

ANÁLISIS DE LA FRAGMENTACIÓN DE ÁREAS AGRÍCOLAS EN EL TERRITORIO OTALEX C

ANÁLISE DA FRAGMENTAÇÃO DAS ÁREAS AGRÍCOLAS NO TERRITÓRIO OTALEX C

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

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

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

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

Resumen: Se propone una metodología para la ampliación de la cartografía de usos existente hasta el momento, mediante el análisis de imágenes satelitales, con algoritmos basados en la identificación de objetos (OBIA). El objeto de estudio es analizar las dinámicas territoriales de las Vegas Altas del Guadiana, partiendo de la cartografía Corine Land Cover y plantear un procedimiento que permita ampliar los años de análisis que ofrece esta cartografía, así como su precisión y fiabilidad. El trabajo utiliza el reconocimiento de objetos sobre imágenes obtenidas por la misión *Landsat*. El método se ha valorado a través del uso del arroz en el área piloto, comparando los resultados obtenidos, con los indicados en la cartografía Corine y los proporcionados por la Consejería de Agricultura, Desarrollo Rural, Medio ambiente y Energía y el Ministerio de Agricultura, Alimentación y Medio Ambiente. Para ello, se han realizado tres experimentos exploratorios con diversas combinaciones de parámetros. Los resultados obtenidos son coherentes con la realidad territorial y se encuentran dentro del intervalo de confianza de la cartografía utilizada. En el último experimento se evalúa la eficacia de la automatización de este método.

Resumo: É proposta uma metodologia para a ampliação da cartografia de usos existente até ao momento, mediante a análise de imagens de satélite, com algoritmos baseados na identificação de objectos (OBIA). O objecto de estudo é analisar as dinâmicas territoriais das Vegas Altas del Guadiana, partindo da cartografia Corine Land Cover e planejar um procedimento que permita ampliar os anos de análise que oferece esta cartografia, assim como a sua precisão e fiabilidade. O trabalho utiliza o reconhecimento de objectos sobre imagens obtidas pela missão *Landsat*. O método foi valorado através da ocupação com a cultura do arroz na área piloto, comparando os resultados obtidos, com os indicados na cartografia Corine e os proporcionados pela Consejería de Agricultura, Desarrollo Rural, Medio ambiente y Energía e o Ministerio da Agricultura, Alimentación y Medio Ambiente. Para tal, realizaram-se três experiências exploratórias, com diversas combinações de parâmetros. Os resultados obtidos são coerentes com a realidade territorial e encontram-se dentro do intervalo de confiança da cartografia utilizada. Na última experiência foi avaliada a eficácia da automatização deste método.

Abstract: It is proposed a methodology for the extension of the land use mapping done to the present, through satellite image analysis, with algorithms based on object identification (OBIA). The study object is to analyze the territorial dynamics from Vegas Altas del Guadiana, starting from Corine Land Cover mapping, and plan a procedure that allows the extend of years in the analysis, which this mapping offers, as well as its precision and reliability. The work uses the recognition of objects above obtained images from the *Landsat* mission. The methodology was valued through occupation with rice crops in the pilot area, facing the obtained results with the ones shown in the Corine Mapping and the ones providade by the Consejería de Agricultura, Desarrollo Rural, Medio ambiente y Energía and Ministerio de Agricultura, Alimentación y Medio Ambiente. To this aim, there were made three exploratory experiments with different combinations of parameters. The results are consistent with the

territorial reality and lie within the confidence interval of the mapping used. In the last experiment the effectiveness of the automation of this method was evaluated.

INTRODUCCIÓN

Entre los múltiples objetivos del proyecto OTALEX C se contempla la obtención y mejora de la cartografía existente del territorio. En este sentido los avances en metodologías que permitan una incorporación fiable, eficaz y lo más automatizada posible de la realidad territorial, resultan útiles para una mejora en las áreas analizadas y sus posibles ampliaciones en el futuro. Siguiendo esta idea se ha desarrollado un trabajo con el objetivo de su utilidad en ampliación de la cartografía de usos existente hasta el momento, mediante el análisis de imágenes satelitales, con algoritmos basados en la identificación de objetos. Debido a la gran extensión del territorio OTALEX C se ha estudiado las dinámicas territoriales en un área piloto de unos 5.000 kilómetros cuadrados, las Vegas Altas del Guadiana, partiendo de la cartografía Corine Land Cover.

Área de estudio: Vegas Altas del Guadiana

Las Vegas Altas del Guadiana es una de las regiones con mayor transformación de usos (Jaraíz, 2011) de las últimas décadas en España. Esta transformación se ha caracterizado por una reconversión del regadío tradicional al arroz, convirtiendo Las Vegas Altas en uno de los primeros productores de arroz de España, con decenas de miles de hectáreas dedicadas a este monocultivo (MAGRAMA, 2012).

Para definir el área de estudio se han tenido en cuenta los límites administrativos reales, correspondientes a comarcas agrarias y sus municipios. Tradicionalmente, se ha identificado a esta región con la comarca agraria de Don Benito (Diputación, 2013), sin embargo están integrados también municipios de otras comarcas del Centro y

INTRODUÇÃO

Entre os múltiplos objectivos do projecto OTALEX C é contemplada a obtenção e melhoria da cartografia existente do território. Neste sentido, os avanços em metodologias que permitam uma incorporação fiável, eficaz e o mais automatizada possível da realidade territorial, são úteis para uma melhoria nas áreas analisadas e suas possíveis ampliações no futuro. Seguindo esta ideia, desenvolveu-se um trabalho com o objectivo da sua utilidade em ampliação da cartografia de usos existente até ao momento, mediante a análise de imagens de satélite, com algoritmos baseados na identificação de objectos. Devido à grande extensão do território OTALEX C estudaram-se as dinâmicas territoriais numa área piloto de 5.000 quilómetros quadrados, nas Vegas Altas del Guadiana, partindo da cartografia Corine Land Cover.

Área de estudo: Vegas Altas del Guadiana

As Vegas Altas del Guadiana é uma das regiões com maior transformação de usos (Jaraíz, 2011) das últimas décadas em Espanha. Esta transformação caracterizou-se por uma reconversão do regadio tradicional para o arroz, convertendo as Vegas Altas num dos primeiros produtores de arroz de Espanha, com dezenas de milhares de hectares dedicadas a esta monocultura (MAGRAMA, 2012).

Para definir a área de estudo tiveram-se em conta os limites administrativos reais, correspondentes a comarcas agrárias e aos seus municípios. Tradicionalmente, identificou-se esta região com a comarca agrária de Don Benito (Diputación, 2013), contudo estão integrados também municípios de outras comarcas do centro e

Norte de la provincia de Badajoz y del Centro y Sur de la provincia de Cáceres.

También se han incluido municipios más orientales de la provincia de Badajoz, Puebla de Alcocer y Castuera, para analizar el efecto de la construcción de embalses en estas áreas, fenómeno íntimamente ligado a la evolución de usos en las Vegas Altas (OSE, 2006). Finalmente, el área de estudio queda definida por los límites administrativos que se muestran en la figura 1, ocupando 5.674,7 kilómetros cuadrados.

norte da província de Badajoz e do centro e sul da província de Cáceres.

Também se incluíram municípios mais orientais da província de Badajoz, Puebla de Alcocer e Castuera, para analisar o efeito da construção de barragens nestas áreas, fenómeno intimamente ligado à evolução de usos nas Vegas Altas (OSE, 2006). Finalmente, a área de estudo fica definida pelos limites administrativos que se mostram na figura 1, ocupando 5.674,7 quilómetros quadrados.



Fig. 1. En azul, municipios del área piloto, por comarcas agrarias.

Fig. 1. Em azul, municípios da área piloto, por comarcas agrárias.

Cartografía Corine Land Cover y su fiabilidad

El Proyecto Land Cover, forma parte del Programa Corine, con el que se ha inventariado una cartografía europea de coberturas y usos del territorio a escala 1:100.000, desarrollada mediante fotointerpretación de imágenes satelitales, obtenidas por diversas plataformas de las misiones *Landsat* y *Spot* (EEA, 1994). Es un estándar en los estudios de sostenibilidad (OSE, 2006) y se ha utilizado en el presente estudio como punto de partida.

Cartografia Corine Land Cover e a sua fiabilidade

O Projecto Land Cover, faz parte do Programa Corine, com ele inventariou-se uma cartografia Europeia de coberturas e usos do território à escala 1:100.000, desenvolvida mediante foto-interpretação de imagens de satélite, obtidas por diversas plataformas das missões *Landsat* e *Spot* (EEA, 1994). É um standard em estudos de sustentabilidade (OSE, 2006) e foi utilizado no presente estudo como ponto de partida.

Los mapas Corine están sujetos a limitaciones, siendo la precisión la más importante, que numerosos estudios ponen de manifiesto a través de sus inexactitudes (Barreira *et al.*, 2012) con respecto a la realidad del terreno o por discrepancias entre la información aportada y otras cartografías. Estudios de correlación entre distintas cartografías de usos muestran como existen diferencias significativas entre los usos asignados por Corine Land Cover y otras como el Global Land Cover 2000 (GLC 2000) o el Globcover (Pérez y García, 2009). Estas imprecisiones conllevan la asunción de inevitables errores de asignación y que pueden llegar al 15% (EEA, 2007), intervalo de confianza que puede ser mayores (Barreira *et al.*, 2012), lo cual toma una especial relevancia cuando la escala de trabajo es la regional.

A la anterior imprecisión hay que añadirle la limitación temporal. El programa CORINE abarca el periodo comprendido entre los años 1991 y 2006. Un arco temporal insuficiente para el análisis de dinámicas territoriales a largo plazo, que incluya periodos anteriores y se encuentre plenamente actualizado. El objetivo de la presente metodología es salvar estas deficiencias a partir de las mismas imágenes con las que se ha construido el Programa Corine. Ya se han realizado experimentos en este sentido y han mostrado su potencialidad (Wehrmann and Glaser, 2004).

Imágenes LANDSAT

La primera misión de observación terrestre de la historia que, desde sus orígenes en 1972, ha mantenido la continuidad de la misión (NASA, 2013), está constituida por los satélites LANDSAT. Se han lanzado ocho satélites que han ofrecido de forma ininterrumpida imágenes de la superficie terrestre. En este estudio se han utilizado imágenes correspondientes al sensor Thematic Mapper (TM) de las misiones Landsat 4 y 5, operativo casi 30 años hasta el año 2012 y que aporta imágenes con una

Os mapas Corine estão sujeitos a limitações, sendo a precisão a mais importante, que numerosos estudos manifestam através das suas inexactidões (Barreira *et al.*, 2012) relativamente à realidade do terreno ou por discrepâncias entre a informação dada e outras cartografias. Estudos de correlação entre distintas cartografias de usos mostram como existem diferenças significativas entre os usos designados pelo Corine Land Cover e outras como o Global Land Cover 2000 (GLC 2000) ou o Globcover (Pérez & García, 2009). Estas imprecisões levam à assunção de inevitáveis erros de designação e que podem chegar a 15% (EEA, 2007), intervalo de confiança que pode ser maior (Barreira *et al.*, 2012), o qual toma uma especial relevância quando a escala de trabalho é regional.

À anterior imprecisão há que somar a limitação temporal. O programa CORINE envolve o período compreendido entre os anos 1991 e 2006. Um arco temporal insuficiente para a análise de dinâmicas territoriais a longo prazo, que inclui períodos anteriores e se encontre plenamente atualizado. O objetivo da presente metodologia é guardar estas deficiências a partir das mesmas imagens com as que se construiu o Programa Corine. Já foram realizadas experiências neste sentido e foi mostrada a sua potencialidade (Wehrmann and Glaser, 2004).

Imagens LANDSAT

Constitui a primeira missão de observação terrestre da história que, desde as suas origens em 1972, manteve a sua continuidade (NASA, 2013), constituída pelos satélites LANDSAT. Foram lançados oito satélites que ofereceram de forma ininterrupta, imagens da superfície terrestre. Neste estudo foram utilizadas imagens correspondentes ao sensor Thematic Mapper (TM) das missões Landsat 4 e 5, operacionais quase 30 anos até ao ano 2012, fornecendo imagens com uma resolução de 30 metros de lado, em 7 bandas distintas do espectro

resolución de 30 metros de lado, en 7 bandas distintas del espectro electromagnético.

La escala de trabajo de los sensores *Landsat* los hace especialmente relevantes para los análisis ambientales y de dinámicas territoriales. Es a esta escala media en la que se pueden medir los procesos humanos y ambientales que tienen relevancia en el territorio (NASA, 2013). Ofrecen el detalle suficiente como para caracterizar los procesos antropogénicos que ocurren a escala regional, tales como el crecimiento urbanístico, agrícola, la deforestación y los cambios de uso o procesos ambientales como el deshielo.

Análisis de Imágenes Basado en Objetos (OBIA)

El análisis de imágenes basado en objetos (OBIA por sus siglas en inglés: Object-Based Image Analysis) es un método de análisis de imágenes satelitales bastante reciente, comparado con los métodos tradicionales de comparación píxel a píxel (Chuvieco, 2006). Mientras estos métodos estaban basados en la información espectral de cada píxel, el análisis OBIA utiliza objetos extraídos de la imagen y caracterizados no sólo por sus características espectrales, sino también por su tamaño, forma, textura, o el contexto en el que se encuentran respecto a otros objetos.

La metodología OBIA se compone de dos etapas: la segmentación de la imagen y la clasificación (Tsai *et al.*, 2011). La segmentación crea objetos mediante la unión de píxeles y la clasificación asigna cada objeto a una categoría en función de sus características. Se ha comprobado que esta metodología ofrece mejores resultados que la comparación píxel a píxel y aunque se desarrolló pensando en la alta resolución, su eficacia con imágenes *Landsat* también está demostrada (Vieira *et al.*, 2012).

electromagnético.

A escala de trabajo dos sensores *Landsat* torna-os especialmente relevantes para as análises ambientais e das dinâmicas territoriais. É a esta escala média, na qual se podem medir os processos humanos e ambientais que têm relevância no território (NASA, 2013). Oferecem o detalhe suficiente para caracterizar os processos antropogénicos que ocorrem à escala regional, tais como o crescimento urbanístico, agrícola, a desflorestação e as alterações de uso ou processos ambientais como o degelo.

Análise de Imagens Baseada em Objectos (OBIA)

A análise de imagens baseada em objectos (OBIA pelas suas siglas em inglês: Object-Based Image Analysis) é um método de análise de imagens de satélite bastante recente, comparado com os métodos tradicionais de comparação pixel a pixel (Chuvieco, 2006). Enquanto estes métodos são baseados na informação espectral de cada pixel, a análise OBIA utiliza objectos extraídos da imagem e caracterizados não só pelas suas características espectrais, senão também pelo seu tamanho, forma, textura, ou pelo contexto no qual se encontram face a outros objectos.

A metodologia OBIA é composta de duas etapas: a segmentação da imagem e a classificação (Tsai *et al.*, 2011). A segmentação cria objectos mediante a união de píxeis e a classificação designa cada objeto a uma categoria em função das suas características. Foi comprovado que esta metodologia oferece melhores resultados que a comparação pixel a pixel e ainda que se tenha desenvolvido a pensar na alta resolução, a sua eficácia com imagens *Landsat* também está demonstrada (Vieira *et al.*, 2012).

METODOLOGÍA

Para el análisis de las dinámicas territoriales de Las Vegas Altas del Guadiana, se ha recortado el área de estudio de la cartografía Corine Land Cover del año 2000, pertenecientes a la Península Ibérica y Baleares (Instituto Geográfico Nacional - IGN, 2013). Se ha calculado el área para cada polígono perteneciente a los usos estudiados: arroz, regadíos, usos humanos, agua embalsada y minería. Después para determinar los cambios acaecidos entre los años 1991 y 2000 y entre 2000 y 2006 (Fig.2), correspondientes a sendas cartografías de cambios del programa Corine, se ha repetido el procedimiento en esos periodos. Y finalmente, se han calculado las áreas totales de ocupación de estos usos y su evolución.

En el proceso de ampliación de la información obtenida con el procedimiento anterior, se han analizado imágenes *Landsat* de un periodo más amplio. Se trata de imágenes del mes de Agosto de los años 1984 y 2011 (USGS, 2013. b), realizándose composiciones en falso color (Chuvieco, 2006) para su tratamiento (Figs.3 y 4).

METODOLOGIA

Para a análise das dinâmicas territoriais de Las Vegas Altas del Guadiana, foi recortada a área de estudo da cartografia Corine Land Cover do ano 2000, pertencente à Península Ibérica e Baleares (Instituto Geográfico Nacional - IGN, 2013). Foi calculada a área para cada polígono pertencente aos usos estudados: arroz, regadios, usos humanos, água em represas e mineração. Depois para determinar as alterações sucedidas entre os anos 1991 e 2000 e entre 2000 e 2006 (Fig.2), correspondentes a cartografias de alteração do programa Corine, foi repetido o procedimento nesses períodos. Finalmente, foram calculadas as áreas totais de ocupação destes usos e a sua evolução.

No processo de ampliação da informação obtida com o procedimento anterior, foram analisadas imagens *Landsat* de um período mais amplo. Trata-se de imagens do mês de Agosto dos anos 1984 e 2011 (USGS, 2013. b), realizando-se composições em falsa cor (Chuvieco, 2006) para o seu tratamento (Figs. 3 e 4).

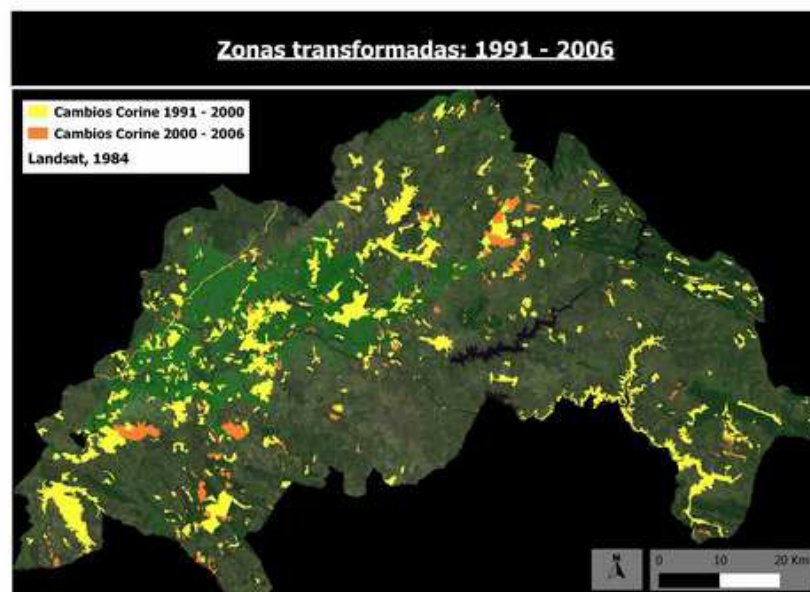


Fig. 2. Zonas transformadas según cartografía de cambio de usos Corine 1991 – 2006.

Fig. 2. Zonas transformadas segundo cartografia de alteração de usos Corine 1991 – 2006.

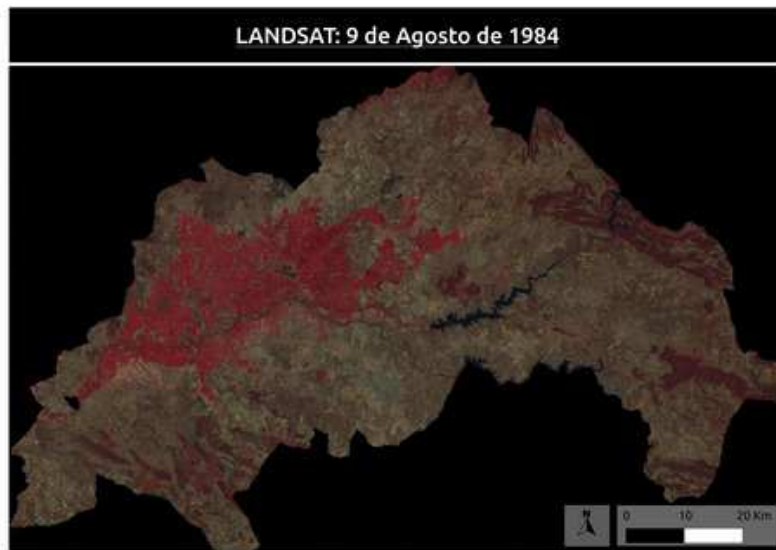


Fig. 3. Composición en falso color del área piloto. Imagen *Landsat* del 9 de Agosto de 1984.

Fig. 3. Composição em falsa cor da área piloto. Imagem *Landsat* de 9 de Agosto de 1984.

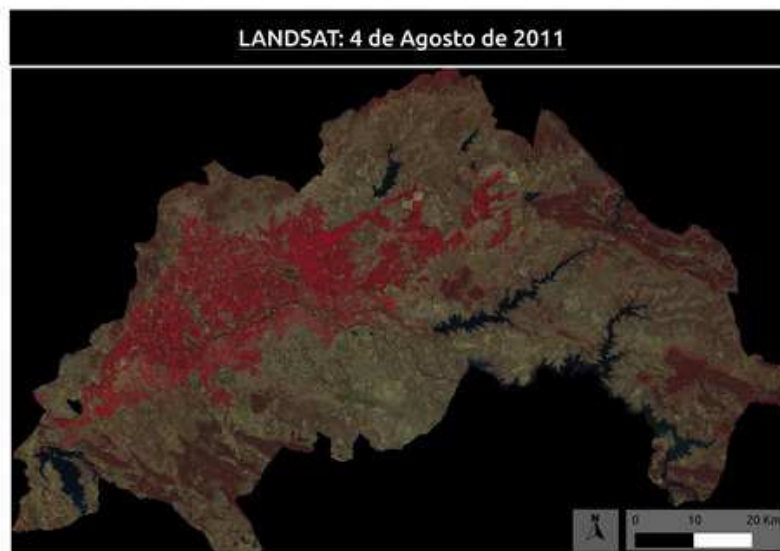


Fig. 4. Composición en falso color del área piloto. Imagen *Landsat* del 4 de Agosto de 2011.

Fig. 4. Composição em falsa cor da área piloto. Imagem *Landsat* de 4 de Agosto de 2011.

En el falso color utilizado se asigna al color primario azul, la banda verde, al verde la banda roja y al rojo la banda de infrarrojo cercano. Esta combinación, debido a la alta reflectividad en la banda del infrarrojo de la vegetación fotosintéticamente activa, hace que los píxeles donde es predominante, aparezcan en tonos rojos. De esta manera, se delimitan perfectamente las áreas regadas (Tennakoon *et al.*, 1992), por lo que es una herramienta fundamental para la identificación de parcelas como las del arroz.

Na falsa cor utilizada atribui-se à cor primária azul, a banda verde, à verde a banda vermelha e ao vermelho a banda de infravermelho próximo. Esta combinação, devido à alta refletância na banda do infravermelho da vegetação fotossinteticamente ativa, faz com que os pixéis onde é predominante, apareçam em tons vermelhos. Desta maneira, delimitam-se perfeitamente as áreas regadas (Tennakoon *et al.*, 1992), pelo que é uma ferramenta fundamental para a identificação de parcelas como as de arroz.

Método OBIA

Algoritmos utilizados

El software utilizado para el análisis de las imágenes *Landsat* ha sido el programa ENVI, desarrollado por la empresa Exelis, permite el análisis geoespacial, al extraer las características que identifican los usos de un territorio a partir de una imagen de satélite. Su funcionamiento se basa en flujos de trabajo preestablecidos en los que se aplican algoritmos OBIA, permitiendo al usuario determinar los parámetros de segmentación y clasificación.

En este trabajo, se evalúa el efecto que estos parámetros tienen sobre el resultado final. Los parámetros de segmentación utilizados han sido los de porcentaje de escala, fusión de segmentos y tamaño de textura. Los de escala y fusión controlan sendos algoritmos de extracción de polígonos, Fast Lambda (Robinson *et al.*, 2002) para el factor escala y Detección de Bordes (Ziou and Stabbone, 1998) para el de fusión. El tercer factor, de textura, determina el número de píxeles para el análisis de la misma. Los factores de segmentación se han evaluado en 2 experimentos con diversas combinaciones de valores, utilizando una posterior clasificación supervisada con campos de entrenamiento.

Campos de entrenamiento

Se han creado a partir de la Cartografía Corine Land Cover 2000, seleccionando un máximo de 10 polígonos por cada clase Corine del área de estudio en función de su distribución geográfica. De las 44 clases Corine (EEA 1994), en las Vegas Altas del Guadiana sólo están presentes 37, de las que sólo se han extraído campos de entrenamiento de 32, presentes durante el periodo de las imágenes *Landsat* utilizadas (1984-2011) (Fig.5). Los criterios de selección de los campos de entrenamiento se han basado en técnicas de fotointerpretación, asegurando la aleatoriedad en su distribución espacial, de

Método OBIA

Algoritmos utilizados

O software utilizado para a análise das imagens *Landsat* foi o programa ENVI, desenvolvido pela empresa Exelis, permitindo a análise geo-espacial, ao extrair as características que identificam os usos de um território a partir de uma imagem de satélite. O seu funcionamento baseia-se em fluxos de trabalho pré-estabelecidos nos quais se aplicam algoritmos OBIA, permitindo ao utilizador determinar os parâmetros de segmentação e classificação.

Neste trabalho, avalia-se o efeito que estes parâmetros têm sobre o resultado final. Os parâmetros de segmentação utilizados foram os de percentagem de escala, fusão de segmentos e tamanho de textura. Os de escala e fusão controlam sendo os algoritmos de extracção de polígonos, Fast Lambda (Robinson *et al.*, 2002) para o factor escala e Detecção de orlas (Ziou and Stabbone, 1998) para o de fusão. O terceiro factor, de textura, determina o número de píxeis para a análise da mesma. Os factores de segmentações avaliaram-se em 2 experiências com diversas combinações de valores, utilizando uma posterior classificação supracitada com classes de treino.

Classes de treino

Foram criados, a partir da cartografia Corine Land Cover 2000, seleccionando um máximo de 10 polígonos por cada classe Corine da área de estudo, em função da sua distribuição geográfica. Das 44 classes Corine (EEA 1994), em las Vegas Altas del Guadiana só estão presentes 37, das quais, apenas se extraíram 32 classes de treino, presentes durante o período das imagens *Landsat* utilizadas (1984-2011) (Fig.5). Os critérios de seleção das classes de treino basearam-se em técnicas de fotointerpretação, assegurando a aleatoriedade na sua distribuição espacial, de área e forma. Finalmente, realizou-se

área y forma. Finalmente, se realizó una selección de 245 polígonos que representan zonas inalteradas, pertenecientes a estos usos. Estos campos de entrenamiento, se trataron vectorialmente para su adquisición automatizada y jerarquizada en los flujos de trabajo del software ENVI.

uma seleção de 245 polígonos que representam zonas inalteradas, pertencentes a estes usos. Estas classes de treino, foram tratados vectorialmente para a sua aquisição automatizada e hierarquizada nos fluxos de trabalho do software ENVI.

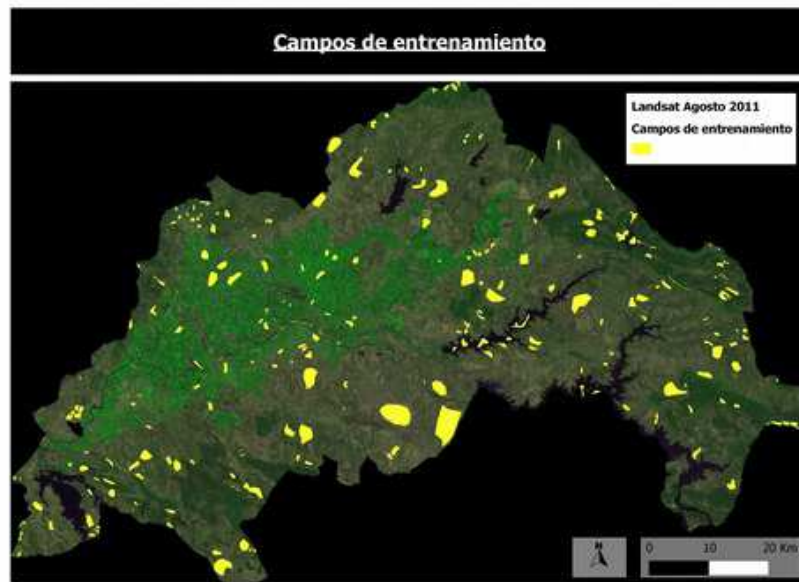


Fig. 5. Campos de entrenamiento dibujados sobre el área piloto.

Fig. 5. Classes de treino desenhadas sobre a área piloto.

Clasificación supervisada

A partir de las composiciones en falso color, se aplica el flujo de trabajo del software ENVI correspondiente a la clasificación supervisada, que comienza por la selección de los parámetros de segmentación. Para valorar la influencia de estos parámetros en la generación de cartografía fiable, se realizaron 2 experimentos. En el primero se realizaron 16 combinaciones de los anteriores parámetros, obteniendo el mismo número de cartografías para cada una de las imágenes *Landsat*. En el segundo se realizaron 40 combinaciones distintas. Antes de la realización de ambos se llevó a cabo una fase exploratoria para acotar los valores entre los que podrían encontrarse las opciones óptimas.

Durante esta fase exploratoria, se crearon cartografías con valores de escala de 1%, 50% y 100%. Manteniendo fijos los valores

Classificação supervisada

A partir das composições em falsa cor, aplica-se o fluxo de trabalho do software ENVI correspondente à classificação supervisada, que começa pela seleção dos parâmetros de segmentação. Para valorizar a influência destes parâmetros na geração de cartografia fiável, foram realizadas 2 experiências. Na primeira realizaram-se 16 combinações dos anteriores parâmetros, obtendo o mesmo número de cartografias para cada uma de las imágenes *Landsat*. Na segunda realizaram-se 40 combinações distintas. Antes da realização de ambos levou-se a cabo uma fase exploratória para delimitar os valores entre os que poderiam encontrar-se as opções óptimas.

Durante esta fase exploratória, criaram-se cartografias com valores de escala de 1%, 50% e 100%. Mantendo fixos os valores por defeito do resto dos parâmetros. O

por defecto del resto de parámetros. El resultado fue la obtención de cartografías aberrantes por encima de un 50% y de mapas sin diferencias significativas por debajo de este valor. En una segunda prueba se mantuvieron fijos los valores de escala y textura y se varió el parámetro de fusión, que tuvo una incidencia muy elevada sobre el número de objetos obtenido, resultando imposible conseguir cartografías con valores muy bajos y los mapas resultantes sólo eran manejables, con valores mayores del 90%.

Primer Experimento

Una vez fijados los rangos de escala y fusión, por debajo del 25% y por encima del 90% respectivamente, se procedió a la obtención de un primer grupo de cartografías, mediante combinación de valores comprendidos en estos rangos y con el valor de textura fijo en el mínimo de 3 píxeles de lado. Se utilizaron cuatro valores de escala y fusión, obteniendo 16 cartografías para cada imagen *Landsat* de 1984 y 2011. Tras la segmentación, se utilizaron los campos de entrenamiento para la clasificación de los objetos obtenidos, realizando una asignación entre campos y segmentos (EXELIS, 2013. b) por superposición cartográfica. ENVI clasifica el resto de segmentos obtenidos teniendo en cuenta las características de los asignados a los campos de entrenamiento. La fiabilidad de estas cartografías se ha valorado a partir de las estadísticas de área del uso de arroz.

Segundo Experimento

Se repite el procedimiento con una nueva combinación de parámetros de segmentación. En este caso se han incluido 10 de valores de fusión, a partir del valor de referencia del 90%. El segundo parámetro tabulado ha sido el tamaño del núcleo de textura. Para ello, se han utilizado 4 valores mínimos, por la dificultad de procesamiento que implican. (Robinson *et al.*, 2002). El valor de escala se ha mantenido en el 25% al no introducir variaciones en un ámbito territorial tan amplio. Tras este experimento

resultado foi a obtenção de cartografias anómalas acima de 50% e de mapas sem diferenças significativas abaixo de este valor. Numa segunda prova mantiveram-se fixos os valores de escala e textura, tendo-se variado o parâmetro de fusão, que teve uma incidência muito elevada sobre o número de objetos obtidos, resultando na impossibilidade de conseguir cartografias com valores muito baixos e os mapas resultantes só eram manejáveis, com valores superiores a 90%.

Primeira Experiência

Uma vez fixados os intervalos de escala e fusão, abaixo de 25% e acima de 90% respectivamente, procedeu-se à obtenção dum primeiro grupo de cartografias, mediante combinação de valores compreendidos nestes intervalos e com o valor de textura fixo no mínimo de 3 píxeis de lado. Utilizaram-se quatro valores de escala e fusão, obtendo-se 16 cartografias para cada imagem *Landsat* de 1984 e 2011. Após a segmentação, utilizaram-se as classes de treino para a classificação dos objetos obtidos, realizando uma designação entre classes e segmentos (EXELIS, 2013. b) por sobreposição cartográfica. O ENVI classifica o resto dos segmentos obtidos tendo em conta as características dos valores das classes de treino. A fiabilidade destas cartografias valorizou-se a partir das estatísticas de área de uso de arroz.

Segunda Experiência

Repetiu-se o procedimento com uma nova combinação de parâmetros de segmentação. Neste caso incluíram-se 10 valores de fusão, a partir do valor de referência de 90%. O segundo parâmetro tabulado foi o tamanho do núcleo de textura. Para tal, utilizaram-se 4 valores mínimos, pela dificuldade de processamento que implicam. (Robinson *et al.*, 2002). O valor de escala manteve-se em 25% ao não introduzir variações num âmbito territorial tão amplo. Após esta experiência obtiveram-se 40 novas cartografias para cada imagem *Landsat*, cada uma delas foi

se han obtenido otras 40 nuevas cartografías para cada imagen *Landsat*, cada una de ellas ha sido valorada de igual manera que en el procedimiento anterior.

Tercer Experimento - Clasificación automatizada

El principal valor de las cartografías obtenidas en los experimentos anteriores es la información estadística que ofrecen. Cada segmento ha sido obtenido y clasificado gracias a la utilización de un gran número de parámetros espaciales, espectrales y de textura. A través de las estadísticas obtenidas para un uso, pueden establecerse reglas lógicas (EXELIS, 2013. b) que lo identifiquen de forma automática, sin supervisión y sin un conocimiento previo exhaustivo del territorio. El tercer experimento propuesto pretende evaluar esta metodología, para lo cual se ha aplicado en un área mucho menor, reduciendo el volumen de operaciones necesarias. Se trata de un rectángulo de 3.471 hectáreas en torno al municipio de Rueca. A éste área se le aplicó un primer procedimiento de clasificación supervisada utilizando los mejores parámetros de segmentación obtenidos en los dos experimentos anteriores. Para ellos se crearon un máximo de 5 campos de entrenamiento para cada una de las 7 clases presentes.

Los objetos identificados como parcelas de arroz, incluyen una tabla de variables espaciales, espectrales y de textura con las que se han construido reglas lógicas basadas en rangos de valores. A continuación se repitió el procedimiento, ahora de forma automatizada, es decir, la segmentación con los valores de fusión, escala y textura utilizados en la fase anterior y una clasificación automatizada en la que los segmentos obtenidos no se asignan mediante campos de entrenamiento, si no con las reglas creadas anteriormente.

valorada de igual manera ao procedimento anterior.

Terceira Experiência - Classificação automatizada

O principal valor das cartografias obtidas nas experiências anteriores é a informação estatística que oferece. Cada segmento foi obtido e classificado graças à utilização de um grande número de parâmetros espaciais, espectrais e de textura. Através das estatísticas obtidas para um uso, podem estabelecer-se regras lógicas (EXELIS, 2013. b) que o identifiquem de forma automática, sem supervisão e sem um conhecimento prévio e exhaustivo do território. A terceira experiência proposta pretende avaliar esta metodologia, a qual se aplicou numa área muito menor, reduzindo o volume de operações necessárias. Trata-se de um rectângulo de 3.471 hectares em torno do município de Rueca. A esta área, um primeiro procedimento de classificação supracitada, utilizando os melhores parâmetros de segmentação obtidos nas duas experiências anteriores. Para tal criou-se um máximo de 5 classes de treino para cada uma das 7 classes presentes.

Os objetos identificados como parcelas de arroz, incluem uma tabela de variáveis espaciais, espectrais e de textura com as quais se construíram regras lógicas basadas em intervalos de valores. Em continuação repetiu-se o procedimento, agora de forma automatizada, ou seja, a segmentação com os valores de fusão, escala e textura utilizados na fase anterior e uma classificação automatizada na qual os segmentos obtidos não se assignam mediante classes de treino, senão com as regras criadas anteriormente.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Corine Land Cover

Se ha obtenido la evolución estadística de los usos estudiados con la cartografía Corine, en términos absolutos (Fig.6) y porcentuales (Fig.7), para el periodo 1991 y 2006.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Corine Land Cover

Obteve-se a evolução estatística dos usos estudados com a cartografia Corine, em termos absolutos (Fig.6) e percentuais (Fig.7), para o período 1991 e 2006.

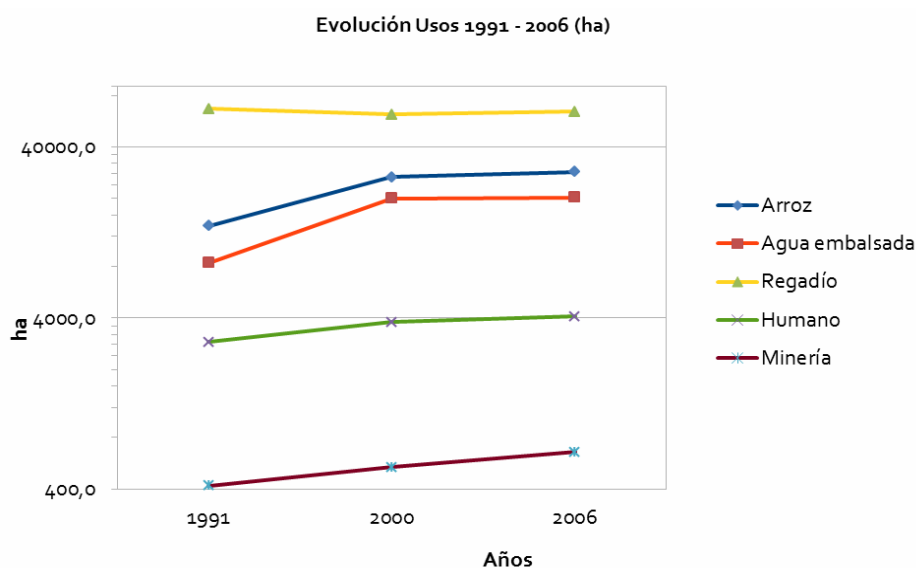


Fig. 6. Evolución (logarítmica) de superficies (ha) de usos en el área piloto, según Corine.

Fig. 6. Evolução (logarítmica) de superfícies (ha) de usos na área piloto, segundo Corine.

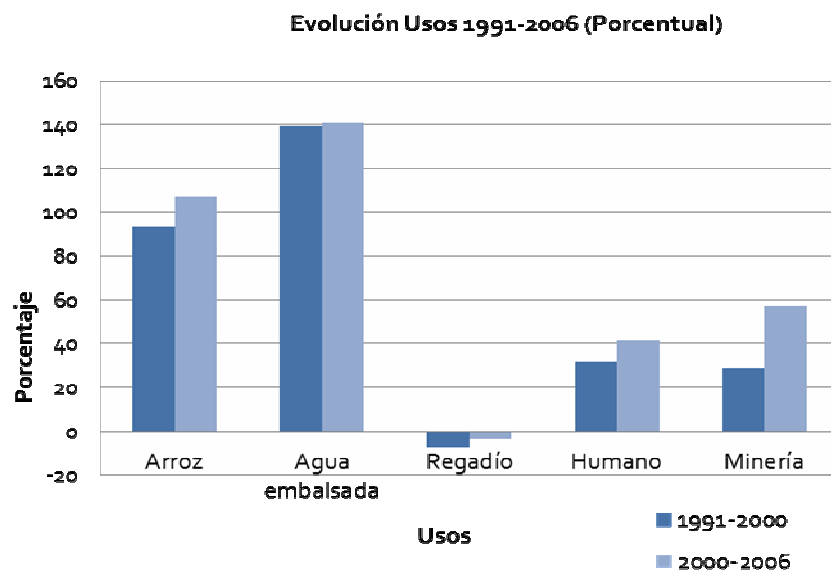


Fig. 7. Evolución porcentual, de usos en el área piloto, según la cartografía Corine.

Fig. 7. Evolução percentual, de usos na área piloto, segundo a cartografia Corine.

En las figuras 6 y 7 se observa las transformaciones porcentuales, multiplicándose por dos la superficie de cultivos de arroz en tan sólo 15 años, y el agua embalsada ha experimentado un incremento porcentual próximo al 140%. Si comparamos la evolución en términos absolutos, ambos usos siguen una evolución paralela, caracterizando las dinámicas territoriales de las últimas décadas en la región. Por otra parte, los regadíos han sufrido una estabilización tras un retroceso en torno al año 2000. El análisis conjunto de regadío y arroz indica que el territorio dedicado a estos dos usos no ha retrocedido, lo que muestra una tendencia a la transformación de los tradicionales regadíos hacia el monocultivo del arroz, mucho más exigente en cuanto a necesidades hídricas. Respecto a suelo urbano e infraestructuras (aglutinadas bajo el epígrafe de "humano") se observa una importante evolución en términos relativos, del 40% e inevitablemente asociado al aumento de más de un 50%, de las actividades extractivas ligadas a la expansión urbana.

El resultado global de los cambios descritos ha sido una amplia transformación del territorio, ya sea por efecto directo o indirecto del desarrollo agrícola y urbano. Para valorar la sostenibilidad de estos cambios también se ha considerado relevante evaluar que usos y coberturas originales han sido las más transformadas en esta conversión (OSE, 2006).

El cultivo tradicional de regadío ha sido el uso más transformado. El destino fundamental de estas tierras ha sido su reconversión al cultivo de arroz, aunque hay nuevos cultivos de arroz procedentes de otros usos, es de la agricultura de regadío de la que procede mayoritariamente. Otro de los usos más transformados son las tierras de labor, afectadas fundamentalmente, por la extensión de nuevas áreas regadas y arrozales.

Respecto a matorrales y pastizales, se han perdido más de 6.000 hectáreas de

Nas figuras 6 e 7 observam-se as transformações percentuais, multiplicando-se por dois a superfície de cultura de arroz em apenas 15 anos, e a água em albufeiras experienciou um incremento percentual próximo de 140%. Se comparamos a evolução em termos absolutos, ambos usos seguem uma evolução paralela, caracterizando as dinâmicas territoriais das últimas décadas na região. Por outro lado, os regadios sofreram uma estabilização após um retrocesso por volta do ano 2000. A análise conjunta do regadio e arroz indica que o território dedicado a estes dois usos não retrocedeu, o que mostra uma tendência para a transformação dos tradicionais regadios até à monocultura de arroz, muito mais exigente do ponto de vista das necessidades hídricas. No que respeita a solo urbano e infra-estruturas (aglutinadas na epígrafe de "humano") observa-se uma importante evolução em termos relativos, del 40% e inevitavelmente associado ao aumento de mais de 50%, das actividades extractivas ligadas à expansão urbana.

O resultado global das alterações descritas mostrou uma ampla transformação do território, seja por efeito direto ou indireto do desenvolvimento agrícola e urbano. Para valorizar a sustentabilidade destas alterações também se considerou relevante avaliar que usos e coberturas originais foram as mais transformadas nesta conversão (OSE, 2006).

A cultivo tradicional de regadio foi o uso mais transformado. O destino fundamental destas terras foi a sua reconversão ao cultivo de arroz, ainda que existam novas culturas de arroz procedentes de outros usos, é da agricultura de regadio da qual procede, maioritariamente. Outro dos usos mais transformados foram as terras aráveis, afetadas fundamentalmente pela extensão de novas áreas regadas e arrozais.

Relativamente a matos e pastos, perderam-se mais de 6.000 hectares de pastos e matos mediterrânicos. Neste caso, o destino foi a criação de novas áreas inundadas para o abastecimento de água na região. Também

pastizales y matorral mediterráneo. En este caso, el destino ha sido la creación de nuevas áreas inundadas para el abastecimiento de agua en la región. También ha sido la creación de nuevos embalses y la urbanización, la que ha desplazado las zonas agroforestales.

Primer Experimento

En esta primera prueba de clasificación supervisada, se han obtenido 32 cartografías, 16 para cada imagen *Landsat* seleccionada, correspondientes a 16 combinaciones de parámetros de segmentación. Estas incluyen un factor de escala y fusión, sin embargo el factor de escala no ha introducido ninguna diferenciación medible entre mapas de un mismo porcentaje de fusión. Por lo tanto, se han obtenido 4 mapas con estadísticas de uso distintas para cada año.

Como se observa en las tablas 1 y 2, sólo un porcentaje de fusión ha detectado una tendencia real en el arroz, el resto no tiene significación territorial, al no mostrar ninguna dinámica comparable a la indicada por la cartografía Corine.

foi a criação de novas barragens e a urbanização, a que fragmentou as zonas agro-florestais.

Primeira Experiência

Nesta primeira prova de classificação supracitada, obtiveram-se 32 cartografias, 16 para cada imagem *Landsat* selecionada, correspondentes a 16 combinações de parâmetros de segmentação. Estas incluem um factor de escala e fusão, contudo o factor de escala não introduziu nenhuma diferenciação mensurável entre mapas de uma mesma percentagem de fusão. Portanto, obtiveram-se 4 mapas com estatísticas de uso distintas para cada ano.

Como se observa nas tabelas 1 e 2, só uma percentagem de fusão detetou uma tendência real no arroz, o resto não tem significado territorial, ao não mostrar nenhuma dinâmica comparável à indicada pela cartografia Corine.

Fusión/Años	1984	2011
0,90%	15349	23974
0,95%	18727	18802
0,98%	17076	17657
0,99%	15606	17528

Tabla 1. Superficies (ha) de arroz en las cartografías del primer experimento.

Tabela 1. Superfícies (ha) de arroz nas cartografias da primeira experienciam.

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

Tabla 2. Superficies (ha) de arroz en el Corine y según MAGRAMA y CADRMAE (Coletto y Muslera, 1996) (Coletto *et al.*, 2006).

Tabela 2. Superfícies (ha) de arroz no Corine e segundo MAGRAMA e CADRMAE (Coletto y Muslera, 1996) (Coletto *et al.*, 2006).

En las tablas 1 y 2 de ocupación del arroz, se muestran relevantes diferencias entre los mejores resultados obtenidos y el Corine Land Cover. Se trata de un 10,1% superior respecto al año 1991 y un 19,4% inferior respecto al año 2006. Diferencias, sin embargo que se encontrarían cercanos al intervalo de confianza del propio Corine (en torno al 15%) (EEA, 2007).

Se ha considerado fundamental comparar estas estadísticas con las aportadas por las instituciones oficiales, respecto a las superficies declaradas de arroz en toda la provincia de Badajoz. Como puede verse, las tendencias obtenidas mediante análisis OBIA son más cercanas a estas últimas, para un periodo similar al Corine (1991 – 2005) según el Ministerio de Agricultura, Alimentación y Medio Ambiente (MAGRAMA) y la Consejería de Agricultura, Desarrollo Rural, Medio Ambiente y Energía (CADRMAE). Las diferencias, en este caso, son del 10,4% y del 9,4% respectivamente. Siempre, teniendo presente que el periodo analizado es mayor.

As Tabelas 1 e 2 de ocupação com cultivos de arroz, mostram diferenças significativas entre os melhores resultados obtidos e o Corine Land Cover. Trata-se de um aumento de 10,1 % em relação a 1991 e 19,4 % inferior em relação a 2006. Todavia, estas diferenças, estão dentro do intervalo de confiança do próprio Corine (cerca de 15 %) (EEA, 2007).

Considerou-se fundamental comparar essas estatísticas com as fornecidas pelas instituições oficiais em relação às áreas de arroz declaradas em toda a província de Badajoz. Como se pode observar, as tendências obtidos pela análise OBIA, estão mais próximos a estas últimas, para um período semelhante ao Corine (1991 - 2005) de acordo com o Ministério da Agricultura, Alimentação e Ambiente (MAGRAMA) e do Ministério da Agricultura, do Desenvolvimento Rural, Meio Ambiente e Energia (CADRMAE). As diferenças neste caso, são de 10,4% e 9,4 %, respectivamente. Sempre tendo em mente que o período em análise é maior.

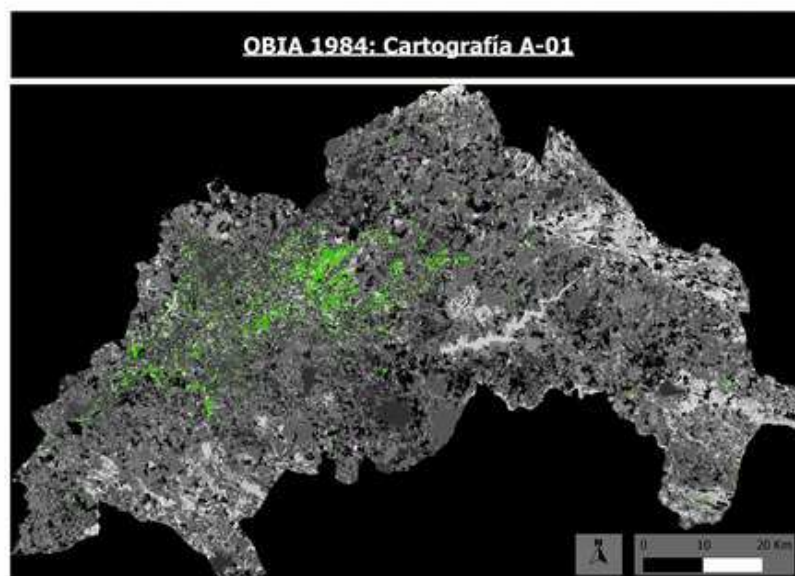


Fig. 8. Cartografía A-01 correspondiente al factor de fusión del 90%.

Fig. 8. Cartografia A-01 correspondente ao factor de fusão de 90%.

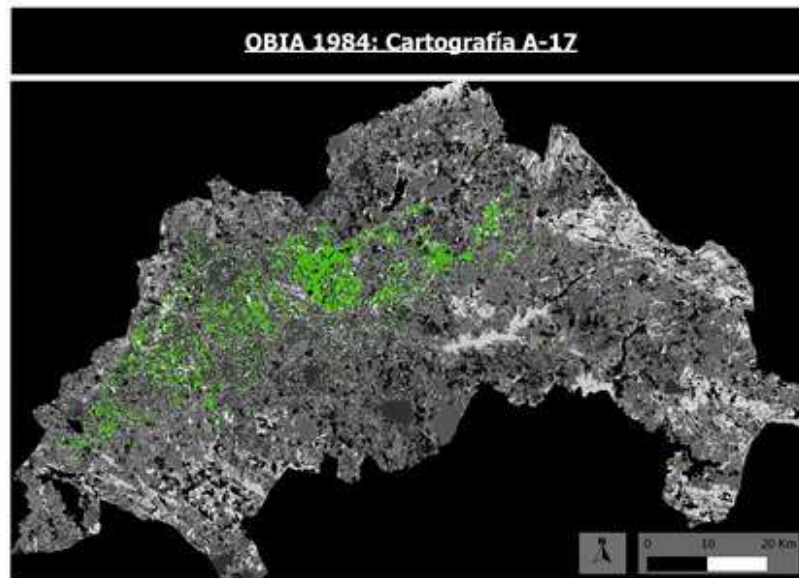


Fig. 9. Cartografía A-17 correspondiente al factor de fusión del 90%.

Fig. 9. Cartografia A-17 correspondente ao factor de fusão de 90%.

En las figuras 8 y 9 se aprecia que la cartografía A-01 para el año 1984 y la cartografía A-17 para 2011, muestran una evolución del uso del arroz fiel, en términos generales a la realidad indicada por la base de datos Corine. El arroz ha aumentado su presencia en el centro de las Vegas Altas, haciéndose especialmente denso en aquellas zonas donde este ya era mayoritario. Por último se marcan de forma muy precisa las nuevas zonas regadas al Este del área piloto, donde estos usos se han ido extendiendo en los últimos años (Jaraíz, 2011).

Segundo Experimento

En este nuevo experimento se han obtenido 40 cartografías para cada imagen *Landsat*, por combinación de 10 valores de escala y 4 valores de textura. El resultado han sido 40 mapas para Agosto de 1984 y otros 40 para Agosto de 2011. La introducción del parámetro de textura, si ha permitido precisar las cartografías resultantes frente al factor de escala, al contrario de como había ocurrido en el primer experimento, en el que estas diferencias eran nulas. A pesar de ello, en términos generales, vuelven a mantenerse las distancias obtenidas en el primer experimento, respecto al Corine

Nas figuras 8 e 9 é notório que a cartografia A-01 para o ano 1984 e a cartografia A-17 para 2011, mostram uma evolução do uso de arroz fiel, em termos gerais, a realidade indicada pela base de dados Corine. O arroz aumentou a sua presença no centro de las Vegas Altas, adensando-se especialmente nas zonas onde este já era maioritário. Por último marcam-se de forma muito precisa as novas zonas regadas a Este da área piloto, onde estes usos se foram estendendo nos últimos anos (Jaraíz, 2011).

Segunda Experiência

Nesta nova experiência obtiveram-se 40 cartografias para cada imagem *Landsat*, por combinação de 10 valores de escala e 4 valores de textura. O resultado foram 40 mapas para Agosto de 1984 e outros 40 para Agosto de 2011. A introdução do parâmetro de textura, permitiu precisar as cartografias resultantes face ao factor de escala, ao contrário do ocorrido na primeira experiência, no qual estas diferenças eram nulas. Apesar disto, em termos gerais, voltam a manter-se as distâncias obtidas na primeira experiência, face ao Corine Land Cover. As Tabelas 3 e 4 recolhem a melhor combinação de parâmetros para estas últimas 4 cartografias.

Land Cover. Las Tablas 3 y 4 recogen la mejor combinación de parámetros para estas últimas 4 cartografías.

Textura/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

Tabla 3. Superficies (ha) de arroz para las mejores combinaciones de fusión y textura.

Tabela 3. Superfícies (ha) de arroz para as melhores combinações de fusão e textura.

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

Tabla 4. Superficies (ha) de arroz en el Corine y MAGRAMA y CADRMAE (Coletto y Muslera, 1996), (Coletto *et al.*, 2006).

Tabela 4. Superfícies (ha) de arroz no Corine e MAGRAMA e CADRMAE (Coletto y Muslera, 1996), (Coletto *et al.*, 2006).

La comparación de estos resultados con el Corine muestra 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 (EEA, 2007). Aunque los años comparados no son los mismos y el periodo calculado es mayor que el comprendido por el mapa europeo (lo que introduciría mayores diferencias), las cartografías obtenidas se aproximan a lo que el Programa Corine establecería como realidad sobre el territorio.

Al enfrentar estos datos con los institucionales (MAGRAMA y CADRMAE) se muestra ese acercamiento. La misma cartografía seleccionada, presenta en 1984 una superficie de arroz un 14,6% inferior y un 12,9% superior en el 2011, respecto al periodo 1991 – 2005. Por tanto, para este segundo experimento, los parámetros de segmentación que han mostrado una aproximación eficaz a la realidad territorial son: núcleo de textura de 3 píxeles de lado, 91% de fusión de objetos y factor de escala

A comparação destes resultados com o Corine mostra uma superfície 14,2% superior, para o ano 1991 e 14,8% inferior para o ano 2006, ambos abaixo dos 15% de confiança do programa Corine Land Cover (EEA, 2007). Ainda que os anos comparados não sejam os mesmos e o período calculado seja maior que o compreendido pelo mapa Europeu (o que introduziria maiores diferenças), as cartografias obtidas aproximam-se ao que o Programa Corine estabelecería como realidade sobre o território.

Ao enfrentar estes dados com os institucionais (MAGRAMA e CADRMAE) mostra-se essa aproximação. A mesma cartografia selecionada, apresenta em 1984 uma superfície de arroz 14,6% inferior e 12,9% superior em 2011, face ao período 1991 – 2005. Portanto, para esta segunda experiência, os parâmetros de segmentação que mostraram uma aproximação eficaz à realidade territorial são: núcleo de textura de 3 pixéis de lado, 91% de fusão de objectos e factor de escala inferior a 25%.

inferior a un 25%. Estos resultados hacen pensar que una progresiva disminución del porcentaje de fusión puede mejorar sensiblemente la fiabilidad de la metodología, sin embargo, se trata un factor con una alta incidencia en el tiempo y recursos requeridos para su cálculo.

En las figuras 10 y 11, se representan las 2 cartografías generadas por metodología OBIA, correspondientes a los mejores resultados de la tabla anterior, observándose la evolución territorial del uso del arroz, con un aumentando su densidad en el centro de Las Vegas Altas del Guadiana y extendiéndose hacia el Este.

Estes resultados fazem pensar que uma progressiva diminuição da percentagem de fusão pode melhorar sensivelmente a fiabilidade da metodologia, Contudo trata-se de um factor com uma alta incidência no tempo e recursos requeridos para o seu cálculo.

Nas figuras 10 e 11, estão representadas as 2 cartografias geradas por metodologia OBIA, correspondentes aos melhores resultados da tabela anterior, observando-se a evolução territorial do uso de arroz, com um aumento da sua densidade no centro de Las Vegas Altas del Guadiana e estendendo-se a Este.

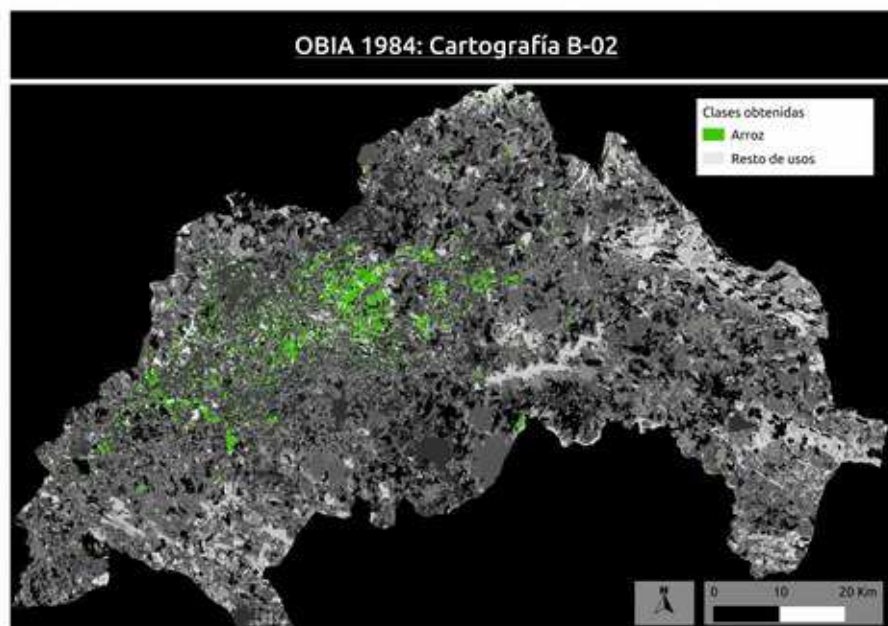


Fig. 10. Cartografía B-02 correspondiente a 3 píxeles de lado y 91% de fusión.

Fig. 10. Cartografia B-02 correspondente a 3 píxeis de lado e 91% de fusão.

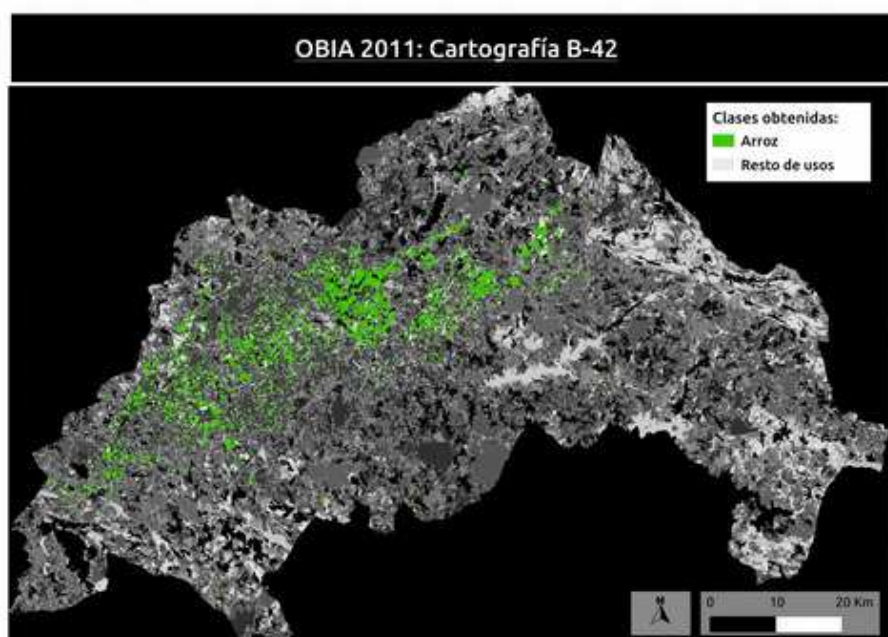


Fig. 11. Cartografía B-42 correspondiente a 3 píxeles de lado y 91% de fusión.

Fig. 11. Cartografia B-42 correspondente a 3 pixéis de lado e 91% de fusão.

Tercer Experimento

Sobre un área seleccionada, en torno al municipio de Rueca, se ha repetido el procedimiento OBIA de clasificación supervisada, utilizando los mejores parámetros obtenidos en el segundo experimento. El resultado han sido las siguientes cartografías de uso para los años 1984 y 2011, en las que se ve la evolución del arroz (en verde claro) de Sur a Norte, hasta ocupar la práctica totalidad del área de estudio (Fig. 12).

Terceira Experiência

Sobre uma área selecionada, em volta do município de Rueca, foi repetido o procedimento OBIA de classificação supracitada, utilizando os melhores parâmetros obtidos na segunda experiência. O resultado foram as seguintes cartografias de uso para os anos 1984 e 2011, nas quais se vê a evolução do arroz (em verde claro) de Sul a Norte, até ocupar quase a totalidade da área de estudo (Fig. 12).

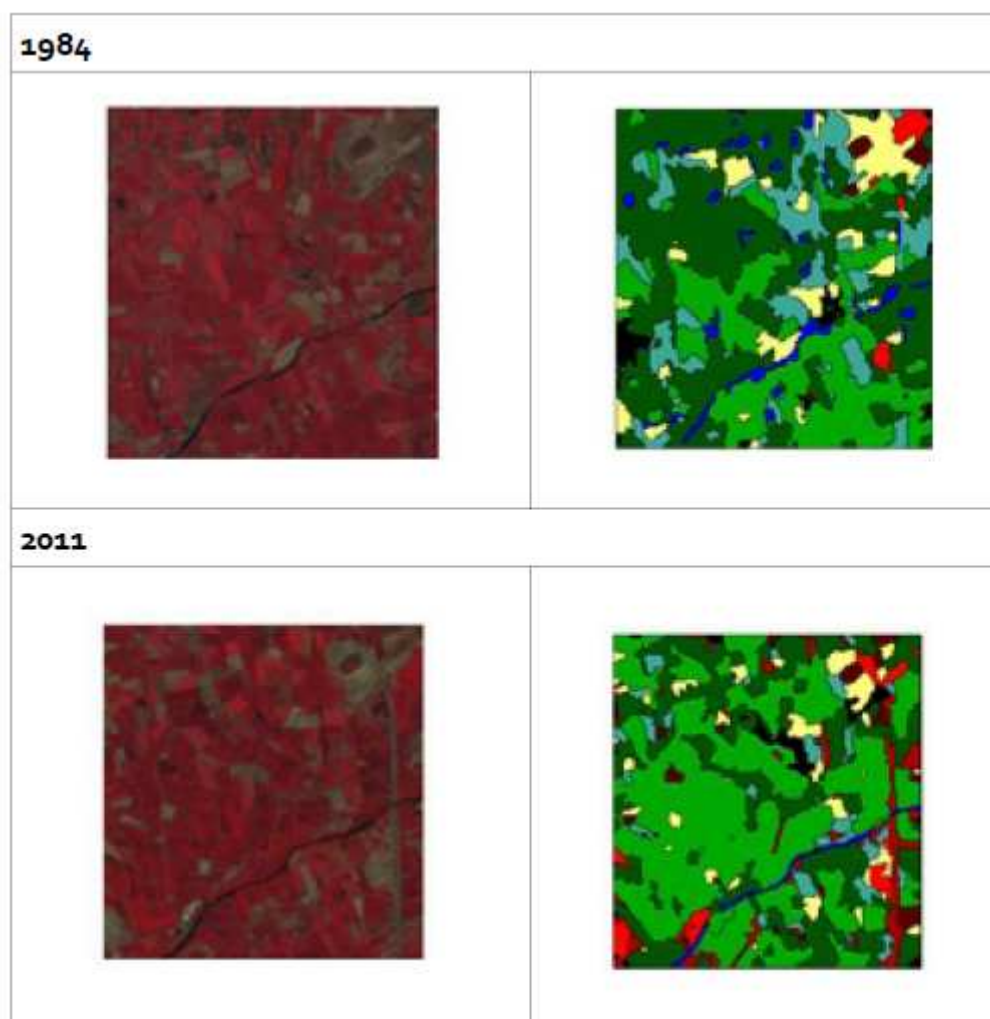


Fig. 12. Falso color del área del tercer experimento y su correspondiente cartografía OBIA.

Fig. 12. Falsa cor da terceira área de experimentação e correspondente cartografia OBIA.

Cartografia/Año	1984	2011
OBIA	874	1697

Cartografia/Año	1991	2006
Corine Land Cover	698	2107

Tabla 5: Superficies totales de arroz en la cartografía OBIA y en el Corine.

Tabela 5: Superfícies totais de arroz na cartografia OBIA e no Corine.

En la tabla 5 se ve que los resultados repiten el mismo esquema que en los dos experimentos anteriores, en cuanto a las diferencias porcentuales respecto al mapa Corine, aunque en este caso de forma más acusada, un 20,1% respecto al año 1991 y un 24,1% en el año 2006. Estos resultados son menos predictivos y representativos debido a la utilización de un área mucho más

Na tabela 5 vê-se que os resultados repetem o mesmo esquema que as duas experiências anteriores, enquanto as diferenças percentuais face ao mapa Corine, ainda que neste caso, de forma mais acusada, 20,1% face ao ano 1991 e 24,1% no ano 2006. Estes resultados são menos predictivos e representativos devido à utilização de uma área muito mais reduzida, com um número

reducida, con un número de campos de entrenamiento inferior al 10% de los utilizados en las pruebas anteriores.

De las parcelas de arroz identificadas se han extraído sus valores correspondientes a 38 variables de los ámbitos espacial, espectral y de textura. A partir de la creación de rangos de estos valores para cada variable, se han construido reglas lógicas que permitan la extracción automatizada de las parcelas de arroz. La técnica utilizada ha sido la escritura de un archivo de lenguaje de marcado XML (eXtensible Markup Language) (W3C, 2013) en la que cada etiqueta de atributo indica una regla de automatización.

Para valorar este procedimiento, se repite el flujo de trabajo de identificación de objetos, pero en esta ocasión la clasificación es automatizada, sustituyendo los campos de entrenamiento por el XML indicado. La automatización se ha aplicado a la imagen de Rueca correspondiente al año 1984, resultando la siguiente cartografía de usos para ese año (Fig. 13):

de classes de treino inferior a 10% dos utilizados nas provas anteriores.

Das parcelas de arroz identificadas foram extraídos os valores correspondentes a 38 variáveis dos âmbitos espacial, espectral e de textura. A partir da criação de intervalos destes valores para cada variável, construíram-se regras lógicas que permitam a extração automatizada das parcelas de arroz. A técnica utilizada foi a escrita de um arquivo de linguagem de marcador XML (eXtensible Markup Language) (W3C, 2013) na qual cada etiqueta de atributo, indica uma regra de automatização.

Para valorar este procedimento, repete-se o fluxo de trabalho de identificação de objectos, mas nesta ocasião a classificação é automatizada, substituindo-se as classes de treino pelo XML indicado. A automatização aplicou-se à imagem de Rueca correspondente ao ano 1984, exultando a seguinte cartografia de usos para esse ano (Fig. 13):

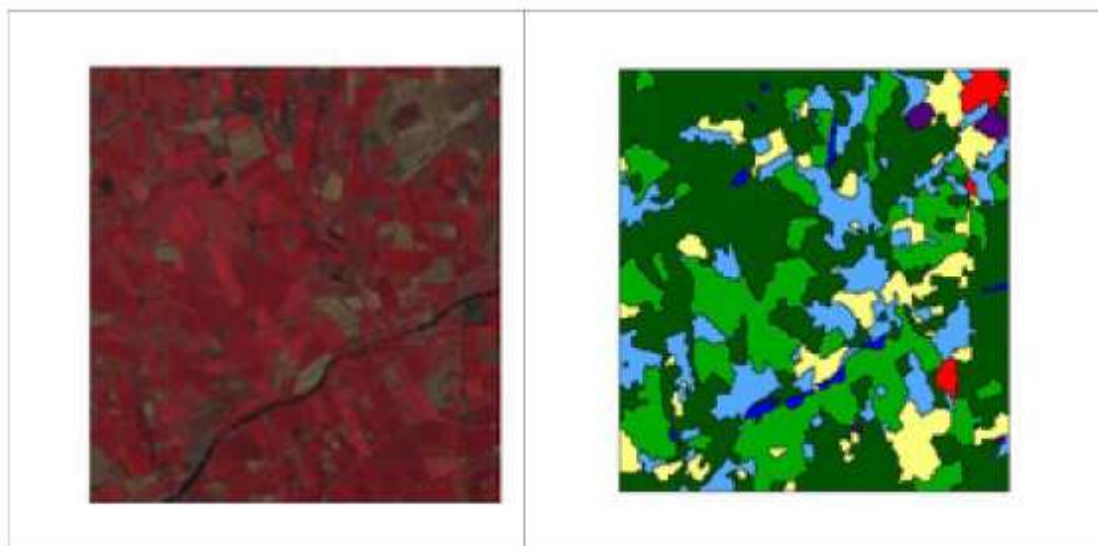


Fig. 13. Falso color del área del tercer experimento y su correspondiente cartografía OBIA.

Fig. 13. Falsa cor da área da terceira experiência e sua cartografia correspondente OBIA.

El mapa de la figura 13 es comparable respecto a la localización del arroz (verde claro) obtenido en la clasificación supervisada del mismo año (Fig.12), pero sólo para ese uso. Existe un elevado número

O mapa da figura 13 é comparável face à localização do arroz (verde claro) obtido na classificação supracitada do mesmo ano (Fig.12), mas apenas para esse uso. Existe um elevado número de erros no que diz

de errores respecto al resto de clases. La razón es sencilla, su localización se ha realizado por descarte, al no indicarse reglas precisas para su identificación. La obtención de cartografías fieles a todos los usos presentes en el territorio requeriría, por tanto, del establecimiento de reglas para todas ellas. Por último, la ocupación total de las parcelas de arroz calculadas para este mapa es de 831 hectáreas, un 5,2% menos respecto a la cartografía supervisada. Es decir, la automatización ofrece resultados muy cercanos a los supervisados.

El estudio de usos de la región con la cartografía Corine ha mostrado un área inmersa en una profunda reconversión (OSE, 2006). Aunque esta se ha frenado en los últimos años, la transformación de los usos tradicionales ha sido imparable. Esta reconversión está monopolizada por la expansión de nuevas parcelas de arroz, procedentes de regadíos tradicionales y tierras de labor en secano fundamentalmente, pero también de zonas con diversa vegetación natural.

Parejo a este hecho, han ido las necesidades hídricas de un territorio con crecientes demandas en este recurso (INE, 2012). El aumento del agua embalsada ha sido paralelo al avance del arroz y también ha supuesto la pérdida de importantes superficies de vegetación natural. Estas dinámicas han ido acompañadas de una transformación urbanística, con un avance de las áreas urbanas y las infraestructuras superior a la media del país, a pesar de que en términos absolutos nuestra región es la que menor superficie urbana posee.

CONCLUSIONES

El periodo estudiado de 15 años es insuficiente para obtener conclusiones a largo plazo y de forma plenamente actualizada. Los tres experimentos que se han llevado a cabo han valorado una metodología que permite ampliar la información aportada por Corine y la utilidad de esta metodología, a través de los siguientes puntos:

respeito ao resto das classes. A razão é simples, a sua localização foi efetuada por rejeição, ao não se incluírem regras precisas para a sua identificação. A obtenção de cartografias fiéis a todos os usos presentes no território requereria, portanto, o estabelecimento de regras para todas elas. Por último, a ocupação total das parcelas de arroz calculadas para este mapa é de 831 hectares, 5,2% menor face à cartografia supracitada. Ou seja, a automatização oferece resultados muito próximos aos supracitados.

O estudo de usos da região com a cartografia Corine mostrou uma área imersa numa profunda reconversão (OSE, 2006). Ainda que esta se tenha travado nos últimos anos, a transformação dos usos tradicionais foi imparável. Esta reconversão está monopolizada pela expansão de novas parcelas de arroz, procedentes de regadios tradicionais e terras de laboro em sequeiro, fundamentalmente, mas também de zonas com diversa vegetação natural.

A par deste feito, foram diminuídas as necessidades hídricas de um território com crescentes necessidades deste recurso (INE, 2012). O aumento da água represada foi paralelo ao avanço do arroz e também supôs a perda de importantes superfícies de vegetação natural. Estas dinâmicas foram acompanhadas de uma transformação urbanística, com o avançar das áreas urbanas e as infra-estruturas superiores à média do país, apesar de que em termos absolutos a nossa região seja a que menor superfície urbana possui.

CONCLUSÕES

O período estudado de 15 anos é insuficiente para obter conclusões a longo prazo e de forma plenamente atualizada. As três experiências levadas a cabo valoraram uma metodologia que permite ampliar a informação aportada pelo Corine e a utilidade desta metodologia, através dos seguintes pontos:

1. Obtiveram-se mapas dentro do

1. Se han obtenido mapas dentro del intervalo de confianza del propio programa Corine Land Cover (EEA, 2007), proporcionando cartografías con una veracidad similar al mismo, respecto a la realidad del terreno, como se ha comprobado con estadísticas de ocupación declaradas por los productores y la localización de las parcelas de cultivo de arroz.
2. La fiabilidad de la metodología puede aumentarse, analizando valores de segmentación más exigentes en cuanto a requisitos de procesado. De esta manera, el procedimiento de clasificación supervisada permite la ampliación de la cartografía disponible a partir de imágenes *Landsat* para un periodo de tiempo mayor y actualizado.
3. La creación de esta nueva cartografía sobre usos, es una herramienta fundamental para el desarrollo de estrategias de sostenibilidad territorial.
4. La automatización del proceso es posible con el uso de herramientas estadísticas de análisis de objetos, obteniendo resultados similares a los supervisados.

La metodología planteada ha devuelto resultados coherentes, que aún pueden ser mejorados en su fiabilidad. Es fundamental avanzar en este aspecto, ya que el enorme potencial de esta técnica en el análisis del territorio, ofrece una oportunidad única para los estudios de sostenibilidad. Su utilización con todas las imágenes anuales y de todos los sensores de la misión *Landsat*, aportaría una radiografía detallada de la dinámica ambiental. La ineludible y urgente adaptación al cambio climático al que debemos enfrentarnos, hace necesario el estudio integral del riesgo climático y los usos del territorio.

intervalo de confiança do próprio programa Corine Land Cover (EEA, 2007), proporcionando cartografias com uma veracidade similar ao mesmo, face à realidade do terreno, como se comprovou com estatísticas de ocupação declaradas pelos produtores e a localização das parcelas de cultivo de arroz.

2. A fiabilidade da metodologia pode aumentar-se, analisando valores de segmentação mais exigentes que os requisitos de processamento. Desta maneira, o procedimento de classificação supracitada permite a ampliação da cartografia disponível a partir de imagens *Landsat* para um período de tempo maior e atualizado.
3. A criação desta nova cartografia sobre usos, é uma ferramenta fundamental para o desenvolvimento de estratégias de sustentabilidade territorial.
4. La automatização do processo é possível com o uso de ferramentas estatísticas de análise de objetos, obtendo resultados similares aos supracitados.

A metodologia implementada obteve resultados coerentes, que ainda podem ser melhorados na sua fiabilidade. É fundamental avançar neste aspeto, já que o enorme potencial desta técnica em análise do território, oferece uma oportunidade única para os estudos de sustentabilidade. A sua utilização com todas as imagens anuais e de todos os sensores da missão *Landsat*, traria uma radiografia detalhada da dinâmica ambiental. A peremptória e urgente adaptação a alterações climáticas que devemos enfrentar, torna necessário o estudo integral do risco climático e os usos do território.

BIBLIOGRAFÍA/ BIBLIOGRAFIA

Barreira González, P., González Cascón, V., Bosque Sendra J. (2012) Detección de errores temáticos en el Corine Land Cover a través del estudio de cambios: Comunidad de Madrid 2000-2006. *Estudios Geográficos*. 272: 7-34

- Chuvieco Salinero, E. 2006.** Teledetección y medio ambiente. La observación de la Tierra desde el espacio. UNED. Madrid. España.
- Coletto Martínez, J. M. y Muslera Pardo, E. 1996.** Diez Años de Agricultura Extremeña. Caja de Ahorros de Badajoz. Badajoz. España.
- 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. España.
- Diputación de Badajoz. Comarca de Vegas Altas.** <http://www.dip-badajoz.es/municipios/municipio_dinamico/comarca/index_comarca.php?comarca=10> (2013).
- European Environment Agency (EEA). Corine Land Cover - Part 1: Methodology.** <<http://www.eea.europa.eu/publications/CORo-part1>> (1994).
- European Environment Agency (EEA). 2007.** Technical Report: The thematic accuracy of Corine land cover 2000. Copenhagen. Dinamarca.
- EXELIS. b. ENVI tutorials.** Feature extraction with example-based classification tutorial. <http://www.exelisvis.com/portals/o/pdfs/envi/FXExampleBasedTutorial.pdf> (2013).
- Instituto Nacional de Estadística (INE). 2012.** Encuesta sobre el uso del agua en el sector agrario. Año 2010. INE. Madrid. España.
- Instituto Geográfico Nacional (IGN). Ocupación del Suelo.** Proyecto Corine Land Cover. <<http://www.ign.es/ign/layoutIn/corineLandCover.do>> (2013).
- Jaraíz Cabanillas, F. J. 2011.** *Nuevas dinámicas territoriales y sus repercusiones sobre los cambios de uso del suelo en la Raya Central Ibérica.* Universidad de Extremadura. España.
- Ministerio de Agricultura, Alimentación y Medio Ambiente (MAGRAMA). Arroz.** <<http://www.magrama.gob.es/es/agricultura/temas/producciones-agricolas/cultivos-herbaceos/arroz/>> (2012).
- National Aeronautics and Space Administration (NASA). The Landsat Program.** <<http://Landsat.gsfc.nasa.gov/about/history.htm>> (2013).
- Observatorio de la Sostenibilidad en España (OSE). 2006.** *Cambios de ocupación del suelo en España.* OSE. Madrid. España.
- Pérez Hoyos, A. y García Haro, F. J. 2009.** Análisis comparativo de las principales cartografías de coberturas del suelo en la Península Ibérica. *Teledetección: Agua y Desarrollo Sostenible. XII congreso de la Asociación Española de Teledetección.*
- Robinson, D. J., Redding, N. J., Crisp, D. J. 2002.** Implementation of a Fast Algorithm for Segmenting SAR Imagery. DSTO Electronics and Surveillance Research Laboratory. Edimburgo. Australia.
- Tennakoon, S. B., Murty, V. V. N., Eiumnoh, A. 1992.** Estimation of cropped area and grain yield of rice using remote sensing data. *International Journal of Remote Sensing*. **13**: issue 3.
- The World Wide Web Consortium (W3C). Extensible Markup Language.** <<http://www.w3.org/XML/>> (2013).
- Tsai, Y. H., Stow, D., Weeks, J. 2011.** Comparison of Object-Based Image Analysis Approaches to Mapping New Buildings in Accra, Ghana Using Multi-Temporal QuickBird Satellite Imagery. *Remote Sensing* **3**:2707-2726.
- U.S. Geological Survey (USGS) b. Earth Explorer.** <<http://earthexplorer.usgs.gov/>> (2013).
- Vieira, M. A., Formaggio, A. R., Renno, C. D., Atzberger, C., Aguiar, D. A., Mello, M. P. 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.
- Wehrmann, T., Dech, S. and Glaser, R. 2004.** Object-based classification approach for updating Corine Land Cover data. *Remote Sensing for Environmental Monitoring, GIS Applications and Geology IV*. **5574**: 100-110.
- Ziou, D. and Stabbone, S. 1998.** Edge detection techniques: An overview. *International Journal of Pattern Recognition and Image Analysis*. **8**: 537-559.