

## **ESTUDIO DE LOS CAMBIOS DE SUPERFICIE EN LAS ZONAS FORESTALES, LA VEGETACIÓN NATURAL Y LOS ESPACIOS ABIERTOS EN LA RAYA CENTRAL IBÉRICA: EL USO DE MODELOS LINEALES GENERALIZADOS\***

**F. J. Jaraíz Cabanillas**

Facultad de Filosofía y Letras (UEX). Cáceres - fjaraiz@unex.es

**J. Mora Aliseda**

Facultad de Filosofía y Letras (UEX). Cáceres - jmora@unex.es

**J. A. Gutiérrez Gallego**

Centro Universitario de Mérida (UEX). Mérida - jagutier@unex.es

**Résumé:** En el artículo se pretende analizar y comprender los cambios en las zonas forestales, la vegetación natural y los espacios abiertos de la Raya Central Ibérica, motivados por las transformaciones que viene experimentando la estructura sociodemográfica y la actividad económica de los espacios transfronterizos, que son impulsados por las nuevas necesidades socioeconómicas y por las carencias del sector agrario.

Se desarrolla pues, un análisis espacial aplicado a determinar las principales fuerzas causantes de los cambios en las zonas forestales en una región transfronteriza. Para ello, se utilizan herramientas diferentes con el objeto de diferenciar los cambios de cobertura y uso del suelo, los factores condicionantes y las dinámicas del paisaje.

Las conclusiones de este artículo muestran la idoneidad del empleo de los datos del proyecto CORINE Land Cover, la significatividad de las variables independientes escogidas, y la constatación de la validez de los modelos lineales generalizados para la explicación de los cambios de cobertura del suelo de un determinado territorio.

**Palabras clave:** Raya Central Ibérica; zonas forestales, cambios, CORINE, modelos lineales generalizados.

---

\* Recibido: 4-06-10. Aceptado: 10-01-11.

**Abstract:** The paper tries to analyze and to understand changes in the forest and semi-natural areas of the “Raya Central Ibérica”, motivated by the rapid changes that it comes experiencing the socio-demographic structure and the economic activity of the cross-border spaces, which are stimulated by the new socioeconomic needs and by the changes experienced on the agricultural sector.

A spatial analysis is applied to determine the principal driving forces of the forests and semi-natural areas changes. For this, different tools are in use in order to differentiate the land use and land cover changes, the driving forces and the dynamics of the landscape.

The conclusions show the suitability of the employment of the information of CORINE Land Cover project, the significant selected independent variables, and the validity of the generalized linear models for the explanation of the land use and land cover change of a certain territory.

**Keywords:** Raya Central Ibérica, forests and semi-natural zones, changes, CORINE, generalized linear models.

## 1. Introducción

La finalidad última del artículo es comprender el impacto de las actividades económicas y del medio físico sobre el territorio, más concretamente sobre los espacios ocupados por las zonas forestales y espacios con vegetación natural, y los efectos del cambio socio-demográfico y territorial motivado por esto, prestando una especial atención a las nuevas estructuras espaciales, la evolución de los usos del suelo y a las repercusiones implícitas en las transformaciones que se hayan producido.

Para ello, el estudio se centrará fundamentalmente en tratar de caracterizar los cambios de coberturas y usos del suelo en general, y en explicar las modificaciones en el territorio debido al desarrollo de nuevas zonas forestales, y definir los posibles efectos del cambio sobre los sistemas urbano, agrícola, forestal y sobre los ecosistemas así como su diversidad biológica.

Se utilizarán para ello regresiones logísticas (modelos lineales generalizados) y cartografía de usos del suelo elaborada a partir de imágenes de satélite. Las fuentes de información serán: las estadísticas oficiales producidas por el Instituto Nacional de Estadística de España y/o *Instituto Nacional de Estatística de Portugal*; y la interpretación de los datos del Programa CORINE (*Coordinated Information on the European Environment Program*) que ofrece el Centro Nacional de Información Geográfica (Ministerio de Fomento de España) y el *Instituto Geográfico Português*

*(Ministério do Ambiente, do Ordenamento do Território e do Desenvolvimento Regional).*

Lo que realmente interesa y es la aportación novedosa, no es exclusivamente la cobertura del suelo o el uso del mismo como tal, sino el seguimiento, la explicación y las repercusiones de los cambios que en el mismo se están produciendo. En esta línea es precisamente en la que surge la idea de hacer un seguimiento de la evolución de usos del suelo mediante la observación por satélite. Idea que se plasma en el Programa CORINE, destinado a crear una herramienta para la toma de decisiones en materia de gestión del medio ambiente y los recursos naturales en Europa.

Respecto a los contenidos del trabajo podría plantear dudas o generar críticas el realizar un análisis de cambios de cubierta vegetal y de usos del suelo de sólo 10 años, con una escala cartográfica de escaso detalle, como la utilizada por el CORINE Land Cover. Sin duda, la interpretación de los cambios en tan poco tiempo y con una escala de poco detalle podría generar problemas en su interpretación. No obstante, conviene aclarar el motivo de las decisiones tomadas en la elección del marco temporal y el uso de los datos del proyecto CORINE.

El origen del Programa CORINE, en el que se encuadra el Proyecto Land Cover, se sitúa en la Decisión del Consejo de Ministros de la Unión Europea de iniciar un «un proyecto experimental para la recopilación de datos, la coordinación y homogeneización de la información sobre el estado del Medio Ambiente y los recursos naturales de la Unión Europea». El área de estudio de este trabajo de investigación es un espacio transfronterizo, ante el que se plantea la problemática del empleo de datos homogéneos y generados con una metodología similar para evitar discordancias estadísticas. El Programa CORINE, nace de la necesidad de los diferentes países miembros de la UE de disponer de información ambiental homogénea y comparable, y es por esto por lo que se emplea esta base de datos alfanúmerica, pese a conocer las limitaciones de su escaso detalle.

Otra de las limitaciones del proyecto podría ser los años analizados o la desactualización de los datos. A pesar de que el primer aspecto está relacionado con el segundo, la determinación de estudiar el periodo que va de 1990 a 2000, es completamente coherente (considerando los años de mayor desarrollismo en las tres regiones analizadas, los cambios en la Política de la PAC a partir de 1992, o las modificaciones introducidas por la Ley del Suelo de 1996 en España), si bien es cierto que podría haberse prolongado hasta 2006, si la publicación de los datos del Proyecto CORINE 2006, no se hubiera prolongado hasta otoño de 2009 en Portugal y marzo de 2010 en España.

Así pues, tras las aclaraciones pertinentes, se puede considerar que los objetivos concretos del trabajo de investigación que se aborda son: obtener información

detallada y actualizada de los cambios de cobertura y uso del suelo en el área de estudio, concretamente las zonas forestales y espacios con vegetación natural, su distribución, su evolución y sus diferentes detonantes; crear, gestionar, analizar e interpretar una amplia base de datos territoriales, socioeconómicos y ambientales; optimizar el análisis e interpretación de los registros históricos; y generar una cartografía temática de resultados.

Ante lo comentado, y partiendo de los objetivos del estudio, se intenta responder a la siguiente hipótesis de partida o artículo: la aplicación de un método estadístico como el modelo lineal generalizado permite, mediante la confrontación de variables independientes socioeconómicas y físicas y una serie de variables dependientes que en esta investigación son los cambios de coberturas y usos del suelo forestales, establecer los factores causantes de los mismos y definir tendencias en las localizaciones.

## 2. Área de estudio

A pesar de la indefinición del concepto de frontera y su alcance espacial, sobre lo que no hay unanimidad ni unicidad en el uso que del mismo se hace, se ha optado por estudiar los cambios de cobertura de las zonas forestales en el territorio que comprende a las dos provincias de Extremadura (Cáceres y Badajoz) y a los cinco distritos portugueses fronterizos con la región española (Guarda, Castelo Branco, Portalegre, Évora y Beja).

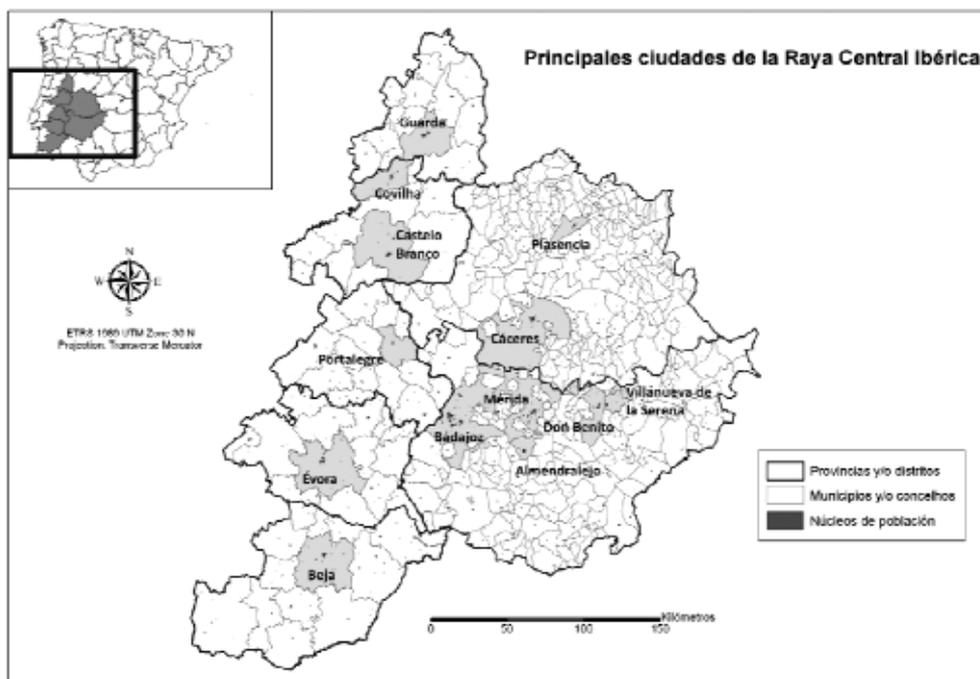
Si bien en el caso español, las dos provincias pertenecen a la misma región, no sucede lo mismo en el caso luso. Mientras que dos de los distritos pertenecen a la Región Centro (Guarda y Castelo Branco), los tres más meridionales forman parte de la región de Alentejo (Portalegre, Évora y Beja).

Este espacio transfronterizo se ha denominado por diversos autores como Raya Central Ibérica (Cabero, et al., 1995-1996; Campesino, 1997, 2007; López, et al., 1997; Mora, 1997), y, por lo tanto, ésta es la definición que se emplea en el artículo. No obstante, hay que subrayar que los límites de este espacio oscilan de unos autores a otros, aunque la esencia territorial perdura en todos ellos.

Los municipios o *concelhos* que configuran este espacio pueden apreciarse en la Figura 1. De igual modo, en el siguiente mapa se distinguen las manchas de los núcleos de población con mayor entidad en cuanto al número de habitantes. Entre estas ciudades podría destacarse las entidades poblacionales de Badajoz (148.334 hab.), Cáceres (93.131 hab.) y Mérida (56.395 hab.), en territorio extremeño; o Évora

(54.780 hab.), Castelo Branco (53.909 hab.) y Covilha (52.101 hab.) en los distritos portugueses.

Figura 1. Provincias y/o distritos y principales ciudades del área de estudio.



Fuentes: Instituto Nacional de Estadística de España: Divisiones municipales y provinciales. e *Instituto Geográfico Português: Carta Administrativa Oficial de Portugal*. Elaboración propia.

En cuanto al medio físico o natural, concretamente la orografía, el espacio transfronterizo de la Raya Central Ibérica puede decirse que viene definido por tres aspectos fundamentales: el espacio montañoso que supone el Sistema Central en Extremadura y su prolongación en Portugal a través de la *Serra da Malcata* y la *Serra da Estrela*; las grandes penillanuras tanto en Extremadura (Penillanura Cacerense o La Serena) como en el territorio luso (*Penillanura Alentejana*); y las dos grandes cuencas hidrográficas de los ríos Tajo o *Tejo* y Guadiana. En la Figura 2, se muestra un mapa con los espacios más representativos del medio físico rayano.

En cuanto a las particularidades climáticas que tanto influyen en la configuración de las zonas forestales y espacios naturales, la Raya Central Ibérica se localiza en la



Por último, tan sólo comentar de la Raya Central Ibérica, como espacio perteneciente a tres regiones Objetivo 1 de la UE, que los fondos estructurales y de cohesión que se aplican para corregir los desequilibrios territoriales han alterado considerablemente este espacio. Esta zona que se analiza es objeto de una política comunitaria que la viene casi configurando desde la óptica socioeconómica a través de iniciativas como INTERREG, y está posibilitando la creación de infraestructuras y equipamientos de todo tipo, que influyen en su funcionalidad y permeabilidad, y en la alteración de las diferentes coberturas del suelo.

### **3. Estado de la cuestión: líneas de investigación seguidas**

Diferentes estudios han tratado el tema de las dinámicas territoriales y sus repercusiones sobre los cambios de uso del suelo en espacios fronterizos desde varias perspectivas: desde aquellos que han estudiado el cambio demográfico y la dinámica territorial de forma genérica, hasta los que han investigado con mayor profundidad los cambios de usos del suelo y los impactos ambientales.

En la actualidad, por primera vez en mucho tiempo, España y Portugal han emprendido una aventura conjunta que ha favorecido el abandono de viejos recelos y dota a las relaciones políticas, sociales y económicas de un alto grado de cooperación. Ambos países tratan de demostrar su capacidad para enfrentarse solidariamente a los problemas similares, e incluso comunes, que les afectan (Cabero, 1997).

Respecto a la situación de toda la Raya Central Ibérica, en el interior peninsular, al factor de lejanía y de vacío demográfico se suma la debilidad de núcleos urbanos y semiurbanos, que apenas si muestran un comportamiento verdaderamente urbano (Campesino, 1997). El fortalecimiento de algunos ejes de comunicación junto con los nuevos comportamientos comerciales, supondría una desestructuración de las relaciones socioeconómicas en el interior transfronterizo. El escenario así analizado toparía con graves dificultades para llevar a cabo una ordenación y planificación territorial capaz de superar las carencias existentes.

Según el profesor Rocha (2008), cada vez tiene menos sentido hacer lecturas estrictamente nacionales de los sistemas urbanos y se trata más bien de conocer si el desafío expresado en el primer INTERREG-A, con sus objetivos de contribuir a la fijación de la población y el al crecimiento ordenados de los centros urbanos de dimensión media con importancia transfronteriza, han sido alcanzados. Así, pretende verificar si el proceso de transición de un modelo de centros urbanos dominantes hacia una red más equilibrada y policéntrica se está produciendo o no. La Raya

Central Ibérica presenta, pues, algunas potencialidades morfológicas. Ésta y precisaría reforzar las relaciones (flujos, redes, cooperación) entre las ciudades que circundan la ciudad de Badajoz, para que sea posible transformar un sistema urbano excesivamente monocéntrico en otro más equilibrado y policéntrico.

Las cuestiones de cambio de uso y coberturas del suelo han atraído el interés de una gran variedad de investigadores preocupados por la modelización de la conversión espacial y temporal de los sus patrones del sueloterritoriales y por la comprensión de las causas y consecuencias de estos cambios (Irwin y Geoghegan, 2001). Entre éstos, geógrafos y científicos expertos en ciencias naturales han tomado la delantera en el desarrollo de modelos espacialmente explícitos de cambio de uso del suelo a una escala muy desagregada (por ejemplo, parcelas individuales de tierra o celdas de paisaje). Un significativo progreso se ha hecho en la adquisición de series de datos espaciales de sensores remotos (por ejemplo, imágenes de satélite de la cobertura del suelo), en la conceptualización de los procesos básicos geográficos y ambientales que están asociados con el cambio de uso del suelo, y en el desarrollo de modelos espaciales que encajen con el proceso espacial de cambio de suelo razonablemente bien.

Otros autores como Verburg et al. (2006) crean escenarios de cambios de uso del suelo para comprender la dinámica de los paisajes en todo el territorio europeo. Junto a los modelos y escenarios, el hecho de cubrir todo el territorio europeo para dar una visión global es lo más importante que aporta este trabajo. Los autores señalan que la diferencia observada entre la explotación de los niveles europeos de los futuros cambios en el área agrícola y la evaluación de impactos en el paisaje de casos locales, pide planteamientos de reducción de la escala que una los niveles de desarrollo europeos con los niveles de impacto del paisaje. Por lo tanto, para Verburg et al. (2006), la reducción de la escala es esencial para capturar adecuadamente la enorme variabilidad de paisajes que existen a lo largo de Europa.

El abandono del suelo agrícola es uno de los principales cambios en los paisajes agrarios. Para mitigar la erosión del suelo abandonado, es necesario identificar lugares que son vulnerables a la erosión como resultado del abandono. Pues bien, Lesschen et al. (2007) identifican áreas vulnerables a la erosión bajo diferentes escenarios de abandono del suelo en el sureste de España. Estos autores indican que una de las consecuencias ambientales del abandono del suelo es la degradación del mismo y, específicamente, la erosión.

Según De Aranzábal et al. (2008), el paisaje cultural cambia porque la población que lo creó y lo ha mantenido históricamente está también modificando su sistema socioeconómico. Las estructuras territoriales y socioeconómicas mantienen una interacción constante y recíproca. Así, los procesos socioeconómicos son la principal causa de los cambios en los usos del suelo que, básicamente, determinan la

estructura, la función y la dinámica de estos paisajes, por lo tanto los cambios en la estructura y procesos sociales llevan a una alteración del ambiente. De Aranzábal et al. (2008) estudian la relación entre la estructura del paisaje y la socioeconomía subyacente. Para esto, se emplean modelos numéricos que relacionan aspectos ecológicos y socio-culturales que permiten predecir nuevos tipos de paisaje para un escenario dado estableciendo cambios socioeconómicos.

Serra et al. (2008) desarrollan un análisis especial aplicado a determinar las principales fuerzas causantes de los cambios de cobertura y uso del suelo en una región mediterránea. Para ello, utilizaron tres herramientas diferentes con el objeto de diferenciar los cambios de cobertura y uso del suelo, los factores condicionantes y las dinámicas del paisaje. Los cambios de cobertura y uso del suelo fueron cuantificados con técnicas de sensores remotos; los factores condicionantes se analizaron con regresiones logísticas múltiples combinando variables biofísicas y humanas; mientras que las dinámicas de los paisajes fueron cuantificadas usando diferentes métricas.

Se sigue también en esta investigación el trabajo de Dendoncker et al., (2007), en el cual los autores presentan un análisis espacialmente explícito de corte transversal de los factores que condicionan los usos del suelo. Muestran, además, que los modelos logísticos regresivos identifican tendencias o relaciones globales entre los factores socioeconómicos o físico-climáticos y la precisa localización de cada tipo de uso del suelo.

Para estos autores, cuando el objeto de un estudio es obtener el mejor modelo estadístico para comprender la distribución de los usos del suelo, simplemente un modelo autorregresivo puede ser apropiado. En el proyecto comparan tres tipos de modelos autorregresivos: (1) una serie de modelos de regresión logística binomiales explicando la proporción del uso del suelo modelado dentro de los alrededores de la celda; (2) una regresión autologística multinomial que explica la composición de los alrededores de la celda; y (3) un modelo basado en la Entropía Máxima Bayesiana que explica la organización espacial de los usos del suelo dentro del vecindario de una celda. Los autores concluyen indicando que el modelo basado en la Entropía Máxima Bayesiana, no tiene ventajas sobre los otros métodos, teniendo en cuenta el área para la que ellos lo aplicaron. No obstante, también inciden en el hecho de que la explicación de la composición del vecindario de una celda sería esencial para obtener un encaje o ajuste óptimo.

#### **4. Metodología**

Tras la lectura de una extensa bibliografía al respecto, y tras la elección de una serie de variables independientes ya probadas en otros estudios muy similares, se

realizan determinados análisis estadísticos en busca de correlaciones o redundancias. Una vez depuradas las variables, visto los resultados de un primer análisis municipal, para ver la idoneidad de las mismas, se procede al estudio de las coberturas y usos del suelo, con su ocupación actual y su evolución en el tiempo.

Las variables socioeconómicas, agrícolas, de accesibilidad y físicas son las que en el modelo lineal generalizado, se emplean como variables independientes para dar respuesta a los cambios de las zonas forestales y áreas con vegetación natural.

El estudio de las zonas forestales se lleva a cabo con una serie de mediante dos diferentes análisis independientes: en primer lugar, un estudio de los intercambios de coberturas desde 1990 a 2000; y, en segundo lugar, un tratamiento del cambio neto de las zonas forestales en el mismo periodo de tiempo.

La metodología seguida para el primer análisis socioeconómico y físico, que puede entenderse como investigación preliminar del área de estudio para su comprensión y la correcta selección de las variables independientes, fue sencilla. Para la selección de las variables independientes de entrada se tuvo en cuenta la bibliografía consultada y los posibles casos de correlaciones y redundancias que pudieran darse, también se decidió que debía realizarse un mero análisis descriptivo del área de estudio. Tras la eliminación de las variables que ofrecían problemas de colinealidad, correlación o incluso falta de homogeneidad, se emplearon 30 variables de entrada.

La información alfanumérica usada en este primer análisis se ha obtenido de diversas fuentes, en función del grupo de variables a la que se pertenezca. Entre las fuentes de información que se han utilizado para el análisis socioeconómico y del medio físico cabe destacar: el Instituto Nacional de Estadística de España, el *Instituto Nacional de Estatística de Portugal*, el Ministerio de Fomento de España, el *Gabinete de Estudos e Planeamento, Ministério das Obras Públicas, Transportes e Habitação*, el *Consortium for Spatial Information (CGIAR-CSI)*, *NASA Shuttle Radar Topographic Mission (SRTM)* o el Servicio Meteorológico del Ministerio de Defensa de España.

Para el estudio de la ocupación y los cambios de cobertura y uso del suelo se han empleado los datos aportados por el Programa CORINE. Este programa se inicia en virtud de una decisión del Consejo de Ministros de la Unión Europea (CE/338/85), pasando en 1995 a ser responsabilidad de la Agencia Europea de Medioambiente (AEMA). Su finalidad es la creación y actualización permanente de una base de datos sobre los usos del suelo del territorio europeo. Esta base de datos ha sido reconocida como una referencia para el análisis espacial y territorial, una fuente de información en aplicaciones medioambientales casi imprescindible para la adopción de políticas equilibradas y acordes con la cohesión territorial y la sostenibilidad dentro de la UE. El Instituto Geográfico Nacional (IGN), Centro Nacional de Información Geográfica

(CNIG) -Ministerio de Fomento de España- y el *Instituto do Ambiente* (IA) e *Instituto Geográfico Português* (IGP) -*Ministério do Ambiente, do Ordenamento do Território e do Desenvolvimento Regional Português*- fueron los encargados, entre 1987 y 1991, de coordinar la ejecución del CORINE Land Cover 1990 (CLC 90), bajo la supervisión de la Comisión Europea.

La Agencia Europea de Medio Ambiente inició a finales de los años noventa una actualización con el objeto de proveer la información necesaria y oportuna para la obtención de los indicadores de cambios en las tendencias de ocupación del suelo. El nuevo proyecto tenía dos componentes principales interconectadas, la primera de ellas, Image 2000, que abarca las actividades relacionadas con la adquisición de imágenes de satélite, la ortorrectificación y la producción de imágenes; la segunda, CORINE Land Cover 2000 (CLC 2000), comprendía las actividades relacionadas con la elaboración de un mapa CORINE y la detección e interpretación de los cambios en la cobertura del suelo en el periodo 1990-2000.

En este estudio de las zonas forestales y espacios con vegetación natural, como se ha apuntado, se han llevado a cabo dos análisis independientes: en el primero, se exponen los principales intercambios de cobertura del suelo de Nivel 1 del Proyecto CLC, en los que interviene la cobertura de las zonas forestales; y el segundo es un análisis del cambio neto de las zonas forestales acontecido en el área de estudio en el periodo de tiempo estudiado. En la Tabla 1, pueden verse las diferentes coberturas del suelo que ofrece el proyecto CLC para los tres principales niveles, es decir, para los tres tipos de desagregación más importantes.

El objetivo último del trabajo que se presenta no es tan sólo analizar la ocupación de las zonas forestales, los intercambios de coberturas en que lasos que se ven afectadas, o los cambios netos de este uso en el periodo de tiempo tratado. La finalidad es también llegar a conocer cuáles son los factores (en forma de variables socioeconómicas, agrarias, de accesibilidad o geofísicas) que condicionan las modificaciones que han padecido experimentado esta cobertura desde 1990 a 2000.

En este estudio se emplea la regresión logística como técnica para explicar los cambios de cobertura del suelo. Más concretamente, lo que se usó fue la función *Generalized Linear Models (GLM)* del programa estadístico R<sup>1</sup>.

Los modelos lineales se basan en una serie de supuestos, algunos de los cuales pueden y deben comprobarse una vez ajustado el modelo. Estos son: independencia,

---

<sup>1</sup> R es un sistema para la implementación de funciones estadísticas y la creación de gráficos. En un sentido más amplio, R se considera en sí mismo un lenguaje de programación con un conjunto de procedimientos implementados que permiten realizar tareas específicas muy diversas, que van desde la aplicación de funciones estadísticas a la generación y resolución de múltiples problemáticas (Crawley, 2005; Crawley, 2007; Cayuela, 2009 c).

Tabla 1. Variables empleadas en el análisis de caracterización del área de estudio.

<i>NIVEL 1</i>	<i>NIVEL 2</i>	<i>NIVEL 3</i>	
<b>1. Superficies artificiales</b>	1.1. Zonas Urbanas	1.1.1. Tejido urbano continuo	
		1.1.2. Tejido urbano discontinuo	
	1.2. Zonas industriales, comercial y de construcción	1.2.1. Zonas industriales o comerciales	
		1.2.2. Redes viarias, ferroviarias y terrenos asociados ferroviarios	
		1.2.3. Zonas portuarias	
		1.2.4. Aeropuertos	
	1.3. Zonas de extracción minera, vertederos y en construcción	1.3.1. Zonas de extracción minera	
		1.3.2. Escombreras y vertederos	
	1.4. Zonas verdes artificiales, no agrícolas	1.3.3. Zonas en construcción	
		1.4.1. Zonas verdes urbanas	
		1.4.2. Instalaciones deportivas y recreativas	
	<b>2. Zonas agrícolas</b>	2.1. Tierras de labor	2.1.1. Tierras de labor en secano
			2.1.2. Terrenos regados permanentemente
2.2. Cultivos permanentes		2.1.3. Arrozales	
		2.2.1. Viñedos	
		2.2.2. Frutales	
2.3. Praderas		2.2.3. Olivares	
		2.3.1. Praderas	
2.4. Zonas agrícolas heterogéneas		2.4.1. Cultivos anuales asociados con cultivos permanentes	
		2.4.2. Mosaicos de cultivos	
		2.4.3. Terrenos principalmente agrícolas, pero con importantes espacios de vegetación natural	
		2.4.4. Sistemas agroforestales	
<b>3. Zonas forestales, vegetación natural y espacios abiertos</b>		3.1. Bosques	3.1.1. Bosques de frondosas
	3.1.2. Bosques de coníferas		
	3.1.3. Bosque mixto		
	3.2. Espacios de vegetación arbustiva y/o herbácea	3.2.1. Pastizales naturales	
		3.2.2. Landas y matorrales	
		3.2.3. Vegetación esclerófila	
		3.2.4. Matorral boscoso de transición	
	3.3. Espacios abiertos con poca o sin vegetación	3.3.1. Playas, dunas y arenales	
		3.3.2. Roquedo	
		3.3.3. Espacios con vegetación escasa	
		3.3.4. Zonas quemadas	
3.3.5. Glaciares y nieves permanentes			
<b>4. Zonas húmedas</b>	4.1. Zonas húmedas continentales	4.1.1. Humedales y zonas pantanosas	
		4.1.2. Turberas	
	4.2. Zonas húmedas litorales	4.2.1. Marismas	
		4.2.2. Salinas	
		4.2.3. Zonas llanas intermareales	
<b>5. Superficies de agua</b>	5.1. Aguas continentales	5.1.1. Cursos de agua	
		5.1.2. Láminas de agua	
	5.2. Aguas marinas	5.2.1. Lagunas costeras	
		5.2.2. Estuarios	
		5.2.3. Mares y océanos	

Fuente: Elaboración propia.

linealidad, normalidad y homocedasticidad. Pues bien, en muchas ocasiones, sin embargo, uno o varios de estos supuestos no se cumplen. Por ejemplo, en algún caso concreto puede suceder que a medida que aumenta la media de la muestra, aumente también su varianza. Estos problemas se pueden llegar a solucionar mediante la transformación de la variable respuesta (por ejemplo tomando logaritmos). Una alternativa a la transformación de la variable respuesta y a la falta de normalidad es el uso de los modelos lineales generalizados. Los modelos lineales generalizados (como ya se ha mencionado *GLM* de las siglas en inglés *Generalized Linear Models*), que son una extensión de los modelos lineales que permiten utilizar distribuciones no normales de los errores (como los binomiales en este caso de estudio) y varianzas no constantes.

Ciertos tipos de variables respuestas sufren invariablemente la violación de estos dos supuestos de los modelos normales y los *GLM* ofrecen una buena alternativa para tratarlos. Específicamente, se puede utilizar *GLM* cuando la variable respuesta es: un conteo de caso, un conteo de casos expresados como proporciones, o una respuesta binaria. En este artículo, se está ante una respuesta binaria: aumento de la superficie artificial (1) y disminución o mantenimiento de la superficie artificial (0); por lo tanto, el uso de *GLM* está justificado.

Muchos de los métodos estadísticos más comunes, como la regresión, asumen que la varianza es constante, pero en muchas aplicaciones este supuesto no es aplicable. Y es precisamente en estos casos cuando los *GLM* pueden ser de gran utilidad (Cayuela, 2009 a y b; Le Sage et al., 2009).

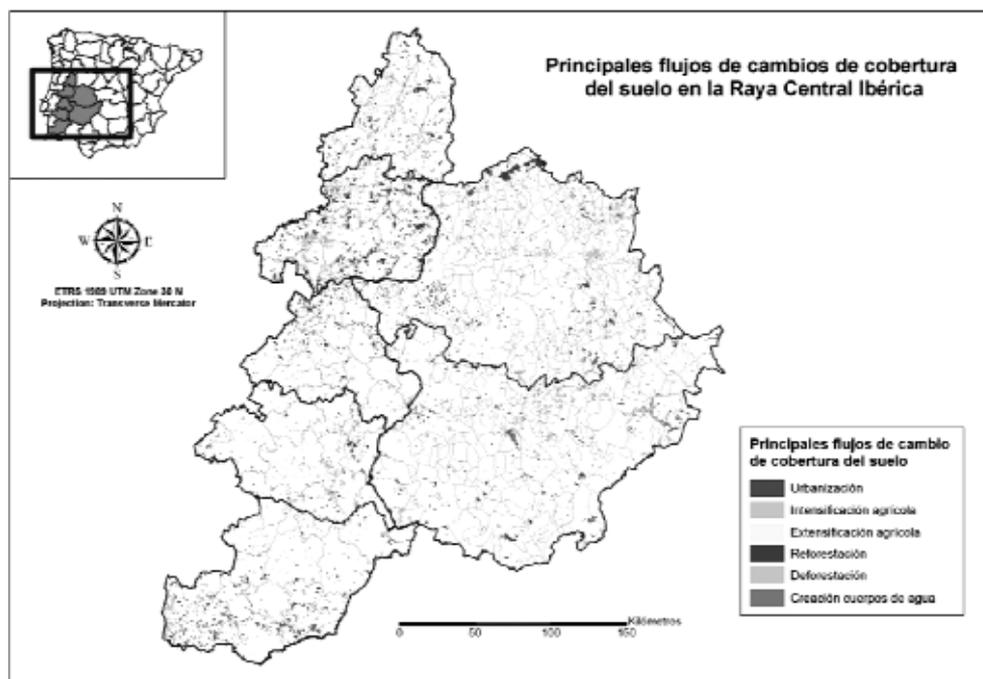
## 5. Resultados

### 5.1. Intercambios de coberturas que afectan a las zonas forestales

En este punto, se exponen los principales intercambios de cobertura (Figura 3) que se han producido en los municipios o *concelhos* del área de estudio, para el periodo de 1990 a 2000, centrando el análisis pormenorizado en aquellos más significativos que afectan a las zonas forestales.

Evidentemente, tan sólo se comentan aquellos intercambios que son significativos y representativos, teniendo en cuenta, que los mapas expresan el porcentaje de intercambio en función del área total del término municipal. Por consiguiente, se tratan aquellas coberturas que poseen tanto una media relevante, como unos valores máximos que merece la pena ser comentados.

Figura 3. Cambios de ocupación del suelo en la Raya Central Ibérica de 1990 a 2000.



Fuentes: CORINE Land Cover – Proyecto I&CLC2000 – España (IGN, CNIG) e CORINE Land Cover – Proyecto I&CLC2000 – Portugal (IA e IGP). Elaboración propia.

Para llegar a establecer qué intercambios son representativos y deben ser comentados y cartografiados, se realizó un sumario estadístico para todos y cada uno de los intercambios de Nivel 1 posibles.

La Tabla 2 muestra el resumen estadístico de los principales intercambios de cobertura de Nivel 1 en la Raya Central. Los intercambios más destacados y relevantes en el área de estudio son: de forestal a zona agrícola, de zona agrícola a zona forestal, de zona forestal a superficie de agua, de zona agrícola a superficie de agua, de zona agrícola a superficie artificial y de zona forestal a superficie artificial.

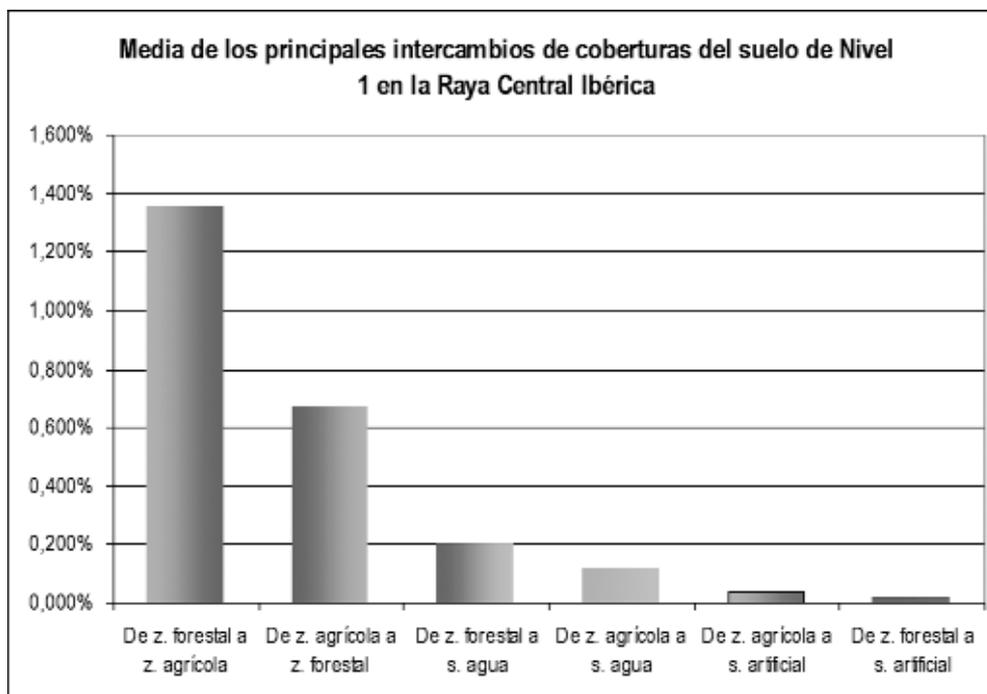
Seis son los principales intercambios de Nivel 1 que se dan en el área de estudio; no obstante, y como se aprecia en la Figura 4, no todos poseen el mismo grado de relevancia. No hay duda de que son los cambios de zona forestal a zona agrícola (media: 1,35%, máximo 25,21%) y, en menor medida, los de zona agrícola a zona forestal (media: 0,67%, máximo: 13,46%), los que afectan mayormente a los municipios y *concelhos* de la Raya Central Ibérica.

Tabla 2. Resumen estadístico de los principales intercambios de coberturas del suelo de Nivel 1 en la Raya Central Ibérica.

	<i>De z forestal a z agrícola</i>	<i>De z agrícola a z forestal</i>	<i>De z forestal a s agua</i>	<i>De z agrícola a s agua</i>	<i>De z agrícola a s artificial</i>	<i>De z forestal a s artificial</i>
Media	1,355 %	0,669 %	0,204 %	0,118 %	0,034 %	0,018 %
Mediana	0,186 %	0,000 %	0,000 %	0,000 %	0,000 %	0,000 %
Máximo	25,219 %	13,456 %	18,097 %	9,776 %	0,851 %	1,670 %
Mínimo	0,000 %	0,000 %	0,000 %	0,000 %	0,000 %	0,000 %

Fuentes: CORINE Land Cover – Proyecto I&CLC2000 – España (IGN, CNIG) e *CORINE Land Cover – Proyecto I&CLC2000 – Portugal (IA e IGP)*. Elaboración propia.

Figura 4. Media de los principales intercambios de coberturas del suelo de Nivel 1 en la Raya Central Ibérica.



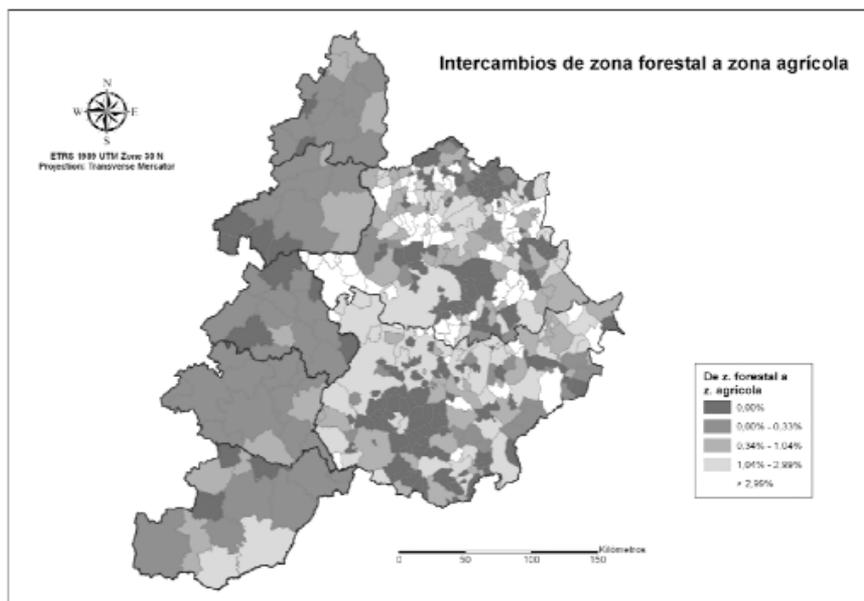
Fuentes: CORINE Land Cover – Proyecto I&CLC2000 – España (IGN, CNIG) e *CORINE Land Cover – Proyecto I&CLC2000 – Portugal (IA e IGP)*. Elaboración propia.

Una vez expuesta la situación regional, para los intercambios de cobertura de Nivel 1, se procede al análisis de los principales flujos que afectan a las zonas forestales pero a escala municipal. Se trata pues de establecer algún tipo de dinámica territorial en un área determinada, para intentar dilucidar causalidades que conduzcan a situaciones concretas.

El intercambio más representativo de Nivel 1 que acontece en el área de estudio es el que alude a los flujos de superficie que se establecen entre las zonas forestales y agrícolas (Figura 5). La media a nivel municipal en la Raya Central para este flujo es de un 1,35%, lo cual, teniendo en cuenta el tamaño de algunos municipios o *concelbos*, puede ser relevante; máxime cuando la media en España (0,55%) y en Portugal (0,49%), es muy inferior.

Tras apreciar el mapa, puede decirse que los municipios en los que estos intercambios se producen en mayor medida, parece que se localizan sobre todo en territorio extremeño, más concretamente, en la provincia de Cáceres. Así, se vislumbran pequeñas concentraciones en la Sierra de San Pedro, en las Vegas del Alagón y del Tiétar, en las Tierras de Granadilla, en Las Villuercas y en la Sierra del Montánchez.

Figura 5. Intercambios de zona forestal a zona agrícola.



Fuentes: CORINE Land Cover – Proyecto I&CLC2000 – España (IGN, CNIG) e CORINE Land Cover – Proyecto I&CLC2000 – Portugal (IA e IGP). Elaboración propia.

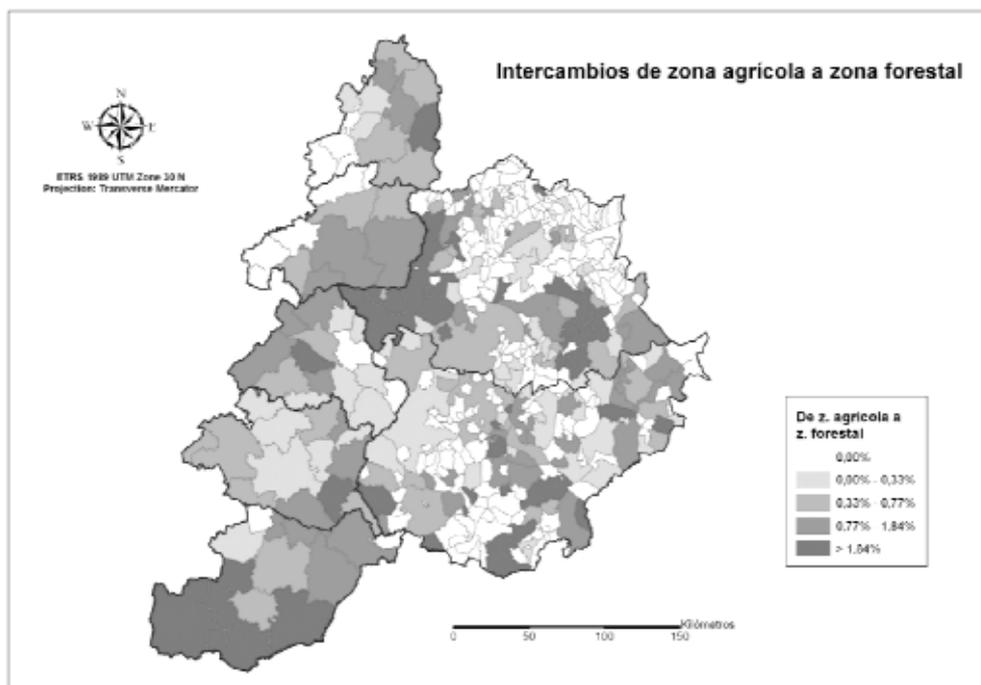
Los municipios con mayores intercambios entre estos dos tipos de cobertura son: Saucedilla (25,21%), en las Vegas del Tiétar; Pescueza (20,61%), en las Vegas del Alagón; Orellana la Vieja (16,34%), en las Vegas Altas; y Santibáñez el Bajo (15,14%), en Tierras de Granadilla. Evidentemente, el cambio de tierras forestales a zonas agrícolas viene motivado en estos casos por la conversión a terrenos regados que son más productivos y rentables. En el caso de los *concelhos* portugueses, este cambio es menos efectivo, y entre aquellos con una media más elevada podemos destacar a Mértola (1,91%) y Almodôvar (1,12%), ambos en el distrito de Beja; dentro de los cuales, en áreas concretas, se está produciendo un cierto proceso de intensificación agrícola, con la conversión de zonas forestales en tierras de labor de secano, sistemas agroforestales y cultivos de frutales, y el flujo de espacios arbóreos o con vegetación natural a sistemas agroforestales, tierras de labor en secano y terrenos principalmente agrícolas con vegetación natural.

De entre aquellos con una media más reducida de cambio de zonas forestales a zonas agrícolas puede destacarse el caso de: Arronches (0,011%) en Portalegre; Évora (0,011%); Oleiros (0,015%) en Castelo Branco; Pinhel (0,016%) en Guarda; Toril (0,022%) en Cáceres; o Peraleda del Zaucejo (0,025%) en Badajoz. En los dos primeros casos, que aluden a *concelhos* portugueses, el intercambio viene motivado por la intensificación agrícola producida por la deforestación para el incremento de la superficie de regadío. En los casos de Oleiros y Pinhel, ambos situados en espacios de montaña y media montaña, acontece un proceso de deforestación, debido tanto a incendios forestales como a talas por la industria maderera. Respecto a los dos municipios extremeños, Toril se ubica en las Vegas del Tiétar y sufre un proceso de aumento de la superficie de regadío; mientras tanto, en Peraleda del Zaucejo, se está ante un caso de deforestación para un mayor aprovechamiento ganadero de su superficie.

El segundo de los intercambios de Nivel 1 con mayor importancia en la Raya Central Ibérica, es justamente el que hace mención al proceso inverso al comentado con anterioridad, a saber, intercambios de zona agrícola a zona forestal (Figura 6). La media de los municipios del área de estudio en función de estos cambios es de un 0,66%. Este porcentaje es muy parecido al que ofrece el conjunto del territorio luso (0,63%), mientras que es muy diferente al del conjunto del territorio español (0,16%).

Al igual que en el caso anterior, parece que los términos con una media mayor se agrupan en espacios concretos dentro de la Raya Central Ibérica. Aquellos con una media más elevada se localizan en el sur del distrito de Beja, en los términos fronterizos de la provincia de Cáceres (Sierras de San Pedro y comarca funcional de Alcántara), en la comarca funcional de Trujillo, en la Campiña Sur, en La Serena y en Los Montes del Guadiana.

Figura 6. Intercambios de zona agrícola a zona forestal.



Fuentes: CORINE Land Cover – Proyecto I&CLC2000 – España (IGN, CNIG) e CORINE Land Cover – Proyecto I&CLC2000 – Portugal (IA e IGP). Elaboración propia.

Destacan, por el aumento de la superficie forestal en detrimento de los espacios agrícola, municipios como: Atalaya (13,46%) dentro de la comarca funcional de Zafra-Río Bodión; Aldehuela de Jerte (9,41%) en el Valle del Jerte; Villa del Rey (9,20%) en la comarca funcional de Alcántara; o Zafra (8,83%) en la comarca funcional de Zafra-Río Bodión. En todos estos términos se está produciendo un incremento de la superficie boscosa y de los espacios con vegetación arbustiva y/o herbácea debido al abandono de los cultivos de secano menos productivos. En los distritos portugueses son Odemira (3,78%) y Ourique (3,78%) los *concelhos* con una media más elevada. Ambos se localizan en el oeste del distrito de Beja, y ambos están sufriendo un proceso de reforestación por el abandono de los cultivos menos productivos a la vez que aumenta la extensión de los espacios protegidos.

Elvas (0,028%) en el distrito de Portalegre, Serradilla (0,033%) en los riberos del Tajo y el Almonte, Fuentes del Mestre (0,046%) en Tierra de Barros, Zalamea de la Serena (0,051%) en La Serena, y Sousel (0,057%) en Portalegre son los municipios y

*concelhos* con menor proporción de su término municipal afectado por este tipo de cambio. La intensificación agrícola y la importancia de la superficie protegida de los términos municipales pueden estar detrás de la escasa representatividad de este proceso en estos casos.

## 5.2. Cambios netos de superficie de las zonas forestales

Una vez se han analizado los intercambios más relevantes que afectan a las zonas forestales, a continuación se expone el cambio neto de la superficie forestal de Nivel 1 que ofrece el CORINE Land Cover. Así, en un primer momento se analizan todas las coberturas de un modo general, sin entrar en desagregaciones ni especificaciones, para a continuación proceder al tratamiento de las zonas forestales.

En un primer momento, se ha realizado un resumen estadístico general para establecer las particularidades del área de estudio en función de sus municipios y/o *concelhos*. La Tabla 3 muestra diferentes estadísticos para las coberturas de Nivel 1 del CLC. Las coberturas aparecen ordenadas en función de la media extraída a nivel municipal.

Tabla 3. Resumen estadísticos de los cambios netos de superficie de cobertura del suelo en función del Nivel 1 del CLC.

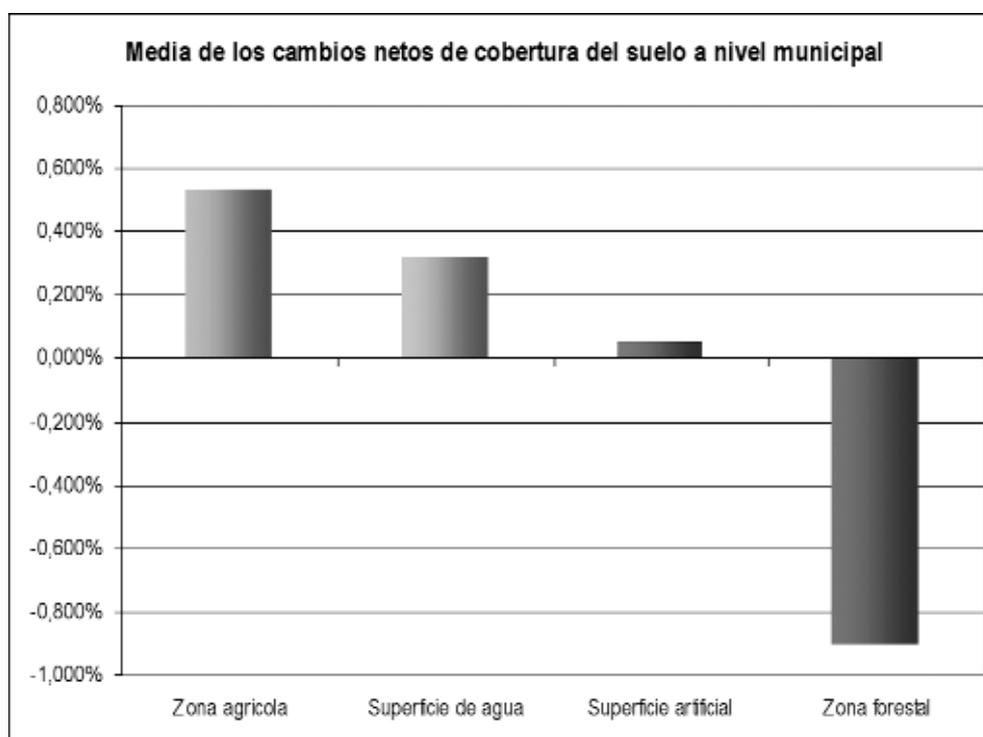
	<i>Media</i>	<i>Mediana</i>	<i>Máximo</i>	<i>Mínimo</i>
Zona agrícola	0,534%	0,000%	25,135%	-13,456%
Superficie de agua	0,320%	0,000%	18,097%	-0,533%
Superficie artificial	0,051%	0,000%	1,670%	-0,135%
Zona forestal	-0,905%	0,000%	13,456%	-25,219%

Fuentes: CORINE Land Cover – Proyecto I&CLC2000 – España (IGN, CNIG) e CORINE Land Cover – Proyecto I&CLC2000 – Portugal (IA e IGP). Elaboración propia.

De todos los estadísticos, no sólo es interesante ver la media, sino que es a la vez relevante considerar tanto los valores máximos como los mínimos. Hay que decir que la media puede contemplarse de una forma más gráfica en la Figura 7. Aquí puede apreciarse con claridad cómo en los municipios de la Raya Central, la superficie que crece en mayor medida son las zonas agrícolas (0,53%). También es interesante destacar el hecho de que las superficies de agua tiendan a crecer un 0,32% en los diferentes términos. Por otro lado, hay que destacar que la superficie artificial de media tan sólo aumenta un 0,051%, lo que viene a indicar la escasa relevancia de la artificialización que se produce para el periodo estudiado en el área de estudio. Si

bien estas tres coberturas crecen en los años estudiados, tan sólo las zonas forestales y los espacios con vegetación natural, la cobertura que se está analizando, decrecen en el área de estudio (-0,90%). Ahora bien, hay que tener en cuenta que estas zonas forestales no sólo están compuestas por especie arbóreas, sino que además están constituidas por matorrales y vegetación herbácea y por espacios con escasa o sin vegetación. Por lo que no todo lo que se pierde son masas arbóreas.

Figura 7. Media de los cambios netos de superficie de cobertura del suelo en función del Nivel 1 del CLC.

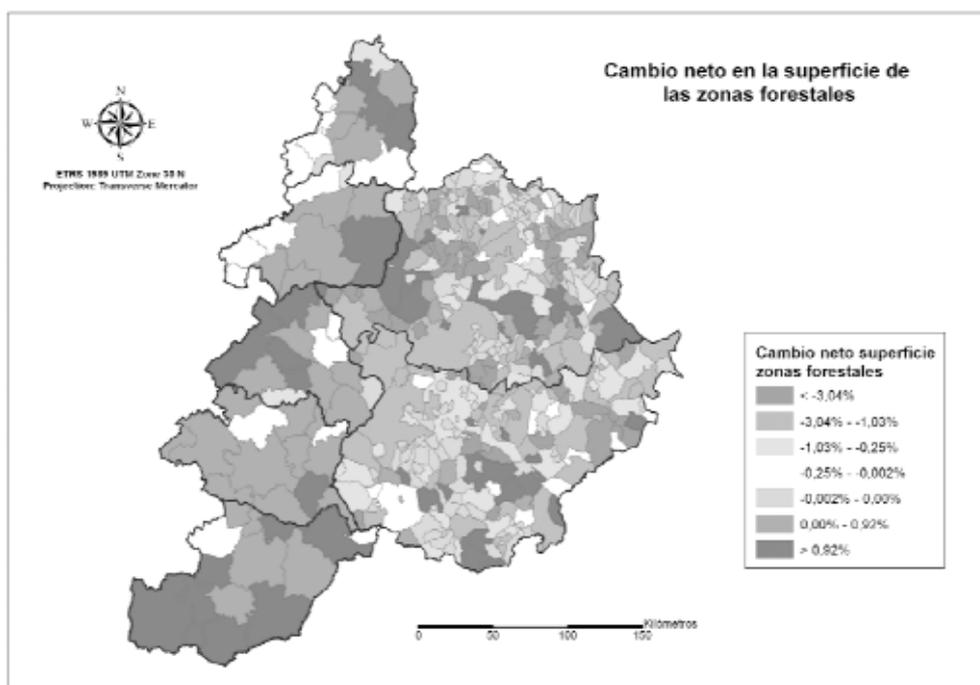


Fuentes: CORINE Land Cover – Proyecto I&CLC2000 – España (IGN, CNIG) e CORINE Land Cover – Proyecto I&CLC2000 – Portugal (IA e IGP). Elaboración propia.

Como ya se ha comentado no sólo es interesante destacar la media municipal del área de estudio, sino que hay que resaltar otros estadísticos. En la zona agrícola, con independencia de su media (0,53%) hay que considerar que existe un máximo de un 25,13% y un mínimo de -13,46%. En cuanto a las superficies de agua, lo más interesante es recalcar el hecho de que algún municipio o *concelho* experimenta una

ganancia de láminas de agua en su superficie de un 18,1%. En las zonas forestales, espacios con vegetación natural y espacios abiertos, tanto el máximo como el mínimo son muy interesantes. En la Raya Central Ibérica un municipio/*concelho* experimenta una ganancia del 13,46% de esta cobertura en su territorio, mientras que, por otro lado, también se asiste a un mínimo de un -25,21%.

Figura 8. Cambio neto en las zonas forestales.



Fuentes: CORINE Land Cover – Proyecto I&CLC2000 – España (IGN, CNIG) e CORINE Land Cover – Proyecto I&CLC2000 – Portugal (IA e IGP). Elaboración propia.

Las zonas forestales son la única cobertura del suelo que presenta un cambio neto medio de superficie negativo para el conjunto de la Raya Central Ibérica (-0,90%). Este valor, que alude a una pérdida de zonas forestales y áreas con vegetación natural, posee el mismo signo que el porcentaje del conjunto del territorio español (-0,49%), mientras que difiere más del valor medio de Portugal (0,21%). Así pues, si en España, en el periodo de tiempo analizado, las zonas forestales pierden superficie, en Portugal esta cobertura del suelo experimenta un crecimiento neto positivo.

Lo que se acaba de comentar, parece que se corrobora con el análisis del mapa, pues es un hecho que, mientras en los *concelbos* portugueses las zonas forestales y espacios abiertos tienden a aumentar, en los municipios extremeños, salvo en contadas excepciones (riberos del Tajo, Las Hurdes, Valle del Ambroz, El Jerte, Sierra de Montánchez, Las Villuercas, Tierra de Barros, Tentudía o La Campiña Sur), la superficie de espacios arbóreos y áreas con vegetación natural se ha visto reducida.

Atalaya (13,46%), situado en Tierra de Barros, Aldehuela de Jerte (9,41%), ubicado entre el Valle del Jerte y las Vegas del Alagón, Villa del Rey (9,20%), entre la Penillanura Cacerense y los riberos del Tajo, o Zafra (8,84%), en la comarca funcional con el mismo nombre, son los municipios en los que la superficie forestal y los espacios naturales han crecido en mayor medida. Por su parte, en territorio portugués, y todavía con unos porcentajes relevantes, los *concelbos* en los que más aumenta esta cobertura son: Mértola (3,73%) y Odemira (3,47%), ambos en el distrito de Beja y en la subregión del *Baixo Alentejo*.

Aquellos términos con pérdidas más importantes de superficie forestal se ubican en territorio extremeño. Destacan algunos municipios como: Saucedilla (-25,22%), en Campo Arañuelo, por la conversión de estos espacios en superficie de regadío; Pescueza (-18,59%), situado en el valle del Alagón, y con un importante aumento de la superficie de los sistemas agroforestales; Sancti-Spíritus (-18,10%), localizado en La Siberia, donde han crecido de forma significativa las láminas de agua; y Orellana la Vieja (-16,34%), entre las Vegas Altas y La Siberia, afectado por las construcciones de nuevos embalses. Como ya se ha comentado, en el caso de los distritos portugueses las zonas forestales muestran una tendencia generalmente positiva. Tan sólo unos pocos *concelbos* muestran un cambio neto de superficie negativo. Entre éstos podría destacarse los casos de Vila Nova de Foz Côa (-0,69%), en el distrito de Guarda y la subregión del *Douro*, o de Belmonte (-0,36%), en el distrito de Castelo Branco y la subregión de *Cova da Beira*. En ambos casos tiene lugar un proceso de conversión de espacios forestales o áreas naturales en zonas agrícolas.

### 5.3. Modelo estadístico de cambios para las zonas forestales

Tras el análisis de la situación y la evolución de las zonas forestales en el área de estudio en el periodo de tiempo tratado (1990-2000), se está a disposición de realizar el modelo estadístico que ayude a comprender la realidad de esta cobertura en la Raya Central.

En este epígrafe, pues, se exponen el resultado del *GLM* de la variable dependiente que supone las zonas forestales. En un *GLM*, todas aquellas variables dependientes que poseen una devianza (cantidad de varianza explicada por el modelo

en un GLM) superior al 20,00%, se consideran significativas para el análisis que se ha llevado a cabo. Por consiguiente, como en el caso de las zonas forestales la devianza es del 21,58%, se puede decir que las variables independientes empleadas en el modelo explican suficientemente los cambios acontecidos con esta cobertura.

En la Tabla 4, aparece el resultado del modelo estadístico extraído para la variable dependiente que supone las zonas forestales. En ésta se reflejan las variables independientes, que explican el comportamiento de la variable dependiente o cobertura mencionada, y los diferentes estadísticos que la definen: *Intercept*, *Estimate*, *Std. Error*, *Z value* o *Pr(>|z|)*.

Tabla 4. Modelo estadístico extraído para la variable dependiente: zonas forestales del CLC Nivel 1.

<i>Modelo estadístico extraído para las zonas forestales</i>					
	<i>Estimate</i>	<i>Std. Error</i>	<i>z value</i>	<i>Pr(&gt; z )</i>	
(Intercept)	-1,705	0,162	-10,510	< 2e-16	***
Tasa de envejecimiento	-2,805	0,880	-3,187	0,001	**
Tasa de actividad	-3,659	1,540	-2,375	0,018	*
Densidad de ganado bovino	-0,198	0,139	-1,425	0,154	.
Densidad de ganado ovino	-0,331	0,195	-1,694	0,090	.
Densidad de ganado caprino	-0,272	0,138	-1,974	0,048	*
Densidad de maquinaria agrícola	-0,594	0,212	-2,800	0,005	**
Titulares de las explotaciones < 34 años	-0,801	0,323	-2,480	0,013	*
Titulares de las explotaciones entre 35 y 54 años	-1,861	0,668	-2,788	0,005	**
Potencial de población a 30 minutos	-1,170	0,324	-3,607	0,000	***
Tiempo mínimo de acceso a los centros de actividad económico de la Península Ibérica	-1,100	0,679	-1,620	0,105	.
Tiempo mínimo de acceso a los centros de actividad económico de la Raya Central Ibérica	-0,983	0,392	-2,510	0,012	*
Espacios Protegidos	-0,265	0,136	-1,947	0,052	.
Altitud media	-2,035	0,641	-3,175	0,002	**
Temperatura media anual	-10,989	4,252	-2,585	0,010	**

Fuentes: CORINE Land Cover – Proyecto I&CLC2000 – España (IGN, CNIG) e CORINE Land Cover – Proyecto I&CLC2000 – Portugal (IA e IGP). Elaboración propia.

En la tabla, pueden verse todas las variables independientes que el modelo lineal generalizado ha definido como las más representativas para explicar los cambios de cobertura de las zonas forestales. De todas las variables de la tabla, las más significativas por poseer un *Pr(>|z|)* inferior a 0,05 son: la población potencial a 30

minutos, la tasa de envejecimiento, la altitud media, la densidad de la maquinaria agrícola, los titulares de las explotaciones agrarias entre 35 y 54 años, la temperatura media anual, el tiempo mínimo de acceso a los centros de actividad de la Raya Central, los titulares de las explotaciones agrarias con menos de 34 años, la tasa de actividad y la densidad del ganado caprino.

Pero, para conocer cómo influyen, es necesario observar el valor y el signo del estadístico *Estimate*. Así, según este, el aumento de la superficie de las zonas forestales viene motivado por el siguiente comportamiento de las variables independientes: una reducida aglomeración poblacional a 30 minutos, una baja tasa de envejecimiento, una reducida altitud media, una escasa densidad de la maquinaria agrícola, la presencia de pocos titulares de las explotaciones agrarias entre 35 y 54 años, una baja temperatura media anual, un escaso tiempo mínimo de acceso a los centros de actividad del área de estudio, una parca proporción de titulares agrícolas con menos de 34 años, una reducida tasa de natalidad, y una escueta densidad de ganado caprino.

Sorprende, de lo que se acaba de comentar, que todas las variables independientes presenten un signo negativo a la hora de explicar el cambio de superficie de las zonas forestales. No hay duda de que existe alguna incongruencia simbólica, lo cual puede llevar a una errónea interpretación del modelo. Esto se produce por la correlación entre variables ya mencionada, o bien por la existencia de un excesivo número de valores dispersos o extremos. Para solventar estos problemas se recurre a la representación gráfica de las variables independientes a través de diagramas de caja.

El resultado gráfico del modelo lineal generalizado extraído para la variable dependiente de las zonas forestales se puede apreciar en la Figura 9. Si por algo destacan todos los diagramas de cajas que se ven en la figura es por la escasa diferencia que existe entre las medias de casi todos los gráficos. Esto también puede llevar a la confusión de signos y, por lo tanto, a las dificultades a la hora de interpretar los resultados del modelo.

El primero de los gráficos muestra cómo el crecimiento de la superficie forestal está vinculado con el potencial de población. En la Raya Central, el hecho de que exista una población potencial a 30 minutos reducida, influye en mayor medida en el aumento de la cobertura estudiada. Así, la ausencia de población parece que beneficia el cambio neto positivo de la misma.

Otra variable socioeconómica que incide en el aumento de las superficies forestales es la tasa de envejecimiento, más concretamente, el mayor envejecimiento de la población. Por lo tanto, la ausencia de población joven incentiva el desarrollo de las superficies forestales, quizá, por el previo abandono de otras actividades como

las agrarias, o las que afectan a otros sectores productivos más dinámicos. El envejecimiento de la población está en relación directa con el aumento de esta cobertura y a su vez provoca daños colaterales como el aumento de los incendios forestales.

Una variable que debe abordarse con cuidado es la de la densidad de la maquinaria agrícola, no sólo por las diferencias entre la tabla y el diagrama, sino además por la dispersión de los valores y la existencia de valores extremos. Pese a esto, parece lógico el resultado del gráfico, ya que se necesita mucha maquinaria para el correcto mantenimiento de las superficies forestales y todas las labores asociadas a ellas.

Si ya se ha comentado el problema que supone el envejecimiento demográfico en relación al crecimiento (sobre todo el incontrolado) de las superficies forestales, parece obvio que el menor porcentaje de titulares agrarios con entre 35 y 54 años, y, por lo tanto, la presencia más numerosa de los titulares de mayor edad, se relacione también con el aumento de las coberturas analizadas.

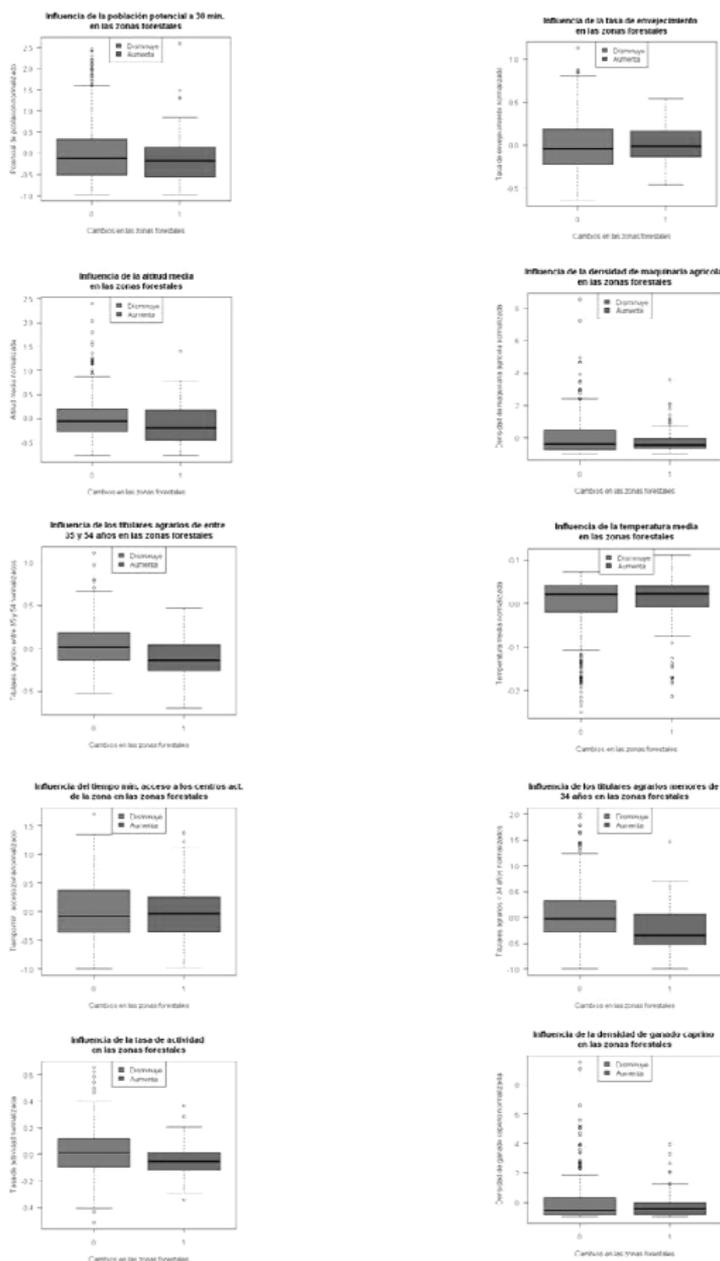
Relacionada también con otras variables está la que trata del tiempo mínimo de acceso a los centros de actividad de la Raya Central, como por ejemplo con el potencial de población o incluso el envejecimiento de la misma. Así, si las superficies forestales se desarrollan más en espacios poco poblados, separados de las grandes ciudades, y en áreas con una orografía complicada, es lógica la relación existente entre el aumento de esta zona forestal y el mayor tiempo acceso a las grandes ciudades del área de estudio.

Lo mismo que sucedía con la variable de los titulares de las explotaciones entre 35 y 54 años acontece con la que trata a los titulares más jóvenes. Ésta viene a confirmar la relación entre la presencia de ocupados en el sector primario con mayor edad y el crecimiento de las zonas forestales.

Lógicamente, los núcleos menos poblados y aislados, con una población más envejecida, con una orografía montañosa y con un sector primario envejecido, son los que cuentan también con una menor tasa de actividad. La falta de actividad es pues, otro de los factores explicativos del aumento de las superficies forestales.

La última de las variables explicativas de esta cobertura es la de la densidad del ganado caprino. Este ganado predomina en espacios de media y alta montaña a la vez que las superficies forestales se conservan mejor o aumentan más en estos espacios, por ser más difíciles desarrollar en ellos actividades agrícolas u otras actividades de otros sectores de actividad. Ésta es la razón por la que existe una relación positiva entre esta variable independiente y la variable dependiente tratada.

Figura 9. Modelo estadístico extraído para la variable dependiente: zonas forestales del CLC Nivel 1.



Fuentes: CORINE Land Cover – Proyecto I&CLC2000 – España (IGN, CNIG) e CORINE Land Cover – Proyecto I&CLC2000 – Portugal (IA e IGP). Elaboración propia.

## 6. Conclusiones

En la Raya Central Ibérica es necesaria la búsqueda de una ordenación territorial más coherente. La situación actual del área de estudio, en la que se abandonan los núcleos rurales y la población se concentra en las principales ciudades, y por la que se produce el consiguiente deterioro de todo el medio físico y natural, está motivada por un modelo territorial carente de sentido tanto en el territorio portugués, como en el espacio extremeño. En el caso de los distritos portugueses, puede que la presencia de algunos *concelhos*, con una población considerable y con núcleos importantes, estén conteniendo el problema. No obstante, lo que no puede obviarse es que los *concelhos* rurales del interior, sin duda en periodo de despoblación, con un gran problema de envejecimiento y con un sistema socioeconómico marginal, son un gran inconveniente para el desarrollo territorial de este espacio, además del punto del que parten todos los problemas que motivan los cambios de coberturas y usos de suelo y el abandono del medio (incendios forestales o invasiones de especies). En el espacio extremeño, la gran distancia que separa a cantidad de núcleos rurales y semirurales de las principales ciudades extremeñas e incluso nacionales, unido a un sistema público de transporte caracterizado por la escasez de servicios y malos horarios, está llevando a la creación de espacios y núcleos de población es una situación marginal y remota; además, la debilidad de su sistema urbano para articular un territorio tan amplio, parece que está llevando al abandono de los núcleos rurales ante la falta de oportunidades y su desplazamiento hacia ciudades que les ofrezcan mayores oportunidades, servicios y equipamientos.

Respecto al análisis propiamente dicho de la ocupación del suelo en la Raya Central Ibérica, el área de estudio está caracterizada por el predominio de las coberturas agrícolas. Los sistemas agroforestales y los cultivos de secano, son los elementos distintivos del paisaje del área de estudio. La dehesa o *montado*, como sistema agroforestal, es el uso predominante en las zonas agrícolas. La segunda cobertura en extensión se corresponde con las zonas forestales y espacios abiertos. Dentro de esta cobertura, la clase que predomina son las superficies arboladas. Otro elemento característico, son los embalses, destacando los situados en la región extremeña en las cuencas de los ríos Tajo y, sobre todo, Guadiana. En cuanto a las superficies artificiales, el área de estudio viene definida por estar configurada por tres de las regiones de la Península Ibérica con un menor porcentaje de zonas artificiales, motivado por la inexistencia de ciudades con un importante calado poblacional.

Los cambios de ocupación generales desde 1990 a 2000, presentan unas particularidades concretas en la Raya Central Ibérica, pese a que el cambio de mayor importancia es la pérdida de superficie forestal y espacios abiertos. En el territorio estudiado, las zonas forestales se caracterizan por el predominio de vegetación arbustiva y/o herbácea, aunque son los bosques de frondosas los que tienen una

mayor representación en el conjunto de las zonas forestales. Las zonas arboladas están dominadas por el bosque de frondosas. Los bosques de coníferas y el bosque mixto poseen unos porcentajes reducidos dentro de las zonas forestales. La superficie de zona forestal es la cobertura que más se ha reducido en el periodo estudiado. Dentro de las zonas forestales, las más afectadas son las zonas de vegetación esclerófila, seguidas por los bosques de coníferas. A pesar de la pérdida de superficie forestal, aumenta considerablemente la superficie de bosque de frondosas y el matorral boscoso. La primera de las coberturas incrementa su superficie por las reforestaciones con especies autóctonas y por el cese de la actividad agraria y por lo tanto la densificación de algunas dehesas o *montados*. La dinámica del matorral boscoso, viene motivada por el abandono de mosaicos de cultivos y cultivos en zonas con elevado porcentaje de vegetación natural.

Otras conclusiones interesantes que pueden extraerse de este estudio son:

- ✓ Los principales intercambios de coberturas y usos del suelo de Nivel 1 a escala municipal que se dan en el área de estudio son: de zona forestal a zona agrícola y de zona agrícola a zona forestal.
- ✓ Los principales intercambios de coberturas y usos del suelo de Nivel 3 a escala municipal en la Raya Central tienen que ver con el crecimiento del matorral boscoso y el fortalecimiento de los sistemas agroforestales.
- ✓ Los cambios netos de superficie en función del Nivel 1 a nivel municipal que destacan son: el crecimiento de las zonas agrícolas y el descenso de las superficies forestales y zonas con vegetación natural.
- ✓ Respecto a los cambios netos de superficie en función del Nivel 3 a nivel municipal, decir que el incremento de los cultivos de regadío y los sistemas agroforestales y el descenso de la vegetación esclerófila y los cultivos de secano, son las principales particularidades.
- ✓ En la Raya Central, los modelos lineales destacan la influencia del envejecimiento y la actividad, a nivel municipal, en los cambios de coberturas de las landas y matorrales. Además, la falta de actividad y los condicionantes ambientales serían los principales causantes del aumento de las zonas quemadas.

## 7. Bibliografía

- Agresy, A. (1996): An introduction to categorical data analysis. New York, Wiley.
- Bada, G. (2005): Estadísticas de usos y coberturas del suelo a partir de imágenes de satélite. Índice: revista de estadística y sociedad, 12, p. 20-23.
- Caballero, A. (2009): Fronteras compartidas. La Raya Centro-Ibérica. Revista de Estudios Extremeños, 65, p. 417-448.
- Cabero, V. (1997): Portugal y España: una mirada geográfica a las relaciones ibéricas. Boletín de la AGE, 25, p. 3-13.

- Cabero, V., et al. Campesino, A.J. y López-Trigal, L. (1995-1996): Knowledge of border areas: the contribution of Spanish Geographers. *Boletín de la AGE*, 21-22, p. 83-98.
- Campesino, A. J. (1997): Alentejo-Extremadura: ciudades y ordenación del territorio. *Boletín de la AGE*, 25, p. 67-82.
- Campesino, A. J. (2007): Territorio y ciudades abaluartadas en la Raya/Raia ibérica: de frontera a Patrimonio Mundial. En Cruz, M. (coord.) *Ciudades y núcleos fortificados de la frontera hispano-lusa: el territorio de Extremadura y Alentejo. Historia y patrimonio*. Universidad de Extremadura, Servicios de Publicaciones.
- Castaño, S., Ruiz-Gallardo, J.R., Gomez-Alday, J.J., Hoyos, J.F. y Sánchez, J. et al. (2005): Metodología para la elaboración de la cartografía europea de usos del suelo (Corine Land Cover 2000). Aplicación a la región de Castilla-La Mancha (España). Comunicación en: 6ª Semana Geomática (Barcelona 8-11 de febrero de 2005).
- Cayetano, M. (2006): Extremadura y Alentejo: Del subdesarrollo heredado a los retos del futuro. *Revista de Estudios Extremeños*, 62, p. 1167-1188.
- Cayuela, L. (2009 a): Modelos lineales en R: Regresión, ANOVA y ANCOVA. Materiales del curso de R del IREC.
- Cayuela, L. (2009 b): Modelos lineales generalizados (GLM). Materiales de un curso del R del IREC.
- Cayuela, L. (2009 c): Una introducción a R, Material del curso de Doctorado de Análisis de Datos Ecológicos en R. Universidad de Alcalá.
- Consortium for Spatial Information (CGIAR-CSD). NASA Shuttle Radar Topographic Mission (SRTM). Disponible en: <http://srtm.csi.cgiar.org/SELECTION/inputCoord.asp>. Consultado el 28-05-2009.
- Crawley, M. J. (2005): *Statistics. An introduction using R*. Wiley.
- Crawley, M. J. (2007): *The R Book*. Wiley.
- Cuadras, C. M. (1991): *Métodos de análisis multivariante*. Barcelona, Editorial PPU.
- De Aranzábal, I., Schmitz, M.F., Aguilera, P. y Pineda, F. et al. (2008): Modelling of landscape changes derived from the dynamics of socio-ecological systems. A case of study in a semiarid Mediterranean landscape. *Ecological Indicators*, 8, p. 672-685.
- Dendoncker, N., Rounsevell, M. y Bogaert P. et al. (2007): Spatial analysis and modelling of land use distributions in Belgium. *Computers, Environment and Urban Systems*, 31, p. 188-205.
- Isaac-Márquez, R., et al. de Jong, B., Eastmond, A., Ochoa, S., Hernández, S. y Kantún, D. (2005): Estrategias productivas campesinas: un análisis de los factores condicionantes del uso del suelo en el oriente de Tabasco, México. *Universidad y Ciencia*, 42, p. 56-72.
- Le Sage, J. P. and Kelley, R. (2009): *Introduction to Spatial Econometrics*. Boca Raton, London, New York, CRC Press Taylor & Francis Group.
- Lesschen, J. P., Kok, K., Verburg P.H. y Cammeraat, L.H. et al. (2007): Identification of vulnerable areas for gully erosion under different scenarios of land abandonment in Southeast of Spain. *Catena*, 71, p. 110-121.
- López, L., et al. (Coord.) (1997): *La articulación territorial de la raya hispanoportuguesa*. Actas Simposium Vilar Formoso. Zamora, Fundación Rei Afonso Henriques.
- Medina, E. (2006): Orígenes históricos y ambigüedad de la frontera hispano-lusa (La Raya). *Revista de Estudios Extremeños*, 62, p. 713-724.

- Mora, J. (Coord.) (1997): Los ríos internacionales Tajo y Guadiana en el desarrollo integral de Extremadura, Alentejo y Beira Interior. Cáceres, Gabinete de Iniciativas Transfronterizas, Junta de Extremadura, Centro Europeo de Desarrollo Regional.
- Mora, J., Pimienta, M. y García-Flores, S. et al. (2005): La iniciativa comunitaria INTERREG III en España. Boletín de la AGE, 39, p. 267-284.
- Regidor, J. G. (Dir.) (2006): Desarrollo rural de base territorial: Extremadura (España). Badajoz, Consejería de Desarrollo Rural y Ministerio de Agricultura, Pesca y Alimentación.
- Renard, J. P. (1992): Population et frontières: problématiques et methods. Espace Populations Societes, 2, p. 167-184.
- Serra, P., Pons, X. y Sauri, D. et al. (2008): Land-cover and land-use change in a Mediterranean landscape: A spatial analysis of driving forces integrating biophysical and human factors. Applied Geography, 28, p. 189-209.
- Velasco, C., y Campesino, A. J. (Coord.) (1996): Portugal-España: Ordenación Territorial del Suroeste Comunitario: Acta, Ponencias y Comunicaciones. Universidad de Extremadura, Servicio de Publicaciones.
- Verburg, P. H., Schulp, C.J.E., Witte, N. y Veldkamp, A. et al. (2006) : Downscaling of land use change scenarios to asses the dynamics of European landscapes. Agriculture, Ecosystems and Environment, 114, p. 39-56.