

## Análisis espacio-temporal de los cambios de usos del suelo en la Cuenca del Río Segura

F. Alonso Sarría, F. Gomariz Castillo, F. Cánovas García, J. Moreno Brotóns

Instituto del Agua y Medio Ambiente, Universidad de Murcia, Campus de Espinardo, 30.001 Murcia (España). E-mail: fgomariz@um.es

### ABSTRACT

Land use change is a dynamic process that affects heavily to different environmental processes. In this work, a GIS application is designed to analyse land use changes from landsat imagery since 1976 to 2007, a period with important socioeconomic and land use changes in River Segura Basin.

This work describes the methodology used to obtain a yearly series of land cover maps of the Demarcación Hidrográfica del Segura (River Segura basin in South East Spain). In order to analyze this great amount of information for a large (more than 18,000 km<sup>2</sup>) and heterogeneous area, a unified methodology has been developed.

It has been used a supervised classification improved by a previous not supervised classification using both spectral (4 or 6 landsat solar spectrum bands depending on the sensor available, MSS or TM, ETM) and two textural variables. The last ones were obtained estimating the semivariogram frunction from the albedo and NDVI layers. Having used two images from different seasons, the total number of variables included in the classification is 12 or 16 depending on the year.

Preliminary results show a reduction of the surfaces with traditional dry crop uses and the important increase of irrigation lands during the first half of the 1980s decade. The increase in bare soil areas also reflects the abandonment of traditional crops. Finally, it has been observed an increase in urban areas attributable to demographic trends.

**Palabras clave:** Teledetección, Cuenca del Segura, Landsat, Sistemas de Información Geográfica.

### LOCALIZACIÓN Y EMPLAZAMIENTO

La Cuenca del Segura, con una extensión de unos 19000km<sup>2</sup> (el 3,7% del territorio español), se encuentra ubicada en el Sureste de la Península Ibérica, incluyendo totalmente a la Región de Murcia y en parte a Andalucía, Comunidad Valenciana y Castilla-La Mancha.

Esta Cuenca se divide en 49 grandes subunidades hidrográficas (subzonas hidráulicas de la Demarcación Hidrográfica) que actúan para el presente trabajo como una de las unidades de estudio temporal fundamental.



Figura 1. Localización y emplazamiento. Subzonas Hidráulicas CHS.

**METODOS: TRATAMIENTO MEDIANTE TELEDETECCIÓN DE LOS DATOS**

**Georreferenciación y corrección geométrica**

Para la georreferenciación, considerada ésta como la sustitución del sistema de coordenadas basado en filas y columnas de la imagen por otro basado en un sistema de referencia espacial, se ha aplicado una rectificación empírica a partir de una serie de puntos de control con los que calibrar una ecuación de transformación polinómica.

Para la toma de puntos de control, se ha optado por utilizar una malla inicial de entre 25 y 50 puntos por imagen, tratando de utilizar siempre el mismo conjunto para simplificar la búsqueda en imágenes multitemporales y asegurar siempre el mismo ajuste entre ellas (DIEZ y NICOLAS, 2001). Una vez seleccionado el conjunto de puntos, se ha optado por emplear una transformación lineal al no mejorar polinomios de mayor grado el error medio y poder producir grandes deformaciones en espacios sin puntos de control.

**Cálculo de reflectividad: Corrección atmosférica y de iluminación.**

Para iniciar los trabajos, se ha creído conveniente el cálculo de las reflectividades frente al uso directo de los niveles digitales (ND), al tener esta variable un sentido más físico y ser más fácil de relacionar con los usos de suelo y otras variables (GILABERT et al, 1994; CHUVIECO, 2002). Para la corrección atmosférica y de iluminación se ha utilizado la metodología descrita por (RIÑO et al, 2000):

Corrección atmosférica: Una vez convertidos los ND a radiancia ( $L_{sen,k}$ ) a partir de las especificaciones del sensor, se ha aplicado una corrección atmosférica mediante el método del mínimo del histograma de (CHÁVEZ, 1996) que asume que en cualquier imagen pueden detectarse píxeles oscuros (de irradiancia nula). Como se supone que la irradiancia de estos puntos es nula, si se recibe un valor mayor que cero se puede asumir que se debe a radiación difusa atmosférica. Estos valores se sustraen del histograma para las diferentes bandas ( $k$ ) para obtener una mejor estimación de la irradiancia procedente del suelo  $L_{sue,k}$  que  $L_{sen,k}$ . La siguiente ecuación muestra el procedimiento para obtener los valores de reflectividad a partir de la radiancia.

$$\rho_k = \frac{D_\pi (L_{sen,k} - L_{min,k})}{E0_k \cos \theta_i \tau_{k,i}} \quad (2)$$

En el denominador, se tiene en cuenta la atenuación de la radiación solar incidente por parte de la atmósfera multiplicando aquella por un valor de transmisividad ( $\tau_{k,i}$ ) que depende de la región del espectro electromagnético a que corresponda la banda analizada. Los valores para landsat TM proceden de (CHÁVEZ, 1996), (GILABERT et al, 1994) y (RIÑO et al, 2000).

Corrección de iluminación: Este apartado trata de corregir el efecto de la modificación del ángulo de incidencia de los rayos solares por la pendiente y la orientación. Este efecto se solucionaría sustituyendo en la ecuación (2)  $\theta_i$  por  $\beta_i$ , a partir de:

$$\cos \beta_i = \cos \theta_c \cos \theta_n + \sin \theta_c \sin \theta_n \cos(\phi_c - \phi_n) \quad (3)$$

Donde  $\beta_i$  es el ángulo que forma la perpendicular de la pendiente a la superficie del pixel con los rayos del sol,  $\theta_c$  la pendiente del terreno,  $\theta_n$  el ángulo acimut solar y  $\phi_n$  la orientación del pixel.

**Creación de capas de información textural**

Para tratar de incrementar la separabilidad entre clases, se ha incorporado como información adicional una capa textural que presenta la variación espacial del brillo de una imagen (BERBEROGLU et al, 2007), que resulta especialmente interesante en paisajes mediterráneos por la gran variedad y fragmentación de patrones espaciales. Ésta se ha

extraído a partir del primer componente de un análisis de componentes principales (ACP) sobre las capas de reflectividad, concretamente se han incorporado dos índices texturales basados en el funciones semivariograma:

$$\gamma = \frac{\sum_{i=1}^4 (b - b_i)^2}{8} \quad (4)$$

Asimismo, se ha aplicado también al índice normalizado de vegetación (NDVI) como capa de información adicional.

### Clasificación supervisada y no supervisada

Para la clasificación supervisada se han seleccionado un total de 574 áreas de entrenamiento atendiendo a una distribución más o menos homogénea en la cuenca, abarcando la totalidad de clases seleccionadas y tratando siempre que exista el mismo uso en los diferentes años, a partir del MCA77, el vuelo de 1987, Corine LandCover de 1990 y 2000, SIGPAC de 2004 e imagen Qickbird de 2005. Como resultado, se han obtenido una serie de Clases informacionales (CI) seleccionadas a priori. Para la clasificación no supervisada, basada en un análisis clúster que genera un conjunto de clases, se ha optado por usar el algoritmo ISODATA (CHUVIECO, 2002), que obtiene como resultado una serie de Clases Espectrales (CE). Una vez generadas las clasificaciones, se ha procedido a la integración combinando categorías empleando un algoritmo de agrupación jerárquico, utilizando como criterio de ordenación la divergencia entre ce y ci. La evaluación de similitud o disimilitud se ha efectuado a partir del índice aplicado en (THOMAS et al, 1987; CHUVIECO, 2002):

$$Div_{a,b} = \frac{Tr\{(V_a - V_b)(V_b^{-1} - V_a^{-1})\}}{2} + \frac{Tr\{(V_a^{-1} - V_b^{-1})(M_a - M_b)(M_a - M_b)^t\}}{2} \quad (5)$$

Donde  $M_a$  es el vector de medias de la clase  $a$ ,  $V_a$  la matriz de varianzas covarianzas,  $Tr$  la función traza de la matriz,  $t$  indica la matriz transpuesta y  $-1$  la matriz inversa.

### Asignación de píxeles a clases

Una vez obtenido el conjunto de clases óptimo y su caracterización estadística se ha asignado a cada píxel su clase. Para ello se ha utilizado en primer lugar el algoritmo de máxima verosimilitud por clase para obtener la probabilidad de pertenencia a dicha clase.

### Validación. Error de clasificación

Para comprobar la calidad de los resultados obtenidos se han realizado para cada año dos clases de validaciones: (a) validación cualitativa detallada basada en el conocimiento de la cuenca de estudio y (b) validación cuantitativa a partir de matrices de confusión, que obtiene una caracterización del error cometido y una media sobre la adecuación de la clasificación. Para este tipo de validación, se han digitalizado un total de 142 polígonos de validación, siguiendo los siguientes criterios: (a) localización espacial diferente a las áreas de entrenamiento, (b) homogeneización temporal y (c) definición de los límites de los polígonos inferior al polígono real, para evitar confusiones.

### Análisis espacio-temporal de la información

Para un análisis previo de la evolución de los usos del suelo se ha procedido a extraer la información de las superficies de cada clase para cada una de las subcuencas integrantes en la Cuenca del Segura. De este modo, se ha obtenido una evolución de usos del suelo para cada clase en función de la tasa de cambio respecto al valor considerado inicial. Esta evolución también ha servido como método de validación, al comparar las clases en cada subcuenca en las imágenes de 1977, 1990 y 2000 con el cruce entre estas cuencas y la información espacial referente al MCA de 1977 y el proyecto Corine LandCover.

## ÁREA TEMÁTICA 1: MODELIZACIÓN EN GEOGRAFÍA FÍSICA

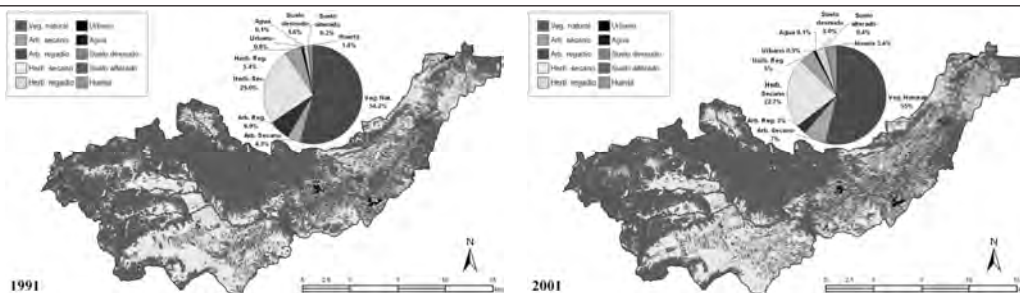


Figura 2. Clasificación de usos en la cuenca del Río Argos en el año 1985 y 2000

### CONCLUSIONES

En términos generales, se han conseguido los objetivos perseguidos de adquisición e integración de la serie temporal de imágenes, de gran interés para los estudios ambientales y en concreto relacionados con la erosión, desertificación, el recurso agua, etc. Este trabajo ha permitido la creación de una base de datos con información de radiancia, de gran interés al posibilitar la integración en gran cantidad de modelos tales como identificación de combustibles, aplicaciones agrícolas y forestales, reconocimiento de unidades geomorfológicas, etc... todos ellos evaluados a partir de índices o como parte de modelos empíricos. La clasificación preliminar de usos para cada año, ha sido un trabajo inédito hasta la fecha en el Sureste español. El resultado de la clasificación puede considerarse aceptable si se tiene en cuenta la escala de trabajo a la que se aplica (resoluciones entre 35 y 75 metros en función del sensor) y los objetivos perseguidos. En lo referente al análisis temporal de los usos del suelo, dentro del marco del proyecto se pretende iniciar la modelización estadístico-espacial de los cambios mediante "Cadenas de Markov" para el cálculo de matrices de confusión de probabilidad de cambio de estado y la generación de escenarios a partir de "autómatas celulares".

### AGRADECIMIENTOS

El desarrollo de este trabajo ha sido posible gracias al Proyecto de Investigación denominado "Análisis Multitemporal de Cambios de Uso del Suelo en la Cuenca del Segura. 1975-2007", financiado por la Fundación Instituto Euromediterráneo del Agua (IEA).

### REFERENCIAS

- ❖ Berberoglu, S., Curran, P.J.; Lloyd, C.D., Atkinson, P.M.; 2007. *Texture classification of Mediterranean land cover*. International Journal of Applied Earth Observation and Geoinformation, 9:322-334.
- ❖ Chávez, P.S., 1996. *An improved dark-object subtraction technique for atmospheric scattering correction of multispectral data*. Remote Sensing of Environment. 24:459-479.
- ❖ Chuvieco, E. 2002. Teledetección Ambiental. Ariel Ciencia, 586pp.
- ❖ Díez de Arribas, J.M., Nicolás, E. 2001. *Software de corrección geométrica automática de imágenes NOAA*. Proyecto de Fin de Carrera, U. de Alcalá.
- ❖ Gilbert, M.A., Conese, C., Maselli, F. 1994. *An Atmospheric correction method for the automatic retrieval of surface reflectances from TM images*. International Journal of Remote Sensing, 15-10,:2065:2086.
- ❖ Riaño, D., Salas, J., Chuvieco, E. 2000. *Corrección atmosférica y topográfica, información multitemporal y auxiliar aplicadas a la cartografía de modelos de combustibles con imágenes Landsat-TM*. Tecnologías Geográficas para el Desarrollo Sostenible. U. de Alcalá, 2000:222-239.
- ❖ Thomas, I.L., Ching, N.P., Benning, V.M., D'Aguzzo, J.A., 1987. *A review of multi-channel indices of class separability*. International Journal of Remote Sensing, 58:84-106.