

Editan:

Grupo de investigación en Desarrollo Sostenible y Planificación Territorial

Grupo de investigación Geo-Ambiental

Grupo de Investigación de Análisis de Recursos Ambientales (ARAM)



Nieto Masot, A. (Ed.)

***APLICACIONES TIG EN EL
ANÁLISIS TERRITORIAL.
Transferencia a Universidad, Sector
Público y Empresas***

©Nieto Masot, A. (Ed.), 2015
© De los textos, sus autores, 2015

Colaboraciones:

Grupo de Investigación en Desarrollo Sostenible y Planificación Territorial de la Universidad de Extremadura

Grupo de Investigación Geo-Ambiental de la Universidad de Extremadura

Grupo de Investigación de Análisis de Recursos Ambientales de la Universidad de Extremadura

Primera edición: octubre - 2015

Diseño cubierta: Ana Nieto Masot

Texto y Fotografías interior: autores y archivos correspondientes

Impresión: Copegraf S. L.

Cáceres

Avenida Virgen de Guadalupe, 18

10001 Cáceres

Cáceres

ISBN: 978-84-608-2535-7

Impreso en España

Cualquier forma de reproducción, distribución, comunicación pública o transformación de esta obra solo puede ser realizada con la autorización de sus titulares, salvo excepción prevista por la ley. Dirijase a CEDRO (Centro Español de Derecho Reprográficos) si necesita fotocopiar o escanear algún fragmento de esta obra.

Contenido

PRÓLOGO	9
Ana Nieto Masot	
EL SIG DE CÁCERES	11
Luis Antonio Álvarez Llorente y Faustino Cordero Montero	
ANÁLISIS MEDIANTE SIG DE LA SECA DE QUERCÍNEAS EN EXTREMADURA: GENERACIÓN DE UN MODELO ESPACIAL DE SUSCEPTIBILIDAD MEDIANTE MINERÍA DE DATOS.....	25
Jesús Emilio Arévalo Romero y J. Francisco Lavado Contador	
OS SIG NA GESTÃO PORTUÁRIA: O CASO DO PORTO DE SINES.....	43
Teresa Batista, Duarte Carreira e Eduardo Moutinho	
COMARCALIZACIÓN Y ORDENACIÓN TERRITORIAL EN EXTREMADURA.	55
Ángela María Engelmo Moriche	
DINÁMICA EXPERIMENTADA POR LOS USOS DEL SUELO EN MANZANARES EL REAL (MADRID): 1990-ACTUALIDAD.....	69
Macarena García Manso	
EL EMPLEO DE LAS TÉCNICAS SIG PARA DETERMINAR LA LOCALIZACIÓN ÓPTIMA DE RECURSOS SOCIO SANITARIOS A ESCALA LOCAL.	87
Celeste García Paredes	
APLICACIONES DE LAS TIG EN EL PROYECTO ITINERE1337: CAMINOS A GUADALUPE.....	99
Raúl José González González	
LOS MODELOS GRAVITACIONALES COMO MÉTODO DE ANÁLISIS DE LA ATRACCIÓN COMERCIAL SOBRE EL TERRITORIO. APLICACIÓN EN LA CC.AA. DE EXTREMADURA	115
José Antonio Gutiérrez Gallego, José Manuel Pérez Pintor y Enrique E. Ruiz Labrador	
ANÁLISIS DE LA MOVILIDAD OBLIGADA EN EL CAMPUS UNIVERSITARIO DE CÁCERES. ACTUACIONES A FAVOR DE LOS DESPLAZAMIENTOS SOSTENIBLES	131
Francisco Javier Jaraíz Cabanillas, José Antonio Gutiérrez Gallego y Jin Su Jeong	
LA OCUPACIÓN EDIFICATORIA DEL SUELO EN MUNICIPIOS SIN PLANEAMIENTO URBANÍSTICO. EL CASO EXTREMEÑO.	149
Víctor Jiménez-Barrado	
APLICACIONES T.I.G. EN PROYECTOS DE GEOGRAFÍA FÍSICA	165
J. Francisco Lavado Contador, Susanne Schnabel, Álvaro Gómez-Gutiérrez , Manuel Pulido Fernández, F. Javier Lozano Parra, J. Ibáñez, Estela Herguido Sevillano y Judit Rubio Delgado	

LOS MAPAS TEMÁTICOS DE RIESGOS COMO ELEMENTOS DIVULGATIVOS Y DIDÁCTICOS DE CONCIENCIACIÓN SOCIAL 181

Enrique López Rodríguez

ESTUDIO Y CARTOGRAFÍA DEL PAISAJE: EL MAPA DE PAISAJE DE EXTREMADURA..... 199

José Antonio Mateos Martín Raquel Martín López y Pablo Sánchez

SIG PARA EL ANÁLISIS DEL ENVEJECIMIENTO DEMOGRÁFICO Y LA GESTIÓN DE RECURSOS SOCIO-SANITARIOS EN EXTREMADURA.....213

Ana Nieto Masot, Celeste García Paredes y Gema Cárdenas Alonso

APLICACIONES TIG EN EL ANÁLISIS Y GESTIÓN DE ESPACIOS RURALES Y URBANOS....227

Ana Nieto Masot y Gema Cárdenas Alonso

LOS SIG EN LA GESTIÓN DEL REGADÍO: CANAL DE ORELLANA (BADAJOZ).....239

Isabel Pérez Rebollo

A UTILIZAÇÃO DE ANÁLISE MULTICRITÉRIO NA DETERMINAÇÃO DA APTIDÃO BIOGEOFÍSICA DO TERRITÓRIO OTALEX C..... 249

Luis Quinta-Nova, Paulo Fernandez,Natália Roque, Suzete Cabaceira, José Cabezas, Luis Fernández-Pozo y Beatriz Ramírez

APLICACIÓN DE SIG PARA LA OBTENCIÓN DE UNIDADES EDAFOAMBIENTALES EN EL SUROESTE DE LA PENÍNSULA IBÉRICA261

Beatriz Ramírez, Luis Fernández, José Cabezas, Victoriano Ramos, Paula Mendes, Paula, Carlos Pinto-Gomes y Teresa Batista

METODOLOGÍA PARA AMPLIAR LA CARTOGRAFÍA CORINE MEDIANTE EL ANÁLISIS O.B.I.A. DE IMÁGENES LANDSAT271

Victoriano Ramos, Beatriz Ramírez,Luis Fernández, José Cabezas, Carlos Pinto-Gomes,Paula Mendes y Teresa Batista,

ESTUDIO DEL USO DEL TRANSPORTE PÚBLICO COMO MODO DE ACCESO AL CAMPUS UNIVERSITARIO DE CÁCERES;Error! Marcador no definido.

Manuel Sánchez Fernández, José Antonio Gutiérrez Gallego y Elia Quirós Rosado

METODOLOGÍA PARA AMPLIAR LA CARTOGRAFÍA CORINE MEDIANTE EL ANÁLISIS O.B.I.A. DE IMÁGENES LANDSAT

Ramos, Victoriano M.¹; Ramírez, Beatriz¹; Fernández, Luis¹; Cabezas, José¹; Pinto-Gomes, Carlos²; Mendes, Paula²; Batista, Teresa³

¹Grupo de Análisis de Recursos Ambientales (ARAM). Universidad de Extremadura. España, tcrego@gmail.com

²Departamento de Paisagem, Ambiente e Ordenamento / Instituto de Ciências Agrárias e Ambientais Mediterrânicas (ICAAM). Universidad de Évora, Portugal, paulabm@uevora.pt

³Comunidade Intermunicipal do Alentejo Central (CIMAC), Portugal, tbatista@cimac.pt

RESUMEN

El Programa Corine Land Cover de la Unión Europea ha supuesto una revolución en el análisis de las dinámicas territoriales, al aportar datos de usos de suelo y sus cambios desde 1991 hasta 2006. Se trata de una referencia fiable y eficaz para el análisis y la planificación regional. Sin embargo, un periodo de 15 años puede resultar ineficaz si lo que se pretende es contextualizar dinámicas territoriales de mayor amplitud temporal. En el presente estudio se plantea una metodología de ampliación de la cartografía Corine mediante el análisis de imágenes por satélite obtenidas a lo largo de los más de 40 años de la misión Landsat. Para ello, se han utilizado los últimos algoritmos disponibles para la identificación de objetos en imágenes (Objet-Based Image Analysis: O.B.I.A.). Para comprobar la fiabilidad de esta metodología, se ha utilizado la Comarca de las Vegas Altas del Guadiana como área de estudio. Su continuado dinamismo territorial en torno a la agricultura de regadío y las características espaciales y espectrales de estos usos hacen de esta región un área piloto idónea para desarrollar este estudio.

Palabras clave: análisis territorial, Corine, Landsat, O.B.I.A., teledetección.

ABSTRACT

The European Union program Corine Land Cover has brought a revolution in the analysis of territorial dynamics, to provide data on land use and its changes from 1991 to 2006. It is a reliable and effective reference for the analysis and regional planning. However, a period of 15 years may be ineffective if it is intended to contextualize territorial dynamics of higher temporal amplitude. In this study we propose a method to extend the Corine mapping by analyzing satellite images obtained over the 40 years of Landsat mission. For this, we have used the latest available algorithms for identifying objects in images (Objet-Based Image Analysis: O.B.I.A.). To check the reliability of this methodology, we used the region of Vegas Altas del Guadiana as study area. The territorial dynamism continued over time around irrigated agriculture and the spatial and spectral characteristics of these uses make this region an ideal area to develop this study.

Key words: Corine, Landsat, O.B.I.A., remote sensing, territorial analysis.

INTRODUCCIÓN

La misión Landsat es la primera y más extensa misión de teledetección hasta la fecha, aportando imágenes de la superficie terrestre desde hace más de cuarenta años. Estas imágenes, puestas a libre disposición recientemente, son una fuente de información inigualable para el análisis territorial (Hansen et al., 2008) y constituyen la misma materia prima sobre la que se han identificado los usos y coberturas en el Programa Corine Land Cover.

La base de datos Corine es el resultado del programa de la Agencia Europea del Medio Ambiente para la creación de una cartografía homogénea para toda la Unión. Esta información cartográfica abarca el periodo 1991-2006 y aún está en constante actualización. La información extraída de esta cartografía se ha convertido en la referencia para el análisis y la planificación territorial. A pesar de ello, para la mayoría de dinámicas regionales puede resultar insuficiente un periodo de análisis tan reciente.

Como se ha comprobado (Mladinich, 2010) se pueden utilizar estos mapas para la interpretación directa de las imágenes de la misión Landsat, lo que permitiría ampliar considerablemente el periodo de análisis. Nuestro objetivo será, por tanto, analizar la eficacia de los últimos algoritmos de análisis de imágenes basados en el reconocimiento de objetos (Desclee et al., 2006) como mejor metodología para complementar los datos del programa Corine Land Cover.

ZONA DE ESTUDIO

La zona de estudio, seleccionada por sus dinámicas agrícolas continuadas e intensificadas en el tiempo, es la Comarca de las Vegas Altas del Guadiana. Se trata de una región que tradicionalmente se ha identificado con las comarcas agrícolas de Don Benito y Puebla de Alcocer, caracterizadas por los cultivos de regadío en torno al cauce medio del río Guadiana.

Para el presente estudio se han construido los límites de esta región a partir de los límites administrativos reales de estas comarcas agrarias y sus municipios y se ha completado con varios municipios de la Comarca de Mérida y del Sur de Cáceres que también se corresponden con la comarca indicada y sus características territoriales. Por último se han incluido municipios orientales de la provincia de Badajoz que han sufrido grandes transformaciones territoriales debidas a la proliferación de embalses, como consecuencia de la demanda de agua de esta región.



Figura 1. Zona de estudio

METODOLOGÍA

La cartografía Corine

Se ha considerado como fuente indispensable de información territorial la cartografía proporcionadas por el programa Corine Land Cover. Supone la información más fiable de los cambios territoriales en los últimos años y resulta especialmente idónea para el desarrollo de nuestra metodología, ya que se ha construido a partir de las mismas imágenes de satélite con las que pretendemos ampliar el rango temporal de nuestro análisis. Utilizaremos, por tanto, la información cartográfica del programa Corine como fuente de información espacial sobre la que aplicaremos los algoritmos O.B.I.A. para la extracción de variables identificativas de los usos de nuestra zona de estudio.

Este método pretende superar la limitación temporal antes comentada, además de los problemas asociados a la resolución de esta cartografía, que permite obtener resultados muy fiables con coberturas de usos homogéneos y amplios, pero que contiene comúnmente errores en la identificación de límites de usos para parcelas de reducido tamaño, produciendo grandes errores en estudios regionales o locales.

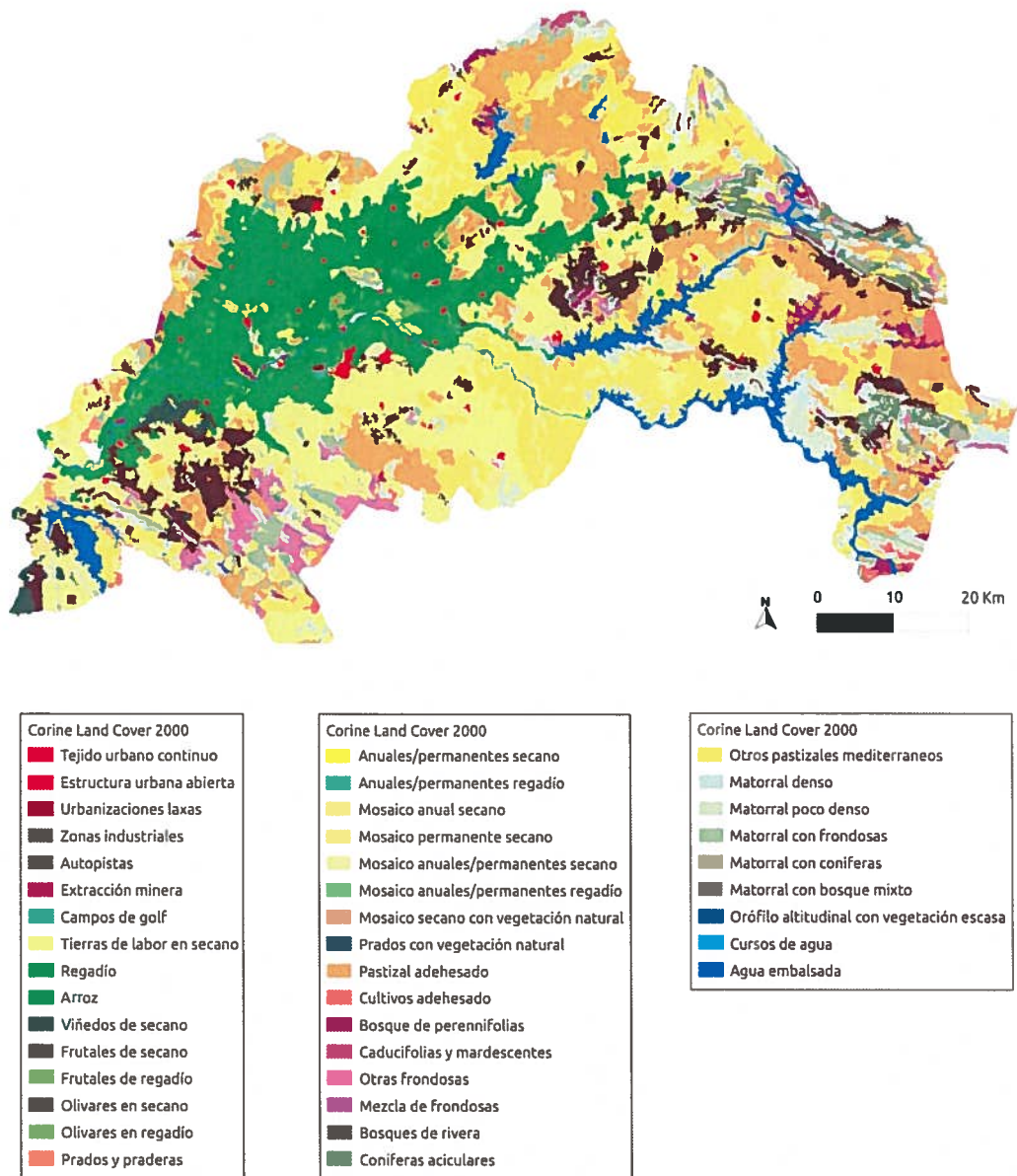


Figura 2. Cartografía de usos Corine 2000 para la zona de estudio

Imágenes Landsat

Las imágenes de la misión Landsat, son las más adecuadas para paliar estas insuficiencias (Dekker et al., 2001). Al tratarse de la serie de teledetección más extensa, constituyen la fuente ideal para ampliar cualquier información cartográfica, siendo totalmente compatibles con los mapas Corine. Estas imágenes ya se han demostrado útiles en el análisis de cultivos (Adams et al., 1995) especialmente para los del arroz (Hu, 2008). Las características espectrales y espaciales de este tipo de uso, permite una interpretación más precisa que con el resto. Se tomará, por tanto, este uso como punto de partida para ampliar los mapas Corine.

Para ello, hemos seleccionado las imágenes Landsat correspondientes a los años 1985 y 2011, que cubren la comarca de las Vegas Altas del Guadiana. Las imágenes fueron tratadas inicialmente con el sistema de información geográfica Quantum Gis. La metodología utilizada con este software fue la siguiente:

1. Operaciones de recorte para la extracción de la zona de estudio de las imágenes originales Landsat. Estas imágenes se utilizarán en las clasificaciones supervisadas.

2. Extracción de una zona mucho más reducida y representativa de la evolución de la región, como área piloto para clasificaciones automatizadas.

3. Composiciones en falso color de todos los recortes. Para ello se utilizó la composición que mejor facilita la determinación de estos usos (Lyon et al., 1998) y que incluye las bandas del Verde, Rojo e Infrarrojo Cercano.

Algoritmos O.B.I.A.

Para la aplicación de los algoritmos O.B.I.A. se ha utilizado el software ENVI, que permite el reconocimiento de objetos en imágenes de satélite. Estas metodologías han ido sustituyendo la identificación de usos basada en la clasificación pixel a pixel. Esta técnica clasificaba cada pixel en función, únicamente, de sus características espectrales. Los algoritmos de identificación de objetos han demostrado ser más eficientes durante los últimos años (Blaschke, 2010) ya que analizan entidades espaciales con parámetros no solo espectrales, sino también de textura, forma o contexto, lo que mejora sustancialmente la identificación de objetos territoriales.

La metodología empleada con el software ENVI pretende evaluar la incidencia de sus distintos parámetros sobre la clasificación de usos. Los parámetros estudiados son los de porcentaje de escala, factor de fusión y tamaño de la textura. Se trata de parámetros que controlan la capacidad para la identificación de objetos en función de su escala, la presencia de otros objetos adyacentes y la diversidad de su textura. Las fases del flujo de trabajo con el software han sido las siguientes:

1. Creación de campos de entrenamiento: Se han seleccionado zonas de usos conocidos de la cartografía Corine que no presentasen cambios en las imágenes Landsat a lo largo del tiempo. Para ello se han utilizado criterios de fotointerpretación que aseguraran una correcta representación de cada clase Corine. Se ha tenido en cuenta, por tanto, la aleatoriedad espacial, geográfica y espectral en la selección, lo que supuso la creación de un total de 245 campos.

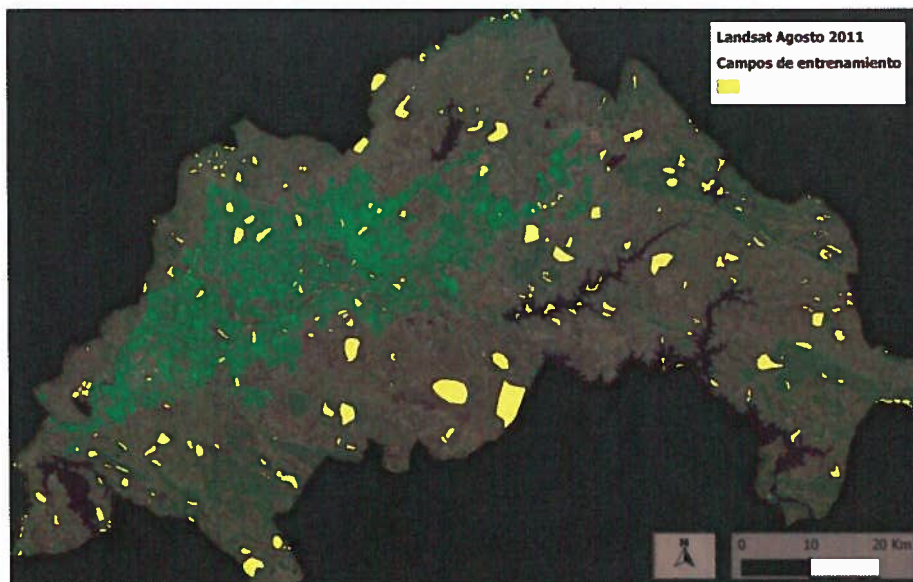


Figura 3: Campos de entrenamiento seleccionados

2. Clasificación supervisada: Se asignan valores a los tres parámetros indicados en el software ENVI, utilizando los campos de entrenamiento como base para la identificación de usos. El resultado es una cartografía vectorial con el territorio segmentado en parcelas clasificadas en categorías Corine. Su fiabilidad dependerá de la combinación de parámetros utilizados. Para valorar la mejor combinación, se realizaron 56 cartografías, cada una correspondiente a distintos valores de escala, fusión y textura. Previamente a esta fase se realizaron 9 cartografías exploratorias que determinaron que los valores de

fusión sólo ofrecían resultados manejables con valores superiores al 90%. Lo mismo ocurría con texturas mayores de 9 píxeles de lado. Además, se comprobó que el valor de escala debía ser siempre inferior al 25%, ya que valores superiores proporcionaban cartografías aberrantes y que por debajo de ese valor, las diferencias no eran significativas.

3. Validación de las cartografías obtenidas: Durante esta fase se extrajo la superficie identificada como cultivo de arroz para las imágenes de agosto de 1984 y 2011. La evolución se comparó con el mostrado por la cartografía Corine para determinar la validez del método.

4. Clasificación automatizada: Se valoró la posibilidad de automatizar esta metodología utilizando la mejor combinación de parámetros de las fases anteriores en un área piloto de reducido tamaño. Se extrajo la información estadística que el software ENVI utilizó para identificar el uso del arroz y se construyeron reglas de reconocimiento automatizado (Vieira et al., 2012), que generaron una cartografía sin campos de entrenamiento previos.

RESULTADOS

Corine Land Cover

Para validar la metodología utilizada, se extrajeron las superficies de usos relevantes en nuestra zona de estudio, de los mapas Corine 1991, 2000 y 2006. Se ha tenido en cuenta que los cambios de usos más notables, corresponden al desarrollo agrícola y sus efectos sobre el territorio (Jaraíz, 2011). Por ello, hemos centrado el análisis estadístico en los usos del cultivo de arroz, resto de regadíos, usos humanos (urbanos e infraestructuras), minería (actividades extractivas) y agua embalsada.

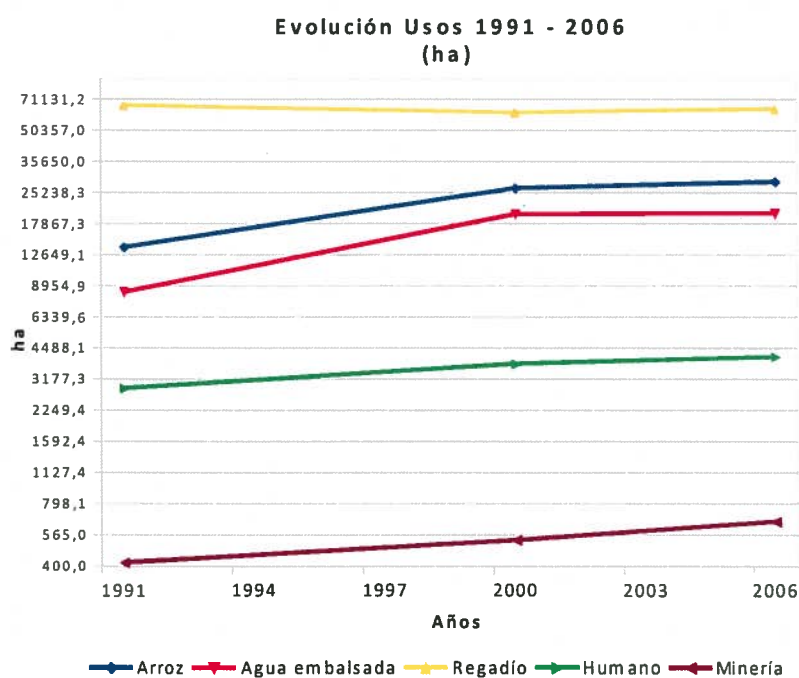


Figura 4: Evolución de usos en los mapas de uso Corine.

Como puede observarse, el resultado global ha sido una amplia transformación del territorio, ya sea por efecto directo o indirecto del desarrollo agrícola. Es muy significativo el avance del cultivo del arroz a costa del regadío tradicional y como esta conversión ha afectado al avance del agua embalsada, el urbanismo y las actividades extractivas vinculadas.

Clasificación supervisada

Para comprobar la validez de las 56 cartografías obtenidas mediante el análisis O.B.I.A., se extrajo de cada una de ellas las estadísticas de superficie de arroz obtenidas y se compararon con las del programa Corine. De todas ellas se obtuvieron 4 con diferencias estadísticas inferiores al nivel de confianza del 15% del programa. En todas se aplicó un porcentaje de escala inferior al 25%, un factor de fusión mayor del 90% y texturas entre los 3 y los 9 píxeles de lado.

Tabla 1. Superficies (ha) de arroz para las mejores combinaciones de fusión y textura.

Parámetros / Años	1984	2011
Textura 3px / Fusión 91%	16100	24927
Textura 5px / Fusión 91%	16753	24648
Textura 7px / Fusión 90%	16881	24426
Textura 9px / Fusión 90%	16567	24320

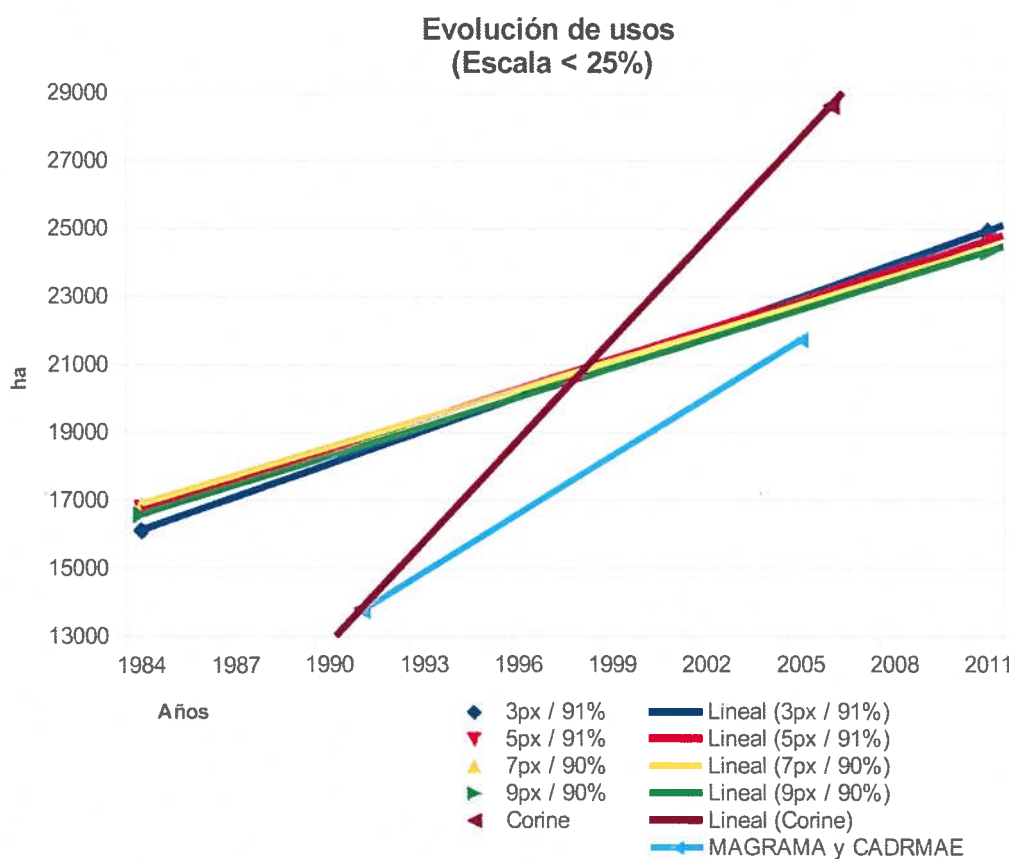


Figura 5: Superficies (ha) de arroz para las mejores combinaciones de fusión y textura.

Tabla 2: Superficies (ha) de arroz en el Corine y MAGRAMA y CADRMAE (Coletto et al., 2006).

Cartografía	1991	2006
Corine Land Cover	13814	28618
MAGRAMA y CADRMAE	13750	21715

Al comparar con el Corine, la mejor combinación de parámetros es un factor de fusión del 91%, una textura de 3 píxeles y una escala inferior al 25%. Obtenemos así una superficie un **14,2%** superior para el año 1991 y un **14,8%** inferior para el año 2006, ambos por debajo del 15% de confianza del programa Corine Land Cover. La comparación con los datos institucionales nos muestra ese acercamiento a la realidad territorial. La misma cartografía seleccionada muestra en 1984 una superficie de arroz un **14,6%** inferior y en el 2011 un **12,9%** superior respecto al periodo 1991 – 2005, de datos proporcionados por el Ministerio de Agricultura, Alimentación y Medio Ambiente (MAGRAMA) y la Consejería de Agricultura, Desarrollo Rural, Medio Ambiente y Energía (CADRMAE).

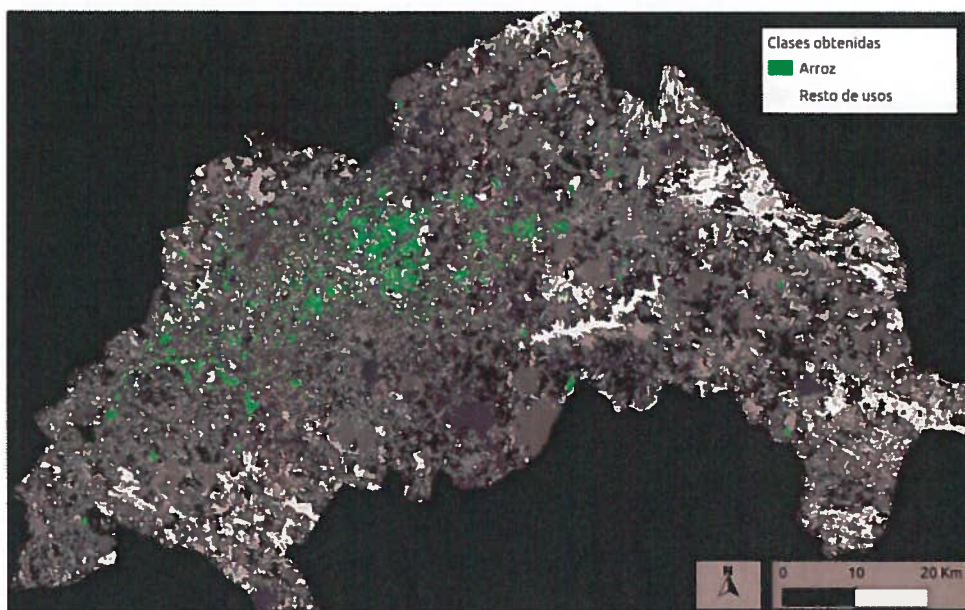


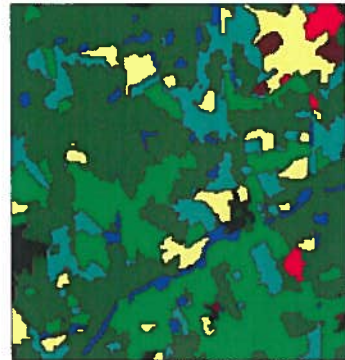
Figura 6: Mejor cartografía obtenida para la identificación de parcelas de arroz.

Clasificación automatizada

Para comprobar las posibilidades de automatización de este método, se recortó de la zona de estudio, un área piloto de reducido tamaño. A esta área se le aplicó el mismo flujo de trabajo que en la fase anterior pero utilizando sólo la mejor combinación de parámetros, obteniendo una sola cartografía supervisada para cada imagen Landsat.

De estos mapas supervisados también se extrajo la superficie de arroz para comparar los resultados con las estadísticas de Corine en este área piloto.

1984



2011



Figura 7. Imágenes en falso color del área piloto y cartografías supervisadas obtenidas.

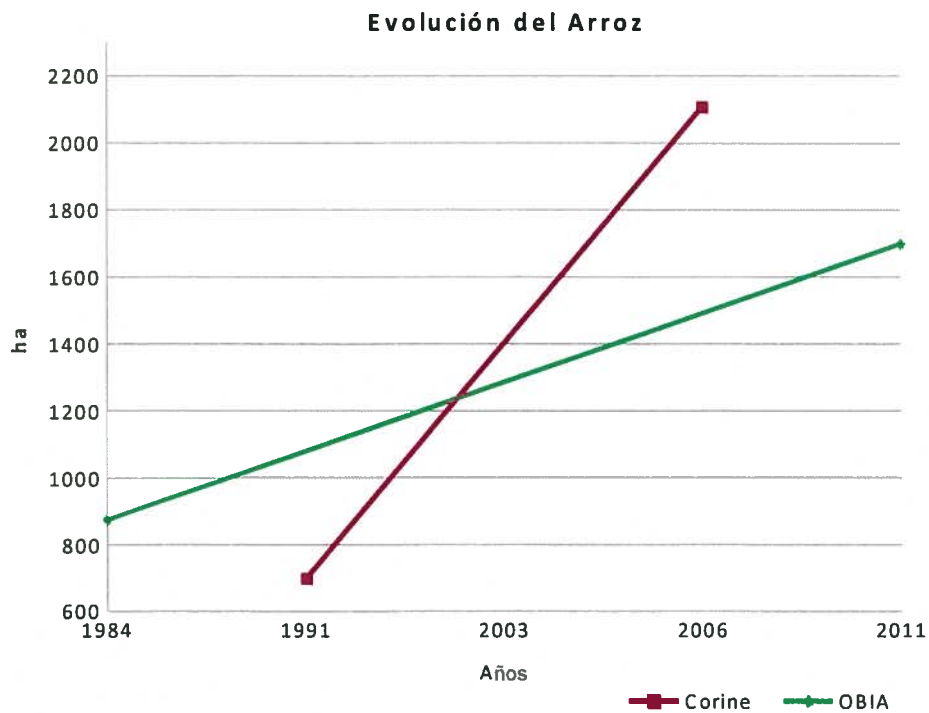


Figura 8. Evolución del arroz en el área piloto.

Tabla 3. Superficie (ha) total de arroz en la cartografía O.B.I.A. del área piloto

Cartografía/Año	1984	2011
OBIA	874	1697

Tabla 4. Superficie (ha) total de arroz en la cartografía Corine del área piloto.

Cartografía/Año	1991	2006
Corine Land Cover	698	2107

Las diferencias en este caso son mayores, un 20,1% respecto al año 1991 y 24,1% en el año 2006. La validez de estos mapas no puede compararse con los resultados anteriores para la región completa. A pesar de ello, valoramos la posibilidad de obtener esta cartografía de forma automatizada. Para ello, se utilizaron las 38 variables estadísticas que el software ENVI maneja para identificar usos y que engloban el ámbito espacial, espectral y de textura. ENVI puede clasificar usos de forma automática si se le proporcionan valores a estas variables. Para valorar esta clasificación automática se utilizaron las estadísticas con las que ENVI identificó las parcelas de arroz de forma supervisada. El resultado fue una nueva cartografía automática para esta reducida área piloto.

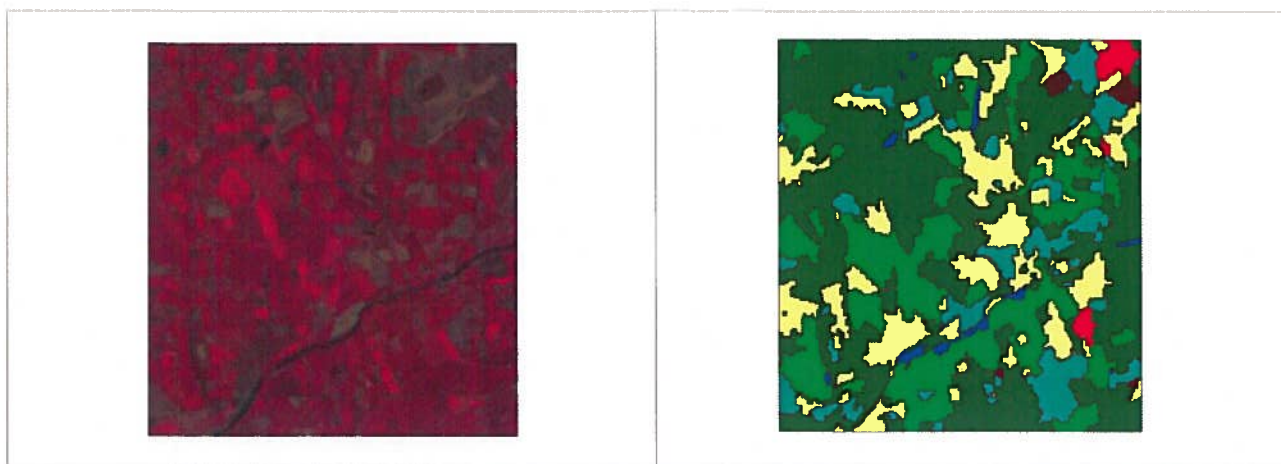


Figura 9. Imagen en falso color del área piloto y cartografía automática obtenida para el año 1984

El resultado es una cartografía muy similar a la anterior y con tan solo una diferencia de 5,2% menos de superficie de arroz respecto al mapa supervisado. Es decir, el método automático ofrece resultados muy cercanos a los mapas creados con campos de entrenamiento, independientemente de la validez de estos.

DISCUSIÓN

Este método para ampliar la cartografía disponible de una región ha demostrado ser bastante eficaz. La aplicación de la metodología O.B.I.A. sobre imágenes Landsat ha permitido obtener mapas de fechas anteriores y posteriores a las de los mapas Corine. Las diferencias son inferiores a su intervalo de confianza e incluso más cercanos a las estadísticas institucionales. Además, los resultados podrían ser aún más fiables aumentando la capacidad de procesamiento y análisis tanto del hardware como del software utilizado. Unos parámetros de clasificación más exigentes podrían facilitar cartografía muy exacta sobre la realidad del territorio.

Como se ha comprobado, el método ha resultado ser menos eficaz sobre un área piloto de reducido tamaño. El menor número de campos de entrenamiento y de información estadística limita la fiabilidad del sistema. A pesar de ello, la automatización es posible, ya que devuelve cartografías bastante fieles a las supervisadas, pero igual que en el caso anterior, serían necesarios grandes recursos de cálculo para adquirir mapas de forma automática sobre regiones mayores.

CONCLUSIONES

La Comarca de las Vegas Altas ha sufrido grandes transformaciones en las últimas décadas. A pesar de la limitación temporal, gracias a las estadísticas del programa Corine, se constata la expansión e intensificación de la agricultura de regadío, caracterizada por un espectacular avance de los cultivos de arroz, origen de su expansión urbana y sus necesidades hídricas.

Como hemos visto, las imágenes Landsat y su análisis mediante algoritmos de clasificación por objetos, son una metodología efectiva para la identificación de usos, susceptible de ser automatizada (Mladinich, 2010). El desarrollo de estas metodologías es fundamental para ampliar la información de la que disponen los ciudadanos y las administraciones sobre la evolución de sus regiones.

A pesar de contar solo con 15 años de mapas Corine, es posible ampliar esta cartografía trabajando directamente sobre las imágenes de satélite. Gracias a metodologías como esta, podemos obtener una visión más amplia de la dinámica y las tendencias de una región y mejorar, por tanto, su análisis y la toma de decisiones sobre su planificación y sostenibilidad.

AGRADECIMIENTOS

Este trabajo ha sido posible gracias a la colaboración y trabajo proporcionado por el gran equipo de OTALEX C y al Programa de Cooperación Transfronteriza España-Portugal (POCTEP) del Fondo Europeo de Desarrollo Regional (FEDER) para el soporte de cofinanciación del proyecto.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Adams, J. B., D. E. Sabol, V. Kapos, R. Almeida, D. A. Roberts, M. O. Smith, and A. R. Gillespie. (1995): Classification of multispectral images based on fractions of endmembers – Application to Land-Cover change in the Brazilian Amazon. *Remote Sensing of Environment* 52:137-154.
- Blaschke, T. (2010): Object based image analysis for remote sensing. *Isprs Journal of Photogrammetry and Remote Sensing* 65:2-16.
- Coletto Martínez, J. M., Muslera Pardo, E., González Blanco, R., Pulido García, F. (2006). *La agricultura y la ganadería extremeñas. Informe 2005 y análisis de una década. 1996-2005*. Caja de Ahorros de Badajoz. Badajoz.
- Dekker, A. G., R. J. Vos, and S. W. M. Peters (2001): Comparison of remote sensing data, model results and in situ data for total suspended matter (TSM) in the southern Frisian lakes. *Science of the Total Environment* 268:197-214.
- Desclee, B., P. Bogaert, and P. Defourny. (2006): Forest change detection by statistical object-based method. *Remote Sensing of Environment* 102:1-11.
- Hansen, M. C., D. P. Roy, E. Lindquist, B. Adusei, C. O. Justice, and A. Altstatt. (2008): A method for integrating MODIS and Landsat data for systematic monitoring of forest cover and change in the Congo Basin. *Remote Sensing of Environment* 112:2495-2513.
- Hu, H., W. Liu, and M. Cao. (2008): Impact of land use and land cover changes on ecosystem services in Menglun, Xishuangbanna, Southwest China. *Environmental Monitoring and Assessment* 146:147-156.
- Jaraíz Cabanillas, Fco Javier. (2011): *Nuevas dinámicas territoriales y sus repercusiones sobre los cambios de uso del suelo en la Raya Central Ibérica*.
- Lyon, J. G., D. Yuan, R. S. Lunetta, and C. D. Elvidge. (1998): A change detection experiment using vegetation indices. *Photogrammetric Engineering and Remote Sensing* 64:143-150.
- Mladinich, C. S. (2010): An Evaluation of Object Oriented Image Analysis Techniques to Identify Motorized Vehicle Effects in Semi-arid to Arid Ecosystems of the American West. *Giscience & Remote Sensing* 47:53-77.
- Vieira, M. A., A. R. Formaggio, C. D. Renno, C. Atzberger, D. A. Aguiar, and M. P. Mello. (2012): Object Based Image Analysis and Data Mining applied to a remotely sensed Landsat time-series to map sugarcane over large areas. *Remote Sensing of Environment* 123:553-562.