

# CAMBIOS DE COBERTURA Y USO DEL SUELO EN LA RAYA CENTRAL IBÉRICA

**Francisco Javier Jaraíz Cabanillas**

**Julián Mora Aliseda**

Departamento de Ciencias del Territorio. Universidad de Extremadura

jfjaraiz@unex.es, jmora@unex.es

**José Antonio Gutiérrez Gallego**

Departamento de Expresión Gráfica. Universidad de Extremadura

jagutier@unex.es

## I. INTRODUCCIÓN

A pesar de la indefinición del concepto de frontera y su alcance espacial, sobre los que no hay unanimidad ni unicidad en el uso que de los mismos se hace, se ha optado por estudiar las nuevas dinámicas territoriales y sus repercusiones sobre los cambios de coberturas y usos del suelo 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 mencionada (Guarda, Castelo Branco, Portalegre, Évora y Beja): la Raya Central Ibérica.

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).

En este artículo se pretende analizar, comprender y explicar los nuevos escenarios territoriales de la Raya Central Ibérica, motivados por los rápidos cambios que viene experimentando la estructura socio-demográfica y la actividad económica de un espacio transfronterizo como es este. Estos cambios son impulsados por la concentración de la población en las ciudades y el abandono del medio rural debido a la mejora de las infraestructuras, los servicios y los equipamientos en los grandes núcleos de población y espacios con mayor dinamismo económico. Este análisis se lleva a cabo utilizando técnicas estadísticas como análisis multivariante o modelizaciones a través de regresiones logísticas múltiples.

La finalidad de este trabajo es llegar a comprender en profundidad y explicar con rigor el impacto de las actividades económicas y sus dinámicas recientes, para verificar sus huellas sobre el territorio. En este sentido, se abordan prioritariamente las repercusiones que las nuevas tendencias en los flujos tienen sobre los cambios socio-demográficos, los ecosiste-

mas y los recursos naturales de la Raya Central Ibérica, prestando una especial atención a las nuevas estructuras territoriales, pero sobre todo, a la evolución de las coberturas y los usos del suelo y a los efectos implícitos en las alteraciones que dichos usos hayan experimentado y que están, en buena medida, en la raíz de una serie de modificaciones socioeconómicas que han venido a reconfigurar el mapa territorial de las regiones de Extremadura, Alentejo y Región Centro.

Para ello, el estudio se centra fundamentalmente en tratar de caracterizar socioeconómicamente y territorialmente la Raya Central Ibérica, para definir los posibles efectos del cambio demográfico y económico, de las particularidades agrícolas, de la mejora de la accesibilidad y de la influencia del transporte y de los rasgos del medio físico y natural, sobre los cambios de coberturas y usos del suelo, es decir, sobre los sistemas urbano, agrícola, forestal y sobre los ecosistemas y su diversidad biológica.

Se utilizan para ello técnicas de análisis multivariante, metodologías de análisis de datos como las basadas en redes neuronales (análisis *cluster*), regresiones logísticas múltiples (modelos lineales generalizados), modelos y técnicas de accesibilidad y cartografía de usos del suelo elaborada a partir de imágenes de satélite.

No es ninguna novedad el intentar crear una cartografía que refleje las coberturas y usos del suelo. Muy conocido es el Mapa de Cultivos y Aprovechamientos de España que surgió como resultado del proyecto abordado en su momento por el Ministerio de Agricultura. Pese a esto, lo que realmente interesa 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 un espacio transnacional. En esta línea es precisamente en la que surge la idea de hacer un seguimiento de la evolución de las coberturas y usos del suelo mediante la observación por satélite. Idea que se plasma en el Programa Europeo CORINE, destinado a crear una herramienta para la toma de decisiones en materia de gestión del medio ambiente y los recursos naturales en Europa.

Ante lo mencionado, se tiene pues que los objetivos finales de la investigación son: 1) determinar y explicar los efectos de los cambios de coberturas y usos del suelo sobre los ecosistemas de la Raya Central Ibérica y 2) observar los resultados derivados de los cambios en el modelo socioeconómico y demográfico de las tres regiones transfronterizas implicadas en el estudio: Extremadura, Alentejo y Región Centro.

Como objetivos concretos del análisis de las nuevas dinámicas territoriales y sus repercusiones sobre las coberturas y los usos del suelo en el área de estudio se deben subrayar: 1) obtener información detallada y actualizada de los cambios de coberturas y usos del suelo, impactos ecosistémicos y pérdida de biodiversidad en las tres regiones que comprenden el estudio, su distribución, su evolución y sus diferentes detonantes, 2) crear, gestionar, analizar e interpretar una amplia base de datos territoriales, socioeconómicos y ambientales, 3) optimizar el análisis e interpretación de los registros históricos y 4) generar cartografía temática de resultados.

Por último, son muy importantes también los objetivos metodológicos de la investigación: 1) utilizar e implementar técnicas como son las regresiones logísticas (modelos lineales generalizados) o los Sistemas de Información Geográfica (SIG) para la generación de una cartografía temática fácilmente interpretable y 2) gestionar de manera eficaz los impactos generados por la dinámica territorial transfronteriza de la Raya Central Ibérica: la economía

y las actividades productivas, la sociedad, el medio ambiente y el patrimonio cultural y la estructura territorial.

Fruto de la revisión bibliográfica que se ha llevado a cabo más las conclusiones extraídas de ella y del estudio de diferentes proyectos de investigación relacionados con el análisis de los cambios de coberturas del suelo y las nuevas dinámicas socioeconómicas, se exponen una serie de cuestiones que plantea la investigación. Estas cuestiones se estructuran en los siguientes puntos: 1) ¿en qué medida afectan los cambios de coberturas y usos del suelo a la estructura socioeconómica y ambiental del área de estudio? 2) ¿El paisaje de la Raya Central Ibérica ha cambiado de manera homogénea en el periodo de tiempo analizado? 3) ¿Qué tipos de cambios se están produciendo de forma mayoritaria? 4) ¿Mejora la biodiversidad natural con los cambios de coberturas y usos del suelo en la Raya Central Ibérica? 5) ¿Prospera la calidad de vida de la población con los cambios de coberturas y usos del suelo en el área de estudio? 6) ¿Se puede llegar a un crecimiento urbano excesivo en la Raya Central Ibérica? 7) ¿Se están despoblando las áreas rurales? y 8) ¿Son los individuos que permanecen en los espacios rurales mayoritariamente personas mayores?

Ante lo comentado, y partiendo de los objetivos del estudio, se intenta responder a la siguiente hipótesis de partida o global en el proyecto: ¿Permite la aplicación de un método estadístico como el modelo lineal generalizado establecer los factores causantes de los cambios de cobertura y uso del suelo y definir tendencias en las localizaciones en la Raya Central Ibérica?

## **II. MATERIAL Y MÉTODOS**

### **II.1. Definición de las variables socioeconómicas y físicas**

La metodología seguida para este primer análisis socioeconómico y físico, que puede entenderse como estudio preliminar del área de estudio para su comprensión y la correcta selección de las variables independientes, es un asunto relevante. La correcta selección y el oportuno tratamiento de las variables explicativas son fundamentales para el correcto desarrollo de los modelos lineales generalizados. Así, 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. Se decidió que se realizaría un análisis descriptivo del área de estudio, para que estos conocimientos socioeconómicos y físicos, ayudaran a la comprensión de los fenómenos acaecidos en el periodo de tiempo analizado.

En este estudio, tras la consulta de la bibliografía estudiada y la realización de diferentes análisis estadísticos previos con un conjunto de variables más numeroso (tratamiento de la colinealidad, correlación y homogeneidad), se emplearon definitivamente 30 variables independientes de entrada.

La información alfanumérica usada en este primer análisis se obtuvo de diversas fuentes, en función del grupo de variables al que pertenecen. Comentar que se dividió en dos el análisis de las fuentes y definición y elaboración de las variables espaciales (por un lado las variables socioeconómicas, agrarias y físicas y, por otro, las de accesibilidad) por la gran diferencia existente tanto en el proceso de definición y elaboración como cartográfico. No obstante, recalcar que todas ellas constituyen un único grupo de variables independientes

empleadas tanto para caracterizar el área de estudio como para calcular el modelo estadístico.

Así pues, se decidió emplear un total de trece variables socioeconómicas (las variables sociales, demográficas, económicas y políticas, son las más importantes a la hora de provocar cambios, sobre todo cambios de superficies artificiales), ocho variables agrarias (por analizar una región transfronteriza rural en la que el sector primario todavía tiene mucha importancia: sistemas agroforestales, cultivos permanentes y terrenos regados permanentemente), cuatro variables relacionadas con la accesibilidad (empleadas para ver como ha evolucionado la construcción de las infraestructuras del transporte y la accesibilidad en una región deprimida y marginal como es la estudiada) y por último cinco variables físicas (para determinar como influyen los factores físicos, climáticos y geomorfológicos sobre todo, en los cambios de cobertura y uso del suelo).

Por consiguiente, estas variables independientes, también denominadas variables explicativas son las que en el modelo lineal generalizado se utilizan para dar respuesta a los cambios de cobertura y uso del suelo que acontecen en el área de estudio en el periodo de tiempo analizado.

## II.2. Ocupación y cambios de cobertura y uso del suelo

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. Su finalidad era la creación y actualización permanente de una base de datos sobre los usos del suelo del territorio europeo.

El Instituto Geográfico Nacional de España y el *Instituto do Ambiente e Instituto Geográfico Português* fueron los encargados, entre 1987 y 1991, de coordinar la ejecución del CORINE Land Cover 1990 (CLC 90) en España y Portugal, 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 y la segunda, CORINE Land Cover 2000 (CLC 2000). El último proyecto CORINE Land Cover data de 2006, apareciendo publicado en Portugal en el año 2009 y en España en marzo del año 2010, aunque no se emplea en esta investigación.

En este estudio se han llevado a cabo dos análisis independientes: en el primero se tratan los principales intercambios de coberturas y usos del suelo del proyecto CLC; y el segundo es un análisis de los cambios netos de superficie de las coberturas y usos del suelo acontecido en el área de estudio en el periodo de tiempo estudiado.

Para el tratamiento de los intercambios de cobertura del suelo se deben seguir diferentes pasos. El primer paso es calcular a nivel municipal la superficie ocupada por cada uno de los usos del suelo para el nivel empleado. Acto seguido, se trató de ver, dentro de cada municipio/*concelho*, los intercambios de cobertura y uso del suelo que se han producido entre un tipo de cobertura y uso y otro. Para ello se realizaron un gran número de operaciones con el Sistema de Información Geográfica empleado (*ArcGIS 9.2.*), como de consultas en *Access*,

las cuales daban como resultado un valor para cada uno de los municipios/*concelhos* (identificados siempre por su Código INE).

Para la realización del segundo análisis, a saber, el estudio de los cambios netos de superficie a nivel municipal, se necesitan las diferentes operaciones y consultas del análisis anterior que dan como resultado una tabla. Esta debe exportarse a *Excel* y, allí, se ejecutan las diferentes operaciones estadísticas requeridas para obtener los cambios netos de superficie. Tras la obtención del cambio neto de las superficies de las diferentes coberturas y usos, la tabla resultante se importa a *ArcGIS* para su correcta manipulación y realización de la cartografía de resultados.

### II.3. Modelo lineal generalizado

El objetivo último del trabajo que se presenta no es tan sólo analizar la ocupación de las diferentes superficies de coberturas y usos, los intercambios de cobertura en los que se ven afectados o los cambios netos 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 las superficies de todas las coberturas y usos del suelo desde 1990 a 2000.

Tras experiencias previas con diferentes técnicas y modelos estadísticos (SOMF, Mars,...) y tras la lectura de una extensa bibliografía, se decidió emplear la regresión logística como técnica para explicar los cambios de cobertura del suelo. Más concretamente, lo que se usaron fueron modelos lineales generalizados o *Generalized Linear Models (GLM)*, concretamente la función (*glm*) del programa estadístico *R* (sistema para la implementación de funciones estadísticas y la creación de gráficos).

Los modelos lineales se encuadran dentro de los análisis de regresión. Sin entrar en muchos detalles, cabe recordar que 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, linealidad, normalidad u 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 (tomando logaritmos). Sin embargo, estas transformaciones no siempre consiguen corregir la falta de normalidad, la heterocedasticidad o la no linealidad de los datos. Además resulta muchas veces difícil interpretar los resultados obtenidos. 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 son una extensión de los modelos lineales que permiten utilizar distribuciones no normales de los errores (*binomiales*, *Poisson*, *gamma*, etc.) y varianzas no constantes (Le Sage et al. 2009).

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 considerar utilizar *GLM* cuando la variable respuesta es: un conteo de casos, un conteo de casos expresados como proporciones, o una respuesta binaria. En este artículo, se está ante una respuesta binaria: aumento de la superficie de la cobertura

o uso del suelo en cuestión (1) y disminución o mantenimiento de la superficie (0); por lo tanto, el uso de *GLM* está justificado.

La reducción del incremento de las superficies a una variable binaria o dicotómica (aumenta/se reduce o mantiene) puede hacer que se pierda información en los análisis estadísticos, pero la gran varianza explicada por el modelo teniendo en cuenta que hablamos de una variable dependiente dicotómica es muy significativa. Además hay que subrayar que esta técnica de los modelos lineales generalizados ha sido la única que ha conseguido explicar los factores causantes de los cambios de coberturas y usos del suelo en la Raya Central Ibérica, teniendo en cuenta las particularidades de las variables independientes y las variables respuestas.

### III. DISCUSIÓN

La detección y el análisis de los cambios de cobertura y uso del suelo ha sido aplicada satisfactoriamente en países y ecosistemas muy diferentes de todo el mundo. Diferentes enfoques de modelización han sido usados para comprender dónde están ocurriendo los cambios de cobertura y uso del suelo y para estudiar los factores que condicionan estos cambios (Turner II et al., 1990). En la actualidad, en muchas partes del mundo, la actividad humana es el principal factor a la hora de provocar cambios de coberturas y usos del suelo, aunque la estructura física subyacente del paisaje puede modificar la cobertura y uso del suelo (Jongman, Bounce y Elena-Roselló, 1998; Pan et al., 1999). Por ejemplo, las condiciones del suelo o las pendientes del terreno pueden hacer el cultivo de algunos cereales difícil. Por lo tanto, una integración de factores biofísicos y humanos en la explicación de las dinámicas de la cobertura y uso del suelo queda como una importante tarea de investigación (Serra et al., 2008). Aún reconociendo la importancia de los factores físicos, esto no excluye que los factores socioeconómicos lleguen a ser la principal influencia en las decisiones de los titulares de las explotaciones respecto a los usos del suelo. Por esta razón estos son, en general, los factores condicionantes más relevantes (la propiedad de la tierra, el tamaño de la explotación, la fragmentación parcelaria, la mecanización o la influencia de las políticas públicas) de los cambios de cobertura y uso del suelo. Por ejemplo, respecto a la propiedad de la tierra, las explotaciones familiares tienen la ventaja de que los titulares de las explotaciones tienen potestad a la hora de mejorar sus explotaciones, pero también la posible desventaja de que las mejoras sean demasiado pequeñas para ser económicamente beneficiosas. En relación al tamaño de la explotación y la fragmentación parcelaria, es generalmente considerado que las explotaciones grandes tienden a ser más eficientes y por esta razón en algunas regiones los procesos de consolidación de participaciones dispersas han sido buscados (Walter, 1977).

La investigación futura de estos temas debería dirigirse igualmente hacia cómo los sistemas agrarios están influidos por la tenencia histórica de la tierra (por ejemplo, el sistema hereditario o presiones en el mercado del suelo) y la percepción del paisaje (que son los elementos que los agricultores o granjeros asocian con la identidad del lugar), lo cual proporcionaría un mayor entendimiento de sus mecanismos de cambio. Para ello, el contacto con los agricultores y ganaderos y el trabajo de campo sería fundamental. Por consiguiente, parece oportuno de nuevo reducir el área de estudio hacia un espacio más abarcable.

Igualmente, el trabajo futuro debería enfocarse hacia el conocimiento de la dinámica de los paisajes agrarios. Ciertos cambios de coberturas y usos del suelo son más propensos a fragmentar el paisaje, mientras que otros tienden a incrementar su homogeneidad (Farina, 1998). Una de las características más importantes de los paisajes tradicionales mediterráneos, muy ricos en diversidad ecológica (Blumler, 1993; Faulkner y Hill, 1997), es precisamente la fragmentación de las coberturas y usos del suelo (Folch y Paris, 1999). Por esta razón, un objetivo importante es entender las consecuencias para el paisaje de los cambios de cobertura y uso del suelo. Para analizar las dinámicas de los paisajes, bastaría con emplear algunos estadísticos-métricos relacionados con la fragmentación y la homogeneidad del paisaje y compararlos una temporalidad concreta y unas coberturas y usos del suelo determinados.

#### IV. CONCLUSIONES

Para verificar la hipótesis de partida se usó un modelo de regresión logística para cuantificar la parte de la varianza explicada por las variables no basadas en la vecindad. A tenor de los resultados de los diferentes modelos lineales generalizados, se puede afirmar que las variables independientes utilizadas como explicativas de los cambios de coberturas y usos del suelo, explican gran parte de las variables dependientes (coberturas).

De las treinta y cuatro variables dependientes a las que se aplicó el modelo estadístico, quince presentan una devianza inferior al 20%. Por lo tanto más del 55% de los cambios de coberturas de la Raya Central Ibérica se explican con las variables explicativas empleadas. No obstante, un aspecto importante a tener en cuenta es que, de las quince variables con menor devianza, diez forman parte de las zonas agrícolas. Pero lo que es más interesante es que, entre las nueve con peores porcentajes, aparecen todas las variables que representan a los aprovechamientos agrícolas en función de los censos agrarios y el uso del suelo de Nivel 1 del Proyecto CORINE de las zonas agrícolas. Por lo tanto, se puede afirmar que salvo para las variables dependientes agrícolas, los cambios de coberturas artificiales, forestales y de agua, se explican con las variables socioeconómicas, agrícolas, de accesibilidad y físicas que se ha empleado.

La función  $glm()$  de *R* ha mostrado su utilidad al probar la relación existente entre las variables independientes empleadas y los cambios de coberturas y usos del suelo de la Raya Central Ibérica. Las altas devianzas obtenidas para gran parte de los modelos y el hecho de que casi el 60% de los cambios de coberturas (los de las superficies artificiales, forestales y de agua mayoritariamente) hayan quedado explicados, prueban la utilidad del método estadístico. Además, el porcentaje no explicado radica, en gran parte, en la incapacidad de utilizar factores explicativos que se adapten en mayor medida al comportamiento de los usos del suelo del área de estudio, como se acaba de exponer en el punto anterior.

Los resultados de los análisis muestran al mismo tiempo la complejidad de los comportamientos de las diferentes coberturas, máxime teniendo en cuenta la particular idiosincrasia de los dos países que constituyen este espacio transfronterizo y los planes, programas, proyectos y políticas de diferente calado, que se aplican en cada uno de ellos. Basta como ejemplo el comportamiento dispar de diferentes coberturas en uno y otro lado de la Raya. Así, mientras que las zonas forestales tienden a aumentar en territorio luso, en las provincias extremeñas disminuyen; por otro lado, si bien los sistemas agroforestales incrementan su superficie en

el periodo analizado en Extremadura, en los cinco distritos portugueses, esta zona agrícola mengua.

Los análisis regionales (distritos y provincias), subregionales (subregiones y comarcas funcionales o naturales), municipales (*concelhos* y municipios) e inframunicipales (*freguesias* y núcleos) llevados a cabo tanto explícitamente en diferentes epígrafes como de manera generalizada en cada uno de los comentarios, han servido para corroborar la influencia de las diversas características territoriales en los patrones de cambios de coberturas y usos del suelo a lo largo de todo el territorio rayano.

Por otro lado, los resultados de los diferentes análisis (cambios e intercambios de coberturas y usos del suelo) muestran que los cambios han sido insignificantes en términos generales, no obstante, existen importantes variaciones entre municipios y alguna coberturas y usos del suelo como las superficies de regadío, los sistemas agroforestales y la vegetación esclerófila.

La mejora de la calidad de los datos de partida de cualquier investigación debe ser un objetivo permanente. En el caso de los estudios de cambios de las coberturas y usos del suelo, la calidad de los datos de partida es esencial, ya que condicionan aspectos fundamentales como políticas ambientales, territoriales o de desarrollo sostenible. Es muy importante desarrollar una metodología práctica, basada principalmente en análisis de determinados cambios de cobertura y uso del suelo cuya explicación resulta, en principio, difícil e incongruente.

El enfoque utilizado en este estudio evalúa una gran variedad de factores socioeconómicos, biofísicos y climáticas, operando a través de varias escalas espaciales y una única escala temporal con el objeto de comprender la distribución de las coberturas y usos del suelo (Schmitz et al., 2003; Hietel et al., 2005; Millington et al., 2007). La aplicación de este patrón a una región transfronteriza es una de las principales aportaciones de esta investigación. La mayoría de los estudios existentes sobre los cambios de cobertura y uso del suelo se aplican principalmente a pequeños espacios: municipios, comarcas, espacios naturales protegidos (Romero Calcerrada y Perry, 2004; Serra et al., 2008; De Aranzabal et al., 2008), mientras que este estudio aborda un área transfronteriza que cubre una entidad territorial más grande. El análisis de este espacio transfronterizo se basa en los datos proporcionados por el proyecto CORINE, puesto que se trata de datos sintéticos y homogéneos calculados mediante metodologías similares en todos los países de la UE. Dado que se trata de un estudio a nivel regional, las relaciones entre los patrones de cambio de cobertura y uso del suelo y sus determinantes espaciales son más complejas. El estudio revela las causas sociales y naturales de la degradación del suelo, las cuales puede utilizarse para planificaciones regionales futuras.