIL, Y., ORTEGA, E., DOMÍNGUEZ, M.C., NAVAS, P., PATIÑO, M., VICENT, C., SANTOS, M., QUIJADA, J., GIMÉNEZ DE AZCÁRATE, F., CÁCERES, F. Y MOREIRA, J.M. (2010): *Actualización SIOSE en Andalucía 2009*. En: Ojeda, J., Pita, M.F. y Vallejo, I. (Eds.), *Tecnologías de la Información Geográfica: La Información Geográfica al servicio de los ciudadanos*. Secretariado de Publicaciones de la Universidad de Sevilla. Sevilla. Pp. 348-361. ISBN: 978-84-472-1294-1.

TOU, J. T. AND R. C. GONZALEZ, 1974. *Pattern Recognition Principles*, Addison-Wesley Publishing Company, Reading, Massachusetts.

VERMOTE E.F., TANRÉ D., DEUZÉ J.L., HERMAN M., MORCRETTE J.J., 1997, *Second Simulation of the Satellite Signal in the solar Spectrum: an overview*, IEEE Transactions on Geoscience and Remote Sensing, 35, 3, 675-686.

## AGRADECIMIENTOS

Los autores agradecen todo su apoyo y colaboración al equipo de SIOSE Andalucía y al equipo REDIAM de la Consejería de Medio Ambiente de la Junta de Andalucía.