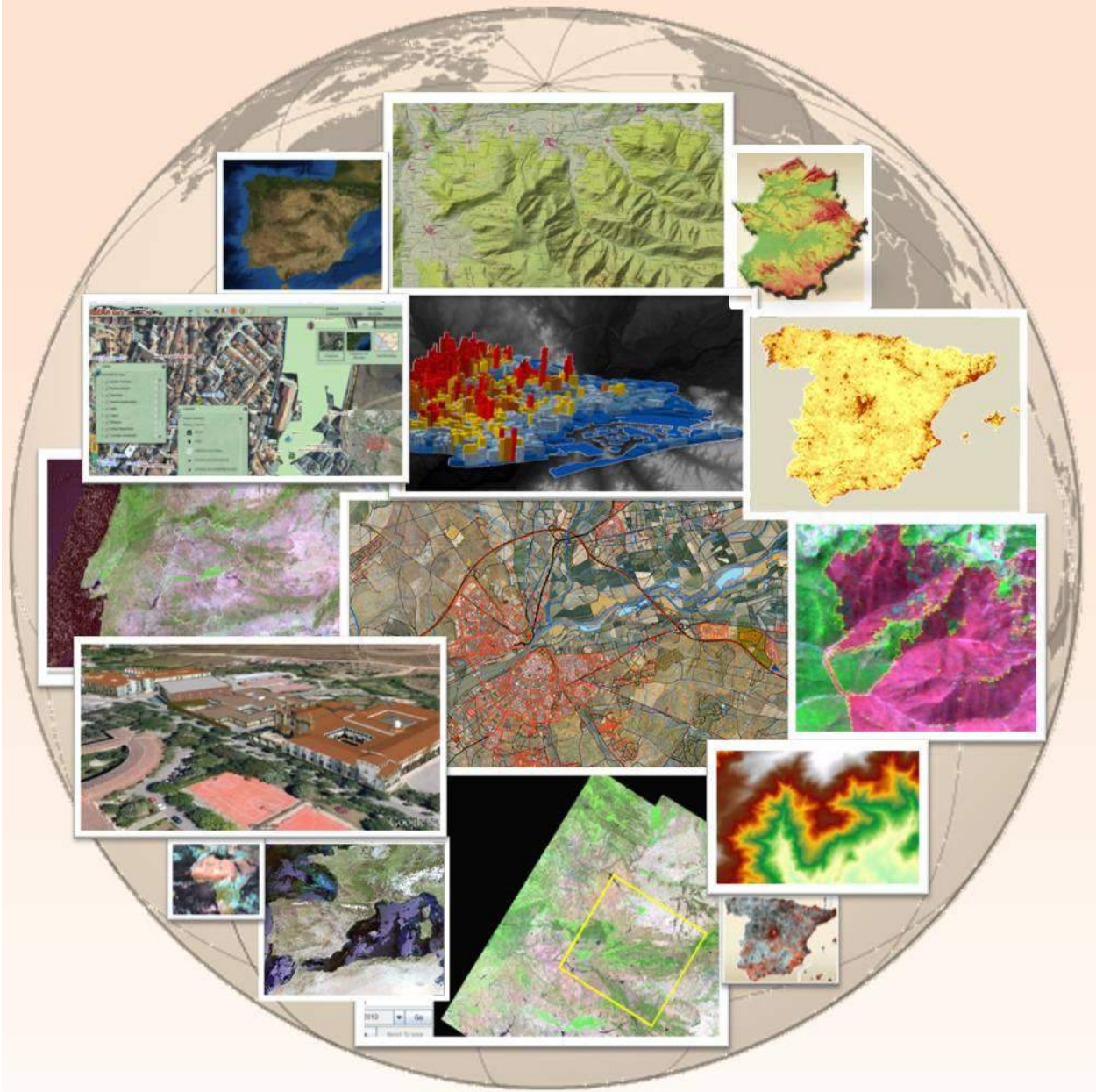


APLICACIONES TIG EN EL ANÁLISIS TERRITORIAL ***Transferencia a Universidad, Sector Público y Empresas***

Nieto Masot, A. (Ed.)



Editan:

Grupo de investigación en Desarrollo Sostenible y Planificación Territorial

Grupo de investigación Geo-Ambiental

Grupo de Investigación de Análisis de Recursos Ambientales (ARAM)



JUNTA DE EXTREMADURA

Consejería de Economía e Infraestructuras



UNIÓN EUROPEA

Fondo Europeo de Desarrollo Regional

Una manera de hacer Europa

Nieto Masot, A. (Ed.)

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

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

Colaboraciones:

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

Grupo de Investigación Geo-Ambiental de la Universidad de Extremadura

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

Primera edición: octubre - 2015

Diseño cubierta: Ana Nieto Masot

Texto y Fotografías interior: autores y archivos correspondientes

Impresión: Copegraf S. L.

Cáceres

Avenida Virgen de Guadalupe, 18

10001 Cáceres

Cáceres

ISBN: 978-84-608-2535-7

Depósito Legal: CC 289-2015

Impreso en España

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

Contenido

PRÓLOGO	9
Ana Nieto Masot	
EL SIG DE CÁCERES	11
Luis Antonio Álvarez Llorente y Faustino Cordero Montero	
ANÁLISIS MEDIANTE SIG DE LA SECA DE QUERCÍNEAS EN EXTREMADURA: GENERACIÓN DE UN MODELO ESPACIAL DE SUSCEPTIBILIDAD MEDIANTE MINERÍA DE DATOS	25
Jesús Emilio Arévalo Romero. y Joaquín Francisco Lavado Contador	
OS SIG NA GESTÃO PORTUÁRIA: O CASO DO PORTO DE SINES	43
Teresa Batista, Duarte Carreira e Eduardo Moutinho	
OBSERVATORIO TERRITORIAL Y AMBIENTALALENTEJO, EXTREMADURA, CENTRO (OTALEX C): DE GIS A IDE.	55
José Cabezas Fernández et al.	
COMARCALIZACIÓN Y ORDENACIÓN TERRITORIAL EN EXTREMADURA.....	67
Ángela Mª Engelmo Moriche	
DINÁMICA EXPERIMENTADA POR LOS USOS DEL SUELO EN MANZANARES EL REAL (MADRID): 1990-ACTUALIDAD	81
Macarena García Manso	
EL EMPLEO DE LAS TÉCNICAS SIG PARA DETERMINAR LA LOCALIZACIÓN ÓPTIMA DE RECURSOS SOCIOSANITARIOS A ESCALA LOCAL.....	99
Celeste García Paredes	
APLICACIONES DE LAS TIG EN EL PROYECTO ITINERE133: CAMINO A GUADALUPE	111
Raúl José González González	
LOS MODELOS GRAVITACIONALES COMO MÉTODO DE ANÁLISIS DE LA ATRACCIÓN COMERCIAL SOBRE EL TERRITORIO. APLICACIÓN EN LA CC.AA. DE EXTREMADURA	125
José Antonio Gutiérrez Gallego, José Manuel Pérez Pintor y Enrique E. Ruiz Labrador	
ANÁLISIS DE LA MOVILIDAD OBLIGADA EN EL CAMPUS UNIVERSITARIO DE CÁCERES. ACTUACIONES A FAVOR DE LOS DESPLAZAMIENTOS SOSTENIBLES	141
Francisco Javier Jaraíz Cabanillas, José Antonio Gutiérrez Gallego y Jin Su Jeong	

LA OCUPACIÓN EDIFICATORIA DEL SUELO EN MUNICIPIOS SIN PLANEAMIENTO URBANÍSTICO. EL CASO EXTREMEÑO.....	159
Victor Jiménez Barrado	
APLICACIONES T.I.G. EN PROYECTOS DE GEOGRAFÍA FÍSICA.....	175
Joaquín Francisco Lavado Contador, Susanne Schnabel, Alvaro Gómez-Gutiérrez, Manuel Pulido Fernández, Francisco Javier Lozano Parra, J. Ibáñez, Estela Herguido Sevillano y Judit Rubio Delgado	
LOS MAPAS TEMÁTICOS DE RIESGOS COMO ELEMENTOS DIVULGATIVOS Y DIDÁCTICOS DE CONCIENCIACIÓN SOCIAL.....	191
Enrique López Rodríguez	
ESTUDIO Y CARTOGRAFÍA DEL PAISAJE: EL MAPA DE PAISAJE DE EXTREMADURA	209
José Antonio Mateos Martín, Raquel López Hernández y Pablo Sánchez Ramos	
SIG PARA EL ANÁLISIS DEL ENVEJECIMIENTO DEMOGRÁFICO Y LA GESTIÓN DE RECURSOS SANITARIOS Y SOCIO-SANITARIOS EN EXTREMADURA.....	225
Ana Nieto Masot, Celeste García Paredes y Gema Cárdenas Alonso	
APLICACIONES TIG EN EL ANÁLISIS Y GESTIÓN DE ESPACIOS RURALES Y URBANOS	241
Ana Nieto Masot y Gema Cárdenas Alonso	
LOS SIG EN LA GESTIÓN DEL REGADÍO: CANAL DE ORELLANA, BADAJOZ.....	255
Isabel Pérez Rebollo	
A Utilização de Análise Multicritério na determinação da aptidão biogeofísica DO TERRITÓRIO OTALEX C	265
Luís Quinta-Nova, Paulo Fernandez, Natália Roque, Suzete Cabaceira, José Cabezas, Luis Fernández-Pozo y Beatriz Ramírez	
APLICACIÓN DE SIG PARA LA OBTENCIÓN DE UNIDADES EDAFOAMBIENTALES EN EL SUROESTE DE LA PENÍNSULA IBÉRICA	275
Beatriz Ramírez, Luis Fernández, José Cabezas, Victoriano Ramos, Paula Mendes, Carlos Pinto-Gomes y Teresa Batista	
METODOLOGÍA PARA AMPLIAR LA CARTOGRAFÍA CORINE MEDIANTE EL ANÁLISIS O.B.I.A. DE IMÁGENES LANDSAT.....	285
Victoriano Ramos, Beatriz Ramírez, Luis Fernández, José Cabezas, Carlos Pinto-Gomes, Paula Mendes y Teresa Batista	
ESTUDIO DEL USO DEL TRANSPORTE PÚBLICO COMO MODO DE ACCESO AL CAMPUS UNIVERSITARIO DE CÁCERES.....	297
Manuel Sánchez Fernández, José Antonio Gutiérrez Gallego y Elia Quirós Rosado	

PRÓLOGO

Los Objetivos que se han planteado con la publicación de este libro son dar a conocer el potencial y las funcionalidades de los Sistemas de Información Geográfica y la Teledetección, denominadas TIG, herramientas imprescindibles en la actualidad para la gestión y planificación de la información en todos los ámbitos de decisión territorial, ya sean de la Administración, de la empresa privada, de la Universidad o de la investigación aplicada.

Los Sistemas de Información Geográfica (SIG o GIS) y las técnicas de Teledetección son hoy en día herramientas indispensables para el estudio de la Tierra y para la gestión de recursos. No sólo están presentes en la actualidad en el mundo académico, sino que pueden ser percibidas en múltiples campos: los instrumentos y satélites de observación de la Tierra (el sistema de geolocalización GPS, los satélites meteorológicos como Meteosat, satélites heliosincrónicos para la gestión y prevención de riesgos naturales como MODIS, NOAA, Landsat, etc.), el creciente aumento de la información geográfica gratuita en Internet (el éxito de Google Earth, Google Maps, guías de viajes, rutas, etc), los metadatos asociados a la información geográfica (creciente presencia y consolidación de estándares), su catalogación en Infraestructuras de Datos Espaciales (IDEs Europeas, Nacionales, Regionales, Locales, etc.) o el creciente interés por el conocimiento de software GIS. Han llegado a todos los estratos de la sociedad.

Por ello, y desde la organización del Máster en Tecnologías de la Información Geográfica se organizaron unas Jornadas de Aplicaciones de las TIG (Sistemas de Información Geográfica y Teledetección) con dos días de conferencias, mesas redondas y presentación de trabajos donde se dieron a conocer el desarrollo de proyectos de Tecnologías de la Información Geográfica en la Universidad, en diferentes empresas y en Administraciones Regionales y Nacionales: Gobierno de Extremadura, Grupos de Acción Local, Mancomunidades, Ayuntamientos,.. De estas presentaciones se realizó una selección y se optó por publicarlas en un libro para poder dar mayor difusión a las mismas.

A continuación se encuentran capítulos dedicados a proyectos como OTALEX, el Observatorio Territorial y Ambiental Alentejo-Extremadura-Centro, una iniciativa donde las TIG tienen un papel primordial al haberse creado un geoportal y un atlas con la información cartográfica de estas tres regiones fronterizas y haber participado diferentes Administraciones (Diputación, Gobierno de Extremadura, 3 Comunidades Intermunicipales Portuguesas) y las Universidades de Extremadura, Evora y el Instituto Politécnico de Castelo Branco.

Aplicaciones TIG en la Administración como la elaboración Mapas de Paisaje por parte de la Consejería de Fomento de la Junta de Extremadura y su inclusión en la IDE regional o del Sistema de Información Geográfica del Ayuntamiento de Cáceres como ejemplo de una IDE local.

Por parte de la Universidad de Extremadura y con la participación de los Grupos de Investigación Desarrollo Sostenible y Planificación Territorial y el Grupo en Investigación Geoambiental se expusieron proyectos e investigaciones aplicadas a la gestión económica de espacios urbanos y rurales (diseño del Geoportal Rururban o el modelo económico del Grupo de Acción Local de las Vegas Altas del Guadiana), al análisis de accesibilidad a servicios y equipamientos básicos de la población (la movilidad a los campus universitarios), como herramienta de estudio en demografía (análisis del envejecimiento y la distribución de equipamientos sanitarios y socio-sanitarios en Extremadura) y por último, en estudios de paisaje y en nuevas tendencias en análisis espacial en fotoreconstrucción en 3D para estudios geomorfológicos.

Por último, se han incluido también proyectos de alumnos egresados del Máster de TIG que han desarrollado en sus trabajos actuales (gestión de regadíos, caminos culturales, planeamiento urbanístico, ordenación del territorio, incendios forestales, etc) o en el desarrollo del Trabajo Fin de Máster.

Esta publicación y las jornadas están incluidas dentro de las acciones formativas del Master Oficial en Tecnologías de la Información Geográfica en su primera edición como Máster Oficial de la Uex

pero que ya contaba con una trayectoria desde el curso 2008-2009 que se impartió el primer Máster en TIG como Título Propio. Se celebraron seis ediciones y se han formado más de 200 alumnos en estas materias viniendo de diferentes formaciones previas, Licenciados, Diplomados o Graduados en distintas disciplinas como Geografía, Ciencias Medioambientales, Ingenierías Forestal, Agraria e Industrial, Historia, Derecho, Humanidades o Biología, debido a la formación multidisciplinar que se imparte en el mismo. Hemos contado además con la participación de profesores de distintas áreas de conocimiento y de Universidades ajenas a la nuestra.

Este Máster van dirigido a estudiantes y profesionales de todos los ámbitos que se les brinda la oportunidad de profundizar y complementar su formación en campos como la fotogrametría, los Sistemas de Información Geográfica (SIG), la cartografía o los sistemas de navegación por satélite (GNSS), ahondando en aspectos de programación, diseño y gestión de bases de datos, desarrollo de proyectos y aplicaciones de las TIG. Además de la posibilidad de realizar prácticas externas en empresas y administraciones.

Por último, agradecer la colaboración y participación de los diferentes alumnos, investigadores y personal de Administración y empresas en la elaboración de este libro y, la publicación de este trabajo, que ha sido posible gracias a la financiación concedida por la Junta de Extremadura y el Fondo Europeo de Desarrollo Regional - FEDER, a través de la ayuda de referencia GR15121 al Grupo de Investigación Desarrollo Sostenible y Planificación Territorial al que pertenecen algunos de los autores.

Ana Nieto Masot

Coordinadora del libro y del Máster en Tecnologías de la Información Geográfica
de la Universidad de Extremadura

EL SIG DE CÁCERES

Luis Antonio Álvarez Llorente¹ y Faustino Cordero Montero²

¹ Sección del SIG. Ayuntamiento de Cáceres, plaza Mayor nº1. 10005 Cáceres (luisantonio.alvarez@ayto-caceres.es)

² Sección del SIG. Ayuntamiento de Cáceres, plaza Mayor nº1. 10005 Cáceres (faustino.cordero@ayto-caceres.es)

RESUMEN

Los Sistemas de Información Geográfica (SIG) son una herramienta muy potente cuyo uso se ha extendido en los últimos años. El Ayuntamiento de Cáceres decide en 1995 poner en marcha un SIG que resolviera algunos de los problemas que tenía, especialmente en lo relacionado con la gestión de cartografía y datos georreferenciados. El SIG de Cáceres se caracteriza por haberse hecho desde el principio desde el propio Ayuntamiento, sin contratos externos ni dependencia de ninguna empresa, por su alto grado de personalización y abstracción de cara al usuario final, y por el uso de Internet como forma de comunicación con exterior desde el primer instante. En los 20 años de recorrido, en el SIG se han recopilado muchos datos, planos, ortofotos, etc, procedentes de numerosas fuentes. Se repasan brevemente los principales proyectos actualmente en marcha, tanto a nivel interno como con empresas concesionarias y externas, así como algunas ideas de futuro. El SIG es un sistema vivo en continua actualización.

Palabras Clave: SIG, cartografía, bases de datos, opendata, visores

ABSTRACT

Geographic Information Systems (GIS) is a very powerful tool whose use has spread in recent years. Cáceres City Council decided in 1995 to launch a GIS to resolve some of the problems I had, especially in relation to the management of cartography and geo-referenced data. Some features of Cáceres GIS are that it have been done from the beginning from the City Council, without dependence on external contracts or any company, for its high degree of customization and abstraction to the end user, and the use of Internet from the first moments for communication with outside. In the last 20 years, Cáceres GIS have collected a lot of data, maps, orthophotos, etc. from many sources. The main projects currently in progress are briefly review, both internally and with outside companies and dealerships, as well as some ideas for the future. Cáceres GIS is a living system continuously updated.

Key Words: GIS, cartography, databases, opendata, viewer

INTRODUCCIÓN

Los Sistemas de Información Geográfica (SIG) se han convertido en los últimos años en potentes herramientas al servicio de empresas, administraciones y particulares para la gestión de grandes volúmenes de información. Aportan, entre otras, la ventaja de poder relacionar datos alfanuméricos con datos gráficos, vinculando además información sobre la posición que ocupan en el espacio. En este sentido, el Ayuntamiento de Cáceres, como administración que maneja gran cantidad de información georreferenciable, es decir, susceptible de ser ubicada sobre una posición en el plano, ve en los SIG una forma de resolver algunos de los problemas de gestión de información con los que se encuentra al inicio de los años 90.

ANTECEDENTES

Así, en 1995 el equipo de gobierno municipal decide poner en marcha un Sistema de Información Geográfica que resolviera algunos de los problemas con los que se encontraba:

- Gestionaba una gran cantidad de datos alfanuméricos y cartográficos de forma confusa, no compartida y poco eficiente.
- Las consultas tanto de técnicos como de ciudadanos tardaban en resolverse por la necesidad de buscar datos en papel distribuidos por distintos departamentos.
- El análisis combinado de información procedente de distintas fuentes (catastro, planeamiento, callejero, cartografía, ortofotos) era casi imposible.
- La edición y modificación de mapas era un proceso completamente artesanal.
- A todos estos problemas, se añadía el que toda esa información comenzaba a ocupar un volumen muy importante, algo que con el paso del tiempo se iría agravando si no se empezaba a poner solución.
- El acceso a los datos sólo era posible desde las dependencias municipales, con las limitaciones de accesibilidad que eso suponía.

Con la puesta en servicio de este nuevo sistema de plantean una serie de objetivos, entre los que cabe destacar:

- Centralizar y agrupar toda la información gráfica y alfanumérica y ponerla al servicio de todos, departamentos, técnicos, ciudadanos, empresas, ...
- Establecer un nuevo modelo de trabajo que permitiera que los datos fluyeran entre los departamentos, de manera que pudieran integrarse en el SIG, y al mismo tiempo llegaran a todas las secciones y departamentos municipales.
- Agilizar los accesos a la información para que las consultas se resolvieran más rápido.
- Facilitar la combinación de datos para un mejor análisis y apoyo en la toma de decisiones.
- Hacer la información accesible a los ciudadanos, utilizando para ello una nueva forma de comunicación por entonces poco desarrollada: Internet.

Para alcanzar estos objetivos se plantó como primer paso la adquisición del hardware y software del SIG, así como la primera cartografía digital de la ciudad que sirviera de base sobre la que situar el resto de datos que se fueran incorporando al sistema. Así en enero de 1996 se sacó a licitación el primer contrato por un montante global de 25 de millones de pesetas.



Figura 1. Recorte del periódico Extremadura del 11 de marzo de 1995 anunciando la creación del SIG

PRIMEROS PASOS

Pero no es hasta 1999 cuando el SIG municipal comienza realmente a rodar. Faltaba la última pieza del puzle. En realidad, un Sistema de Información Geográfica es un complejo sistema formado por varias partes a considerar:

- Una potente herramienta informática que combina hardware y software.
- Una metodología que proporcione un procedimiento de trabajo a fin de garantizar las relaciones entre los gestores de la información y el propio sistema.
- Unos datos, tanto alfanuméricos como gráficos, organizados en forma de tablas en bases de datos y de mapas y planos.
- Un personal al cardo del sistema, que asegure la consistencia y fiabilidad de la información.

Del hardware, software, datos y procedimientos ya habíamos hablado en el punto anterior, pero faltaba el personal. En febrero de 1999 se incorpora la primera persona dedicada al SIG. Con todas las partes a disposición del sistema, los primeros pasos del SIG se centran en la digitalización y puesta en valor del Plan Especial de Protección y Rehabilitación del Patrimonio Arquitectónico de la ciudad de Cáceres, así como la puesta en marcha de la primera web del SIG, desde la que cualquier ciudadano podría consultar el conocido como Plan Especial sin tener que acudir a las oficinas municipales.

Los primeros resultados se dan a conocer en el TECNIMAP celebrado en Cáceres en el mes de octubre de 2000. Unos meses después se incorpora el primer equipo de trabajo asociado al SIG. Durante 1 año trabaja en la digitalización del Plan General de Ordenación Urbana de 1999. Se ponen en marcha entonces los primeros protocolos de consulta y acceso al sistema dentro del propio ayuntamiento. En 2002 se crea el segundo puesto fijo asociado al SIG, y comienza el despliegue del SIG dentro de las secciones de la administración municipal.

Hoy, 20 años después, el SIG de Cáceres se ha convertido en una necesidad para el funcionamiento de gran parte de las secciones del ayuntamiento, y en una herramienta indispensable para el trabajo diario de muchos técnicos municipales.

CARACTERÍSTICAS DEL SIG DE CÁCERES

En el siguiente apartado tratamos de resumir las características más destacables del SIG de Cáceres:

Se ha hecho íntegramente desde el Ayuntamiento.

Posiblemente la característica más destacable y la que más ha influido en que después de 20 años el SIG municipal esté plenamente instaurado dentro de los departamentos municipales. Desde el primer momento se apuesta por hacer el SIG desde dentro, con personal propio. Desde la puesta en servicio hasta el mantenimiento, todo ha sido desarrollado por técnicos municipales. De esta forma se obtienen muchos beneficios:

- No hay dependencia de empresas externas, lo que garantiza la estabilidad y sostenibilidad del producto, al no depender de contratos ni de circunstancias ajenas al propio SIG. Se evitan situaciones como la desaparición de una empresa o la cancelación de un contrato de mantenimiento que han dado al traste con otros SIG municipales.
- Los costes de desarrollo son notablemente menores, al no haber un desembolso inicial fuerte y poder amortizar el coste de trabajador a lo largo de muchos años.
- El sistema se ha ido adaptando a las necesidades municipales. Al disponer del personal técnico capaz de analizar, programar, modificar los procedimientos de funcionamiento, el SIG se ha ido adaptando a las necesidades de las diferentes secciones y departamentos que se relacionan con el SIG en cada momento, y siempre sin coste añadido.

Pero lógicamente también hay cosas negativas: la puesta en marcha y el desarrollo del SIG ha sido mucho más lento que si se hubiera contratado a una empresa externa.

Sin embargo, con la experiencia del día a día, consideramos que los beneficios son claramente superiores a los perjuicios de esa mayor lentitud de implantación.

Se han programado diversas herramientas para hacer el SIG más accesible y amigable.

La herramienta software por la que se apuesta desde 1996 como base para montar el sistema es Microstation. Desde la versión v7 Micro 95 con la que se comienza a trabajar hasta la actual v8 Select Series 2 se ha producido una gran evolución del software de Bentley.

Para facilitar el acceso al SIG se han programado en VBA sobre la plataforma de Microstation numerosas herramientas que permiten a los usuarios del SIG acceder rápida y cómodamente al sistema sin necesidad de grandes conocimientos del entorno de Microstation ni de la organización y estructura de la información gestionada por el SIG. Con una pequeña formación inicial en el entorno de las aplicaciones de Bentley y en el propio SIG de Cáceres cualquier técnico puede comenzar a trabajar. Esto redundará en un aumento de la productividad al conseguir consultas más rápidas y eficientes.

Actualmente hay desarrolladas muchas herramientas que permiten cargar y descargar mapas, ejecutar consultas o combinar datos, con más de 5.000 líneas de código.

Estas dos características fueron las más destacadas por el jurado internacional que en 2009 seleccionó el SIG de Cáceres como finalista de los Be Inspired Awards, por delante de ciudades tan importantes como Moscú o Helsinki.

Se ha recopilado una gran cantidad de información muy heterogénea.

Información procedente de distintas fuentes, con diferentes formatos, escalas y contenidos. Toda se han ido añadiendo al sistema y poniendo a disposición de los técnicos y usuarios del SIG.

En la actualidad se dispone de cerca de 500 mapas y ortofotos, casi 40.000 archivos fotográficos, más de 100 tablas y 200.000 registros almacenados en la base de datos

Desde el principio se ha apostado por Internet como forma de comunicación con los ciudadanos.

A través de la web del SIG, cualquier persona puede consultar la información almacenada en el sistema. Además, se han desarrollado APP para las principales plataformas móviles que aumentan la accesibilidad al SIG municipal. Igualmente en el último año las denominadas redes sociales han entrado a formar parte de nuestro día a día.

Con todo esto se han conseguido reducir el número de visitas a las dependencias municipales, puesto que muchas consultas sencillas se pueden realizar y resolver por Internet,

El siguiente esquema trata de representar la organización y funcionamiento del SIG municipal:

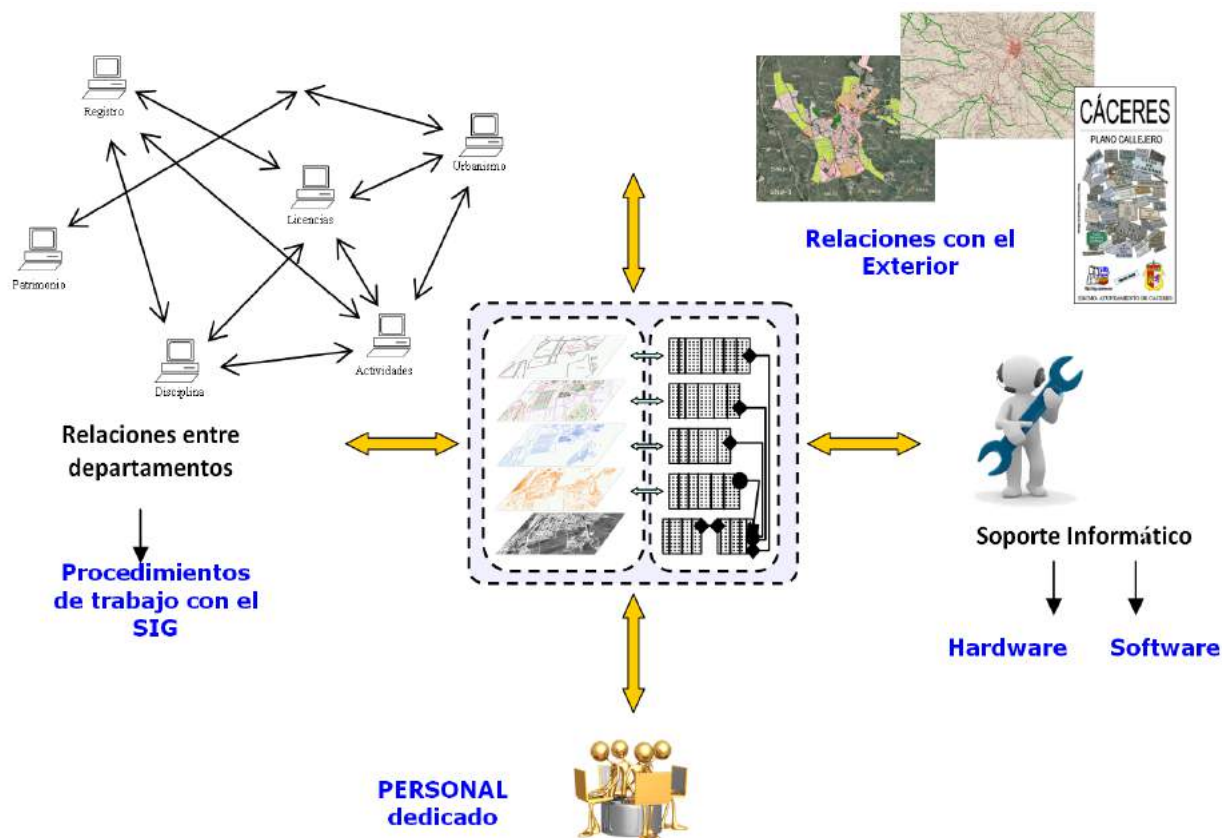


Figura 2. Esquema general del SIG

PROYECTOS GESTIONADOS POR EL SIG

La sección del SIG actualmente se encuadra dentro de la Oficina de Desarrollo Urbano, y más concretamente dentro del Servicio de Urbanismo. Sin embargo, su tarea es completamente transversal al resto de secciones del Ayuntamiento, y le se presta apoyo prácticamente a todas.

En este apartado vamos a repasar brevemente las tareas más relevantes que la sección del SIG lleva a cabo y los principales proyectos que actualmente están coordinados desde la sección tanto con departamentos del propio Ayuntamiento como con otras administraciones, empresas concesionarias, universidad, etc.

En líneas generales podemos resumir la misión de la sección del SIG en mantener el sistema operativo y actualizado, de manera que todos tengan acceso a la información contenida, tanto desde las dependencias municipales como desde el exterior a través de Internet, y al mismo tiempo tratar de aumentar los contenidos gestionados para aumentar la capacidad y la potencialidad del sistema.

De esta manera, el SIG tiene encomendadas misiones propias, entre las que podemos desatacar todo lo relacionado con la topografía municipal (levantamientos, replanteos, mediciones, generación de cartografía, etc); la instalación, mantenimiento y programación de las herramientas software del SIG; la gestión integral del callejero municipal, lo que incluye el mantenimiento de la base de datos oficial de calles y números, la gestión de las placas de nombres de calles, etc; y en general servir de apoyo a las necesidades que en cada momento plantean el resto de secciones del ayuntamiento, como la generación de mapas y planos personalizados, la localización o identificación de parcelas, el cálculo de coordenadas, etc.

Además, desde la sección del SIG se coordinan diferentes proyectos entre los que vamos a destacar los siguientes:

Con el Servicio de Urbanismo.

El mantenimiento del Plan General Municipal, con la base de datos asociada, y todo lo relacionado con la gestión del mismo. Las herramientas de consulta desarrolladas se han convertido en algo casi imprescindible para el trabajo diario de los técnicos de urbanismo.

Con la Sección de Planeamiento.

Se han integrado en el SIG todos los desarrollos de planeamiento desde 1999, vinculando no sólo la información gráfica de mapas y planos sino toda la documentación relativa a la tramitación: actas, informes, documentos jurídicos, escritura, etc.

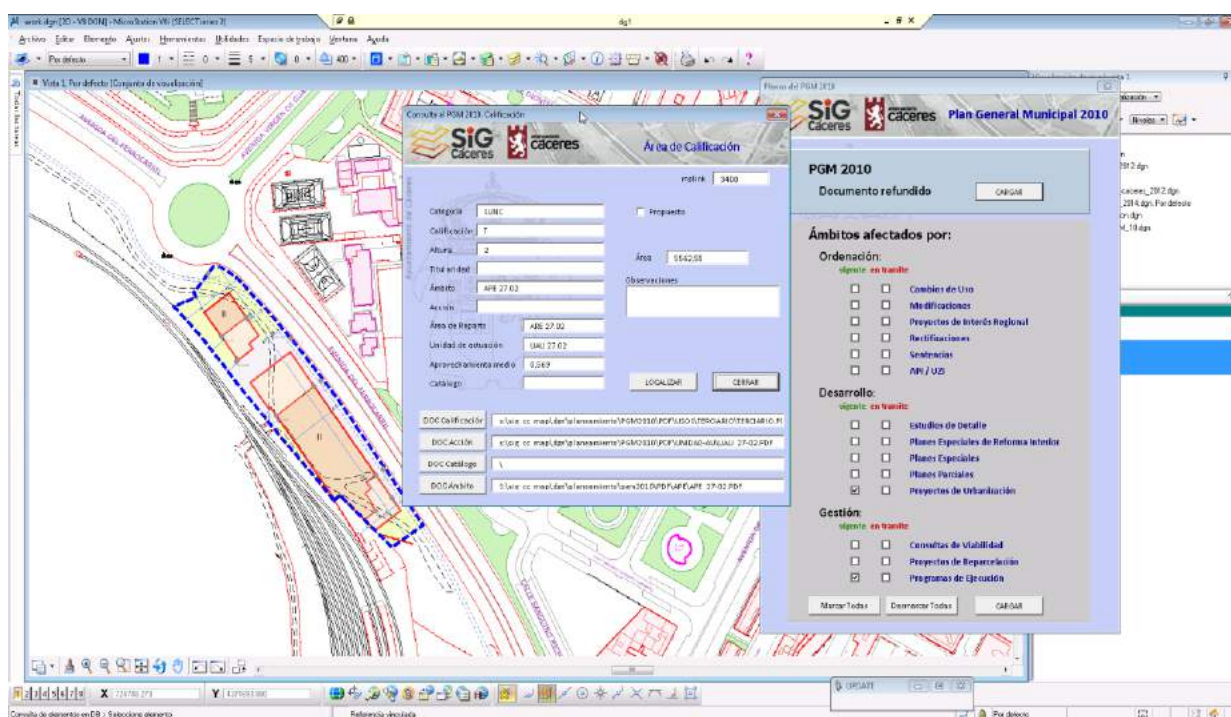


Figura 3. Vista del SIG de Cáceres con una consulta de planeamiento

Con la sección de Licencias.

Desde finales de 2011 se georreferencian todas las solicitudes de licencias de obra mayor, identificando el área afectada por el expediente. Actualmente ya están registradas casi 700 solicitudes.

Con la sección de Actividades.

Desde enero de 2013 se georreferencian los locales y las actividades que se desarrollan en los mismos y para los que se solicita una licencia, clasificando la actividad y vinculando datos del expediente que hasta ahora se traspapelaban confacilidad, como las fotografías de la visita de inspección que el técnico realiza para comprobar que se ajusta a la licencia solicitada. Actualmente están localizados más 450 locales y cerca de 500 actividades.

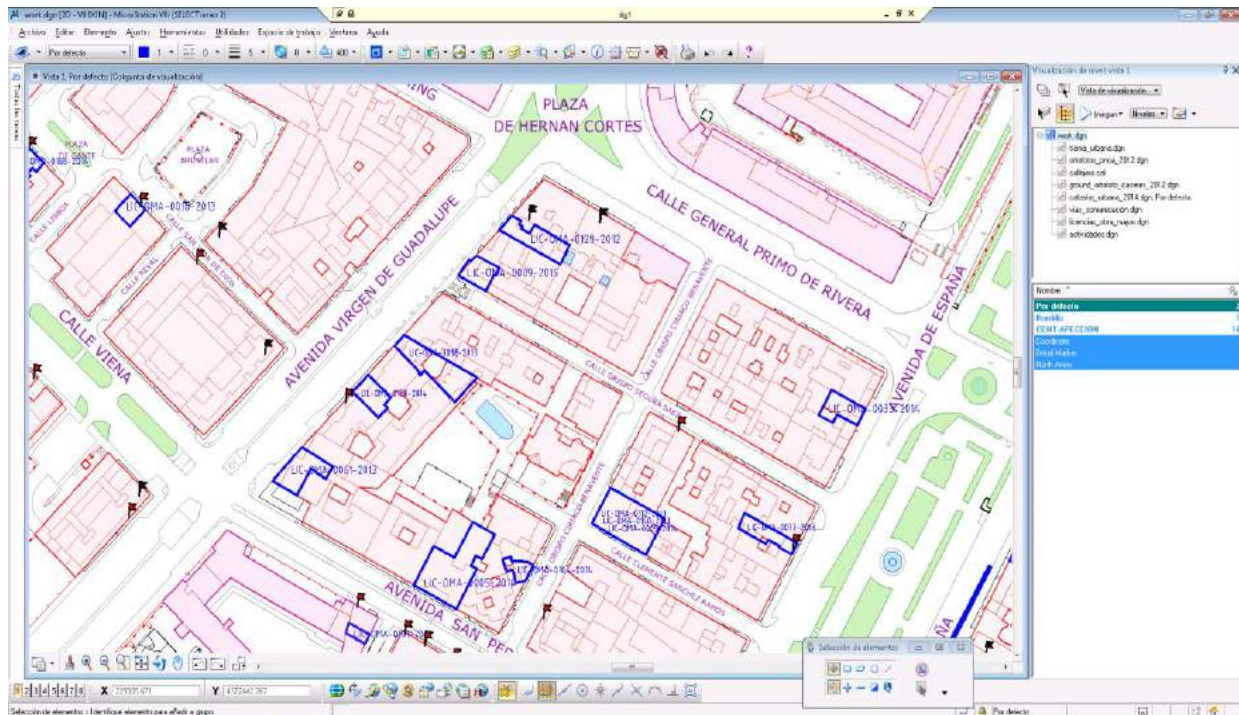


Figura 4. Vista del SIG de Cáceres con las capas de Licencias y Actividades

Con la sección de Inventario.

Se integra en el SIG la base datos de propiedades municipales, con todos lo datos que determina la legislación, escrituras, planos, fotos, etc, y con la información georreferenciada.

Con el Servicio de Infraestructuras.

Probablemente la información gestionada por este Servicio sea de la más complicada tanto de obtener como de representar por tratarse de información que está oculta a la vista (casi todo está canalizados en el subsuelo) y por tanto no representado en la cartografía. Además intervienen numerosas empresas, tanto concesionarias como privadas. Actualmente están registrados datos de las redes de abastecimiento, saneamiento, gas, electricidad, etc.

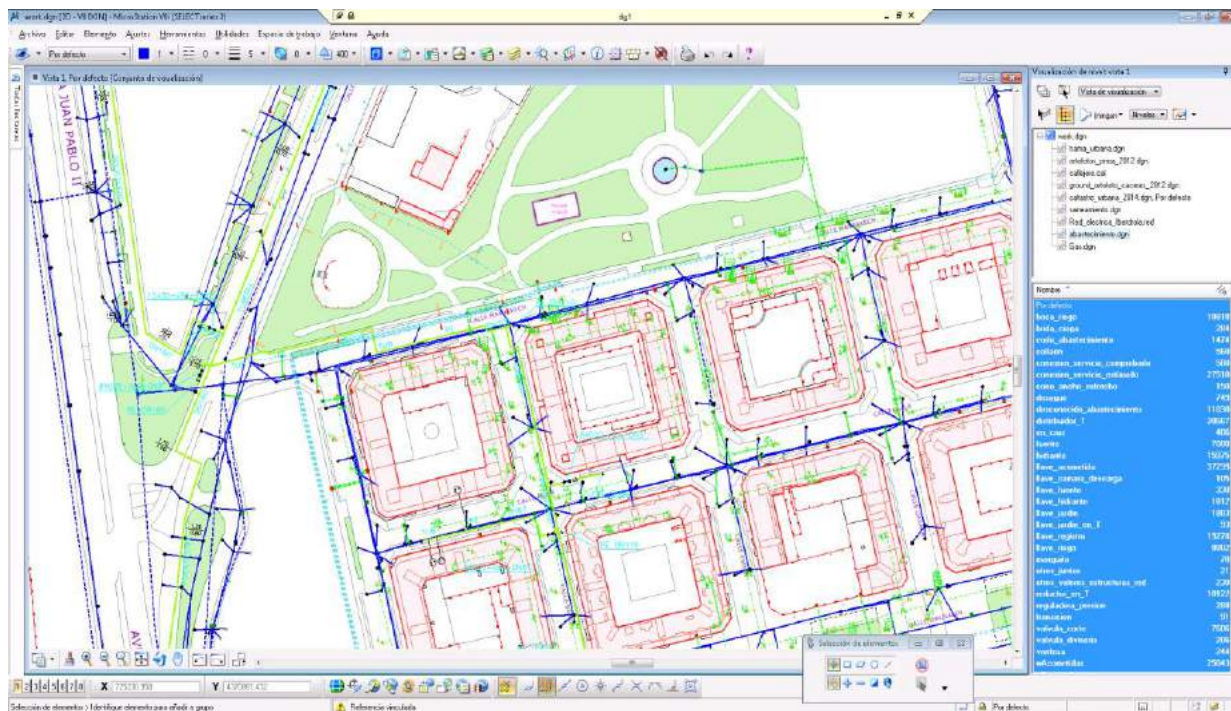


Figura 5. Vista del SIG de Cáceres con algunas capas de Infraestructuras (redes de gas y abastecimiento)

Con el Archivo Histórico Municipal.

Desde 2012 se han llevado a cabo varios proyectos de digitalización y georreferenciación de documentación contenida en este archivo, que custodia documentos históricos de la ciudad de Cáceres desde el siglo XIII hasta 1950. Así, se han georreferenciado cerca de 1000 fotografías históricas, algunas con más de 1 siglo de antigüedad, lo que permite obtener una visión de distintos puntos de la ciudad en distintos momentos a lo largo de los últimos 120 años.

Otro de los proyectos ha consistido en la digitalización, localización e integración en el SIG de los expedientes de obra más destacados que se guardan en el Archivo, fechados entre 1850 y 1950. Se han digitalizado más de 900 expedientes, de los cuales cerca de 650 se han georreferenciado.

También se han integrado en el SIG todos los planos y mapas que se conservan en el Archivo, ya sean originales o reproducciones, lo que ha permitido reconstruir la evolución histórica de la ciudad a nivel cartográfico, desde los primeros asentamientos romanos hasta la actualidad.

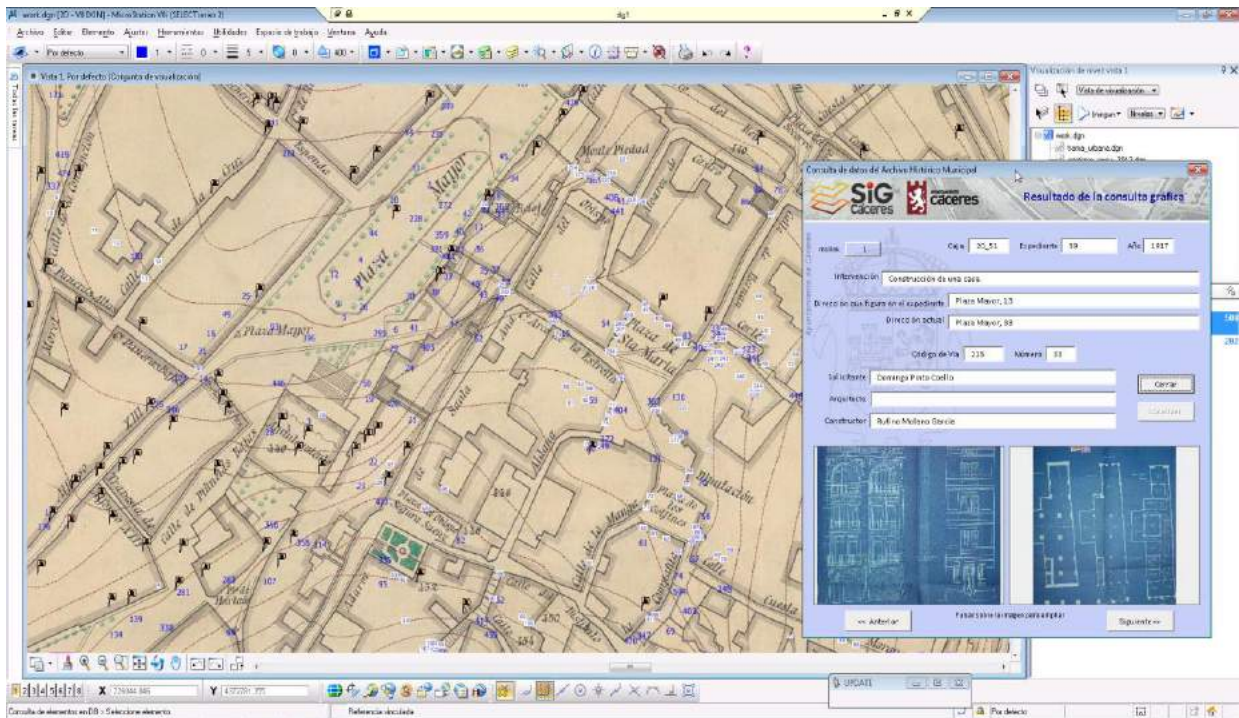


Figura 6. Vista del SIG de Cáceres con el plano de 1931 y las capas del Archivo Histórico

Con la empresa concesionaria del servicio de bus urbano, Vectalia-Subus.

Integración en el SIG de toda la información relativa a la prestación del servicio, incluyendo información en tiempo real del tiempo estimado de espera en las paradas, así como la publicación en formato abierto de todos estos datos.

Con la empresa concesionaria del servicio de agua, Canal de Isabel II.

Integración en el SIG de las redes de abastecimiento y saneamiento. Las dos redes se han georreferenciado con máxima precisión (con GPS y estación total). En el caso del saneamiento, los pozos se han levantado con un error máximo en cota Z de 2 centímetros.

Este proyecto no está aún finalizado. En estos momentos se está trabajando en la integración de la base de datos de abonados y la modelización matemática de las dos redes.

La información está permanentemente actualizada.

Con la empresa concesionaria del mantenimiento de parques y jardines, Thaler.

De cada uno de los parques concesionados se han georreferenciado los árboles y se ha registrado una ficha con su foto correspondiente. Actualmente en el SIG se pueden consultar más de 16.000 árboles, que cubren aproximadamente el 60% de los parques de la ciudad, y en los próximos años se completará el 100%

Con la empresa Gas Extremadura.

La empresa facilita los planos de distribución de la red de gas natural por toda la ciudad, tomando como base la cartografía actualizada de la ciudad con precisión 1/500 proporcionada por el SIG de Cáceres. De esta forma se benefician las dos partes.

Con otras administraciones.

Tanto con la Junta de Extremadura como con la Gerencia del Catastro el SIG mantiene excelentes relaciones que nos permiten intercambiar planos, mapas, ortofotos, etc, aumentando así el aprovechamiento de los datos y rentabilizando las inversiones, y fomentado la cooperación entre administraciones.

Con la UEx.

Actualmente tenemos dos proyectos en desarrollo. El primero para la creación del plano tipológico de plantas bajas de la zona de influencia del Plan Especial de Protección y Rehabilitación del Patrimonio Arquitectónico de la ciudad. Se están digitalizando las plantas bajas de los inmuebles, procedentes de diferentes fuentes (proyectos de rehabilitación facilitados por arquitectos, proyectos fin de carrera de alumnos de la UEx, documentación del Archivo Histórico Municipal, etc), georreferenciando, vinculando sus metadatos e integrando en el SIG. Este trabajo está coordinado desde la Escuela Politécnica por Juan Saumell. El SIG participa aportando la cartografía base y los servidores para la publicación de los resultados en diferentes formatos.

El segundo es la puesta en servicio del portal de datos abierto OpenData, una apuesta del Ayuntamiento de Cáceres para hacer públicos sus datos y documentos de interés para los ciudadanos. En consonancia con la Ley 4/2013, de 21 de mayo, del Gobierno Abierto de Extremadura, el proyecto pretende promover la puesta a disposición de la sociedad de los datos municipales en formatos reutilizables para el desarrollo de la sociedad de información, para fomentar la transparencia y la participación democrática, y para que las empresas puedan generar riqueza y empleo utilizando estos datos públicos para desarrollar aplicaciones. El portal se caracteriza por ofrecer los conjuntos de datos en open linked data, con el máximo nivel de reutilización de 5 estrellas, recomendado por el W3C. Este proyecto está coordinado desde la Escuela Politécnica por Adolfo Lozano. El SIG participa aportando la mayor parte de los datos, bien procedentes directamente del SIG o de otras secciones del Ayuntamiento.

Este proyecto recibió a finales del pasado mes de febrero el reconocimiento como mejor iniciativa pública 2015 por el Colegio Profesional de Ingenieros en Informática de Extremadura.

COMUNICACIÓN CON EL EXTERIOR

Como ya comentamos anteriormente, uno de los primeros objetivos que se plantea el SIG es la comunicación con el exterior, es decir, que todo lo que está en el SIG esté a disposición de todos. Para ello se apostó desde el principio por Internet como medio de transmisión y comunicación.

Desde el año 2000 el SIG dispone de su propia web: <http://sig.caceres.es>, desde donde se puede acceder a gran parte de la información gestionada. A lo largo de estos últimos 15 años la página ha ido evolucionando, aumentando sus contenidos, mejorando las aplicaciones de consulta automática de planos y ofreciendo más servicios a los ciudadanos.



Figura 7. Página web del SIG (<http://sig.caceres.es>)

Desde el año pasado disponemos de una segunda web, <http://cacereshistorica.caceres.es>, en la que se recopila una parte de la historia de la ciudad y se muestra en forma de planos, mapas, historias, leyendas, fotografías... Aquí ha tenido cabida la evolución histórica de la ciudad a nivel de cartografía, los trabajos llevados a cabo en el Archivo Históricas Municipal, o con la UEx, etc.

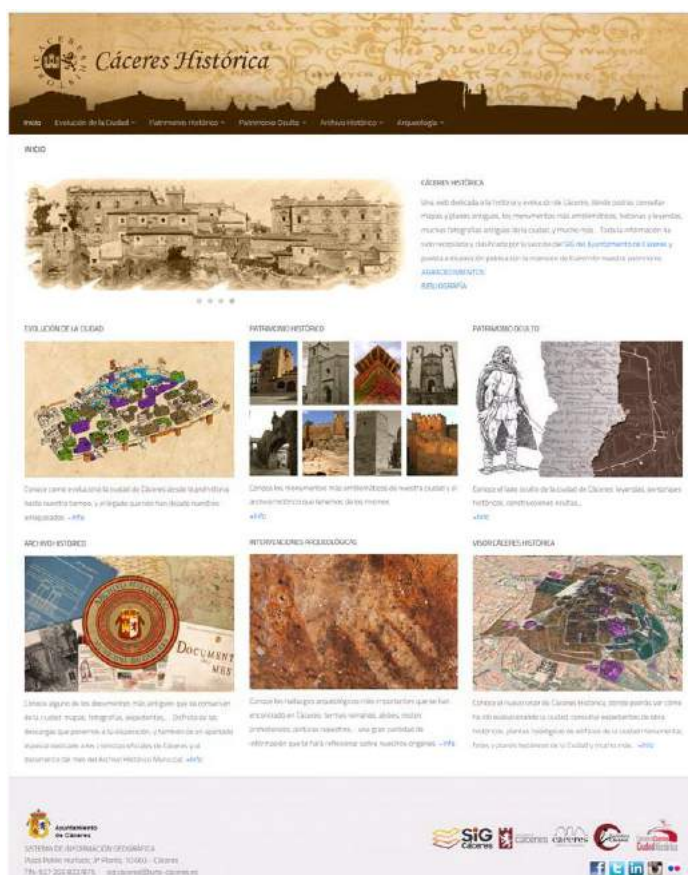


Figura 8. Página web de Cáceres Histórica (<http://cacereshistorica.caceres.es>)

Y para adaptarse a las nuevas tendencias, el pasado 2014 también se pusieron en servicio varias aplicaciones para plataformas móviles, tanto para Android como para IOs, que permiten llevar una parte del SIG en el móvil o en la tabla.



Figura 9. Distintas aplicaciones APP del SIG de Cáceres

También el SIG está presente en las principales redes sociales del momento, principalmente en Facebook y Twitter.

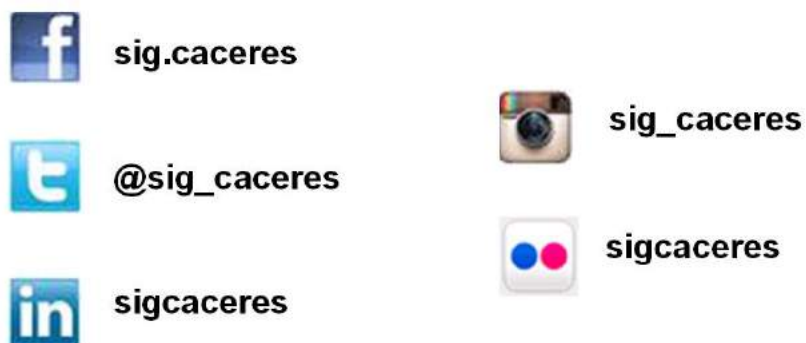


Figura 10. Redes Sociales en las que está presente el SIG de Cáceres

En los últimos meses se ha puesto en marcha una nueva manera de mostrar los contenidos del SIG, un portal IDE desde el que comenzamos a publicar datos en WMS, para los que además se han implementado varios visores, y que a lo largo de los próximos meses se irá completando con más capas de información.



Figura 11. vista del visor 3D disponible en <http://ide.caceres.es/applet/>

Finalmente, y no menos importante, la forma tradicional de compartir los datos, en soporte papel, aunque en muchos casos el formato PDF se haya convertido en “papel digital”. Desde el SIG de Cáceres se han publicado ya 4 ediciones del callejero en papel de la ciudad, y próximamente dispondremos de una nueva edición actualizada. También se han publicado rutas y folletos turísticos.



Figura 12. Algunas publicaciones del SIG de Cáceres: callejero, rutas, folletos turísticos, etc

EL FUTURO

Un SIG es un sistema vivo, en continuo cambio y en constante evolución. Para que sea útil debe ser fiable, y para ello necesita estar continuamente actualizado. En este sentido el personal dedicado al mantenimiento del sistema es fundamental. Probablemente esta sea el punto en el que más escaso se encuentra el SIG de Cáceres. Actualmente la falta de personal fijo se está supliendo con personal en prácticas y con la contratación externa de algunos trabajos puntuales.

Para los próximos meses se plantean varias líneas de actuación, algunas de ellas pendientes de obtener financiación, como por ejemplo la actualización de inventario fotográfico de calles, portales, lugares y edificios de interés, etc, que supone volver a hacer más de 25.000 fotografías.

Igualmente el portal OpenData necesita de nuevos datos para seguir creciendo, y que todos los datos publicados estén al día.

Con empresas concesionarias hay dos proyectos en marcha. El primero con la concesionaria del servicio de recogida de basuras, CONYSER, que está georreferenciando todos los contenedores, y que se añadirá como una capa más del SIG en cuanto esté disponible. El segundo con la concesionaria de la red semafórica, SICE, que igualmente está digitalizando los cruces regulados con semáforos con la intención de integrar los resultados en el SIG municipal.

En cuanto a mejoras de accesibilidad, a lo largo de los próximos meses se va a aumentar el catálogo de servicios WMS, potenciando la IDE como portal de comunicación con el exterior.

CONCLUSIONES

El SIG de Cáceres es una potente herramienta puesta en marcha por el Ayuntamiento hace ahora 20 años, que con el paso del tiempo se ha convertido en una fuente de información básica para el trabajo diario de muchos técnicos y en un referente para consultas de muchos ciudadanos.

Es un sistema vivo, en continuo cambio y renovación, que pretende estar siempre a la vanguardia de la región en el uso de las nuevas tecnologías para acercar la administración municipal a todos los ciudadanos.

ANÁLISIS MEDIANTE SIG DE LA SECA DE QUERCÍNEAS EN EXTREMADURA: GENERACIÓN DE UN MODELO ESPACIAL DE SUSCEPTIBILIDAD MEDIANTE MINERÍA DE DATOS

Arévalo Romero, J. E. y Lavado Contador, J. F.¹

¹Grupo de Investigación Geo-Ambiental (GIGA). Área de Geografía Física, Departamento de A. y Ciencias del Territorio. Universidad de Extremadura. Avda. Universidad s/n. 10071 Cáceres, Spain. Email: frlavado@unex.es, <http://www.grupogiga.es>

RESUMEN

La seca o “decaimiento forestal”, es un fenómeno relacionado con una serie de procesos de naturaleza medioambiental que puede provocar, en muchas ocasiones, la muerte de las masas forestales. De hecho, su carácter multifactorial y su difícil análisis y tratamiento está constituyendo uno de los mayores problemas forestales en diferentes lugares, tanto a nivel nacional como internacional. El objetivo de este estudio es realizar un análisis de los focos de seca de quercíneas en Extremadura, considerando diferentes variables que puedan estar relacionadas con la presencia de los mismos y, mediante técnicas de minería de datos, generar un modelo que permita predecir las áreas propensas a ser afectadas por este síndrome. Se han empleado técnicas basadas en SIG para el análisis e interpretación de los datos, tanto ráster como vectoriales, procedentes de diversas fuentes, a ser posible, de carácter público.

Palabras Clave: seca, data mining, random forest, Extremadura, SIG

ABSTRACT

Sudden death and forest decline are connected phenomena related to a variety of environmental factors frequently leading to forest death in Mediterranean environments. In fact, due to its multifactorial nature and difficulty of analysis and treatment, those processes constitute some of the largest forestry problems in different places, both nationally and internationally. The aim of this study is to analyze places of oak death in Extremadura, considering different variables that might be related and, by using data mining techniques, to build a model aimed at predicting areas that are likely to be affected by this syndrome. GIS-based techniques have been used to analyze and interpret data. Raster and vector information have been used from public resources when available.

Key Words: oak forest decline, sudden death, data mining, random forest, Extremadura, GIS

1. INTRODUCCIÓN

La seca, también conocida como “decaimiento forestal”, engloba a toda una serie de procesos de carácter medioambiental que pueden provocar, en muchos casos, la muerte del arbolado. Inicialmente, se relacionó con algunas frondosas (encinas, alcornoques y robles, en general) pero progresivamente va afectando a otras especies (pinares, abetales, etc.). Existen numerosas causas relacionadas con este decaimiento y por este motivo ha sido un proceso difícil de caracterizar, ya que es complicado determinar cómo contribuye cada una de estas causas al debilitamiento de las masas forestales afectadas (Carrasco et al., 2009).

Tanto en España como en Portugal, son *Quercus suber* y *Q. rotundifolia*, las especies que sufren una mayor afección por este fenómeno (Trapero et al., 2006).

Independientemente de los factores causantes de este fenómeno, la realidad es que está provocando grandes pérdidas económicas en diversas partes del mundo (Brasier, 1996; Guo et al., 2005). Desde hace dos décadas, la seca es el problema más importante de las especies arbóreas de las dehesas y la preocupación va creciendo debido al aumento y la proliferación de focos. Como ejemplo, en Extremadura se registraron unos 430 focos entre los años 2003 y 2004 (Pulido y Picardo, 2010) y en la actualidad se encuentran en torno a los 900.

Entre las diferentes especies de hongos que pueden causar seca, *Phytophthora cinnamomi*, parece ser la principal causante del declive de las encinas en Extremadura (Gallego et al., 1999).

El análisis espacial mediante el uso de Sistemas de Información Geográfica (SIG), está siendo una de las herramientas más útiles para el estudio de los factores asociados a los procesos de seca. (Hidalgo et al., 2008; Costa et al., 2010; Václavik et al., 2010).

El objetivo de este estudio es indagar en las posibles variables, susceptibles de ser analizadas espacialmente, que puedan estar relacionadas con la disposición espacial de los focos y, mediante técnicas de minería de datos, profundizar en las posibles interacciones entre las mismas con el fin de generar un modelo que permita predecir las áreas propensas a ser afectadas por la seca.

2. MATERIAL Y MÉTODOS

A continuación vamos a explicar las fuentes de las que se obtuvieron la cartografía y los datos, las variables seleccionadas y el software empleado para su análisis.

2.1. Fuentes cartográficas y de datos

En primer lugar, se obtuvo la ubicación de los focos afectados por seca en Extremadura. Para ello, se usó la información disponible en el Geoportal del Observatorio de Dehesas y Montados¹. Hay que destacar que la información disponible en el Geoportal sólo hace referencia a la localización de los focos y no a las causas o factores que los han originado.

La cartografía climática se extrajo del Atlas climático digital de la Península Ibérica (Ninyerola et al., 2005). El modelo digital de elevaciones (MDE) se generó a partir de las descargas disponibles en ASTER GDEM². La información referente a la cubierta vegetal (arbórea, de matorral) se obtuvo del servicio de Cartografía y SIG del Ministerio de Agricultura, Alimentación y Medio Ambiente³. Los valores del Índice Normalizado de Vegetación (NDVI) corresponden a las medias mensuales entre 2000 y 2005 elaborados para el proyecto RITECA y cedidos por el Grupo de Investigación Geoambiental (GIGA) de la Universidad de Extremadura. Las características edafológicas (tipos de roca, materia orgánica, PH y drenaje) proceden de los mapas provinciales de suelos elaborados por el Consejo Superior de Investigaciones Científicas (CSIC) y también fueron cedidos por el GIGA. Las variables bioclimáticas se descargaron de la base de datos pública de WorldClim⁴. Los datos referentes a la carga ganadera fueron obtenidos de las estadísticas del censo agrario 2009 del Instituto Nacional de Estadística⁵ (INE).

¹<http://geoportal.observatoriodehesamontado.gobex.es/index.php>

²<http://gdem.ersdac.jspacesystems.or.jp/search.jsp>

³<http://www.magrama.gob.es/es/cartografia-y-sig/>

⁴<http://www.worldclim.org/download>

⁵<http://www.ine.es/jaxi/menu.do?type=pcaxis&path=/t01/p042/E01&file=inebase&L=0>

2.2. Tipos de variables

Las variables seleccionadas fueron de diferente naturaleza y se seleccionaron en función de su disponibilidad y teniendo en cuenta los factores que se pueden vincular o relacionar con los procesos de seca. Considerando estos factores, se atendió a cuatro tipos de variables principales:

- Variables relacionadas con las características climáticas y bioclimáticas.
- Variables relacionadas con los factores topográficos y el relieve.
- Variables relacionadas con los usos y cubiertas del suelo.
- Variables edafológicas.

Una de las prioridades, en la selección de las variables para el estudio, fue que éstas estuvieran disponibles en servidores gratuitos, si bien dos de ellas fueron cedidas por el GIGA, tal y como se ha citado en el anterior apartado.

2.2.1. Variables relacionadas con las características climáticas y bioclimáticas

Las variables climáticas puras se extrajeron de una serie de mapas digitales de temperatura media del aire (mínima, media y máxima), precipitación y radiación solar disponibles para todo el territorio peninsular en el Atlas climático digital de la Península Ibérica. La información se facilita en formato ráster con una resolución de 200 m. Cada una de estas cinco variables estuvo formada por 13 mapas (12 mensuales y uno anual) (Ninyerola et al., 2005).

Las variables bioclimáticas están disponibles en la base de datos pública del proyecto WorldClim. Se derivan de los valores mensuales de temperatura y precipitación y tienen como fin generar variables con mayor significado biológico. Algunas de ellas representan tendencias anuales (temperatura media anual, precipitación anual), variabilidad (rango anual de temperatura y precipitación) y valores extremos o la condición limitante de los factores ambientales (por ejemplo, la temperatura del mes más frío y el más cálido y la precipitación del cuarto más húmedo o más seco). Los cuartos de año, son períodos de tres meses. Los datos empleados corresponden a valores actuales generados por interpolación de los datos observados, representativos del año 1950 al 2000. Se utilizaron las 19 variables bioclimáticas disponibles en el proyecto WorldClim.

2.2.2. Variables relacionadas con los factores topográficos y el relieve

Este grupo de variables fue elaborado a partir del Modelo Digital de Elevaciones (MDE) generado a través de las imágenes registradas por el sensor ASTER a bordo de la sonda Terra. Se encuentran en formato ráster con una resolución de 30 m de tamaño de píxel. Gracias a este MDE pudimos obtener otras variables útiles para el estudio como fueron la pendiente, la orientación y los diferentes tipos de curvaturas. También fue útil para generar el Índice de Posición Topográfica (TPI) en un radio de 100 m para toda Extremadura. En la Figura 1 se puede ver un mapa resultante del MDE en el que se representan el valor de las elevaciones y la pendiente derivados de este modelo.

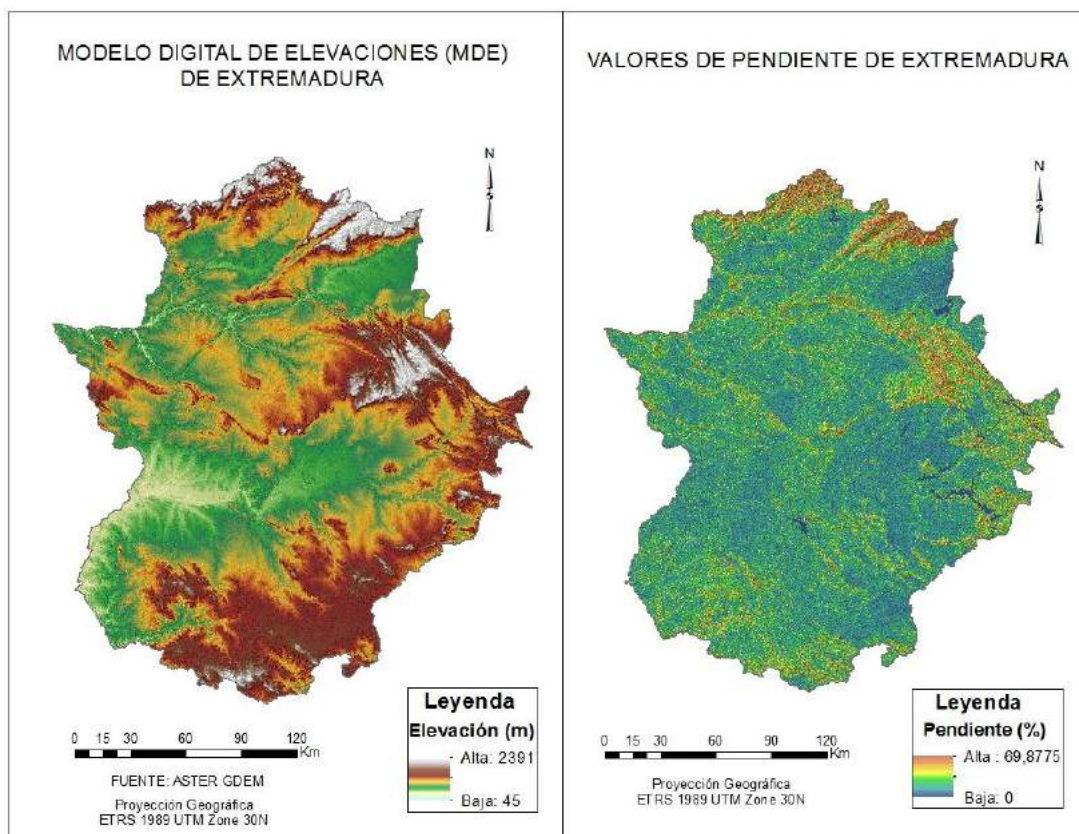


Figura 1. Mapas representativos del Modelo Digital de Elevaciones y valores de pendiente de Extremadura.

El Índice Topográfico de Humedad

El Índice de Humedad Topográfica (TWI) (Grabs et al., 2009), es uno de los más usados para inferir información de la distribución espacial de las condiciones de humedad (Jennes et al., 2013), entre ellas la humedad del suelo y para su generación se empleó SAGA GIS⁶.

Distancia de los focos al cauce más cercano

Esta variable, tal y como su nombre indica, hace referencia a la distancia mínima a la que se encuentra cada foco del cauce más próximo. Para su cálculo se empleó la información procedente de la Base Cartográfica Nacional a escala 1:200.000 (BCN 200) disponible en el Centro Nacional de Información Geográfica⁷ (CNIG) y ArcGIS.

2.2.3. Variables relacionadas con los usos y cubiertas del suelo

Las variables relacionadas con la cobertura fueron obtenidas del Mapa Forestal de España 1:50.000 y 1:200.000, ambos en formato vectorial (.shp). A continuación, se explica cada una de estas variables.

Fracción de cabida cubierta total

Representa valores entre 0 y 100% del total de la vegetación arbórea y de matorral. Informa sobre la proyección sobre el suelo de los principales pisos de vegetación. En ocasiones, se encuentran incluidas fracciones de cabida cubierta de pastizales o cultivos. En la Figura 2 está representada esta variable en la provincia de Badajoz.

⁶SAGA GIS (Version 2.1.0). [Software]. (2013). SAGA. Obtenido de: <http://sourceforge.net/projects/saga-gis/files/SAGA%20-%202.1/SAGA%202.1.0/>.

⁷<http://centrodedescargas.cnig.es/CentroDescargas/inicio.do>

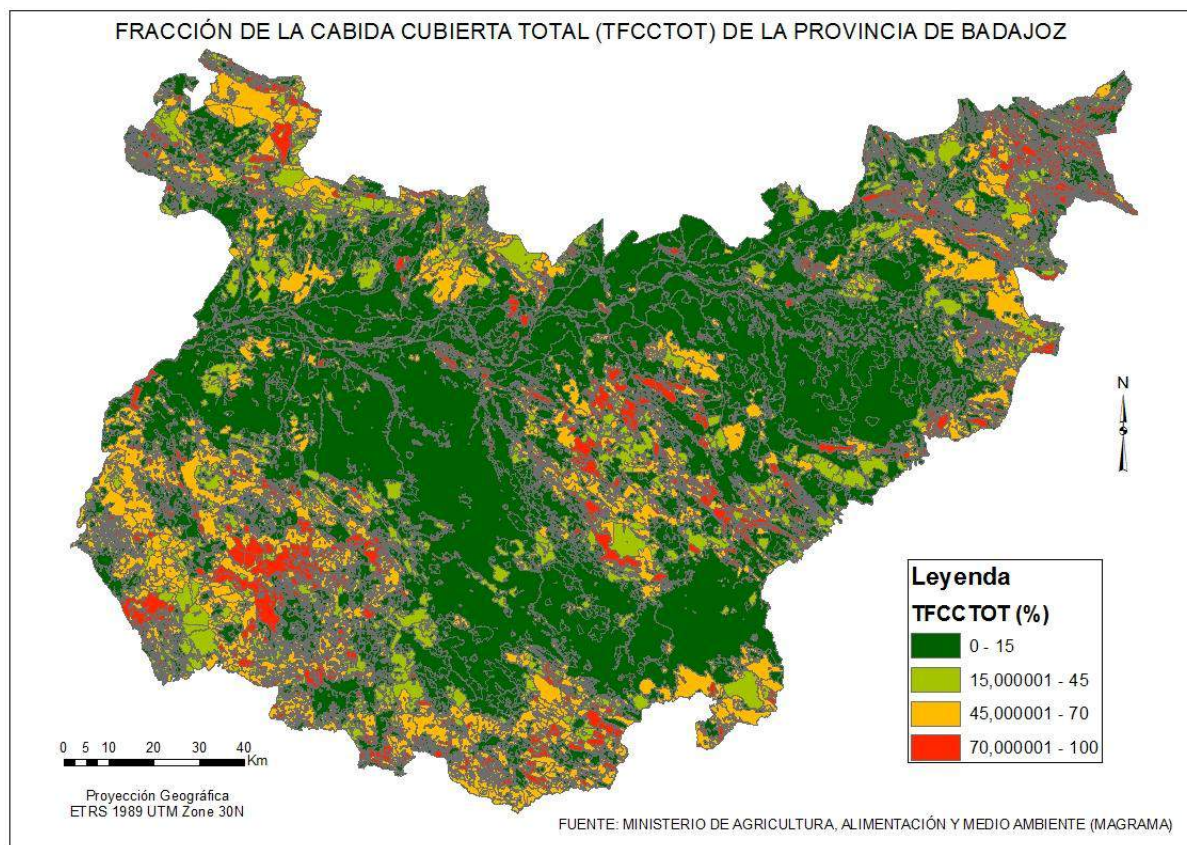


Figura 2. Mapa que representa la fracción de cabida cubierta total (TFCCTOT) de Badajoz.

Fracción de cabida cubierta arbórea

Representa valores entre 0 y 100% del conjunto de las especies del estrato arbóreo como porcentaje de suelo cubierto por la proyección de todas las copas. No se encuentra influenciado por el hecho de que el estrato arbóreo esté formado por una sola especie o por varias, o por encontrarse en distinto estado de masa las distintas especies.

Sobrecarga

Indica el tipo de estructura actual de la vegetación reflejado por un sistema de sobrecargas que puede indicar:

- Las estructuras cormóticas leñosas o herbáceas de las especies o grupos de especies dominantes y las tallas de los estratos o grupos dominantes más elevados.
- Tipos especiales de distribución de especies arbóreas.
- Tipos especiales de sustrato sustentando una cubierta de tasa inferior al 15% de la superficie de la tesela. Existe la posibilidad de que la tesela no lleve sobrecarga (vegetación con talla superior a 7 metros, zonas agrícolas sin inclusiones de árboles, etc.).

Cubierta de la vegetación total

Indica la cubierta total de vegetación en porcentaje de la superficie de la tesela.

Cubierta de las especies arbóreas presentes

Indica la cubierta global de especies arbóreas presentes en la tesela.

El Índice de Diferencia Normalizada de Vegetación

Los valores de NDVI se usan para mostrar la densidad de la cubierta vegetal en imágenes satélite. Los valores de NDVI de cada pixel, se encuentran comprendidos entre -1 y +1 y los valores positivos corresponden a zonas de vegetación. Se tiende a considerar cubiertas vegetales densas aquellas cuyo índice devuelve valores de pixel entre 0,5 y 0,7. Los valores negativos, corresponden a nubes, nieve, agua, zonas desnudas y rocas. En nuestro caso, utilizamos los valores promedio de los meses transcurridos entre los años 2000 y 2005, al igual que su media anual, por lo tanto tuvimos 12 variables correspondientes a los 12 meses del año y otra que hizo referencia a la media de los cinco años. Estos datos fueron cedidos por el grupo GIGA de la Universidad de Extremadura.

Unidades ganaderas

Se ha considerado en el análisis como variable referida al uso del suelo, en este caso, para actividades pecuarias. Las unidades ganaderas son una forma de expresar los datos procedentes de los distintos tipos de ganadería y se obtienen al aplicar un coeficiente a cada especie y tipo de ganado (Instituto Nacional de Estadística, 2009). Con estos resultados se pueden comparar explotaciones de diferente naturaleza como pueden ser las de bovino y porcino. La información para este trabajo se obtuvo de la transformación de los datos obtenidos del Censo Agrario del año 2009 del Instituto Nacional de Estadística (INE) a escala municipal.

2.2.4. Variables edafológicas

Entre estas variables se encuentran las relacionadas con algunas características del suelo. Al igual otras anteriores, fueron cedidas por el GIGA de la Universidad de Extremadura y proceden de los mapas provinciales de suelos elaborados por el CSIC a escala 1:250.000.

Las variables edafológicas seleccionadas fueron: el tipo de roca predominante en el suelo (MORFOL_LIT), la cantidad de materia orgánica (MO), el pH y el drenaje (capacidad del suelo para retener agua).

2.3. Software y análisis de los datos

Como primer paso para el análisis de los datos, fue necesario generar una matriz de datos en la que figurasen todas las variables descritas asociadas a los focos de seca objeto de nuestro estudio. En primer lugar, a través de la información disponible en el Geoportal del Observatorio de Dehesas y Montados, y tras un proceso de digitalización, se obtuvo una capa de puntos con todos los focos de seca catalogados en Extremadura. Después de cargar esta capa en ArcGIS, se reproyectaron el resto de capas (en caso de que fuese necesario) en las que se encontraban las variables que hemos explicado anteriormente. Para relacionar toda la información con la capa de puntos de focos de seca, se utilizaron básicamente dos herramientas en ArcGIS:

1. “Extract Multi Values To Point”. Si las variables se encontraban en formato ráster.
2. “Spatial Join”. Si las variables eran de tipo vectorial.

Este programa también fue útil para generar algunas variables asociadas al Modelo Digital de Elevación (MDE). Gracias a las herramientas “Slope”, “Aspect” y “Curvature” pudimos conseguir la pendiente, la orientación y las curvaturas: general, plana y vertical. Por otro lado se utilizó el software “Land Facet Analysis” y la herramienta “Topographic Position Index” (Jennes et al., 2013) para calcular el Índice de Posición Topográfica (TPI).

Para unir los datos extraídos del INE referentes a la carga ganadera de cada municipio a la capa de puntos donde se encuentran los focos, lo hicimos a través de un campo común entre ambas, y usando la herramienta “Join” de ArcGIS.

Para calcular la distancia de los focos al cauce más cercano, se cargó la capa de ríos procedente de la BCN 200 y se empleó la herramienta “Near”.

Por último, se utilizó una de las herramientas de “Terrain Analysis” de SAGA GIS denominada “Topographic Wetness Index (TWI) para el cálculo del Índice Topográfico de Humedad.

2.3.1. Cobertura de puntos aleatorios utilizados como puntos de control

Para indagar en las relaciones entre las variables consideradas y la presencia de focos de seca, así como para elaborar el modelo mediante técnicas de minería de datos fue necesario generar una capa de puntos distribuidos aleatoriamente. De esta manera, conseguimos obtener otra capa similar a la anterior pero con puntos no afectados por seca, que utilizamos a modo de control, para poder compararla con la anterior y poder generar nuestro modelo. En la Figura 3 se representan sobre un mapa de Extremadura, los focos de seca y los puntos utilizados como control.

Para ello, se utilizó como referencia el Mapa Forestal de España 1:50.000. Se observó qué formaciones forestales fueron las que tuvieron más focos de seca. Un 65% de ellos se encontraron en dehesas, un 13% en encinares y un 20% en una categoría denominada “sin formación arbolada”. Se seleccionaron todas ellas y se creó una cobertura de polígonos sobre la que se aplicó la herramienta “Create Random Points” de ArcGIS. Con esta herramienta generamos una cobertura de 896 puntos (igual al número de focos) distribuidos de forma aleatoria por toda Extremadura. Al igual que en el caso de los puntos correspondientes a focos de seca, los puntos de control fueron relacionados con los valores de cada una de las variables consideradas en el estudio, con lo que obtuvimos otra matriz de datos similar a la de focos pero con puntos no afectados por la enfermedad.

Ambas bases de datos, focos de seca y puntos de control, fueron fusionadas en una única base de datos. Esta fue la matriz definitiva que se importó al software de análisis estadístico STATISTICA⁸ y a EXCEL⁹, programas que nos facilitaron tanto el tratamiento estadístico como la creación de sus correspondientes tablas y figuras.

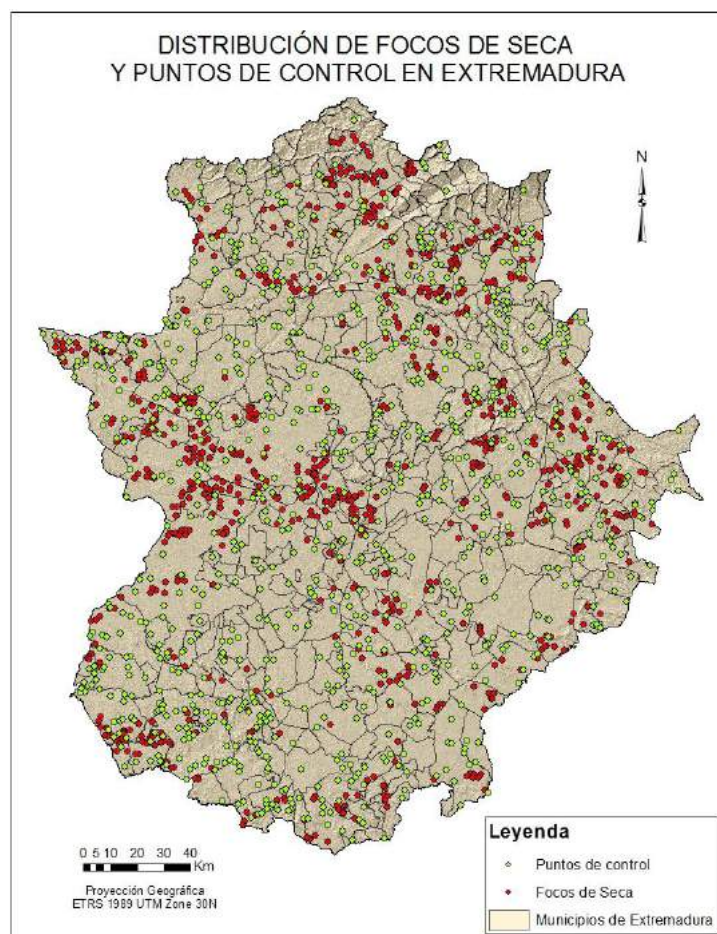


Figura 3. Mapa representativo de los focos de seca y los puntos control en Extremadura.

2.3.2. Búsqueda de diferencias entre áreas con presencia de seca y los puntos de control

⁸STATISTICA (Version 10). [Software]. (2010). STATSOFT. Obtenido de: <http://www.statsoft.com/Products/STATISTICA-Features/Version-10>.

⁹EXCEL (Version XLL SDK). [Software]. (2007). MICROSOFT. Obtenido de: <https://www.microsoft.com/en-us/download/details.aspx?id=20168>.

Como primer paso, antes de proceder a la construcción de un modelo basado en minería de datos, nos propusimos indagar en la búsqueda de diferencias entre las áreas en las que se localizan los focos de seca y otras en las que (aún) no se observa el síndrome (puntos de control). Una manera de acometer esta tarea es analizar si las diferentes variables, consideradas de forma individual, presentan valores estadísticamente diferentes entre las áreas con presencia de seca y los puntos de control.

Las variables cuantitativas fueron sometidas a un test para comprobar si su distribución se ajustaba a una distribución Normal. El test seleccionado fue el de Kolmogorov-Smirnov con un significancia de $p < 0,05$. En función de este resultado se emplearon dos tipos de test:

1. Test U-Mann Whitney, en el caso de no normalidad de los datos.
2. Test T-student, si los datos se ajustaban a la Normal.

En ambos tipos de test se consideraron valores significativos, aquellos con $p < 0,05$.

El test al que se sometieron las variables cualitativas fue la prueba Chi-cuadrado. Esta prueba nos permite contrastar si las frecuencias observadas en cada una de las clases de una variable categórica varían de forma significativa de las frecuencias que se esperaría encontrar si la muestra hubiese sido extraída de una población con una determinada distribución de frecuencias. Esta prueba también es útil para identificar relaciones de dependencia entre variables cualitativas. Se consideraron valores significativos de la prueba aquellos con $p < 0,05$.

2.3.3. Minería de Datos y algoritmo “Random Forest”

La Minería de Datos (del inglés *Data Mining*) trata, a grandes rasgos, de buscar patrones en los datos a partir de conjuntos de datos grandes y complejos. La Minería de Datos implica la aplicación de algoritmos con los que explorar los datos, desarrollar modelos y descubrir patrones que se desconocían con anterioridad. A su vez, el modelo se emplea para la comprensión de los datos, su análisis y su predicción (Maimon y Rokach, 2010).

En nuestro caso, seleccionamos el algoritmo denominado “Random Forest” (Breiman, 2001) que consiste en un conjunto de árboles sencillos de predicción en el que cada uno es capaz de dar una respuesta a un grupo de valores de predicción. Debido a problemas de clasificación, la respuesta es catalogada como una clase que asocia o clasifica un conjunto de valores de los predictores con una de las categorías presentes en la variable independiente. Del conjunto de árboles generado, se selecciona el resultado más votado. El uso de conjuntos de árboles puede lograr una mejora significativa en la precisión de la predicción, es decir, que puede mejorar la capacidad de predecir nuevos casos de datos.

La respuesta de cada árbol depende de un conjunto de valores de predicción elegidos de forma independiente (con reemplazo) y con la misma distribución para todos los árboles en el “bosque”, que es un subconjunto de los valores de predicción del conjunto de datos original. El tamaño óptimo del subconjunto de variables de predicción viene dada por $\log_2 (M + 1)$, donde M es el número de entradas. Por problemas de clasificación, dado un conjunto de árboles simples y un conjunto de variables de predicción al azar, el método Random Forest define una función de margen que mide el grado en que el número medio de votos para la clase correcta excede el voto medio de cualquier otra clase presente en la variable dependiente. Esta medida no sólo proporciona una manera conveniente de hacer predicciones, sino también una forma de asociar una medida de confianza con esas predicciones.

Teniendo en cuenta lo expuesto anteriormente, el error cuadrático medio de este algoritmo viene dado por la siguiente expresión:

$$\text{Error cuadrático medio} = (\text{observado} - \text{respuesta Random Forest})^2$$

Las predicciones del Random Forest se toman para ser la media de las predicciones de los árboles (ecuación 1):

$$\text{Random Forest Predictions} = \frac{1}{K} \sum_{k=1}^K K^{\text{th}} \text{ tree response}$$

donde el índice k se ejecuta sobre los árboles individuales en el bosque.

Ecuación 1

Otra ventaja de este método es que generalmente puede incorporar datos que faltan en las variables predictoras. Cuando se encuentran los datos que faltan para un caso particular durante la construcción

del modelo, la predicción que se hace para ese caso se basa en el último nodo (no terminal) en el árbol correspondiente.

Este tipo de algoritmos se utiliza, entre otras aplicaciones, para evaluar la capacidad de predicción de respuesta de un rango de variables y es capaz de medir la importancia de cada una de ellas dentro de su conjunto (Boulesteix et al., 2012). El resultado de este algoritmo, es un modelo estadístico de predicción para nuevos casos a partir del conjunto de árboles (de ahí el término *forest*) que se ha generado y para el que se da una estimación del error de predicción. Por otro lado, también elabora un ranking de importancia de las variables, de tal modo que nos informa sobre el papel que cada una de ellas juega en la predicción de la respuesta del modelo (Urrea, 2009).

2.3.4. Validación del modelo

En la fase de entrenamiento del modelo, la base de datos utilizada fue separada en un conjunto de datos de entrenamiento (75% del total) y otro de comprobación o grupo test (25% restante).

A la hora de medir el rendimiento del modelo se utilizó la curva ROC (*Receiver Operating Characteristic*) y el Área bajo la Curva (AUC) del conjunto de datos de comprobación. La curva ROC es una representación utilizada para evaluar el rendimiento de un modelo y que muestra el grado de ajuste de un conjunto de datos binarios (0, 1 en nuestro caso). El AUC, que tiene un valor que varía entre 0 y 1, representa la probabilidad de las predicciones correctas en el modelo. Un valor bajo la curva igual 0 significa que todos los casos se han clasificado de forma errónea mientras que un valor igual a 1 indicaría lo contrario, es decir, que todos los casos serían clasificados de forma correcta (Hidalgo, 2014). Para la aplicación del Random Forest y la creación de la curva ROC y el AUC se empleó el software de análisis estadístico STATISTICA.

3. RESULTADOS

3.1. Diferencias observadas entre áreas con focos de seca y zonas control

A continuación se exponen los resultados más relevantes obtenidos de los test estadísticos empleados para comprobar las diferencias entre los focos de seca y los puntos aleatorios empleados a modo de control respecto de los valores de las variables consideradas en el estudio. Con el fin de que sea más visual, se exponen las diferencias haciendo distinción entre el tipo de variables utilizadas en el estudio. Únicamente se exponen los casos en los que se observaron diferencias.

Variables climáticas

En relación a las variables climáticas, fue la precipitación para la que se observaron las mayores diferencias. De hecho, se pudieron apreciar diferencias en todos los meses del año e incluso en los valores de precipitación anual, tal y como se puede observar en la Tabla 1.

Tabla 1. Test U-Mann Whitney para la búsqueda de diferencias entre los valores de precipitación de los focos de seca y los puntos de control (las diferencias son significativas para una $p < 0,05$)

Variabes	Seca	Control	U	Z	p-value	Z - adjusted	p-value
plu_ene	878320,5	728207,5	326351,5	6,852	0	6,852	0
plu_feb	871111	735417	333561	6,194	0	6,194	0
plu_mar	871944	734584	332728	6,270	0	6,270	0
plu_abr	861770	744758	342902	5,341	0	5,341	0
plu_may	870847	735681	333825	6,170	0	6,170	0
plu_jun	841753,5	764774,5	362918,5	3,514	0	3,514	0
plu_jul	841771	764757	362901	3,515	0	3,516	0
plu_ago	851794,5	754733,5	352877	4,431	0	4,431	0
plu_sep	869065	737463	335607	6,007	0	6,008	0
plu_oct	885149	721379	319523	7,476	0	7,476	0
plu_nov	895313	711215	309359	8,404	0	8,404	0
plu_dic	884533	721995	320139	7,420	0	7,420	0
plu_anu	873924,5	732603,5	330747,5	6,451	0	6,451	0

Por otro lado, se detectaron diferencias significativas en la temperatura media del mes de mayo (Tabla 2); en la temperatura máxima de enero, noviembre y diciembre; y en los valores de temperatura mínima anual (Tabla 3). También se observaron diferencias significativas en las temperaturas mínimas de los meses de abril, mayo y junio, tal y como se puede apreciar en la Tabla 4.

Tabla 2. T-test para la comparación de medias de T^a medias entre grupos (las diferencias son significativas para una p<0,05)

Variables	Seca (°C)	Control (°C)	t-value	df	p
T^a media mayo	17,208	17,143	2,150	1790	0,031

Tabla 3. Test U-Mann Whitney para la búsqueda de diferencias entre los valores de temperatura máxima y mínima anual entre los focos de seca y los puntos de control (las diferencias son significativas para una p<0,05)

Variables	Seca	Control	U	Z	p-value	Z - adjusted	p-value
T^a max_ene	775512	831016	373656	-2,533	0,011	-2,536	0,011
T^a max_nov	778551,5	827976,5	376695,5	-2,256	0,024	-2,258	0,023
T^a max_dic	780045,5	826482,5	378189,5	-2,119	0,034	-2,121	0,033
T^a min_anu	829895,5	776632,5	374776,5	2,431	0,015	2,435	0,014

Tabla 4. T-test para la comparación de medias de T^a mínimas entre grupos (las diferencias son significativas para una p<0,05)

Variables	Seca (°C)	Control (°C)	t-value	df	p
T^a min_abr	7,457	7,397	2,019	1790	0,043
T^a min_may	10,593	10,511	2,817	1790	0,004
T^a min_jun	14,638	14,568	2,288	1790	0,022

Variables relacionadas con los factores topográficos y el relieve

Entre este tipo de variables sólo se observaron diferencias significativas en la elevación, la pendiente y el Índice de Posición Topográfica (TPI). Los resultados obtenidos aparecen reflejados en la Tabla 5.

Tabla 5. Test U-Mann Whitney para la búsqueda de diferencias entre los valores de elevación, pendiente y TPI entre los focos de seca y los puntos de control (las diferencias son significativas para una p<0,05)

Variables	Seca	Control	U	Z	p-value	Z - adjusted	p-value
Elevación	771211,5	835316,5	369355,5	-2,926	0,003	-2,926	0,003
Pendiente	746487,5	860040,5	344631,5	-5,183	0	-5,183	0
TPI	731370	875158	329514	-6,564	0	-6,564	0

Variables relacionadas con los usos y las cubiertas del suelo

La cabida cubierta total (TFCCTOT), cabida cubierta arbórea (TFCCARB) y KG, fueron las variables relacionadas con la cobertura vegetal que mostraron diferencias entre los focos de seca y los puntos distribuidos aleatoriamente por Extremadura y utilizados como control. En la Tabla 6 se muestran los resultados del test.

Tabla 6. Test U-Mann Whitney para la búsqueda de diferencias entre los valores de cabida cubierta total (TFCCTOT), cabida cubierta arbórea (TFCCARB) y KG entre los focos de seca y los puntos de control (las diferencias son significativas para una $p < 0,05$)

Variables	Seca	Control	U	Z	p-value	Z-adjusted	p-value
TFCCTOT	838736	767792	365936	3,238	0,001	3,267	0,001
TFCCARB	870996,5	735531,5	333675,5	6,184	0	6,244	0
KG	863974,5	742553,5	340697,5	5,543	0	5,662	0

El Índice de Diferencia Normalizada de Vegetación (NDVI)

En este índice, al igual que vimos con la precipitación, se observaron numerosas diferencias significativas. Los resultados del test estadístico empleado reflejan diferencias para los meses de mayo, junio, julio, agosto, septiembre, octubre y noviembre. En la Tabla 7 se muestran estos resultados.

Tabla 7. Test U-Mann Whitney para la búsqueda de diferencias entre los valores de NDVI entre los focos de seca y los puntos de control (las diferencias son significativas para una $p < 0,05$)

Variables	Seca	Control	U	Z	p-value	Z-adjusted	p-value
ndvi_mayo	845938	760590	358734	3,896	0	3,901	0
ndvi_junio	850303,5	756224,5	354368,5	4,294	0	4,303	0
ndvi_julio	849613,5	756914,5	355058,5	4,231	0	4,241	0
ndvi_agost	851990,5	754537,5	352681,5	4,448	0	4,459	0
ndvi_septi	850189,5	756338,5	354482,5	4,284	0	4,293	0
ndvi_octub	854081	752447	350591	4,639	0	4,650	0
ndvi_novie	830250	776270	374414	2,464	0	2,467	0

Distancia de los focos al cauce más cercano

La distancia a la que se encontraron los focos de seca del cauce más cercano fue significativamente diferente a la que se encontraron los puntos distribuidos al azar por toda la Comunidad Autónoma. Los resultados estadísticos que así lo reflejan quedan representados en la Tabla 8.

Tabla 8. Test U-Mann Whitney para la búsqueda de diferencias entre la distancia a los ríos de los focos de seca y los puntos de control (las diferencias son significativas para una $p < 0,05$)

Variable	Seca	Control	U	Z	p-value	Z - adjusted	p-value
Distancia a ríos (m)	763565	842963	361709	-3,624	0	-3,624	0

VARIABLES BIOCLIMÁTICAS

A continuación enumeramos las variables bioclimáticas en las que se observaron diferencias significativas entre los focos de seca y los puntos de control:

BIO₂=Rango diurno medio de temperaturas (media mensual (T^a máxima – T^a mínima))

BIO₉=Temperatura media del cuarto más seco

BIO₁₃=Precipitación del mes más húmedo

BIO₁₅=Precipitación estacional (coeficiente de variación)

BIO₁₆=Precipitación del cuarto más húmedo

BIO₁₉=Precipitación del cuarto más frío

En la Tabla 9 quedan expuestos los valores obtenidos del test estadístico utilizado.

Tabla 9. Test U-Mann Whitney para la búsqueda de diferencias entre los valores de las variables bioclimáticas de los focos de seca y los puntos de control (las diferencias son significativas para una $p < 0,05$)

Variables	Seca	Control	U	Z	p-value	Z - adjusted	p-value
bio_2	777088	829440	375232	-2,389	0,016	-2,393	0,016
bio_9	826121	780407	378551	2,086	0,036	2,089	0,036
bio_13	747803,5	858724,5	345947,5	-5,063	0	-5,065	0
bio_15	737939	868589	336083	-5,964	0	-5,983	0
bio_16	751928	854600	350072	-4,687	0	-4,687	0
bio_19	752466	854062	350610	-4,638	0	-4,638	0

3.2. El algoritmo Random Forest

En este apartado, se han incluido los resultados obtenidos de la aplicación del algoritmo Random Forest a la base de datos del estudio.

En la Figura 4, se observa una ordenación de las 20 variables que más importancia mostraron en el modelo final obtenido para explicar la posible presencia/ausencia de focos de seca.

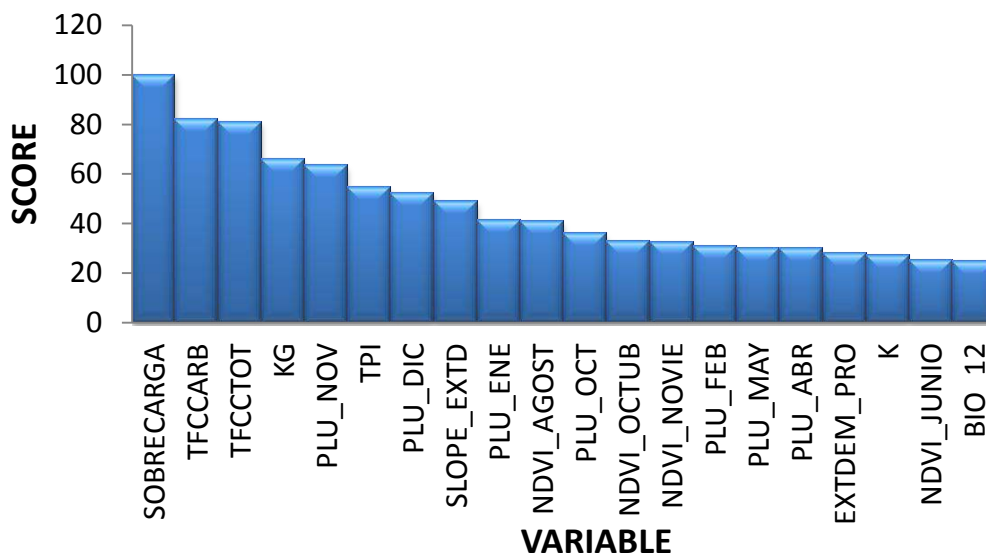


Figura 4. Importancia de las variables en el modelo final para explicar la presencia/ausencia de focos de seca en Extremadura

Por otro lado se evaluó la calidad predictiva del modelo, observando el porcentaje de acierto a la hora de predecir la presencia/ausencia de un foco infectado. En la Tabla 10, se puede apreciar como el modelo ha considerado correctamente 159 casos de focos con seca de los 215 escogidos al azar como conjunto de comprobación del modelo. 161 de los casos sin seca (punto de control) fueron identificados correctamente de un total de 217. Los valores anteriores corresponden al 73,95% y 74,19% de acierto en los casos de seca y sin seca, respectivamente. En promedio, el porcentaje de acierto de casos fue 74,07%.

Tabla 10. Porcentaje de acierto del modelo a la hora de predecir la presencia/ausencia de seca (1-Seca/0-Control)

Actual Class	Total Class	Percent Correct	0 (Control) N = 217	1 (Seca) N = 215
0 (Control)	217	74,19%	161	56
1 (Seca)	215	73,95%	56	159
Total	432			
Average		74,07%		
Overall % Correct		74,07%		
Specificity		74,19%		
Sensitivity/Recall		73,95%		
Precision		73,95%		
F1 statistic		73,95%		

Los valores del Área Bajo la Curva ROC (AUC) obtenidos con los datos de entrenamiento y, particularmente, con los de comprobación (0,80), indican un rendimiento del modelo suficiente en términos de capacidad de predicción (Tabla 11). Con los anteriores resultados, y dado que el modelo ha sido generado con un elevado número de casos y variables, así como una amplia representación espacial (toda Extremadura), ello nos permite ejercer la labor de extrapolar los resultados a otras áreas no consideradas para la modelización con ciertas garantías de fiabilidad.

Tabla 11. Valores del área bajo la curva

Nombre	Datos de entrenamiento	Datos de comprobación
AUC	0,775	0,808

El área seleccionada para extrapolar los resultados fue el Parque Nacional de Monfragüe. En la Figura 5, en una escala de colores, se representan qué áreas son más susceptibles a la seca. Los valores vienen expresados en porcentaje y expresan la susceptibilidad a la enfermedad.

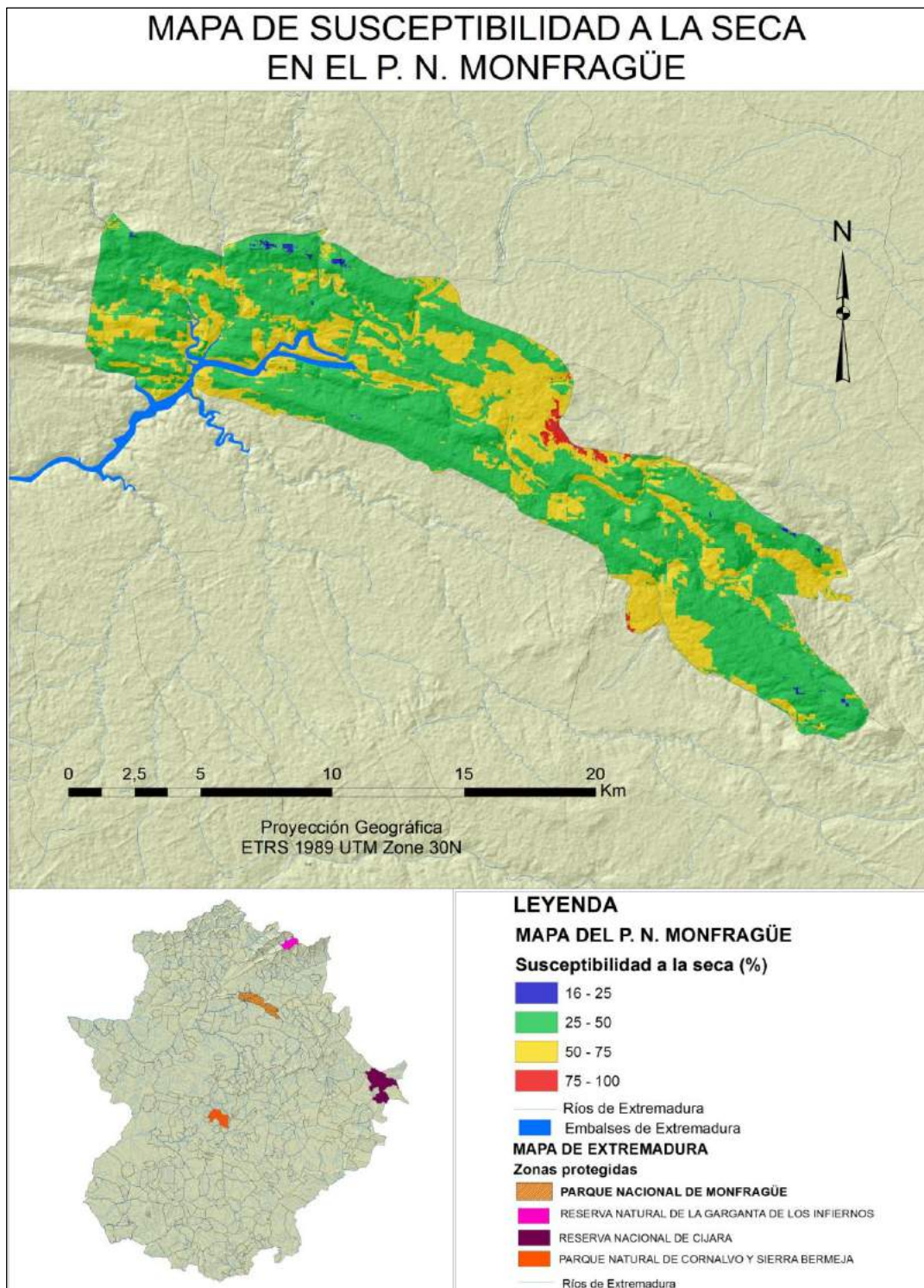


Figura 5. Mapa desarrollado a modo de ejemplo que representa la susceptibilidad a la seca en el Parque Nacional de Monfragüe según el modelo creado en este estudio.

4. DISCUSIÓN

Este estudio no trata de contribuir al conocimiento de las causas de los focos de seca, si no que solamente se analiza su ubicación espacial y su relación con determinados aspectos ambientales. La finalidad última es generar un modelo, basado en relaciones no lineales, que permita determinar la susceptibilidad de un emplazamiento a la seca. Es por ello que las relaciones entre focos de seca y variables ambientales que se apuntan en los resultados deben ser consideradas en términos de “indagación” de probables determinantes ambientales.

La precipitación fue una de las variables climáticas que mostró mayores diferencias entre los focos afectados por seca y los que no estaban afectados identificados mediante los puntos control (Tabla 1). Del mismo modo, entre todas las variables seleccionadas, muchas de las relacionadas con la precipitación aparecen entre las 20 más importantes a la hora de predecir la presencia/ausencia de seca según el modelo generado con el algoritmo Random Forest (como por ejemplo: Plu_Nov, Plu_Dic, Plu_Ene) (Figura 4). Esto nos induce a pensar que la precipitación es un factor importante en la presencia/ausencia de focos de seca. En un estudio realizado en las dehesas de Salamanca, se pudo observar que la precipitación estacional junto con la pendiente del terreno fueron las variables que mejor determinaron la presencia de seca, según los resultados del modelo en el que se analizó la contribución de cada variable a la distribución de este fenómeno (Sánchez et al., 2014). En Castilla la Mancha, el decaimiento de encinas y alcornoques se ha catalogado como una enfermedad compleja, en la que la sequía se ha calificado como principal factor incitante, a pesar de interactuar con otras variables (Romerero, 2008).

Algunas variables asociadas a la temperatura también mostraron diferencias entre los valores de los focos y los usados como control. La temperatura media de mayo; las máximas de enero, noviembre y diciembre; y las mínimas de abril, mayo, junio y anuales fueron las que mostraron diferencias significativas, tal y como se expone en las Tablas 2, 3 y 4. Sin embargo, no parecen tener gran importancia a la hora de interactuar con otras variables para elaborar el modelo de predicción. Como se puede observar en la Figura 4, ningún valor de temperatura se encuentra entre las 20 variables más importantes para dicho modelo. Según se ha podido constatar en grandes zonas de Europa, se ha producido un aumento de las temperaturas y una disminución de las precipitaciones. Este hecho puede reducir la disponibilidad hídrica en algunas zonas y provocar procesos de decaimiento forestal, que pueden ser de cierta magnitud en función de los factores y las condiciones con las que interactúen (Sánchez-Salguero, 2009). La temperatura también parece estar relacionada con la propagación de algunos patógenos. A modo de ejemplo, la producción de esporangios por parte *Phytophthora cinnamomi* aumenta de forma casi lineal a temperaturas que van de los 12 a los 30 °C (Shearer, 2014).

La elevación, la pendiente y el Índice de Posición Topográfica (TPI) fueron tres variables en las que también se observaron diferencias significativas entre los valores de los focos y los puntos de control (Tabla 5). Las tres aparecen entre las 20 variables que más contribuyen al modelo de predicción elaborado por el algoritmo Random Forest. La elevación, pendiente y TPI aparecen como EXT-DEM_PRO, SLOPE_EXTD y TPI, respectivamente en la Figura 4. En un modelo realizado en Salamanca, la pendiente, junto con la precipitación estacional, fue una de las variables que mejor determinó la presencia de seca en el área de estudio (Sánchez et al., 2014). En un modelo para medir la probabilidad de sufrir una enfermedad forestal conocida como “sudden oak death” (muerte repentina del roble) en California mediante SIG, y en la que interviene el hongo *Phytophthora ramorum* que también interviene en los procesos de seca, se observó que los hábitats con riesgo muy bajo de sufrir la enfermedad se situaban en lugares fríos y con altitud elevada (Meentemeyer et al., 2004). Un porcentaje muy elevado de focos se situaron en valores de TPI para un radio de 100 m cercanos a 0. Este valor significa que se encuentran en zonas planas o de pendiente constante (Weiss, 2001).

Las variables relacionadas con la cubierta vegetal tuvieron una gran relevancia en la predicción del modelo. Sobrecarga, cubida cubierta arbórea (TFCCARB), cubida cubierta total (TFCCTOT) y la cubierta de las especies arbóreas presentes (KG) fueron las principales variables predictoras en el modelo, tal y como se aprecia en la Figura 4. Por otro lado, se apreciaron diferencias significativas entre los valores de estas tres últimas variables en los focos y en los puntos utilizados como control (Tabla 6).

Junto con los valores de precipitación, los valores del Índice de Diferencia Normalizada de Vegetación (NDVI) fueron los que más diferencias estadísticas mostraron entre los focos y los puntos de control. Se encontraron diferencias entre los meses de mayo, junio, julio, agosto, septiembre, octubre y noviembre (Tabla 7). De entre ellas, los valores de agosto, octubre, noviembre y junio tienen importancia en el modelo predictivo, tal y como se aprecia en la Figura 4.

Los dos anteriores tipos de variables, relacionados con la cubierta vegetal, podrían informar de la relevancia de la vegetación y su estructura espacial, así como de las formas de manejo forestales y de usos del suelo, a la hora de determinar la probabilidad de aparición de focos de seca en un área.

Otra variable que mostró diferencias significativas entre los focos y los puntos de control fue la distancia al cauce más cercano (Tabla 8). Aunque no aparece dentro de las variables más importantes que explican el modelo predictivo, los focos de seca se encuentran algo más cerca que los puntos seleccio-

nados al azar. A modo de ejemplo, más de un 40% de los focos se encontraron a 400 m o menos de un río, mientras que en el caso de los puntos de control apenas el 33% se situó a esta distancia o menor. Esta variable fue seleccionada porque algunos hongos como *Phytophthoracinnamomi* utilizan los ríos y arroyos como medio de propagación y muchos focos de seca aparecen en el entorno de líneas de agua, donde también pueden darse condiciones de humedad edáfica adecuadas para su desarrollo, sobre todo en determinadas épocas¹⁰. Una causa probable de que esta variable no aparezca entre las de la Figura 4, es que haya otras de tipo morfológico, como el TPI o el índice de humedad topográfica, relacionadas con ella que puedan ser más explicativas para el conjunto del modelo.

Por último, de las 19 variables bioclimáticas que proceden de WorldClim y que hemos utilizado para el análisis espacial y la elaboración del modelo, sólo 6 de ellas han mostrado diferencias significativas entre los focos de seca y los puntos de control (Tabla 9). De las 6 variables que mostraron diferencias significativas, 4 están relacionadas con la precipitación y 2 con la temperatura, lo que nos puede llevar a pensar que los factores implicados en los focos de seca pueden tener una componente climática de cierta relevancia. Uno de los factores incitantes para la seca de especies del género *Quercus* en Andalucía son las variaciones climáticas de gran amplitud caracterizadas por la pérdida general en la precipitación media anual, la subida de temperaturas y el cambio de estacionalidad de los patrones de precipitación (de otoño a primavera) (Consejería de Medio Ambiente. Junta de Andalucía, 2009).

En la Tabla 10 se puede apreciar la capacidad de acierto del modelo. El modelo determinó correctamente los focos con seca (catalogados como 1) en un 73,95% de los casos (de un total de 215 casos seleccionados, determinó con éxito 159). Comúnmente estos casos se suelen denominar verdaderos positivos (VP). Por otro lado, determinó con éxito un 74,19% de los focos que no sufrieron seca (catalogados como 0), 161 casos de 217 seleccionados. Estos casos suelen denominarse como verdaderos negativos (VN). Los casos contrarios constituirían los falsos positivos (FP) y los falsos negativos (FN), que fueron 56 casos para ambos. Por lo tanto, a grandes rasgos se puede hablar de un 74,07% de acierto del modelo. En la Tabla 10 también aparecen otros valores como la especificidad (*Specificity*) y la sensibilidad (*Sensitivity*). La especificidad es la capacidad del modelo para determinar los focos que no tienen la enfermedad, mientras la sensibilidad es la capacidad del modelo para identificar correctamente los focos que están enfermos. Estos valores fueron de 74,19% y 73,95%, respectivamente.

En la Tabla 11 se pueden observar los resultados de la curva ROC. El valor de área bajo la curva, de un valor de 0,8 indica que el grado de ajuste del modelo es bueno. Si un valor igual a 1 indica que se han asignado correctamente el 100% de los casos, nuestro modelo con un valor de 0,8 ha catalogado de forma correcta un 80% de los casos.

En la Figura 5 se muestra el Parque Nacional de Monfragüe, al que se le ha aplicado nuestro modelo. En el mapa aparecen los valores de susceptibilidad que nos ha generado el modelo. Los valores por encima de 0,5 indican que ha considerado que esas zonas son más susceptibles a la seca mientras que las zonas por debajo de este valor serían menos susceptibles a este síndrome. Según el modelo, una gran parte de este espacio protegido está amenazada por este fenómeno de decaimiento forestal.

5. CONCLUSIONES

Tal y como habíamos comentado en un principio y confirman los resultados de este estudio, la seca o decaimiento forestal es un fenómeno en el que intervienen una gran variedad de factores de diversa naturaleza y que interactúan entre sí a diferentes escalas. Si bien los valores de algunas variables han mostrado mayores diferencias significativas como la precipitación, temperatura, NDVI y algunas variables bioclimáticas, el modelo predictivo ha revelado que también intervienen muchas otras, como las relacionadas con la cobertura vegetal y el relieve. Por este motivo, la elaboración y perfeccionamiento de modelos espaciales que permitan predecir este tipo de fenómenos en los que intervienen e interactúan variables de distinta naturaleza, es una herramienta fundamental para la conservación medioambiental y pueden llegar a constituir una gran ayuda gracias a su capacidad predictiva, ya que nos pueden permitir anticiparnos a la extensión de un determinado problema y así poder poner medidas para evitarlo. El modelo espacial generado y aplicado al Parque Nacional de Monfragüe que, aunque

¹⁰<http://iprocor.gobex.es/preguntas-frecuentes-2/>

debe ser depurado y ajustado mediante una mejor selección de variables, es un claro ejemplo de la utilidad que tienen estas herramientas.

6. REFERENCIAS

- Boulesteix, A-L., Janitza, S., Kruppa, J. y König, I. R. (2012). Overview of Random Forest Methodology and Practical Guidance with Emphasis on Computational Biology and Bioinformatics. *Technical Report*, 129. Department of Statistics. University of Munich. <http://www.stat.uni-muenchen.de>
- Brasier, C. M. (1996). *Phytophthora cinnamomi* and oak decline in southern Europe. Environmental constraints including climate change. *Ann Sci For*, 53: 347-358.
- Breiman, L. (2001). Random forests. *Machine Learning*, 45 (1): 5-32.
- Carrasco, A. y cols. (2009). *Procesos de Decaimiento Forestal (la Seca), Situación del Conocimiento*. Consejería de Medio Ambiente, Junta de Andalucía, Córdoba, 112 pp.
- Consejería de Medio Ambiente. Junta de Andalucía. (2009). *El Decaimiento o Seca de especies del género Quercus en Andalucía. Situación actual y desarrollo de soluciones*.
- Costa, A., Pereira, H. y Madeira, M. (2010). Analysis of spatial patterns of oak decline in cork oak woodlands in Mediterranean conditions. *Annals of Forest Science*, 67 (2): 204.
- Gallego, F. J., de Algaba, A. P. y Fernández-Escobar, R. (1999). Etiology of oak decline in Spain. *European Journal of Forest Pathology*, 29 (1): 17-27.
- Grabs, T., Seibert, J., Bishop, K. y Laudon, H. (2009). Modeling spatial patterns of saturated areas: A comparison of the topographic wetness index and a dynamic distributed model. *Journal of Hydrology*, 373: 15-23.
- Guo, Q., Kelly, M. y Graham, C. (2005). Support vector machines for predicting distribution of Sudden Oak Death in California. *Ecological Modelling*, 182: 75-90.
- Hidalgo, P. J., Marin, J. M., Quijada, J. y Moreira, J. M. (2008). A spatial distribution model of cork oak (*Quercus suber*) in southwestern Spain: A suitable tool for reforestation. *Forest Ecology and Management*, 255 (1): 25-34.
- Hidalgo, S. (2014). *Random Forests para detección de fraude en medios de pago*. Departamento de Ingeniería Informática, Universidad Autónoma de Madrid, Madrid, 79 pp.
- Instituto Nacional de Estadística (INE) (2009). *Censo Agrario 2009*. <http://www.ine.es/CA/Inicio.do>
- Jennes, J., Brost, B. y Beier, P. (2013). *Land Facet Corridor Designer*. Produced with the generous support of USDA Forest Service Rocky Mountain Research Station and Arizona Board of Forestry/McIntire-Stennis Cooperative Forestry Program. 110 pp. www.corridordesign.org
- Maimon O. y Rokach, L. (2010). *Data Mining and Knowledge Discovery Handbook*, Second Edition. Springer New York Dordrecht Heidelberg, London, 1285 pp.
- Meentemeyer, R., Rizzo, D., Walter, M. y Lotz, E. (2004). Mapping the risk of establishment and spread of sudden oak death in California. *Forest Ecology and Management*, 200: 195-214.
- Ninyerola, M., Pons, X. y Roure, J. M. (2005). *Atlas climático digital de la Península Ibérica. Metodología y aplicaciones en bioclimatología y geobotánica*. Universitat Autònoma de Barcelona, Cerdanyola del Vallès, 45 pp. <http://opengis.uab.es/wms/iberia/index.htm>
- Pulido, F. y Picardo, A. (2010). *Libro Verde de la Dehesa. Documento para el debate hacia un Estrategia Ibérica de gestión*. 48 pp
- Romeralo, C. (2008). *La Seca: Decaimiento y Muerte del género Quercus en la Comunidad de Castilla la Mancha*. Consejería de Medio Ambiente y Desarrollo Rural. Dirección General de Política Forestal, Servicio de Protección del Medio Natural. 20 pp.

Sánchez, J., Valle, C. J., Rodríguez, D. J., Sánchez, A., Delgado, L. y De la Mora, G. (2014). *Delimitación y cartografía de la extensión de la Seca/decaimiento (oak decline) en las dehesas de Salamanca*. Universidad de Salamanca y Diputación de Salamanca/OAEDR. 36 pp.

Sánchez-Salguero, R. (2009). *Causas climáticas del decaimiento selectivo de pinares en el sureste de España* presentado en el 5º Congreso Forestal Español, Centro Municipal de Congresos y Exposiciones de Ávila.

Shearer, B. L. (2014) Time course studies of temperature and soil depth mediated sporangium production by *Phytophthora cinnamomi*. *Australasian Plant Pathology*, 43: 235-244.

Trapero, A., Romero, M. A., Sánchez, J. E., Jiménez, J. J. y Sánchez, M. E. (2006). La Seca de encinas y alcornoques en Andalucía: decaimiento y enfermedad. *Bol. Inf. CIDEU*, 1: 7-14.

Urrea, V. (2009). *Detección de interacciones genéticas asociadas a enfermedades complejas. Aplicación al cáncer de vejiga*. Departament d'Estadística i Investigació Operativa, Universitat Politècnica de Catalunya. Facultat de Matemàtiques i Estadística. 67 pp.

Václavík, T., Kanaskie, A., Hansen, E. M., Ohmann, J. L. y Meentemeyer, R. K. (2010). Predicting potential and actual distribution of sudden oak death in Oregon: Prioritizing landscape contexts for early detection and eradication of disease outbreaks. *Forest Ecology and Management*, 260: 1026-1035.

Weiss, A. (2001). *Topographic Position and Landforms Analysis* presentado en la conferencia para usuarios ESRI, San Diego.

OS SIG NA GESTÃO PORTUÁRIA: O CASO DO PORTO DE SINES

Teresa Batista², Duarte Carreira³ e Eduardo Moutinho¹

¹APS - Administração dos Portos de Sines e do Algarve, SA, Direção de Infraestruturas e Ordenamento, Apartado 16, EC SINES, 7521-953 Sines, Portugal. eduardo.moutinho@apsinesalgarve.pt

²Departamento de Paisagem, Ambiente e Ordenamento, Escola de Ciências e Tecnologia, Universidade de Évora, ICAAM - Instituto de Ciências Agrárias e Ambientais Mediterrânicas, Rua Romão Ramalho 59, 7000-671 Évora, Portugal. mtfb@uevora.pt

³Departamento de Paisagem, Ambiente e Ordenamento, Escola de Ciências e Tecnologia, Universidade de Évora, Rua Romão Ramalho 59, 7000-671 Évora, Portugal. dncarreira@gmail.com

RESUMO

Os sistemas de informação geográfica (SIG) são atualmente ferramentas essenciais na gestão empresarial e territorial, proporcionando a acesso a informação espacializada mais ou menos dinâmica necessária para operações de geomarketing, de apoio à proteção civil, para o planeamento e ordenamento do território, para a gestão cadastral, dos recursos hídricos, recursos geológicos, turismo, etc. No âmbito da atividade portuária os SIG são fundamentais nas operações portuárias, no ordenamento e cadastro, na gestão das áreas de concessão, na gestão das redes de infraestruturas, na prevenção de acidentes e atuação em situações de emergência, na vigilância, na logística e transporte, na monitorização ambiental, entre outros.

A atividade portuária é complexa e dinâmica, implicando a existência de um vasto leque de sistemas informáticos e de interações com os agentes portuários para a sua gestão. O presente artigo descreve o modelo conceptual e o SIIG – Sistema de Identificação e Informação Geográfica da Administração do Porto de Sines (APS). O projeto foi iniciado em 2009, está em produção desde Outubro de 2011 e conta atualmente com oito módulos funcionais. O SIIG é hoje um caso de sucesso ao nível nacional e internacional tendo recebido já quatro prémios e sendo considerado um sistema importante de gestão portuária.

Palavras-Chave: SIG, Gestão Portuária, Interoperabilidade

ABSTRACT

Geographical Information Systems (GIS) are essential tools in business and territorial management, promoting spatial data availability to dynamic information necessary to geomarketing, land planning and management, cadastre, water and geological resources, tourism and others. In port activity GIS are fundamental in port operations (in and out), in cadastre and land management, in infrastructure management, hazard prevention and emergency response, surveillance, logistic and environmental monitoring, among others.

Port activity is quite complex and dynamic having an extensive informatics systems and stakeholders interactions to manage. The present article describes the conceptual model and the system implemented in the Port of Sines Authority (APS) - o SIIG – Geographical Identification and Information System of APS. This project has eight functional modules, started in 2009 and is in production since October 2011. SIIG is an important port management system, a success case at national and international level, having four awards until today.

Key Words: GIS, Port Management, Interoperability

INTRODUÇÃO

Os SIG são atualmente ferramentas de uso generalizado quer por profissionais especializados quer por estudantes ou público em geral. O nível de especialização define muitas vezes o nível de complexidade das aplicações utilizadas e/ou desenvolvidas.

Em Portugal, o sistema de informação geográfica implementado pelo Gabinete da Área de Sines é considerado o primeiro e o mais importante projecto SIG português à data (Moutinho 2009) e que remonta a 1971, permitindo suportar decisões com base em análises espaciais, integrando informação de natureza económica, social, demográfica e biofísica.

Atualmente são vários os portos que utilizamos SIG na gestão diária da atividade portuária. São exemplos os portos de Los Angeles, Jacksonville, Virginia, San Diego, San Francisco, Stockton – Califórnia, Tacoma, Tampa e Houston nos Estados Unidos da América, os portos de Hamburgona Alemanha, Roterdão na Holanda, Le Havre em França, Barcelona em Espanha, entre outros. Em Portugal o porto de Sines, Setúbal e o porto de Leixões tem soluções de SIG.

O porto de Roterdão reformulou em 2014, o seu SIG portuário, numa solução com filosofia semelhante à implementada no projeto SIIG, plataforma SIG, a nível empresarial, disponível a todos os utilizadores.

O SISTEMA DE IDENTIFICAÇÃO E INFORMAÇÃO GEOGRÁFICA DA ADMINISTRAÇÃO DO PORTO DE SINES

O Porto de Sines

O Porto de Sines é um porto de águas profundas (>30 metros), e o principal porto na fachada ibero-atlântica, tendo entrado em operação em 1978 (Carvalho, 2005). As suas características geofísicas têm contribuído para a sua consolidação como ativo estratégico nacional, sendo, por um lado, a principal porta de abastecimento energético do país (petróleo e derivados, carvão e gás natural) e, por outro, posiciona-se já como um importante Porto de carga geral/contentorizada com elevado potencial de crescimento para ser uma referência ibérica, europeia e mundial (Moutinho et al., 2012). Em 2014, decorrente do Decreto-Lei n.º 44/2014, de 20 de Março, a área de jurisdição da Administração do Porto de Sines S.A., foi alargada aos portos do Algarve, Faro e Portimão, alterando a sua designação para Administração dos Portos de Sines e do Algarve, SA.

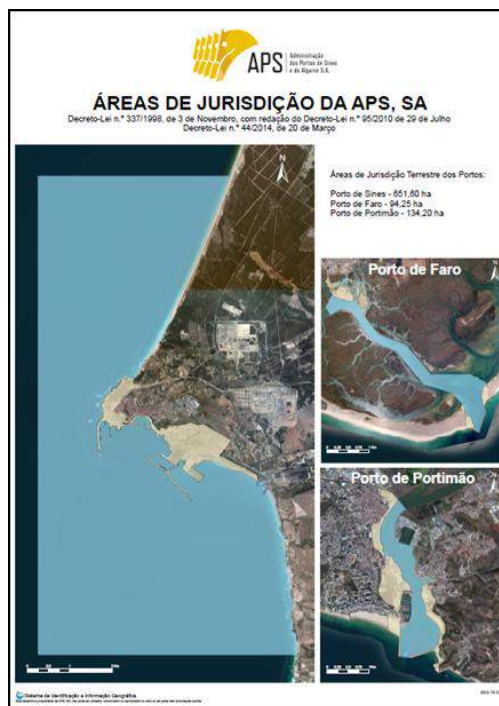


Figura 1. Áreas de jurisdição da Administração dos Portos de Sines e do Algarve, SA, integrando os portos de Sines, Faro e Portimão (EM, NC, PS, 2015)

O Modelo conceptual do SIIG

O SIIG foi desenhado de forma a ser um sistema:

- modular, em que cada módulo responde às necessidades de uma determinada área funcional na APS, integrando neste momento as áreas funcionais de ordenamento e cadastro, concessões e áreas dominiais, planeamento de operações portuárias, ambiente, segurança, estatística e transportes rodoferroviários. Conta ainda com mais dois módulos, o módulo base, de enquadramento geral do SIIG e o módulo de *backoffice*, para gestão do portal. Atualmente o SIIG é composto por oito módulos funcionais (figura 2);



Figura 2. SIIG sistema modular. (Adaptado de Moutinho, 2009)

- evolutivo, para permitir novos desenvolvimentos quer de funcionalidades nos diferentes módulos quer na criação de novos módulos, de acordo com as necessidades operacionais da APS;
- interoperacional e integrador, por permitir a integração de todos os sistemas de informação de todos os sistemas de informação da APS, nomeadamente:
 - o AIS (*Automatic Identification Vessels System*), sistema que permite a geo-localização dos navios;

- a JUP2 (Janela Única Portuária), plataforma de despacho eletrónico de navios e cargas onde se encontram conectadas todas as entidades portuárias, autoridades, agentes de navegação e despachantes, responsáveis pelo despacho e controle do tráfego de cargas e pessoas;
- o SSP (Sistema de Supervisão Portuária), que integra a vigilância vídeo de todas as áreas do porto;
- a CUP (Cartão Único Portuário) sistema de registo e controlo de entrada de pessoas e veículos na área de jurisdição do Porto de Sines (AJAPS);
- o programa ALOHA (Modelação de Incidentes ambientais) que permite a geração de plumas para previsão de acidentes com produtos tóxicos e perigosos (ALOHA, 2007);
- o SAP (Sistema de Gestão Empresarial) interno da APS;
- o DW (Data Warehouse) da APS;

permitindo dar suporte a decisões com base em informação alfanumérica e geográfica consolidada e dinâmica, sobre o seu *hinterland* e *foreland*.

De acordo com as especificidades de cada um destes sistemas de informação assim foram desenvolvidos *webservices* adequados para que o SIIG tenha sempre a sua informação atualizada. Relativamente às câmaras de vigilância, criou-se um visualizador dos *feeds* das câmaras; no que respeita à JUP2, o SIIG recebe a informação que é carregada na JUP2 pelos diferentes operadores, nomeadamente os navios que entram (PLF entrada) e saem (PLF de saída) da AJAPS, assim como toda a informação sobre a carga (carga perigosa ou não), sobre restrições à entrada, às manobras atracação de navios, etc.. É também lida a informação de AIS que permite a localização em tempo real dos navios, sua identificação através dos seus códigos MMSI (*Maritime Mobile Service Identify*) e IMO (*International Maritime Organization*). É ainda lida diretamente a informação do marégrafo e da estação meteorológica da APS, que está sempre visível módulo de Segurança e Ambiente. O CUP fornece dados sobre o n.º de pessoas e veículos nos edifícios e demais locais na AJAPS. Esta integração permite que o SIIG receba a informação registada nos diversos sistemas de informação e seja visualizada em tempo real no SIIG a qualquer momento (Moutinho e Dias, 2011).

- Com administração centralizada de módulos e funcionalidades – o módulo de *backoffice* tem como objetivo proporcionar à APS as ferramentas essenciais para a gestão das funcionalidades e conteúdos dos diversos módulos e serviços de mapas.
- Garantir a existência de um SIG desktop para a criação, gestão e publicação da informação geográfica dos diversos módulos, proveniente de diversas fontes e formatos.
- Definir uma base de dados de “*staging*” e uma de produção, que permite a validação da informação antes de ser publicada não colocando em causa a produção no portal na WEB. Estas bases de dados são sincronizadas através de processos semiautomáticos, controlados pelos técnicos de SIG.
- A deteção do código-fonte para de futuro poder desenvolver funcionalidades internamente;
- A existência de módulos com distintos utilizadores e permissões;
- Baseado nas necessidades identificadas pelas distintas áreas funcionais, dando resposta a situações concretas;
- Desenho e implementação participada por todas as áreas funcionais.

A implementação do SIIG

O projeto inicial abrangeu a participação das áreas funcionais do Ordenamento e Cadastro, Concessões e Áreas Dominiais, Estatística, Planeamento e Operações Portuárias, Segurança e Ambiente. O investimento no SIIG refletiu a implementação das funcionalidades definidas por cada uma destas áreas, nomeadamente Módulo Base, Ordenamento e Cadastro, Concessões e Áreas Dominiais, Ambiente, Segurança, Operações Portuárias e Indicadores. O projeto foi implementado

entre 2010 e 2011, tendo entrado em produção plena em Outubro de 2011. Um segundo desenvolvimento, módulo de Transportes, dirigido à área de transportes terrestres, desenvolveu-se em 2013. O módulo de transportes do SIIG teve como objetivos aumentar os níveis de eficiência da gestão e supervisão portuária associada aos transportes terrestres, assim como o incremento dos níveis de segurança e competitividade do porto.

Atualmente, devido à recente integração dos Portos de Faro e Portimão, o SIIG tem agora a tarefa adicional de alargamento para estes portos com geografias diferentes. As novas áreas de jurisdição já estão acessíveis através do SIIG assim como alguma da informação de base dos edifícios e infraestruturas.

RESULTADOS

A aplicação do modelo desenhado permitiu o desenvolvimento de oito módulos com informação e funcionalidades específicas com o objetivo de responder às necessidades de cada uma das unidades funcionais da APS.

Módulos e funcionalidades do SIIG

Módulo Base – este módulo integra as funcionalidades base do SIIG transversais a todos os módulos e disponível para todos os utilizadores:

- Visualização
- Inquirição
- Impressão normalizada
- Medição e Desenho
- Localização e identificação:
 - Terminais, edifícios e vias
 - Navios em porto
 - Áreas de codificação do porto
- Acesso a plantas de edifícios
- Pedido de desenhos

Módulo de Ordenamento e Cadastro – contempla a informação relativa aos edifícios, cadastro, infraestruturas e equipamentos, integrando as seguintes funcionalidades:

- Identificação e caracterização do Edificado
- Gestão da manutenção do edificado (SAP)
- Gestão de Infraestruturas e equipamentos
- Confrontação de temas com produção de relatórios de resultados
- Proximidade de redes com produção de relatórios de resultados
- Gestão de Cadastro Predial na AJAPS
- Identificação de Projetos em arquivo
- Impressão de plantas pré-definidas (AJAPS, Planta Funcional, Planta de Áreas Codificação, Terminais, etc.)

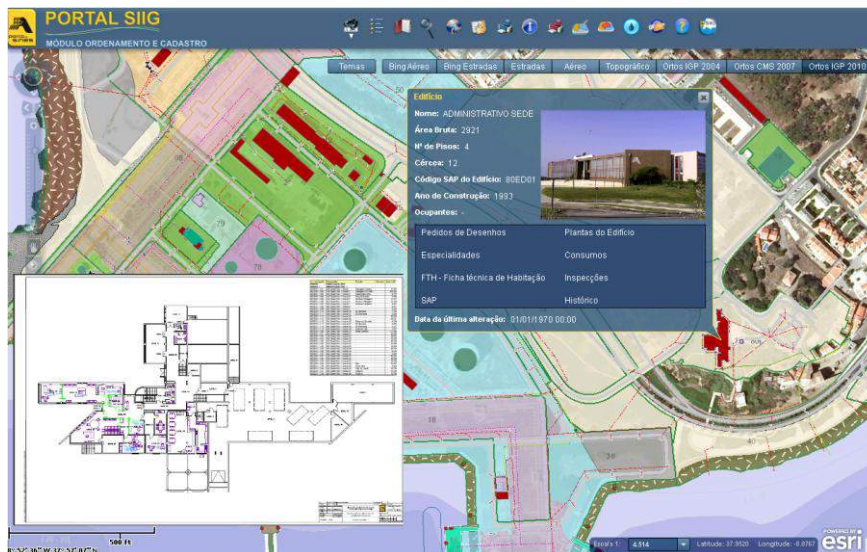


Figura 3.Consulta de Informação associada aos edifícios, visualização de plantas técnicas. (EM,2014)

Módulo de Concessões e Áreas Dominiais – integra a informação sobre as áreas de concessão, com as seguintes funcionalidades:

- Identificação e produção de relatórios:
 - Áreas Dominiais
 - Concessões
 - Áreas disponíveis de expansão
- Identificação do Edificado e Acesso às plantas de edifícios e concessões
- Acesso aos consumos por concessão e edifícios
- Confrontação de temas, com produção de relatórios de resultados
- Proximidade de redes, com produção de relatórios de resultados
- Pedido de Desenhos

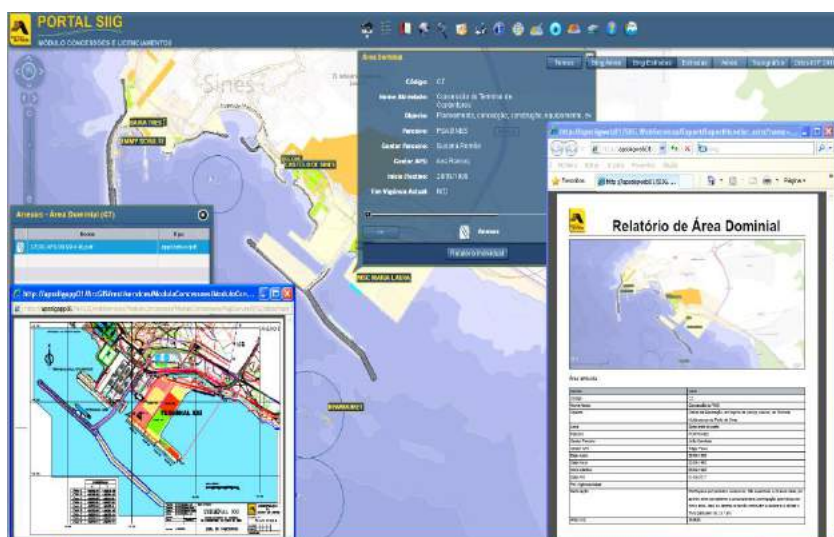


Figura 4.Identificação de uma área dominial e o respetivo relatório normalizado (EM, 2014)

Módulo de Segurança – identificação das áreas de segurança, informação meteorológica e sobre riscos naturais e tecnológicos. Integra as seguintes funcionalidades:

- Mapeamento e consulta das áreas de segurança, restritas, condicionadas, internacionais (Código ISPS);
- Consultar em tempo real do número total de pessoas e viaturas, nas instalações portuárias (CUP);
- Visualização em tempo real das câmaras de vídeo do porto (SSP);
- Cálculo do percurso mais curto entre dois pontos;
- Informação meteorológica;
- Modulação de incidentes ambientais com ALOHA (EPA/NOAA).

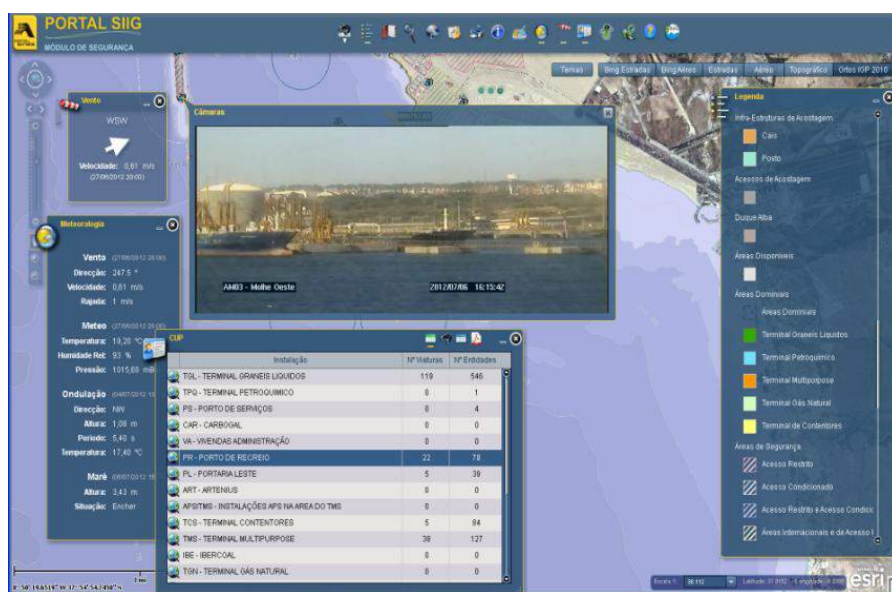


Figura 5. Visualização em tempo real das imagens das câmaras de vigilância do Sistema de Supervisão Portuária (EM, 2014)

Módulo de Ambiente – informação relativa à gestão e monitorização ambiental. Integra as seguintes funcionalidades:

- Gestão do Plano Geral de Monitorização Ambiental
- Mapeamento e Identificação dos pontos de monitorização das águas, pontos de descarga, areia da praia
- Visualização e consulta das análises e produção de relatórios
- Visualização e consulta dos consumos da água, energia, gás, gasóleo e produção de resíduos
- Informação meteorológica
- Cálculo de percursos mais curtos entre dois pontos
- Modulação de incidentes ambientais com ALOHA (EPA/NOAA)

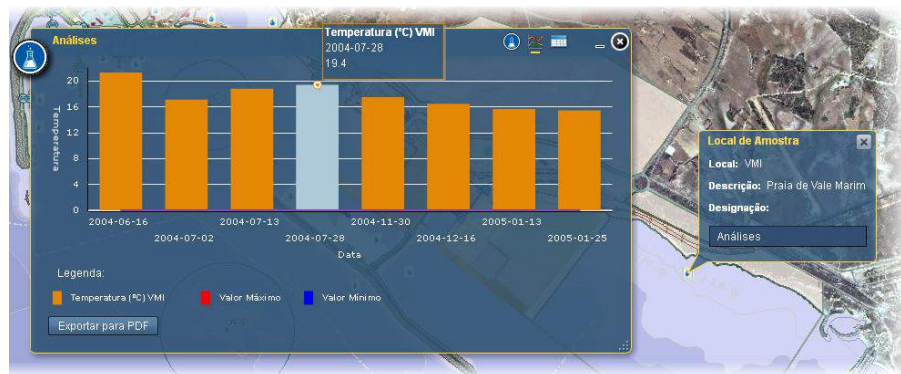


Figura 6. Consulta da evolução temporal dos indicadores ambientais (EM, 2014)

Módulo de Planeamento e Operações Portuárias – este módulo é um dos mais complexos pois integra informação de carater dinâmico sendo utilizado diariamente para o planeamento e controle das operações portuárias de entrada e saídas de navios no porto. Tem como funcionalidades:

- Identificação de navios e cargas
- Visualização, pesquisa e análise das operações portuárias
- Visualização em tempo real dos dados cinemáticos do AIS dos navios (AIS)
- Criação de cenários de operações portuárias e desenvolvimento de ações (JUP)
- Cálculo de rotas marítimas entre portos
- Vídeo do histórico do movimento portuário (30 dias)
- Consulta do movimento de carga por Terminal
- Consulta de documentos

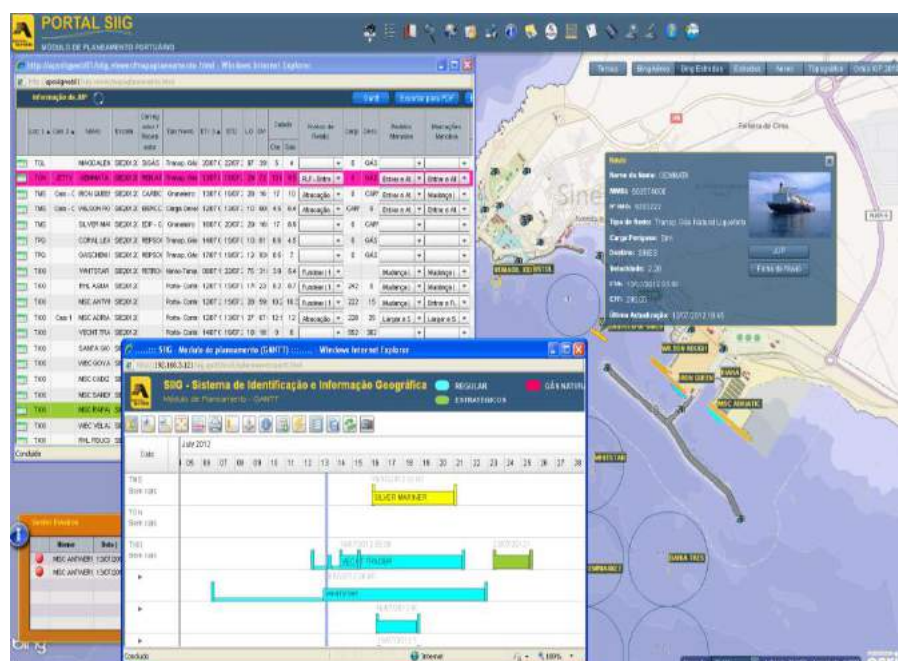


Figura 7. Alocação de cabeços – operação de otimização da utilização do espaço em cais (EM, 2014)

Módulo de Indicadores – disponibiliza indicadores de negócio, nomeadamente movimentos de navios e cargas por localização, por terminal e por concessão, utilizando a integração com o Data Warehouse do Porto.

Módulo de Transportes – este módulo foi desenvolvido em 2014 e integra a informação sobre o transporte de cargas e logística, integrando as seguintes funcionalidades:

- Monitorização dos meios de transporte Rodoviário, Ferroviário e Mercadorias (JUP2);
- Representação geográfica dos comboios ao longo do percurso e na plataforma ferroviária;
- Consulta dos comboios, camiões e cargas;
- Alertas ferroviários de atraso/ adiantamento de comboios;
- Consulta do Fluxo de contentores com origem/destino em Sines;
- Cálculo de percursos entre dois pontos;
- Cálculo de rotas marítimas entre portos

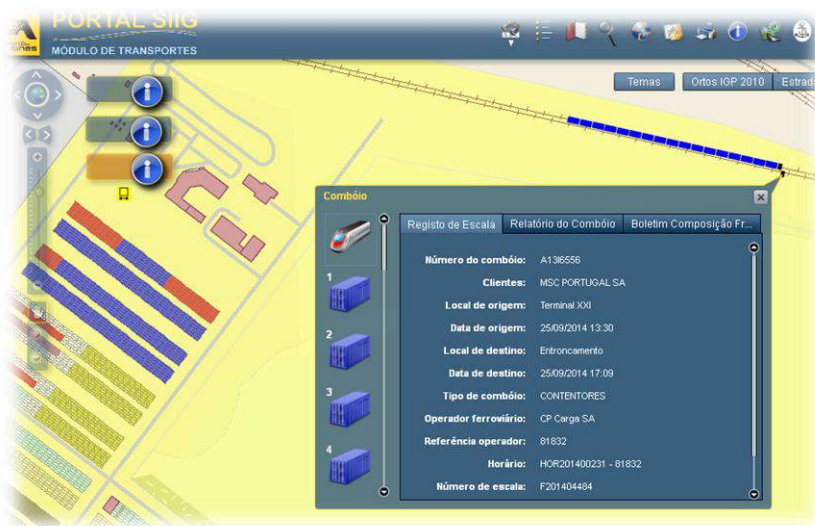


Figura 8. Identificação de comboio e carga contentorizada na plataforma ferroviária (EM, 2014)

Mais do que uma questão tecnológica, a adoção deste tipo de sistema indica a adoção de práticas de negócio que potenciam a obtenção de níveis de produtividade necessários para as entidades portuárias se manterem competitivas no seu mercado, onde a competição é extremamente agressiva, considerando que estão envolvidas estratégias de desenvolvimento nacionais. A APS conseguiu, antecipar-se a esta tendência, decidindo investir neste modelo de operação logo em 2010. O facto de que um dos principais módulos desenvolvidos ser aquele dedicado à área de planeamento de operações portuárias é mais um sinal inequívoco da estratégia subjacente ao investimento no SIIG. Aliás, este módulo contribuiu decisivamente para a obtenção do prestígio que o SIIG granjeou a nível internacional, sinalizando o elevado interesse no mercado por soluções similares. A figura 9 ilustra a Sala de Planeamento e Operações criada no âmbito do SIIG, a partir da qual são controladas as operações portuárias.

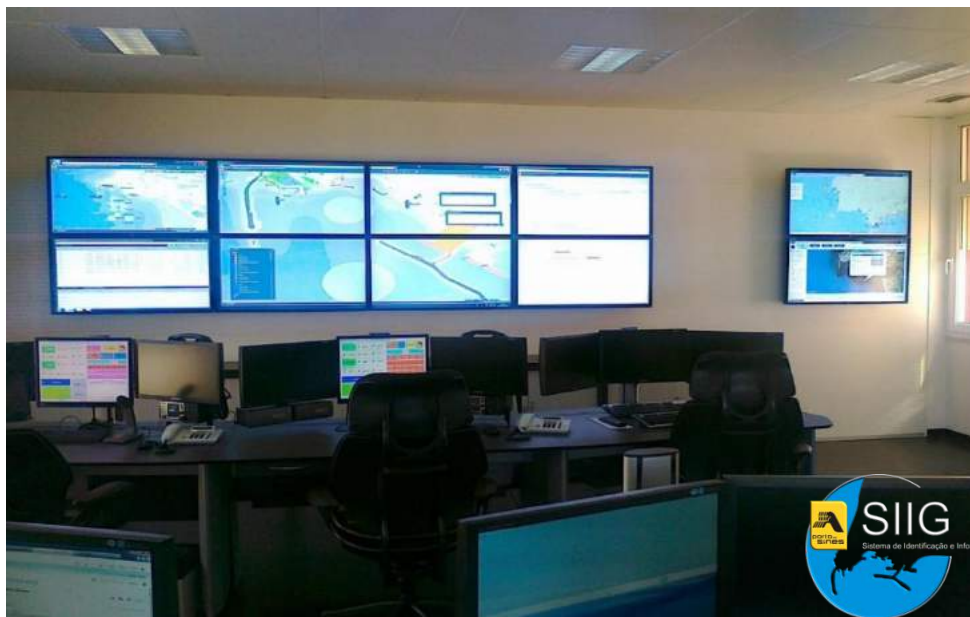


Figura 9.Sala de Planeamento e Operações Portuárias (EM, 2014)

São ainda resultados do SIIG outros desenvolvimentos nomeadamente na monitorização e conhecimento da hidrografia dos portos e na modelação e gestão dos recursos pétreos da pedra da APS, a atualização das áreas de jurisdição e a elaboração de diversa cartografia temática necessária à atividade portuária.



Figura 10.a/bModelação Pedreira de Monte Chãos (EM, 2012) e Hidrografia do Porto de Portimão (NC, 2014)

CONCLUSÕES

A iniciativa da APS em implementar um sistema como o SIIG em 2010 revelou-se precursora de uma série de projetos similares desenvolvidos nos últimos anos por um grande conjunto de portos a nível internacional, com forte desenvolvimento na Europa e noutros continentes. Estes sistemas permitem uma melhoria nos níveis de produtividade e de qualidade de serviço, tornando as entidades gestoras portuárias mais competitivas.

O SIIG é sem dúvida um caso de sucesso na aplicação de SIG empresariais na gestão da atividade portuária, tendo já sido distinguido com quatro prémios.

O prémio de Projeto SIG do ano 2011, a 14 de Março, durante o Encontro anual de Utilizadores ESRI - EUE2012 pela ESRI Portugal.

Em Julho de 2012, recebeu o SAG Award – Special Achievement in GIS Award 2012, atribuído pela ESRI na International User Conference em San Diego, na Califórnia, Estados Unidos da América. Este galardão reconhece as mais inovadoras e inteligentes aplicações da tecnologia da ESRI, sobre a qual foi desenvolvido este sistema no Porto de Sines, tendo o projeto português sido um dos que se

destacou entre os milhares de Sistemas de Informação Geográfica implementados ao longo desse ano em todo o mundo (Moutinho, 2012).

Ainda em 2012, recebe o Prémio CEEP-CSR Label – Comissão Europeia Prémio internacional de serviço público de excelência na prestação de serviços e das melhores práticas com responsabilidade social. Prémio este, que volta a receber no âmbito do módulo de Transportes, em 2014. O Rótulo Europeu de Responsabilidade Social (CEEP-CSR Label) reconhece a qualidade dos serviços públicos e de interesse geral prestados, assim como as boas práticas empresariais implementadas no âmbito da Responsabilidade Social Corporativa.

O SIIG irá evoluir de acordo com as necessidades da APS, que neste momento integra também os portos de Portimão e Faro, adicionando ao sistema mais informação e complexidade.

AGRADECIMENTOS

À APS - Administração dos Portos de Sines e do Algarve, S.A. como promotor do projeto SIIG e ao Departamento de Paisagem, Ambiente e Ordenamento, Escola de Ciências e Tecnologias, Universidade de Évora, como consultor da APS. A toda a Equipa do SIIG na APS, nomeadamente à sua Administração na pessoa do seu Administrador Delegado João Franco, aos representantes das diversas unidades funcionais da APS, Idalino José, José Simão, José Fontes, Carlos Oliveira, José Dias, Pedro Costa, João Pedro, José Lima, Dionísio Santos, Luís Mourão, Adelaide Bernardino, Vasco Pitschieller, Duarte Correia, Tiago Lopes Paulo, Ana Fonseca, Paula Melo, Nuno Mascarenhas, Timóteo Pfumo, à equipa técnica do SIIG, Pedro Santos e Nídia Catarino, ao Miguel Dias, consultor da Universidade de Évora e à Equipa de Projecto da EGStrategy/Indra e ESRI Portugal.

O Projecto SIIG enquadrou-se na operação “SISTEMAS OPERACIONAIS DE SUPERVISÃO E SEGURANÇA”, sendo co-financiado pelo FEDER - Fundo Europeu de Desenvolvimento Regional através do Programa Operacional Temático Valorização do Território (POVT) do Quadro de Referência Estratégico Nacional (QREN).

Imagens produzidas por: Eduardo Moutinho (EM), Nídia Catarino (NC) e Pedro Santos (PS).

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ALOHA (2007): *ALOHA® User's Manual* (Washington, D.C.: U.S. ENVIRONMENTAL PROTECTION AGENCY - Office of Emergency Management. arvalho, A. (2005): *Porto de Sines - Porta Atlântica da Europa*, APS – Administração do Porto de Sines, SA, Sines (pp 237)

Moutinho, E. (2009): *SIIG – Sistema de Identificação e Informação Geográfica – Proposta de Sistema de Gestão Portuária para o Porto de Sines*, Tese de Mestrado em C&SIG, ISEGI - Universidade Nova de Lisboa, Lisboa. <http://run.unl.pt/handle/10362/5416>

Moutinho, E. e Dias, J. (2011): *GIS in Port Management - SIIG Sines, Portugal* – ESRI European User Conference, Madrid, October 26-28, 2011 - SIIG Project Team, Port of Sines Administration, S.A. PORTUGAL. Pp. 8-28 <http://pt.slideshare.net/ESRI/gis-in-port-management>.

Moutinho, E. (2012): *GIS in Port Management – SIIG Sines, Portugal* – ESRI International User Conference, San Diego, California, EUA, https://s3.amazonaws.com/webapps.esri.com/esri-proceedings/proc12/papers/656_137.pdf.

Moutinho, E.; Dias, J.; Batista, T. e Carreira, D., (2012): *SIIG – Sistema de Identificação e Informação Geográfica – Sistema de apoio à gestão portuária*, Revista da Marinha n.º 970 - Nov.Dez.2012, Portugal, pp 22-23.

OBSERVATORIO TERRITORIAL Y AMBIENTAL ALENTEJO, EXTREMADURA, CENTRO (OTALEX C): DE GIS A IDE.

Cabezas, J.¹; Fernández, L.¹; Ramírez, B.¹; Ramos, V.¹; Batista, T.²; Carriço, C.²; Mateus, J.²; Lopes, H.²; Pinto-Gomes, C.³; Mendes, P.³; Ceballos, F.⁴; Caballero, C.⁴; Rodríguez, P.⁴; Cuarto, M. P.⁴; Soriano, M.⁴; Álvarez, R.⁴; Flores, E.⁴; Mayo, V.⁴; Aparicio, A.⁴; Vivas, P.⁵; Pavo, M.⁵; Garrido, A.⁶; Patricio, J.⁶; Serra, L.⁶; Hernández, F.⁷; Rodríguez, M.⁷; De la Calle, N.⁷; Gamero, U.⁷; Faturte, L.⁷; Pérez, M.⁸; Lagar, D.⁸; Martín, E.⁸; Carreira, D.⁹; Reis, S.¹⁰; Quinta-Nova, L.¹²; Fernández, P.¹²; Roque, N.¹²; Cabaceira, S.¹²

1 Grupo Análisis de Recursos Ambientales (ARAM). Universidad de Extremadura, España, jocaffer@unex.es 2 Instituto de Ciências Agrárias e Ambientais Mediterrânicas (ICAAM). Universidad de Évora, Portugal.

3 Departamento de Paisagem, Ambiente e Ordenamento, Universidad de Évora, Portugal.

4 Dirección General de Transportes, Ordenación del Territorio y Urbanismo. Gobierno de Extremadura (GO-BEX), España. 5 Centro Nacional de Información Geográfica/ Instituto Geográfico Nacional (CNIG-IGN), España.

6 Comunidade Intermunicipal do Alto Alentejo (CI-MAA), Portugal. 7 Diputación de Badajoz, España.

8 Diputación de Cáceres, España.

9 Empresa de Desenvolvimento de Infraestruturas do Alqueva, S.A.

(EDIA), Portugal. 10 Direção-Geral do Território (DGT), Portugal.

11 Comissão de Coordenação e Desenvolvimento Regional do Alentejo (CCDR-A), Portugal.

12 Instituto Politécnico de Castelo Branco (IPCB), Portugal.

RESUMEN

Encuadrado dentro del ámbito de los proyectos INTERREG España-Portugal, y financiado con fondos FEDER del programa POCTEP, el proyecto OTALEX C (Observatorio Territorial y Ambiental Alentejo Extremadura Centro) aborda del estudio de diversos indicadores territoriales, socioeconómicos y ambientales. Siendo el objetivo fundamental, de dicho proyecto, desarrollar un geoportal accesible, a través de internet, para cualquier persona de forma que la información contenida en él sea útil en la toma de decisiones relacionadas con los usos del suelo y, por tanto, con el desarrollo sostenible del medio.

Bajo este marco general a lo largo de los últimos quince años se han venido desarrollando distintos proyectos que han ido abordando desde la estandarización de datos entre Portugal y España, pasando por diseños de sistemas SIG, continuando con desarrollo de modelos territoriales y sistemas de indicadores, para culminar en lo que hoy es la Infraestructura de Datos Espaciales IDE-OTALEXC.

Palabras clave: SIG, teledetección, IDE, indicadores territoriales, indicadores socioeconómicos, indicadores ambientales, cooperación transfronteriza.

ABSTRACT

In the scope of the Spain-Portugal INTERREG projects and FEDER funded POCTEP program, OTALEX C (Territorial and Environmental Monitoring Alentejo Extremadura Center) project aims at studying of various territorial, socioeconomic and environmental indicators. It is the fundamental objective of this project, to develop a geo-portal accessible via internet, for anyone, so that the information will be useful in making decisions related to land use and therefore sustainable development of the environment.

Under this general framework over the past fifteen years, we have developed different projects that have set the standardization of data between Portugal and Spain, also was designed GIS systems, and developed regional models and indicator systems, culminating in the current Spatial Data Infrastructure SDI-OTALEXC.

Key Words: GIS, remote sensing, SDI, territorial, socioeconomic indicators, environmental indicators, cross-border cooperation.

INTRODUCCIÓN

OTALEX C es el Observatorio Territorial y Ambiental de las regiones transfronterizas de Alentejo, Extremadura y Centro, un proyecto de colaboración transfronteriza cofinanciado por el Programa Operacional de Cooperación Transfronteriza España-Portugal (POCTEP) 2007-2015 del eje prioritario Cooperación y gestión conjunta en accesibilidad y ordenación territorial, en el área de cooperación Centro- Extremadura-Alentejo y tema prioritario proyectos integrados para la regeneración urbana y rural. Este observatorio ha sido desarrollado por diversas entidades de las administraciones portuguesas y españolas, a nivel local, regional y nacional, con una estrecha colaboración en las áreas de ordenación del territorio y sistemas de información geográfica a lo largo de los últimos quince años (Batista, 2006).

El objetivo del observatorio OTALEX C es la armonización de los datos territoriales en el espacio transfronterizo Alentejo y Región Centro en Portugal y Extremadura en España (Figura 1). La finalidad es desarrollar además de la unión de datos territoriales y ambientales y su intercambio, para contribuir al objetivo de la Estrategia Territorial Europea, de armonización de prácticas territoriales. Se pretende con ello, la monitorización del análisis territorial, el estudio de las alteraciones y presiones a ambos lados de la frontera, así como la consolidación de esta colaboración transfronteriza entre distintas instituciones y darle continuidad más allá de este proyecto.



Figura 1. Territorio OTALEX C, coincide con la Euroregión EUROACE.

El proyecto Observatorio Territorial Alentejo – Extremadura (OTALEX) comienza a principios del año 2006 y perseguía como objeto principal, en línea con los objetivos de la Estrategia Territorial Europea (ETE), la monitorización y análisis de las variaciones resultantes de los fenómenos naturales y, esencialmente, de la actividad humana sobre el territorio. Como principios inspiradores de ese proyecto se perseguía dar una especial relevancia a los valores ambien-

tales y compaginarlo con el deseable desarrollo económico y social. Todo ello con el objetivo de mejorar la calidad de vida de los habitantes de estas áreas suroccidentales ibéricas. Entre sus objetivos también destacaba, el desarrollo integrado de metodologías de gestión territorial y ambiental con vista al desarrollo equilibrado de esos espacios y la implantación de un sistema de análisis y seguimiento de la realidad territorial a ambos lados de la raya fronteriza. En definitiva, plasmar todos esos trabajos en la creación de un Observatorio Territorial Alentejo-Extremadura. A través de OTALEX se mantuvo una fecunda línea de colaboración interinstitucional y transfronteriza, mediante el intercambio de experiencias, de información geográfica y de metodologías entre ambos lados de la frontera y entre los tres niveles de la administración del territorio: la nacional, la regional y la local.

Los trabajos desarrollados a lo largo del proyecto fueron adaptándose a las novedades que llegaban de las Directivas Europeas y a los avances tecnológicos. Al respecto, cabe destacar que, si bien cuando se redactó el proyecto no se contemplaba, como resultado final se implantó una Infraestructura de Datos Espaciales (IDE), cuya divulgación se realiza a través de una Web, con la denominación IDE-OTALEX.

OTALEX C es continuación de proyectos anteriores que han tenido como objetivo común la cooperación entre ambos territorios, Extremadura y Alentejo, fomentando la colaboración e intercambio de datos a un lado y otro de la frontera. De ellos caben destacar: COORDSIG, “Coordinación de Sistemas de Información Geográfica y de los Instrumentos de Observación Territorial para el Desarrollo de Espacios Rurales de Baja Densidad”, cofinanciado por el Programa Interreg II C, desarrollado durante los años 1997– 2000; PLANEXAL, “Reconocimiento Territorial para abordar estrategias comunes de ordenación y planificación urbana–territorial en Extremadura y Alentejo Centro”, cofinanciado por el Programa Interreg III A España–Portugal y desarrollado entre los años 2002–2004; GEOALEX, “Modelo Geográfico de Gestión Ambiental y Territorial para Espacios Rurales de Baja Densidad”, cofinanciado por el Programa Interreg III A España–Portugal (Subprograma Alentejo – Extremadura) y desarrollado entre los años 2004–2006; y OTALEX “Observatorio Territorial Alentejo – Extremadura” está cofinanciado por el Programa Interreg III A España-Portugal entre los años 2006-2008; y OTALEX II financiado por el Interreg IV C de 2009-2011.

A lo largo de estos años han cooperado distintos organismos, incorporándose en distintos momentos, y otros no participan actualmente o bien cambiaron de nombre o competencias: Associação de Municípios do Distrito de Évora (AMDE), el Ministerio de Medio Ambiente (MMA), el Gobierno de Aragón (GA), Associação de Municípios do Norte Alentejano (AMNA), Gerencia Regional del Catastro en Extremadura (GRCE) Diputación Provincial de Badajoz (Área de Fomento y Contratación de Obras y O. A. Área de Desarrollo Local, DB). Actualmente el equipo de trabajo está integrado por los siguientes socios:

- Instituto de Ciências Agrárias e Ambientais Mediterrânicas (ICAAM). Universidad de Évora, Portugal.
- Comunidade Intermunicipal do Alto Alentejo (CIMAA), Portugal.
- Direção - Geral do Território (DGT), Portugal.
- Comissão de Coordenação e Desenvolvimento Regional do Alentejo (CCDR-A), Portugal.
- Instituto Politécnico de Castelo Branco (IPCB), Portugal.
- Empresa de Desenvolvimento de Infraestruturas do Alqueva, S. A. (EDIA), Portugal.
- Departamento de Paisagem, Ambiente e Ordenamento, Universidad de Évora, Portugal.
- Dirección General de Transportes, Ordenación del Territorio y Urbanismo. Gobierno de Extremadura (GOBEX), España.
- Diputación de Badajoz, España.

- Diputación de Cáceres, España.
- Centro Nacional de Información Geográfica/Instituto Geográfico Nacional (CNIG-IGN), España.
- Grupo Análisis de Recursos Ambientales (ARAM).Universidad de Extremadura (UEX), España.

Los objetivos propuestos para el desarrollo de OTALEX-C son los siguientes:

- Contribuir con la Infraestructura de Datos Espaciales de Alentejo-Extremadura-Centro a la consolidación de la Euroregión Alentejo, Centro, Extremadura (EUROACE), de forma que la infraestructura se constituya en una plataforma de intercambio de información y colaboración institucional entre las administraciones nacionales, regionales y locales con incidencia en este territorio.
 - Ampliación del ámbito territorial del Observatorio territorial Alentejo-Extremadura, incluyendo la región Centro de Portugal, de forma que se transforme en el Observatorio Territorial Alentejo, Extremadura y Centro.
 - Consolidar la Infraestructura de Datos Espaciales OTALEX C, ampliando su ámbito territorial e introduciendo nuevas funcionalidades de forma que se implique a la administración local.
 - Completar la cartografía de los núcleos urbanos.
 - Actividades de divulgación y cursos de formación en el Espacio Físico OTALEX C.
 - Obtención de Datos e Indicadores medio-ambientales, socioeconómicos y de sostenibilidad de la región Centro con el objeto de ampliar los existentes.
 - Avanzar en la obtención de indicadores de sostenibilidad en la línea de la Estrategia Europea de Desarrollo Sostenible.
- Objetivos que se pretenden alcanzar mediante la ejecución de las siguientes acciones:
- Ampliar el ámbito territorial de la IDE-OTALEX C y del Observatorio Territorial, incluyendo la región Centro.
 - Introducir nuevas funcionalidades en la IDE-OTALEX C para implicar a los Ayuntamientos / Freguesías.
 - Obtención de Datos e Indicadores de la región Centro.
 - Elaboración de la cartografía de núcleos urbanos.
 - Completar la obtención de indicadores de sostenibilidad.
 - Espacio Físico OTALEX/Formación, promoción y divulgación.

Toda la información recopilada es publicada en el geoportal OTALEX C, creado en 2007 como la primera IDE transfronteriza entre Portugal y España, y el primero no piloto transfronterizo multilingüe en Europa. Presenta una interfaz trilingüe en español, portugués e inglés, pudiendo ser consultado a través del uso de un simple navegador de Internet, en la dirección: **<http://www.ideotalex.eu>** (Figura 2). Este geoportal incluye, un visor estándar con: Servicios Web de Mapas, un Nomenclátor, un Catálogo de Metadatos, Publicaciones, Sistema de Indicadores y un Buscador y Visualizador Semánticos, consiguiendo de esta forma a un potente IDE de aplicación transfronteriza. Esta IDE incluye en su estructura un conjunto de datos, servicios, metodologías, normas, estándares y acuerdos, con los que es posible visualizar, superponer, consultar y analizar la Información Geográfica de un territorio que se encuentra publicada en Inter-

net, según una serie de estándares bien definidos, por un conjunto de productores de datos y servicios geográficos (Rodríguez, et al.2006).



Figura 2. Pantalla de inicio del geoportal de la IDE-OTALEXC.

METODOLOGÍAS

A lo largo de los años se han desarrollado metodologías muy variadas que han cambiado y se han adaptado en función de los objetivos de los distintos proyectos y de la evolución de las tecnologías que han ido apareciendo, si bien las herramientas SIG han estado presentes siempre, ya fueran propietarias o de software libre. Para comprender y poner en contexto las metodologías aplicadas una buena referencia es situarlos distintos proyectos cronológicamente con sus objetivos y resultados (Figura 3).

Table 1 Background common cooperation projects between Alentejo, Centro and Extremadura Regions

Project	Program	Aims	Project partners	Results
CoordSIG (1997-2001)	INTERREG II C	Coordination of GIS instruments of earth observation.	JE, AMDE (CIMAC), GA, MMA, Midi-Périnée	Standardization of information between Portugal and Spain; continuous mapping test; Creating the background for cooperation
PlanExAL (2003-2005)	INTERREG III-A	Addressing joint planning strategies on both sides of the Spanish-Portuguese border.	JE, AMDE	Mapping for both sides of the border, orthophotomaps; Study of Widespread Build [1] and Territorial Plan for Alqueva [2].
GeoALEX (2004-2006)	INTERREG III-A	Development of territorial environmental management model for Alentejo-Extremadura: Creation of common cartography.	AMDE (CIMAC), JE, IGP, CNIG-IGN, CCDRA, AMNA (CIMMA), Dip.Badajoz e DGCE	Geographic data and crossborder indicators harmonization: Publication of two books GESTA Model [3] and Common Cartography Object Catalogue scale 1:10,000 [4].
OTALEX (2006-2009)	INTERREG III-A	Creation of the Territorial Observatory of Alentejo and Extremadura—OTALEX.	JE, AMDE (CIMAC), IGP, CNIG-IGN, CCDRA, AMNA (CIMMA), Dip.Badajoz e DGCE	Creation of the Territorial Observatory of Alentejo and Extremadura—OTALEX; First crossborder non-pilot SDI—www.ideotalex.eu in 2007; Data harmonization according to international standards—INSPIRE Directive; Publication of OTALEX Results [5] and Corine Land Cover Level 5 [6] books.
OTALEX II (2008-2011)	POCTEP—Cross Border Cooperation Program Spain-Portugal 2007-2013	User services development thought IDE-OTALEX; Management and monitoring environmental system.	AMDE (CIMAC), JE, IGP, CNIG-IGN, CCDRA, AMNA (CIMMA), Dip.Badajoz, UÉvora e UExtremadura	Creation of a physical space for OTALEX in <i>La Cocosa</i> (Badajoz, Extremadura, Spain); Improvements on IDE-OTALEX; Environmental Indicators; Creation of OTALEX indicator System; Publication of the first Alentejo-Extremadura Atlas [7], OTALEX II Final Results book [8], Land cover/ Land use Map of Évora District, at scale 1:150,000 [9] and Alentejo and Extremadura Map, at scale 1:600000 [10].
OTALEX C (2010-2013)	POCTEP—Cross Border Cooperation Program Spain-Portugal 2007-2013	Integration of Centro Portugal region; development of sustainability indicators; parametric maps of soil footprint. SDI new services improvement —WPS and WCS. New I & D working group; Linked data and SOS.	JE, CIMAC, JE, DGT (IGP), CNIG-IGN, CCDRA, Dip.Badajoz, Cáceres, EDIA, UÉvora e	Improvement of IDEOTALEX geoPortal: Dip map viewer, geoprocessing tools (WPS), e backoffice, SIO, SOS and linked data.

JE—Junta da Extremadura; CIMAC—Comunidade ntermunicipal do Alentejo Central; GA—Gobierno de Aragón; MMA—Ministerio de Madio Ambiente; Midi—Pérenné Region (France); CIMAA—Comunidade Intermunicipal do Alto Central (old AMNA), DGT—Direcção Geral do Território (old IGP), DGCE—Dirección General de Catastro de Extremadura; EDIA—Empresa de Desenvolvimento de Infraestruturas do Alqueva, S.A.; UEvora—Universidade de Évora, IPCB—Instituto Politécnico de Castelo Branco, CNIG-IGN —Centro Nacional de Información Geográfica-Instituto Geográfico Nacional; Dip.Badajoz-Diputación de Badajoz—O. A. Área de Igualdad y Desarrollo Local; Dip.Caceres-Diputación de Cáceres—O. A. para el Desarrollo Local; UExt—Universidad de Extremadura

Figura 3.Tabla de los proyectos desarrollados, con el programa en que están encuadrados, sus objetivos, socios participantes y resultados (tabla publicada en Batista et al., 2013).

De los trabajos que figuran en la Figura 3 se desprenden varios aspectos siguiendo su cronología a lo largo de los distintos proyectos abordados:

- Originalmente, en CoordSIG, se trabajó en procesos de estandarización de la información disponible a ambos lados de la frontera procediendo la coordinación, desarrollo e implementación de metodologías con el objetivo de reducir al mínimo el número de lagunas existentes en el ámbito de datos georreferenciados comparables y cuantificables, utilizando las tecnologías disponibles para llegar a una mejor coordinación e integración de los SIG disponibles (Batista y Ceballos- Zuñiga, 2006). Para ello se crearon varios ámbitos de información: Subsistema de Cartografía, Subsistema de Planeamiento, Subsistema Territorial y Comunicaciones y finalmente Coordinación de SIG. Todo ello permitió el desarrollo de una serie de metodologías de compatibilización de la información geográfica que sentaban las bases de la integración entre las distintas cartografías portuguesas y españolas (Figura 4), y que supondrían los cimientos sobre los que iniciar los proyectos de los años posteriores.

- Con PlanExAI se abordaron estrategias comunes de ordenación, generando un mapa continuo a ambos lados de la frontera y generando el estudio y plan territorial del área de influencia del Embalse de Alqueva, seguían primando las herramientas de SIG.

- GeoALEX supuso un salto cualitativo y sobre todo cuantitativo importante, por el número de socios implicados en los trabajos. El objetivo principal era desarrollar un modelo de gestión territorial y ambiental de aplicación a esta área fronteriza, armonizando en lo posible los indicadores territoriales, socioeconómicos y ambientales disponibles en las dos regiones (GeoALEX a, 2006; GeoALEX b, 2006). Se siguieron utilizando metodologías tradicionales de SIG y recurriendo al modelo de datos espaciales Geodatabase de ArcGIS (Nuno et al., 2006), el cual era alimentado con las series de indicadores que se estaban empezando a recopilar, principalmente con los de tipo ambiental en el área piloto del río Gévora (Cabezas et al., 2006).

- En OTALEX se propuso la creación de un Observatorio Territorial transfronterizo de Alentejo y Extremadura, lo que supuso avanzar hacia metodologías relacionadas con infraestructuras de datos espaciales (IDE) recurriendo además al uso de tecnologías de software libre. Se siguió la metodología marcada por INSPIRE (2007) en el proceso de armonización de datos según acuerdos internacionales (OTALEX, 2008).

- La ampliación del proyecto a OTALEX II suponía consolidar el observatorio territorial transfronterizo como su principal objetivo a la vez que consolidaba el equipo de trabajo de los colaboradores de OTALEX. Se realizaron sobre todo mejoras en las metodologías de diseño de las baterías de indicadores para generar el Sistema de Indicadores de OTALEX que constituyeran las capas de alimentación de la IDE. Esta sufrió mejoras en el desarrollo de sus sistemas informáticos adoptando nuevas metodologías y potencialidades de la publicación de información geográfica en la WEB (OTALEX II, 2011; Atlas OTALEX II, 2011).

- Finalmente OTALEX C supuso otro revulsivo importante en los trabajos, no así en las metodologías que ya se habían consolidado a lo largo de los años y de los equipos de trabajo. El motivo de este cambio fue provocado por la ampliación del territorio de estudio al incorporarse al observatorio la región Centro de Portugal, lo que suponía abarcar todo el territorio de la Euroregión EUROACE (Alentejo, Centro y Extremadura). Las mejoras más importantes afectaron al geoportal (visualizador de mapas, procesamiento web de capas) de la IDE-OTALEX C. En los sistemas de indicadores se aplicaron a la región Centro las metodologías SIG utilizadas anteriormente en las otras dos adaptando los parámetros a algunas peculiaridades que incorporaban los nuevos territorios, tales como altitudes, mayor densidad de población o nuevos ecosistemas costeros (OTALEX C, 2013; Atlas OTALEX C, 2013).

Resumiendo la consecuencia más palpable en las metodologías de información geográfica utilizadas ha sido la evolución de un sistema de compatibilización de cartografía con herramien-

tas de SIG, de software propietario, hacia una IDE de publicación en WEB con un mayor uso de software de libre distribución. Se ha recurrido además en los sistemas de indicadores a utilizar técnicas de teledetección (Cabezas et al. 2013;Figura 5) y otras herramientas de menor difusión como ha sido avanzar en metodologías que permitan la ampliación cartográfica de usos del territorio (Ramos et al., 2013), mediante el análisis de imágenes de satélite con algoritmos basados en la identificación de objetos (OBIA), o la utilización, por parte del grupo de trabajo de I + D, de una Web Semántica y el servidor de datos de sensores de SOS (Vivas et al., 2013).

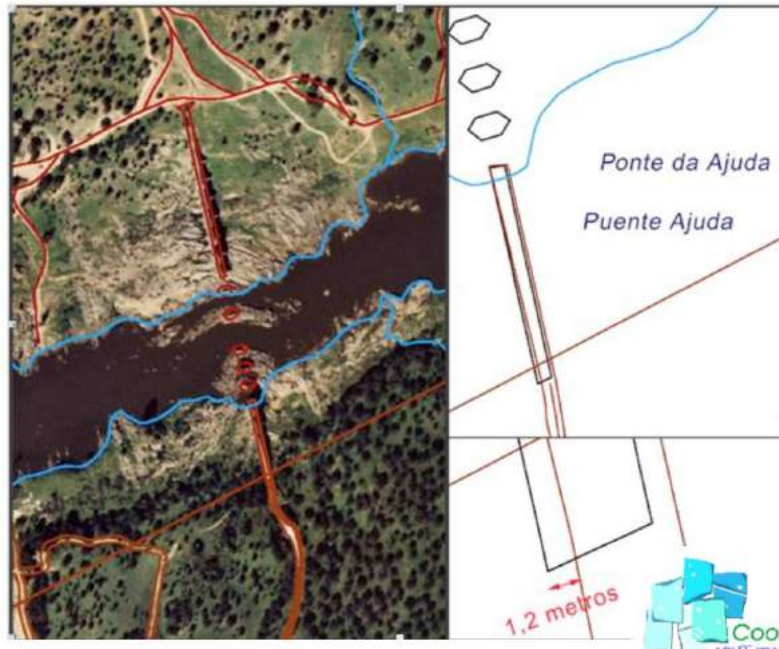


Figura 4.Controles en el ajuste del proceso de compatibilización de las cartografías para el diseño de un mapa continuo transfronterizo.

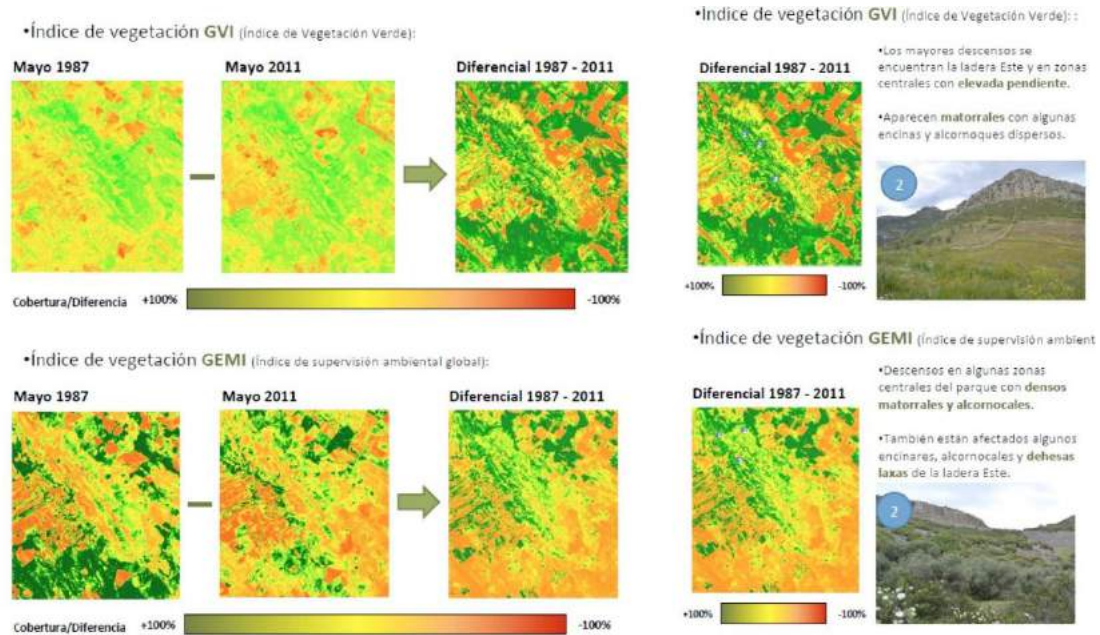


Figura 5.Utilización de imágenes LANDSAT para calcular índices de vegetación (NDVI, GVI y GEM) y analizar cambios en la vegetación según el índice de agresividad climática (IAC).

RESULTADOS

Los años de trabajo en común en este proyecto han dado como hito fundamental de la cooperación transfronteriza la creación y consolidación de una Infraestructura de Datos Espaciales compartida: la IDE OTALEX. La creación de esta IDE supuso el pilar sobre el que se integró la información territorial y ambiental de las regiones objeto de estudio (Figura 6), lo que supuso su armonización, de acuerdo con la Directiva INSPIRE. Con este objetivo, se desarrollaron nuevas herramientas y servicios que permitieran el acceso y análisis de esta información territorial, todo lo cual aparece perfectamente recogido en el esquema que recoge la Figura 7.

Uno de los fines principales del proyecto debía ser, por tanto, integrar la información ambiental, para lo que fue necesario crear un amplio número de indicadores ambientales que a lo largo de estos años se han cartografiado y recopilado en el Atlas OTALEX C. Este atlas recoge los últimos resultados del proyecto y engloba cartografía tanto del ámbito ambiental como de territorial y social.

Respecto al ámbito Territorial se creó la cartografía de base 1:600.000, la de divisiones administrativas y NUTS III, vías de comunicación, imágenes de satélite LANDSAT, además de un Modelo Digital de Elevaciones. También se desarrollaron mapas de índices climáticos, de información topográfica, litológica, hídrica y edáfica.

Respecto a la cartografía ambiental, se creó un mapa biogeográfico, además de los de vegetación potencial, usos del suelo, Unidades del Paisaje y áreas Protegidas. Además se obtuvieron los mapas de calidad del aire, contaminación lumínica, consumo hídrico y energético y recogida de residuos.

En el ámbito social se crearon diversos mapas de tasas e índices demográficos, cartografiando además los equipamientos educativos, sanitarios, asistenciales y turísticos. Estos indicadores de tipo socioeconómico presentan una ventaja sobre los ambientales, ya que al formar parte de estudios periódicos de las distintas administraciones permite realizar estudios evolutivos más frecuentes.

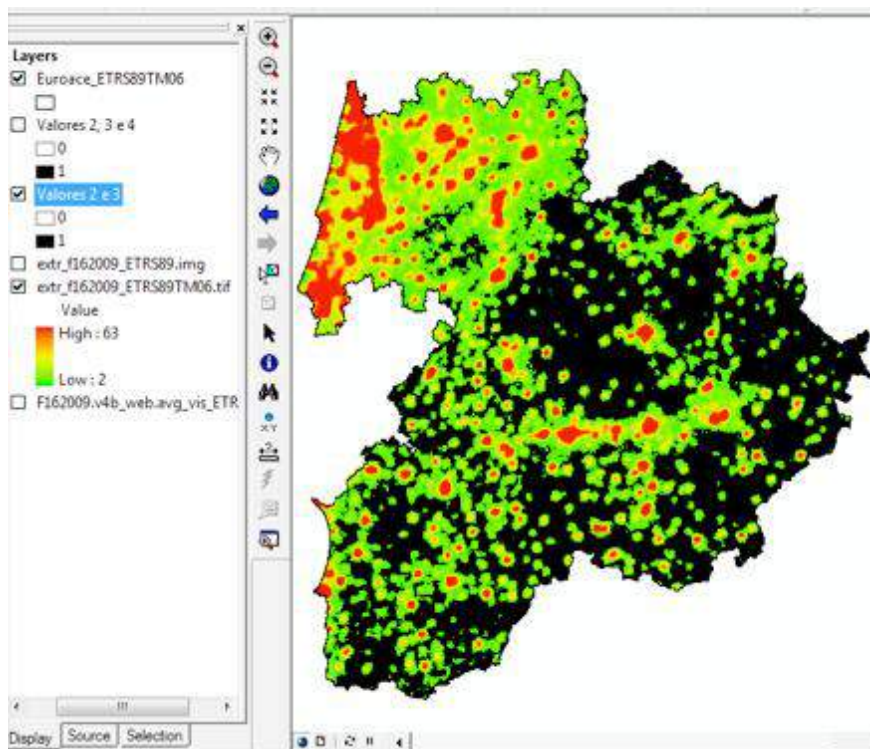


Figura 6. Modelo preliminar del indicador de contaminación lumínica.

IDE-OTALEXC. The big challenge of first Crossborder SDI between Spain and Portugal

1. CONTEXT

2 Countries
3 Regions
92,178 km²
3,356,167 inhab.

Main economic activities:
 Agriculture and Services

Sparsely populated

Important environmental areas

2. WORK

16 years collaborating
 Exchange and harmonization of information
 Consolidated and multidisciplinary team



3. RESULTS

OTALEXC Indicator System

More than 80 indicators generated



www.ideotalex.eu

- Geometry drawing and editing tools
- Tools for citizen participation
- Local media remote administration
- Work with network and local information
- Data harmonization
- Development of analysis tools
- WML load
- KML file load
- GML file load
- CSV file load



Figura 7. Esquema de resultados de la IDE-OTALEX C.

CONCLUSIONES

Actualmente más que nunca, debido a las grandes perturbaciones que afectan a los ecosistemas y tomando por base el conocimiento profundo de los distintos factores ambientales, de su significado ecológico y funcionamiento, es de extrema importancia ahondar en lo posible en ese conocimiento de todos ellos. Los sistemas de indicadores del estado de conservación del ambiente, adquieren una especial importancia ligadas a las actuales alteraciones climáticas. Por otro lado, debe destacarse que es de gran importancia, e incluso indispensable, la conservación y valoración de los hábitats naturales y semi-naturales, al convertirse en verdaderos refugios de biodiversidad, imprescindible para la supervivencia del hombre en la Tierra, contribuyendo con herramientas como la IDE-OTALEX C a la sostenibilidad de estos territorios particulares de clima mediterráneo.

Así, solo será posible recorrer un camino seguro, obteniendo un uso racional, con mayores beneficios y las necesarias garantías de seguridad y estabilidad a lo largo de los años, si hay un fuerte conocimiento del territorio, mediante la aplicación de sólidos principios de conservación y de equilibrio, teniendo presente la perpetuidad y la coherencia de producciones, muchas veces fácilmente armonizable con otras actividades.

AGRADECIMIENTOS

Este trabajo ha sido posible gracias a la colaboración y trabajo proporcionado por el equipo del proyecto 0345_OTALEX_C_4_E y al Programa de Cooperación Transfronteriza España-Portugal (POCTEP) del Fondo Europeo de Desarrollo Regional (FEDER) para el soporte de cofinanciación.

REFERENCIASBIBLIOGRÁFICAS

- ATLAS OTALEX C (2013) In Ceballos, F., M. Puerto, T. Batista e C. Carriço (Coord. Ed.). 2013. DGTOTU. Consejería de Fomento, Vivienda, Ordenación del Territorio y Turismo. Junta de Extremadura. ISBN: 978-84-695-9131-4.
- ATLAS OTALEX II (2011): In Ceballos, F., M. Puerto, T. Batista e C. Carriço (Coord. Ed.). 2011. DGTOTU. Consejería de Fomento, Vivienda, Ordenación del Territorio y Turismo. Junta de Extremadura. Depósito Legal: BA-000292-2011.
- BatistaT., C. Caballero, F. Ceballos, C. Carriço, J. Mateus, H. Lopes, P. Vivas, J. Cabezas ,L. Fernández and C. Pinto-Gomes. (2013): IDE-OTALEX C. The First Crossborder SDI between Portugal and Spain: Background and Development. *Journal of Earth Science and Engineering* 3 (6):393-400.
- Batista, M. T. y Ceballos-Zúñiga, F. (2006): *GEOALEX, Modelo de gestión ambiental y territorial para el área transfronteriza Alentejo-Extremadura*. Agencia Extremeña de la Vivienda, el Urbanismo y el Territorio del Territorio (Junta de Extremadura) Associação de Municípios do Distrito de Évora.(AMDE). Badajoz. España.
- Batista, T. y Ceballos, F. (2006): Geoalex: La cooperación transfronteriza en la Gestión Ambiental y Territorial de los Espacios Rurales de Baja Densidad. In T. Batista, Ceballos, F., Mateos, JA., Vaquero, M. y Flores, Eva., (Coord. Ed.). 2006. *GEOALEX: Modelo de gestión ambiental y territorial para el área transfronteriza Alentejo-Extremadura*. Agencia Extremeña de la Vivienda, el Urbanismo y el Territorio (Junta de Extremadura) y Associação de Municípios do Distrito de Évora (AMDE). ISBN: 84-690-3002-9: Pág.15-23.
- Cabezas, J, Martín, J., Fernández, L., Buyolo, T., Neves, N., Lourenço, M., Fernández, J. I. (2006): Caracterización ambiental del río Gévora. In T. Batista, Ceballos, F., Mateos, JA., Vaquero, M. y Flores,Eva., (Coord. Ed.). 2006. *GEOALEX: Modelo de gestión ambiental y territorial para el área transfronteriza Alentejo-Extremadura*. Agencia Extremeña de la Vivienda, el

Urbanismo y el Territorio (Junta de Extremadura) y Associação de Municípios do Distrito de Évora (AMDE). ISBN: 84-690-3002-7: Pág. 281- 306.

-Cabezas, J., Ramos, V., Ramírez, B., Fernández-Pozo, L., Pinto-Gomes, C., Batista, T. (2013): Agresividad climática. Ensayo en un área adhesionada del territorio Alentejo- Extremadura-Centro (OTALEX C). *Congreso Ibérico de la Dehesa y el Montado*. Badajoz, España, Noviembre 2013.

-GEOALEX a (2006): *GEOALEX: Cartografía Común: Alentejo-Extremadura*. In T. Batista, Ceballos, F., Mateos, JA., Vaquero, M. y Flores, Eva., (Coord. Ed.). 2006. Agencia Extremeña de la Vivienda, el Urbanismo y el Territorio (Junta de Extremadura) y Associação de Municípios do Distrito de Évora (AMDE). ISBN:84-690-3002-9.

-GEOALEX b (2006): *GEOALEX: Modelo de gestión ambiental y territorial para el área transfronteriza Alentejo-Extremadura*. In T. Batista, Ceballos, F., Mateos, JA., Vaquero, M. y Flores, Eva., (Coord. Ed.). 2006. Agencia Extremeña de la Vivienda, el Urbanismo y el Territorio (Junta de Extremadura) y Associação de Municípios do Distrito de Évora (AMDE). ISBN:84-690-3002-7.

-INSPIRE (2007): Directive 2007/2/EC of the European Parliament and of the Council of 14 March 2007 establishing an Infrastructure for Spatial Information in the European Community (INSPIRE). *Official Journal of the European Union*, 25th April 2007.

-Neves, N., Lourenço, M., Cabezas, J., Buyolo, T., Fernández, L., Fernández, J. I., Batista, T., (2006): GESTA- Diseño y desarrollo del modelo de datos espaciales. In T. Batista, Ceballos, F., Mateos, JA., Vaquero, M. y Flores, Eva., (Coord. Ed.). 2006. *GEOALEX: Modelo de gestión ambiental y territorial para el área transfronteriza Alentejo-Extremadura*. Agencia Extremeña de la Vivienda, el Urbanismo y el Territorio (Junta de Extremadura) y Associação de Municípios do Distrito de Évora (AMDE). ISBN: 84-690-3002-7: Pág.253-280.

-OTALEX (2008): *Observatorio Territorial Alentejo Extremadura: Resultados Final del Proyecto*. In Ceballos e T. Batista (Coord. Ed.). 2008. DGTOTU. Consejería de Fomento de la Junta de Extremadura. Depósito Legal:BA-723-2008.

-OTALEX C (2013): *RESULTADOS DEL PROYECTO*. In Ceballos, F., M. Puerto, T. Batista e C. Carriço (Coord. Ed.). 2013. DGTOTU. Consejería de Fomento, Vivienda, Ordenación del Territorio y Turismo. Junta de Extremadura. ISBN:978-84-695-9132-1.

-OTALEX II (2011): *RESULTADOS DEL PROYECTO*. In T. Batista, C. Carriço, Ceballos, F., M. Puerto, (Coord. Ed.). 2011. Comunidade Intermunicipal do Alentejo Centro y Dirección General de Urbanismo y Ordenación del Territorio. Depósito Legal: BA-000365-2011.

-Ramos, V.M., Ramírez, B., Fernández, L., Cabezas, J., Pinto-Gomés, C., Vila-Vicosa, C., Batista, T. (2013). Análisis de la fragmentación de áreas agrícolas en el territorio OTALEX C. In Ceballos, F., M. Puerto, T. Batista e C. Carriço (Coord. Ed.). 2013 *OTALEX C: Resultados del Proyecto*. DGTOTU. Consejería de Fomento, Vivienda, Ordenación del Territorio y Turismo. Junta de Extremadura. ISBN: 978-84-695-9132-1: Pág.113-136.

-Rodríguez, A., Abad, P., Alonso, J.A., & Sánchez, A. (2006): La Infraestructura de Datos Espaciales de España (IDEE): un proyecto colectivo y globalizado. *Jornadas Técnicas de la IDE en España*. Castellón.

-Vivas, P., Álvarez, R., Mateus, J., Pavo, M.F., Rubio, J.M, González, J., Soriano, M., Caballero, C., Aparicio, A., Batista, T., Carrico, C., Cabezas, J., Fernández, L., Jiménez, A., Gamero, U., Rojas, M., Paniagua, A., López, J., Lagar, D., Pérez, M., Carreira, D., Patricio, J., Serra, L., Fernández, P., Quinta-Nova, L. (2013): Resultados del grupo de trabajo de Tecnologías avanzadas IDE del proyecto OTALEX C. In Ceballos, F., M. Puerto, T. Batista e C. Carriço (Coord. Ed.). 2013 *OTALEX C: Resultados del Proyecto*. DGTOTU. Consejería de Fomento, Vivienda, Ordenación del Territorio y Turismo. Junta de Extremadura. ISBN: 978- 84-695-9132-1: Pág.223-237.

COMARCALIZACIÓN Y ORDENACIÓN TERRITORIAL EN EXTREMADURA

Ángela M^a Engelmo Moriche

Estudiante de posgrado del Departamento de Arte y Ciencias del Territorio, Universidad de Extremadura,

anengelmo@alumnos.unex.es

RESUMEN.

Estudiar la Comarcalización y la Ordenación territorial de Extremadura es esencial para comprender como se estructura el espacio. Tradicionalmente, Extremadura ha sido considerada como una región desordenada y desarticulada, a pesar de los diferentes tipos de paternariados o comarcalizaciones que presenta actualmente, se ha mantenido esta descentralización administrativa. Por ello, en este proyecto se pretende conocer cada una de las tipologías, tanto rurales como rural-urbanas que existen en la región: Mancomunidades, GAL, Partidos Judiciales, Comarcas Agrarias, Comarcas Turísticas, Áreas Sanitarias y Distritos Educativos. Es por ello que estudiaremos cada uno de los paternariados para así detectar cada una de las duplicidades existentes y analizar cómo afecta a la población extremeña.

Palabras Claves: paternariados, comarcalización, duplicidades, Mancomunidades.

ABSTRACT.

The study of the Territorial Division and Planning of Extremadura is essential to understand how the space is structured. Traditionally, Extremadura was considered a disordered and disjointed region. Currently, despite the different types of existing partnerships, this administrative decentralization has been kept. Therefore, this project expects to know and study each of the types, both rural and rural-urban ones, present in the region: Association of Municipalities, GAL, Judicial Districts, Rural Regions, Tourist Regions, Health Areas and Educational Regions. Consequently, each of the partnerships will be studied to identify the existing duplications and analyze how these duplications affect people in the region.

Key Words: partnerships, duplications, Association of Municipalities.

1. INTRODUCCIÓN.

La Ley 7/1985, del 2 de Abril, de Bases del Régimen Local (LBRL) en el artículo 42, del Título IV “Otras entidades locales”, declara que “las Comunidades Autónomas (CC.AA.), de acuerdo con lo dispuesto en sus respectivos Estatutos, podrán crear en su territorio Comarcas u Otras Entidades que agrupen varios Municipios, cuyas características determinen intereses comunes con una gestión propia o demanden la prestación de servicios en dicho ámbito”.

Por lo que podemos definir las comarcas como “agrupaciones de municipios para la gestión de intereses comunes y la prestación de servicios dentro de su ámbito territorial”. Autores como Sánchez Zabala (1992) exponen que el concepto de comarca se encuentra íntimamente ligado al de Región, tanto por sus objetivos materiales y formales, como por sus principios epistemológicos, metodológicos y de finalidad. La diferencia entre ambas es una cuestión de escala, ya que cuando el geógrafo habla de comarca, casi siempre se refiere a pequeñas regiones (Higueras Arnal, 1976 cit. por Sánchez Zabala, 1992).

En España, la Constitución de 1978 da a las Comunidades Autónomas la competencia sobre la creación de Comarcas y es, a raíz de este momento, cuando se produce un interés por estas divisiones administrativas. Durante el desarrollo de los estatutos autonómicos, muchas CC.AA. decidieron incluir la posibilidad de crear una división administrativa comarcal, sin embargo; son pocas las comunidades que han resuelto desarrollarlas (Tabla 1):

- Aragón: *Ley 10/1993, de 4 de noviembre de Comarcalización de Aragón.*
- Castilla y León: en 1991 la Junta reconoció oficialmente la comarca de El Bierzo, creando para ella un Consejo Comarcal, es la única comarca reconocida por Ley en Castilla y León.
- Cataluña: *Ley 6/1987, de 4 de abril, de la Organización Comarcal de Cataluña.*
- Galicia: *Ley 7/1996, de 10 de julio, de Desarrollo Comarcal.*
- País Vasco: *Normal Foral, 63/1989, de 20 de noviembre de Cuadrillas.* Solo se han llevado a cabo en la provincia de Álava.

Comunidad Autónoma	Comarcas	Municipios totales	Municipios miembros	% de la población
Aragón	33	730	717	31%
Castilla y León	1	2247	37	1.60%
Cataluña	44	947	947	100%
Galicia	53	314	314	100%
País Vasco (Álava)	7	51	51	100%

Tabla 1. Comunidades Autónomas y sus Comarcas. Fuente: Elaboración Propia

Son muchos los autores que han estudiado las comarcalizaciones, entre ellos el anteriormente mencionado Sánchez Zabala que publicó “Comarcas funcionales y ordenación territorial de Extremadura” (1992). Muchos de los estudios que podemos encontrar sobre comarcas se limitan a aquellas comunidades que poseen dichas delimitaciones territoriales, sin embargo algunos autores como Rodríguez Gutiérrez, Menéndez Fernández y Cadenas Nevado (2005) han analizado las comarcas en España como una forma de superar las limitaciones de los mapas municipales. Por último, también destacamos a autores como López Vizcaíno y Sánchez Fernández (2009) que han estudiado la calidad de vida en las comarcas gallegas, o a Gal Crespo (1989) que ha analizado los problemas de las comarcas en Cataluña, o a Boné Pueyo (2003) por su estudio del territorio y el futuro de las comarcas aragonesas.

En este trabajo vamos a analizar las duplicidades territoriales de los paternariados existentes en la región. Extremadura es un territorio muy diverso, con fuertes contrastes y con una organización territorial complicada donde las duplicidades tienen un impacto negativo en la población y frenan el desarrollo territorial. Observaremos y analizaremos cada una de las duplicidades, así como la legislación y los objetivos de cada una, para posteriormente presentar los resultados obtenidos. Nos planteamos el interés de este estudio por la situación de crisis que se vive en la actualidad y que obliga a los gobiernos a reducir sus gastos en diversas materias, entre ellas la ordenación territorial. La existencia de

2.2 Grupos de Acción Local.

Los Grupos de Acción Local (GAL) son agrupaciones de municipios que se han desarrollado a través de las Iniciativas LEADER y los Programas PRODER desde los años 90. Su principal objetivo es producir un desarrollo territorial endógeno, innovador, descentralizado y gestionado por la población local, de forma que se diversifiquen las actividades económicas y se favorezca el empleo (Nieto y Gurría, 2010).

Con la puesta en marcha del LEADER I se crea en Extremadura los 4 primeros GAL: Alcántara, La Serena, Valle del Jerte y Sierra de Gata. Se configuraron como entidades sin ánimo de lucro con una participación económica y social tanto pública como privada, tienen personalidad jurídica propia y autonomía para su gestión y administración. Tras finalizar el LEADER I se pone en marcha la Iniciativa Comunitaria LEADER II (1995-2000), cuyo objetivo principal era diversificar las actividades económicas fomentando alternativas de actividades que generen rentas y empleos, para contribuir al mantenimiento de la población en el medio rural, mediante la participación activa de los GAL.

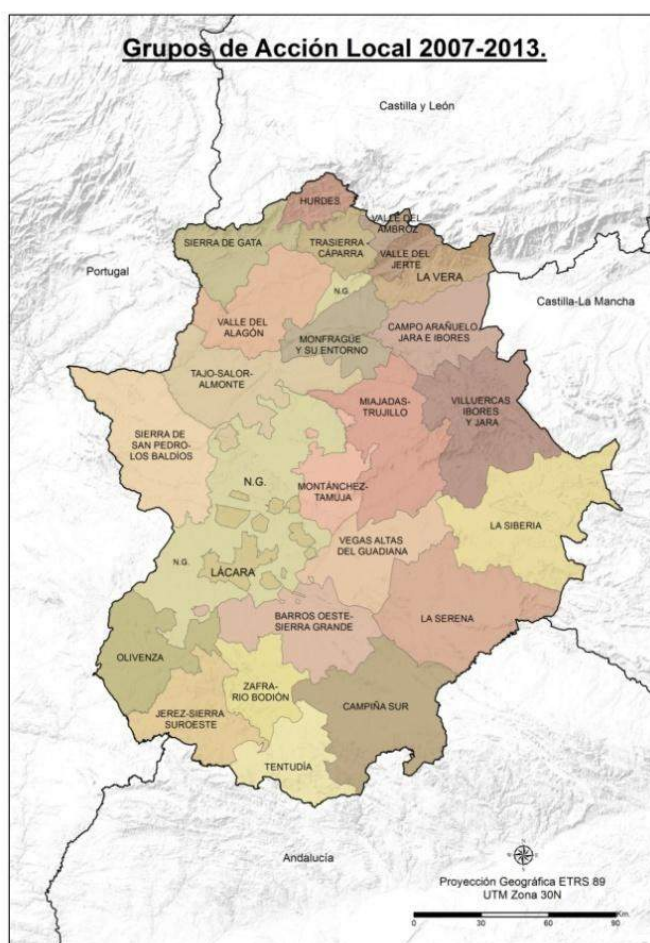


Figura 2. Grupos de Acción Local. Fuente: Base Cartográfica Nacional 1:200.000. Elaboración Propia.

En 1996 se pone en marcha el programa Operativo PRODER (Programa Operativo de Desarrollo y Diversificación Económica de Zonas Rurales 1996-2001) integrado en el Marco Comunitario de Apoyo para las intervenciones estructurales en las regiones españolas Objetivo nº1 (Nieto, 2007). Los objetivos de este programa son similares a los del LEADER II por lo que su ámbito de actuación se desarrolló en aquellas zonas donde no se pudo desarrollar LEADER II. En total para este periodo el número de GAL ascendió a 22, 10 LEADER y 12 PRODER. En el año 2000 surgieron LEADER + y PRODER II (2000-2006) que ampliarían el número de GAL hasta 24. Estas dos nuevas iniciativas surgen con el objetivo de replantear las potencialidades de los territorios y para dar acogida, al mismo tiempo, a la creciente demanda de la población en diversas materias como por ejemplo en empleo.

Para este periodo, la Junta de Extremadura consideró promover de nuevo el modelo de desarrollo PRODER, denominado en este caso PRODER II. El objetivo principal era el desarrollo endógeno y sostenido del medio rural, el fortalecimiento y diversificación de su economía, el mantenimiento de su población, la elevación de las rentas y el bienestar social de sus habitantes, junto a la conservación de los espacios y los recursos naturales (Nieto, 2007). Para el nuevo periodo 2007-2013 se ponen en marcha los Programas de Desarrollo Rural, cuyo objetivo es lograr la diversificación económica y fijar la población en los espacios rurales (ver Figura 2).

2.3. Comarcas Agrarias.

En 1970 el antiguo Ministerio de Agricultura inició la distribución de la superficie nacional en comarcas agrarias, con la intención de agrupar el territorio en “*Unidades especiales intermedias entre la provincia y el municipio que sin personalidad jurídico-administrativa alguna, tuvieran un carácter uniforme desde el punto de vista agrario, que permitiera utilizarlas como unidades para la planificación y ejecución de la actividad del Ministerio y para la coordinación de sus distintos Centros Directivos*”. En 1976 la Secretaría General Técnica publicó el documento “Comarcalización Agraria de España” que materializaba la distribución de la superficie española en 322 comarcas agrarias. Pero tras la entrada de España en la UE y la aplicación de las medidas de la Política Agraria Comunitaria (PAC) hubo que adaptarlas. En 1996 la Secretaría General Técnica del Ministerio de Agricultura, Pesca y Alimentación (En la actualidad Ministerio de Agricultura, Alimentación y Medio Ambiente) publicó la nueva “Comarcalización Agraria” en donde se establecían 326 comarcas agrarias para todo el territorio español. Esta distribución es la que se mantiene todavía en la actualidad (Fernández González, 2014). Para el territorio extremeño se designaron 22 Comarcas Agrarias, 15 en la Provincia de Badajoz y 7 en la Provincia de Cáceres (ver Figura 3).

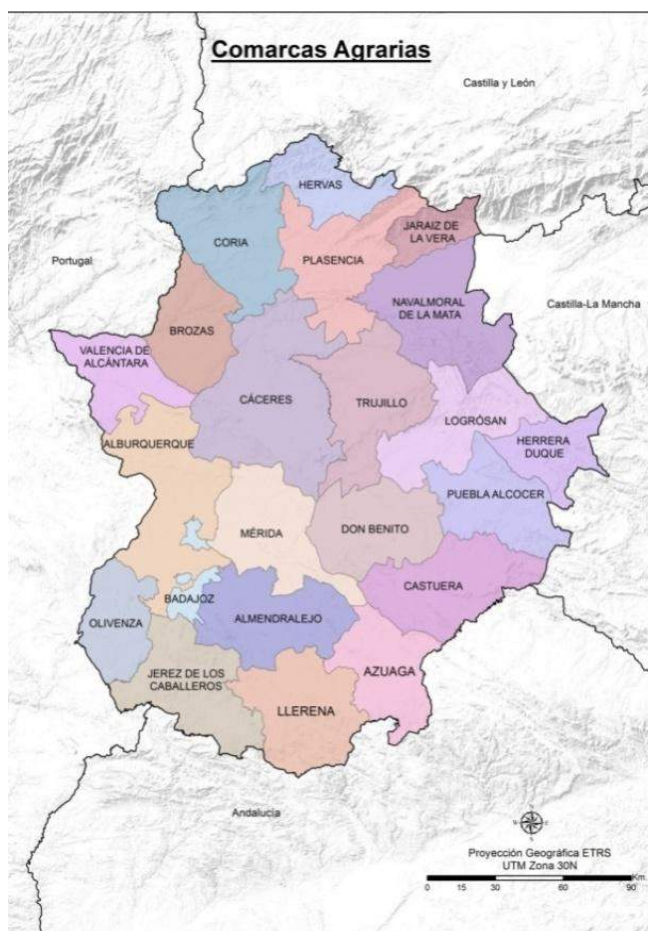


Figura 3. Comarcas Agrarias. Fuente: Base Cartográfica Nacional 1:200.000. Elaboración Propia.

2.4. Partidos Judiciales.

La Ley Orgánica 1/2011, de 28 de enero, de reforma del Estatuto de Autonomía de la Comunidad Autónoma de Extremadura, insta a que la Comunidad Autónoma fijará las demarcaciones territoriales en Extremadura y su localización de acuerdo en lo establecido en la Ley Orgánica del Poder Judicial. En la Ley Orgánica del Poder Judicial, Ley Orgánica 6/1985, de 1 de julio, del Poder Judicial, se establece que las Comunidades Autónomas no determinarán la capitalidad de los partidos judiciales, sino que aquellos municipios que ya actuasen antes de la entrada en vigor de la Ley como cabecera de juzgado serán reconocidos como tal, en el caso de que existieran varios, el municipio en el que radicasen más Juzgados de Primera Instancia e Instrucción será la cabecera de juzgado de distrito. En la Comunidad Autónoma de Extremadura existe un total de 21 Partidos Judiciales, correspondiendo 14 a la provincia de Badajoz y 7 a la provincia de Cáceres (ver Figura 4).

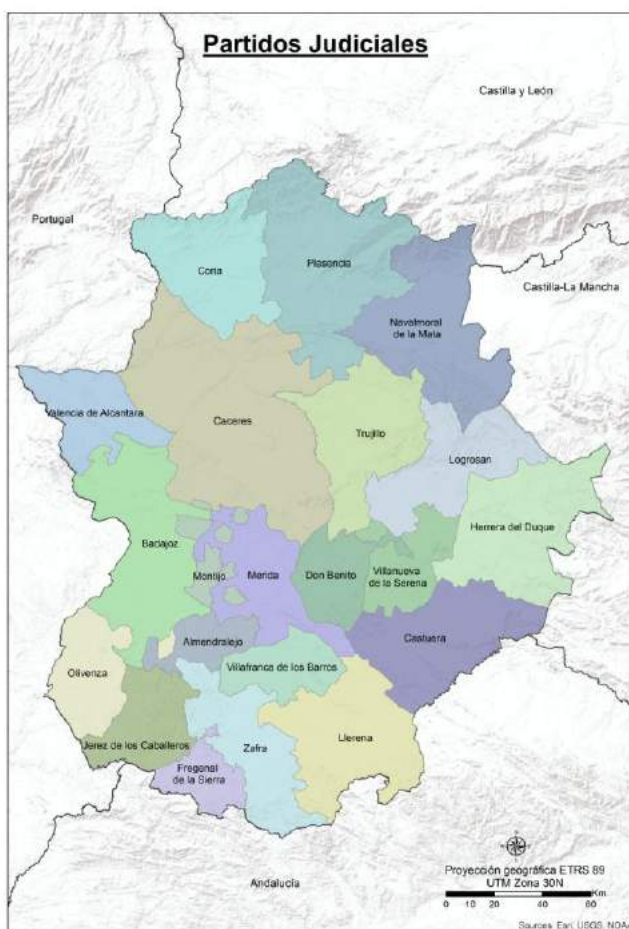


Figura 4. Partidos Judiciales. Fuente: Base Cartográfica Nacional 1:200.000. Elaboración Propia.

2.5. Comarcas Turísticas de Diputación.

Las Comarcas Turísticas son delimitaciones o divisiones territoriales realizadas por las Diputaciones Provinciales. La Diputación de Badajoz desarrolló las comarcas turísticas mediante Planes Estratégicos enmarcados dentro de las acciones realizadas por el Área de Igualdad y Desarrollo Local (AIDL). La Diputación de Cáceres, a diferencia de la Diputación de Badajoz, no ha desarrollado sus propias comarcas turísticas, sino que los proyectos de dinamización turística se realizan mediante agrupaciones de los organismos ya existentes, como son los GAL y las mancomunidades.

El AIDL de la Diputación de Badajoz tiene como objetivo lograr el desarrollo equilibrado y sostenible de la provincia de Badajoz mediante servicios de formación, planificación estratégica, información geográfica y diseño y gestión de proyectos. Uno de los ejes centrales del AIDL es la generación

de proyectos para el desarrollo de los municipios, basada en el diseño de políticas de desarrollo local en la que se definan los objetivos, las líneas estratégicas, los programas operativos y los planes de acción. El Programa de Dinamización Comarcal, dentro del cual se integra los Planes Estratégicos Comarcales, forma parte del Plan de Objetivos de la Diputación para el periodo 1999 al 2003 que apostaba por la modernización de las instituciones y de las Entidades Locales. Uno de los objetivos principales era desarrollar y promover un estilo de trabajo en Red a nivel provincial, que permitiera la colaboración y el apoyo entre la Diputación y los municipios, con un planteamiento de “abajo-arriba”. La intención no era crear nuevos niveles burocráticos, sino trabajar con los Ayuntamientos y los Agentes de Desarrollo Local, así como con las empresas, tanto públicas como privadas, de los municipios. Por ello, se consideró que las comarcas eran los instrumentos idóneos para conseguir los objetivos marcados. Se desarrollaron 11 comarcas (ver Figura 5).

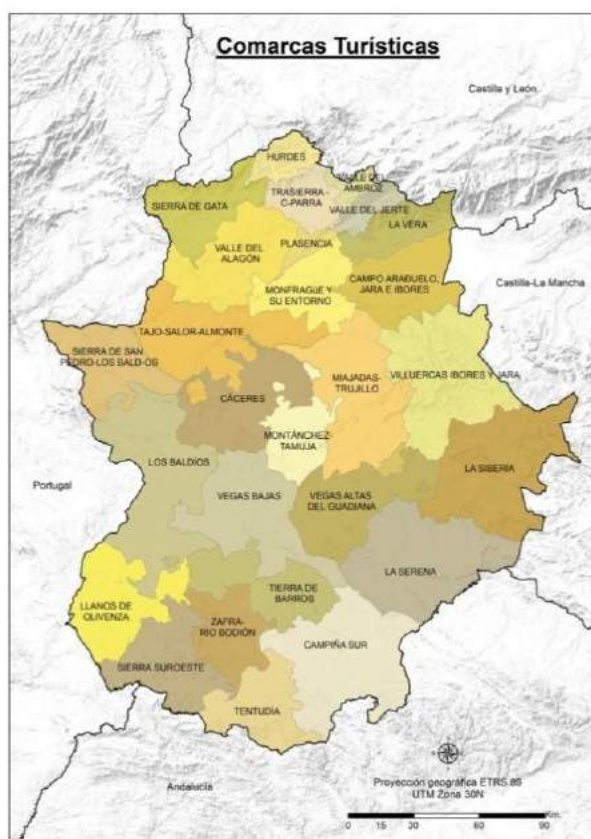


Figura 5. Comarcas Turísticas. Fuente: Base Cartográfica Nacional 1:200.000 y Diputación de Badajoz. Elaboración Propia.

2.6. Áreas de Salud.

La Ley 14/1986, de 25 de abril, Ley General de Sanidad, establece, en el artículo 41 del Título II, que las competencias en materia de asistencia sanitaria serán administradas por las CCAA. Esta misma ley instaura, en el Título III, la estructura del sistema sanitario público, el cual estará compuesto por un Sistema Nacional de Salud, administrado por el Estado, y un Servicio de Salud, competencia de las Comunidades Autónomas, con su correspondiente ordenación territorial. El artículo 51 de la Ley 14/1986 establece que los Servicios que se creen en las CCAA serán planificados en relación a las necesidades y recursos sanitarios de cada territorio y en base a unas demarcaciones geográficas que dividan todo el territorio. Estas demarcaciones son denominadas como Áreas de Salud y Zonas de Salud. La Comunidad Autónoma de Extremadura se encuentra delimitada en 8 Áreas de Salud y 113 Zonas de Salud (ver Figura 6).

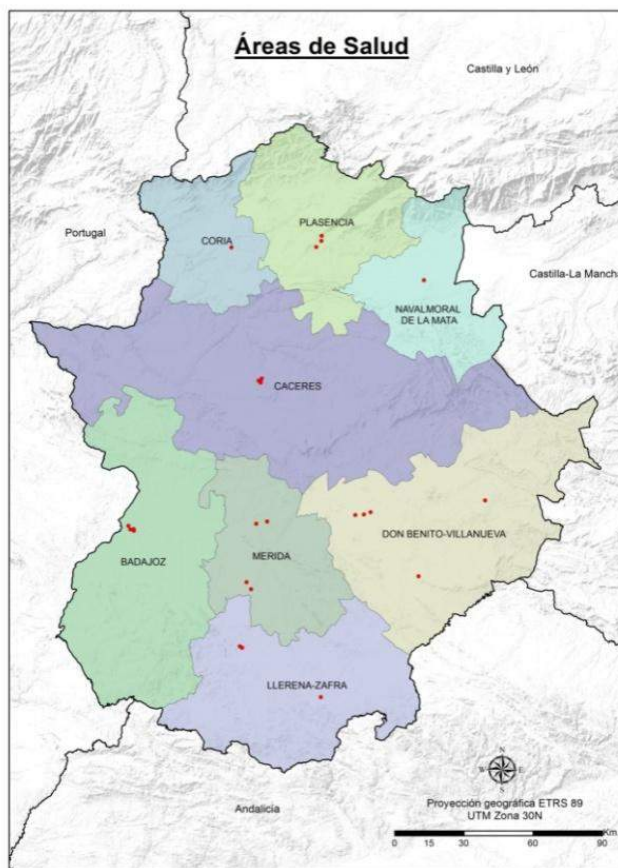


Figura 6. Áreas de Salud. Fuente: Base Cartográfica Nacional 1:200.000 y Consejería de Sanidad y Política Social del Gobierno de Extremadura. Elaboración Propia.

2.7. Distritos Educativo.

La Ley 4/2011, de 7 de marzo, de Educación de Extremadura tiene por objetivo regular el modelo educativo extremeño, en ejercicio de las competencias asumidas en el Estatuto de Autonomía de Extremadura y en desarrollo de las normas básicas aprobadas por dicho Estatuto, para alcanzar una educación de calidad fundada en la equidad, en la igualdad de oportunidades y en la participación social, en el marco del sistema educativo español. Esta Ley establece la estructura territorial de la comunidad en Distritos Educativos. Los distritos son fijados o establecidos por el Gobierno de Extremadura teniendo en cuenta el criterio de proximidad a los ciudadanos, así como a la agrupación de territorios pertenecientes a una misma comarca natural, a áreas de prestación de servicios u otros factores de carácter económico o social. De tal forma que estos distritos establecen una organización en agrupaciones de municipios, donde se presten los mismos servicios (Nieto y Cárdenas, 2013). Para estructurar el territorio en distritos se empleó el modelo ya utilizado para la distribución de las Áreas de Salud. El Mapa Educativo de Extremadura quedó configurado en 8 Distritos, 4 en la Provincia de Badajoz y 4 en la Provincia de Cáceres (ver Figura 7).

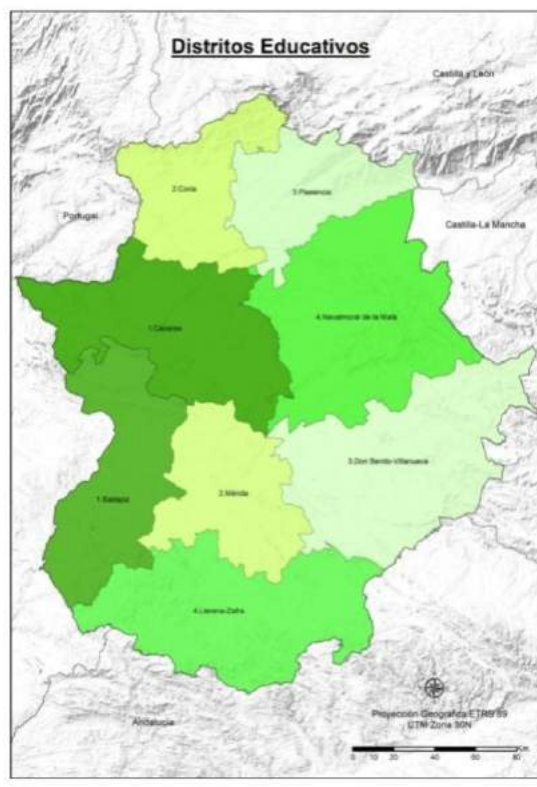


Figura 7. Distritos Educativos. Fuente: Base Cartográfica Nacional 1:200.000 y Consejería de Educación del Gobierno de Extremadura. Elaboración Propia.

3. METODOLOGÍA Y RESULTADOS.

A lo largo de la historia la región extremeña ha venido buscando una ordenación territorial con tres objetivos: corregir los desequilibrios territoriales, localizar las actividades humanas en el territorio y fijar la población en las zonas rurales. Para ello, se han ido llevando a cabo diversas delimitaciones que permitirían, teóricamente, acercar los servicios y los equipamientos a la población. Sin embargo estas siete delimitaciones no han conseguido sus objetivos.

Una vez situados los límites de cada uno de los paternariados se ha observado que existen duplicidades en las delimitaciones. Para poder comprobar el grado de solapamiento se optó, en primer lugar, por una superposición con colores combinados, sin embargo, este primer resultado se descartó por falta de precisión de los datos obtenidos (ver Figura 8).

Partiendo de la idea de buscar la mejor representación posible de las duplicidades, se optó por realizar un análisis geográfico básico utilizando, para ello, el cálculo de las intersecciones geométricas (*Intersect*) de dos en dos capas de duplicidades, es decir, se combina siempre la capa de las mancomunidades, ya que es el paternariado base, con una de las seis delimitaciones restantes. Cuando aplicamos la herramienta *Intersect* a dos capas, la capa que se obtiene como resultado es el contenido que se solapa en las dos capas más la combinación de las tablas de atributos de las dos capas que se especifiquen en la operación, es decir, la nueva capa contiene los atributos de las dos capas que intersecan.

Tras generar las nuevas capas, se deben aislar las zonas coincidentes de las no coincidentes. La tabla de atributos de la nueva capa nos da las claves para saber qué zonas coinciden ya que duplica la información para dichas zonas. Por ello, se elaboró una nueva columna dentro de la tabla de atributos para clasificar dichas zonas. La clasificación utilizada tiene dos valores 0 y 1, siendo 0 las zonas duplicadas y 1 las zonas sin duplicidades. Una vez, que este método fue realizado en todas las capas, se aisló las zonas con valor 1 y se eliminaron de las capas, quedando por tanto solo las zonas con valor 0. Para la representación de las duplicidades se escogió el mismo color y se superpusieron unas capas a otras, obteniendo el siguiente resultado que podemos ver en la Figura 9.



Figura 8. Duplicidades Resultado 1. Fuente: Base Cartográfica Nacional 1:200.000. Elaboración Propia.

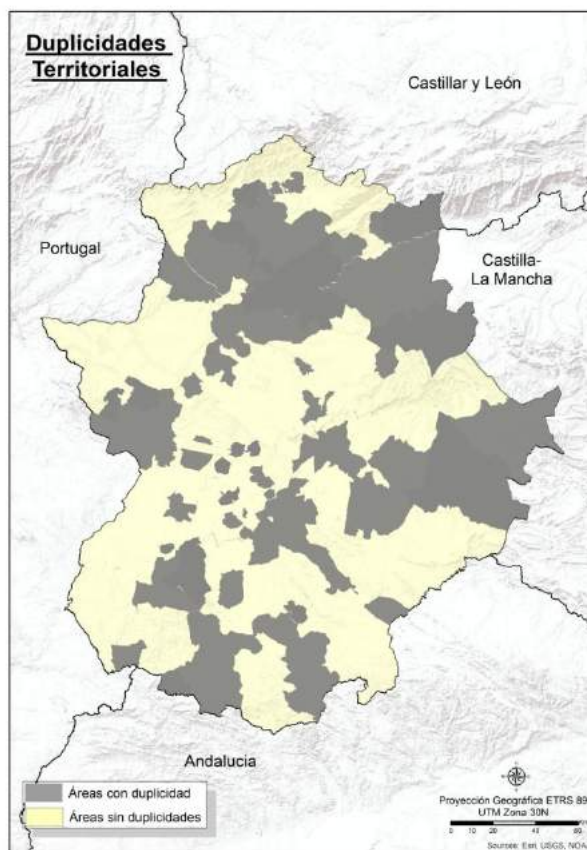


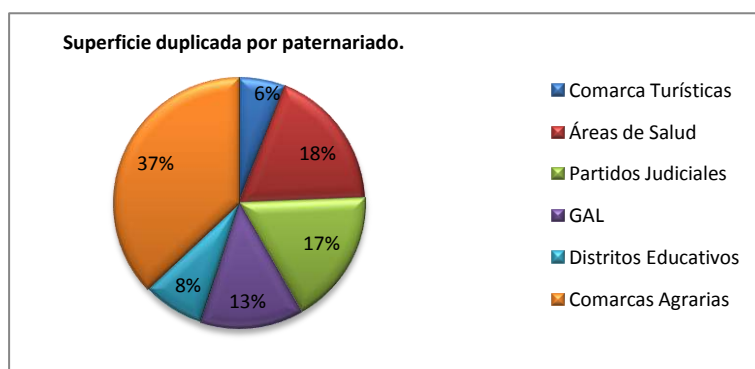
Figura 9. Duplicidades Resultado Final.

Tras la obtención de las duplicidades, se plantearon tres preguntas más: *¿Cuál es la superficie total que se ve afectada por las duplicidades?*, *¿Cuánta es la población afectada?* *¿Qué paternariado se ve más afectado?* A continuación se va a responder a dichas cuestiones.

La primera pregunta es sencilla, ya que el programa que estamos usando nos permite calcular el área en el que estamos trabajando en base a la tabla de atributos, pero para ello, primero se comprobó zona por zona, para evitar las zonas coincidentes de cada uno de los paternariados. Una vez limpiada la capa se observa que existen un total de 53 zonas solapadas lo que correspondería con un 45% del territorio extremeño. Es decir, un 45% de la región tiene paternariados solapados, viéndose afectados 211 municipios, lo que supondría el 54,5% de los municipios extremeños. Este resultado nos lleva a su vez a la obtención de la segunda repuesta *¿Cuánta es la población afectada?* La población afectada asciende a un total de 410.230 lo que supone un 37.16% de la población. Esto es debido a que la mayor parte de la población extremeña vive en zonas urbanas como Badajoz, Cáceres y Mérida que quedan fuera de algunos paternariados como por ejemplo las Mancomunidades y los Grupos de Acción local.

La tercera y última pregunta es esencial para afirmar la existencia de las duplicidades. En el gráfico 1, se muestran las superficies afectadas de cada paternariado. Como se puede observar el paternariado más afectado es el de las Comarcas Agrarias, con un 37% de su superficie, seguido de las Áreas de Salud y los Partidos Judiciales con un 18% y un 17% de su superficie. El paternariado menos afectado son las Comarcas Turísticas con un 6% de su superficie, cabe mencionar que solo se han desarrollado las comarcas de Badajoz y que los proyectos turísticos en la provincia de Cáceres se hacen en base a las delimitaciones de las Mancomunidades o de los Grupos de Acción Local (ver Gráfico 1 y Figura 10).

Gráfico 1. Superficie duplicada por paternariado.



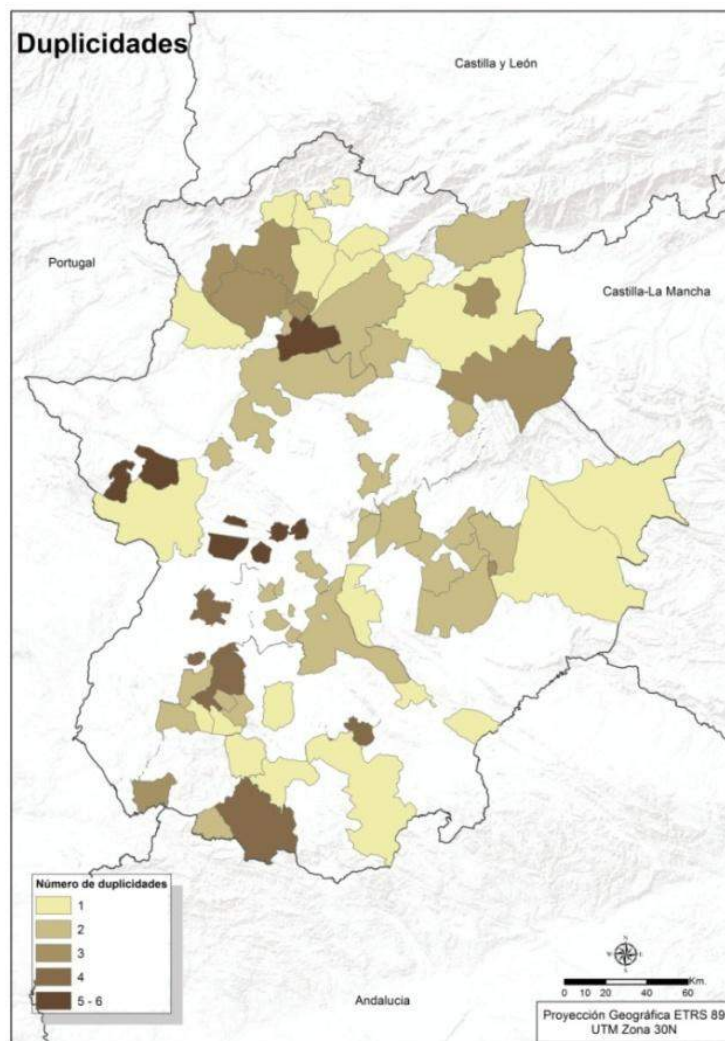


Figura 10. Número de duplicidades por zona. Fuente: Base Cartográfica Nacional 1:200.000. Elaboración Propia.

4. CONCLUSIONES.

Estudiar la ordenación territorial es esencial para comprender como se estructura y vertebrada un territorio. Como ya sabemos, Extremadura ha sido considerada como una región desordenada y desarticulada que, pese a las delimitaciones existentes hoy día, no ha conseguido una centralización administrativa. Las delimitaciones no se han abordado de una manera unificada, pues no existe una verdadera ley de ordenación territorial por lo que se produce una diversidad de criterios a la hora de realizarlas, de esta manera nos encontramos con mancomunidades integrales de desarrollo, grupos de acción local, partidos judiciales, comarcas agrarias, comarcas turísticas, distritos educativos y áreas de salud. Esta diversidad de criterios ha generado una serie de duplicidades y de conflictos de intereses, ya que muchas de estas agrupaciones se ven inmersas en decisiones políticas que en algunas ocasiones no les permite una continuidad en lo que respecta a sus actividades. Esto ocurre sobre todo en las mancomunidades integrales de desarrollo ya que al ser agrupaciones voluntarias de municipios el cambio de signo político en los Ayuntamientos miembros puede generar conflictos de interés y poner en riesgo la agrupación. La disolución de una de estas asociaciones es desastrosa para el territorio, ya que además de dejar de prestar sus servicios suelen dejar una deuda entre las empresas de la zona que tardarán demasiado tiempo en cobrar.

Otro acontecimiento reseñable, es la creación por parte de la Diputación de Badajoz de comarcas turísticas mientras que la Diputación de Cáceres no las ha desarrollado, poniendo de manifiesto, nuevamente, la falta de entendimiento entre instituciones políticas que deberían entenderse para conseguir una oferta turística unificada para la comunidad extremeña y que de verdad repercuta en un aumento del turismo en la Comunidad Autónoma. Las comarcas agrarias suponen otro ejemplo de cómo la vo-

luntad política es la que regula muchas veces estos paternariados, ya que, debido al momento de crisis económica actual las fuerzas políticas abogan por un recorte de personal y de oficinas agrarias.

Otras de las delimitaciones a mejorar son las áreas de salud, a pesar del gran número de hospitales en Extremadura algunas zonas aisladas como los municipios de las Villuercas tardan demasiado en llegar a los hospitales, por lo que, sería necesario una reestructuración que permitiese a los habitantes de estos territorios desplazarse a los hospitales más cercanos independientemente de la provincia en la que se encuentren. Uno de los paternariados que cumple correctamente con su función son los distritos educativos, que aseguran la cercanía de los centros educativos a todos los municipios. No obstante esta división también tendrá que ser fruto de una reestructuración en el futuro, ya que la falta de personas en edad escolar en algunas zonas hará inviable el mantenimiento de los centros educativos.

En lo que respecta a los GAL, son asociaciones que intentan poner de acuerdo a todos los agentes sociales tanto públicos como privados de los municipios miembros, para ello siguen una Metodología LEADER que consiste en revitalizar las señas de identidad de los pueblos, recuperar el patrimonio cultural y etnográfico y valorar los recursos locales como instrumentos para mejorar la calidad de vida y el bienestar de la población, en otras palabras, busca el desarrollo de su zona mediante la utilización de los recursos endógenos. Pero esto no es una tarea sencilla, ya que poner a trabajar a todos en la misma dirección muy pocas veces se consigue, un ejemplo de lo que se puede conseguir mediante este trabajo en conjunto lo podemos ver la zona de Villuercas-Ibores-Jara que ha conseguido la declaración de su territorio como Geoparque, un figura reconocida internacionalmente y que en España solo existe una más. La última división territorial serían los Partidos Judiciales, como en cualquier país democrático esta división se encuentra al margen de intereses políticos. Su objetivo es acercar a la población los órganos de justicia, las delimitaciones existentes son suficientes, por lo que el acceso a la justicia de cualquier ciudadano extremeño está garantizada.

Las duplicidades de servicios repercuten negativamente en el 37.16% de la población, que no saben a dónde tienen que ir para obtener un determinado servicio; y afecta a casi la mitad del territorio frenando el desarrollo territorial y disparando los gastos y la burocracia. Estas duplicidades se crearon debido a que muchas de las divisiones se realizaron sin tener en cuenta los órganos de trabajo ya existentes y las preferencias de la población. Por lo que sería recomendable la creación de un sistema funcional delimitado por las características físicas y socio-económicas de los territorios, teniendo en cuenta el futuro de las mismas y dejando de lado intereses políticos y disputas absurdas entre municipios, para conseguir de esta forma un ahorro y mejora de los recursos y de su gestión, traducándose esto en una mejora de la calidad de vida de la población extremeña.

5. BIBLIOGRAFÍA.

Atlas socioeconómico de Extremadura, Vicepresidencia Segunda y Conserjería de Economía, Comercio e Innovación, Junta de Extremadura, 2009.

Frutos Mejías, M.L. (1988): Caracterización geoeconómica de Extremadura. *Seminario de Estudios Cacerenses*, pp. 13-14: 126-161.

Gómez Orea, D.: *Ordenación del Territorio*, Madrid, Mundi-Prensa. 2.ªEd. 2008.

Mancomunidades Río Bodión (2008): *La Mancomunidad Río Bodión y el proceso de Mancomunidades Integrales de Extremadura*.

Ministerio de Agricultura (1978): *Tipificación de las Comarcas Agrarias Españolas*. Madrid.

Nieto, A. y Gurría, J.L.: Las políticas rurales europeas y su impacto en Extremadura, *Boletín de la Asociación de Geógrafos Españoles*, nº48, (2008), pp. 225-246 <<http://age.ieg.csic.es/boletin/48/09%20NIETO.pdf>>. [07-Enero-2014].

Nieto, A. y Gurría, J.L.: Análisis de la población de los programas de desarrollo rural en Extremadura mediante sistemas de información geográfica, *Revista Cuadernos Geográficos*, Universidad de Granada, nº 36, (2005) <<http://www.ugr.es/~cuadgeo/docs/articulos/036/036-029.pdf>>. [07-Enero-2014].

Riera Figueras, P.; HASS, C.; AMER CAPDEVILLA, C. y VILAPLANA, V. (2005): Las Mancomunidades en España. *Boletín Oficial de la A.G.E.* Nº39 pág: 151-176.

Sánchez Zabala, R. (1992): *Comarcalización funcional y ordenación del territorio en Extremadura*. Cáceres.

Decreto-Ley 3/2014, de 10 de junio, por el que se modifica la ley 17/2010, de 22 de diciembre, de mancomunidades y entidades locales menores de Extremadura.

Decreto 136/2014, de 1 de julio, por el que se modifica el Decreto 118/2012, de 29 de junio, por el que se regulan las bases para la distribución del fondo de cooperación para las Mancomunidades Integrales de Municipio de Extremadura y se procede a la primera convocatoria.

Ley 7/1985, del 2 de abril, de Bases del Régimen Local.

Ley 7/1996, de 10 de julio, de Desarrollo Comarcal.

DINÁMICA EXPERIMENTADA POR LOS USOS DEL SUELO EN MANZANARES EL REAL (MADRID): 1990-ACTUALIDAD

Macarena García Manso

Estudiante de posgrado del Departamento de Arte y Ciencias del Territorio, Universidad de Extremadura,

macarenamanso@gmail.com

RESUMEN

La finalidad perseguida a través de este artículo ha sido la de observar los cambios de usos de suelo que se han producido en el municipio madrileño de Manzanares El Real, ubicado al noroeste de la Comunidad, durante los últimos veinte años y, asimismo, determinar los usos actuales. Uno de los requisitos básicos en cualquier estudio del tipo que hemos realizado requiere el conocimiento del tipo de superficie, siendo necesario, por tanto, disponer de mapas de coberturas terrestres del área en cuestión. En este sentido, es necesario resaltar la gran importancia que presentan para estos estudios las tecnologías de la información geográfica, ya que nos facilitan y complementan la obtención y representación de información, todo ello, además, conjugado con el pertinente trabajo de campo, aspecto primordial para obtener un resultado óptimo y que fue realizado para contrastar los datos de los que partíamos en el momento inicial.

Palabras clave: cambios de usos del suelo, Manzanares el Real, tecnologías de la información geográfica, aplicaciones, Madrid.

ABSTRACT

The aim of this study has been to observe the land use changes that have occurred in Manzanares El Real, municipality in the north of Madrid, for the last twenty years and also determine the current uses. One of the basic requirements in any study like this, requires knowledge of the type of surface, being necessary, therefore, to have maps of land cover of the selected area. In this regard, we must emphasize the great importance of these studies presented for the technologies of geographic information because they facilitate and complement the collection and representation of information, all further conjugated to the relevant field work, key aspect for best results and it was carried out to compare the initial data.

Key Words: land use changes, Manzanares el Real, geographic information technologies, applications, Madrid.

1. INTRODUCCIÓN

En primer lugar y antes de adentrarnos en el desarrollo del proyecto TIG que nos ocupa a lo largo de este documento y que se encuentra relacionado con el municipio madrileño de Manzanares El Real, ubicado al noroeste de la comunidad, se establecerán una serie de pautas que nos guiarán para, en última instancia, alcanzar nuestro objetivo inicial: observar los cambios de usos de suelo que han tenido lugar en el municipio ya mencionado durante los últimos veinte años y, asimismo, determinar los usos actuales. Las tecnologías de la información geográfica, en su condición de herramientas interdisciplinarias, junto con el imprescindible trabajo de campo, forman un tándem idóneo que nos permite lograr la obtención de resultados óptimos en el ámbito sometido a estudio.

Etapas a seguir dentro del proyecto TIG:

1. Identificación de objetivos y planteamiento de hipótesis
2. Selección de criterios para llegar a demostrar la hipótesis
3. Datos necesarios para definir esos criterios
4. Tratamiento y análisis de los datos
 - a. Elección de las herramientas a utilizar
 - b. Construcción de modelos en los que se inserten los procesos a seguir para obtener el resultado esperado.
5. Presentación de los resultados: cartografía, memoria,...

2. DESARROLLO DEL PROYECTO TIG DE MANZANARES EL REAL

A continuación pasarán a tratarse de forma individual, cada uno de los aspectos mencionados con anterioridad, incluyendo todo tipo de material gráfico (imágenes de satélite, fotografías aéreas u ortofotos, mapas, etcétera) y estadístico (tablas y gráficos) para la consecución de la finalidad planteada.

Identificación de objetivos y planteamiento de hipótesis.

El área de estudio sometida a análisis se corresponde con el municipio de Manzanares El Real (Figura 1), localizado en el sector noroccidental de la Comunidad de Madrid (con coordenadas $40^{\circ} 43' 38''$ N $3^{\circ} 51' 40''$ O), al pie de la Sierra de Guadarrama, junto a la orilla del embalse de Santillana. Este último se encuentra formado por el río Manzanares, cuyo curso surca su término municipal.



Figura 1. Localización de Manzanares El Real, Madrid.

Fuente: Elaboración propia a partir de datos del Instituto Geográfico Nacional.

El objetivo primordial que se persigue conseguir a través del presente trabajo consiste en determinar los actuales usos del suelo que aquí se encuentran representados así como analizar los cambios producidos en los últimos veinte años, todo ello apoyado, lógicamente, por material estadístico y gráfico, como ya se comentaba, y que en puntos posteriores desarrollaremos con mayor detenimiento. Para ello se emplearán los datos procedentes del Programa Corine Land Cover (CLC), desarrollado por la Unión Europea desde 1985, cuyo principal propósito es la captura de datos alfanuméricos y geográficos para la creación de una base de datos sobre la ocupación del territorio en Europa. En este sentido, las tecnologías de la información geográfica y, dentro de ellas, el programa informático ArcGis en concreto, nos servirá de gran ayuda, ya que nos permitirá visualizar mediante la pantalla de un monitor el término municipal en cuestión, así como combinar y superponer capas, dependiendo del resultado que queramos obtener.

En suma, mediante el presente documento se pretende elaborar un proyecto académico mixto, es decir, integrado tanto por mapas como por una memoria explicativa de los mismos. Por último, indicar que el sistema de coordenadas empleado en la elaboración de estos últimos será la ETRS 89 (Zone 30N), sistema de referencia geodésico relacionado con la parte estable de la placa continental europea, empleando una escala comprendida entre 1:70.000 y 1:90.000.

Establecimiento de criterios y datos necesarios. Fuentes.

La tarea a desarrollar en este apartado será la de seleccionar, con precisión, aquellos datos necesarios, así como las fuentes y organismos de donde obtenerlos para, con posterioridad y a lo largo del documento, poder establecer una serie de criterios que, finamente, nos ayuden a alcanzar el objetivo planteado inicialmente. Todo ello queda recogido en la Tabla 1:

Tabla 1. Resumen de las principales capas empleadas para alcanzar el objetivo planteado.
Fuente: Elaboración propia a partir de datos del Instituto Geográfico Nacional.

Nombre del fichero de datos originario	Tipo de fichero	Fuente de obtención de la capa
PNOA_MR_OF_ETRS89_HU30_h50_0508	Ráster	PNOA, última imagen disponible.
PNOA_MR_OF_ETRS89_HU30_h50_0509	Ráster	PNOA, última imagen disponible.
MTN25	Ráster	MTN 1:50.000 (508, 509)
CLC2006	Vectorial (shapefile)	Corine 2006.
Cha00_06_canarias_nivel3	Vectorial (shapefile)	Corine, variación 2000-2006
Clc00_pen_bal_nivel3	Vectorial (shapefile)	Corine 2000
Clc90_pen_bal_nivel3	Vectorial (shapefile)	Corine 1990
HillSha_MDT_1	Ráster	MDT
LIC_P	Vectorial (shapefile)	Lic_Manza

Los datos referidos en la tabla adjunta serán, por tanto, los empleados para la elaboración de los diferentes mapas que se incorporarán en apartados posteriores para reflejar la dinámica experimentada por los usos del suelo en Manzanares el Real, tomando como referencia los años 1990, 2000 y 2006, datos de que disponemos a través del centro de descargas del Instituto Geográfico Nacional (IGN) y que corresponden al Proyecto Europeo Corine Land Cover.

Análisis de los datos.

El acometido dentro de este quinto apartado consistirá, por un lado, en la elección de herramientas a utilizar para el análisis de datos y, por otro, en la construcción de modelos en los que inserten los procesos con sus elementos (capas y herramientas respectivas) para obtener el resultado esperado.

Elección de las herramientas:

- **Aplicación Arc Catalog:** proporciona una ventana con un catálogo que se utiliza para organizar y administrar varios tipos de información geográfica de ArcGis Desktop. Entre algunos de los tipos de información que se pueden organizar y que se han empleado en el presente trabajos se encuentran: la

creación de una Geodatabase, archivos ráster, documentos de mapa, de escena 3D y archivos de capa así como servicios GIS publicados usando ArcGis Server.

- **SELECT**: empleada para la obtención del municipio en cuestión así como para seleccionar tanto manchas de vegetación, como masas de agua o expansión urbanística, permitiéndonos su identificación. Se localiza en la tabla de atributos que presenta cada capa.

- **MOSAIC TO NEW RASTER**: como su propio nombre indica, para elaborar un mosaico del municipio madrileño a partir de las imágenes ráster disponibles. Su localización es la siguiente: Arc Toolbox – Data Management Tools – Raster – Raster Dataset – Mosaic to new Raster.

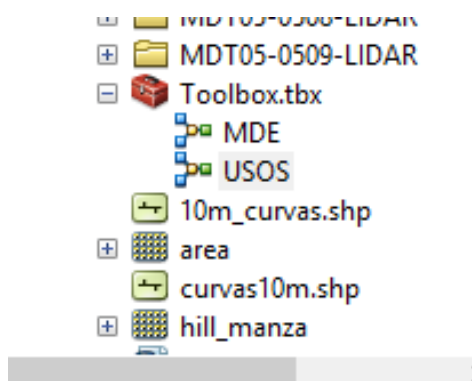
- **SURFACE**: Mediante la misma, se ha realizado el hillshade (modelo de sombras) del municipio de Manzanares el Real. Se sitúa en Arc toolbox – Spatial Analyst Tools – Surface – Hillshade. La extensión Spatial Analyst Tools proporciona una amplia posibilidad de recursos relacionados con el análisis espacial de datos.

- **TIN MANAGEMENT**: se ha utilizado la función Tin Management para obtener un modelo de elevaciones tridimensional del mismo ámbito. Se encuentra en Arc Toolbox – 3D Analyst Tools – Tin Management – Create TIN. La extensión 3D Analyst Tools proporciona herramientas para la creación, visualización y análisis de datos SIG en un contexto tridimensional. Dentro de la misma, también se ha utilizado la función Arc Scene para recrear Manzanares el Real en 3D.

- **CLIP**: se trata de una herramienta que nos permite recortar puntos, líneas y polígonos de una capa basados en el perímetro definido por el contorno de otra capa. De este modo, la última nos ha permitido recortar el municipio sobre el que estamos trabajando, los Lugares de Interés Comunitario que aquí se encuentran así como las imágenes PNOA para obtener el límite del área de estudio y los usos del suelo. Se encuentra ubicada en Arc Toolbox – Data Management Tools – Raster Processing – Clip.

Construcción de modelos:

Model Builder se constituye como una extensión de ArcGis que nos permite crear nuestras propias cajas de herramientas en ArcToolbox con capas geográficas, geodatabases y operaciones incluidas, posibilitando la realización de cualquier proceso de forma automatizada. Esta aplicación se compone de una ventana de propiedades, en la que se construye un diagrama de un modelo, un menú principal y una barra de herramientas que pueden utilizarse para interactuar con los elementos en el diagrama de modelo. El modelo teórico o diagrama de flujos debe quedar claramente definido.



De este modo y para obtener los diferentes mapas de usos del suelo de Manzanares El Real, hemos introducido dos modelos: MDE (Figura 2) y USOS (Figura 3), empleando las diferentes herramientas y capas obtenidas, ya especificadas en el apartado anterior (Tabla 1).

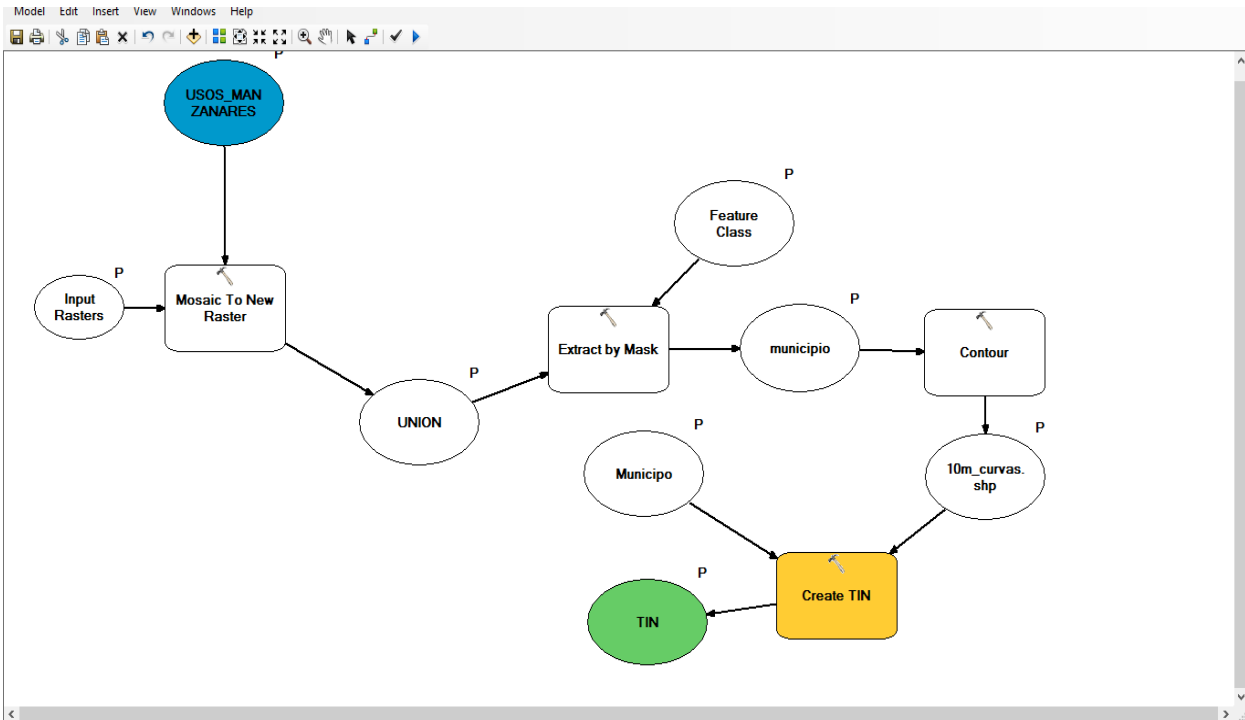


Figura 2. Construcción del primer modelo en el que se insertan los procesos a seguir para obtener el resultado esperado Fuente: Elaboración propia.

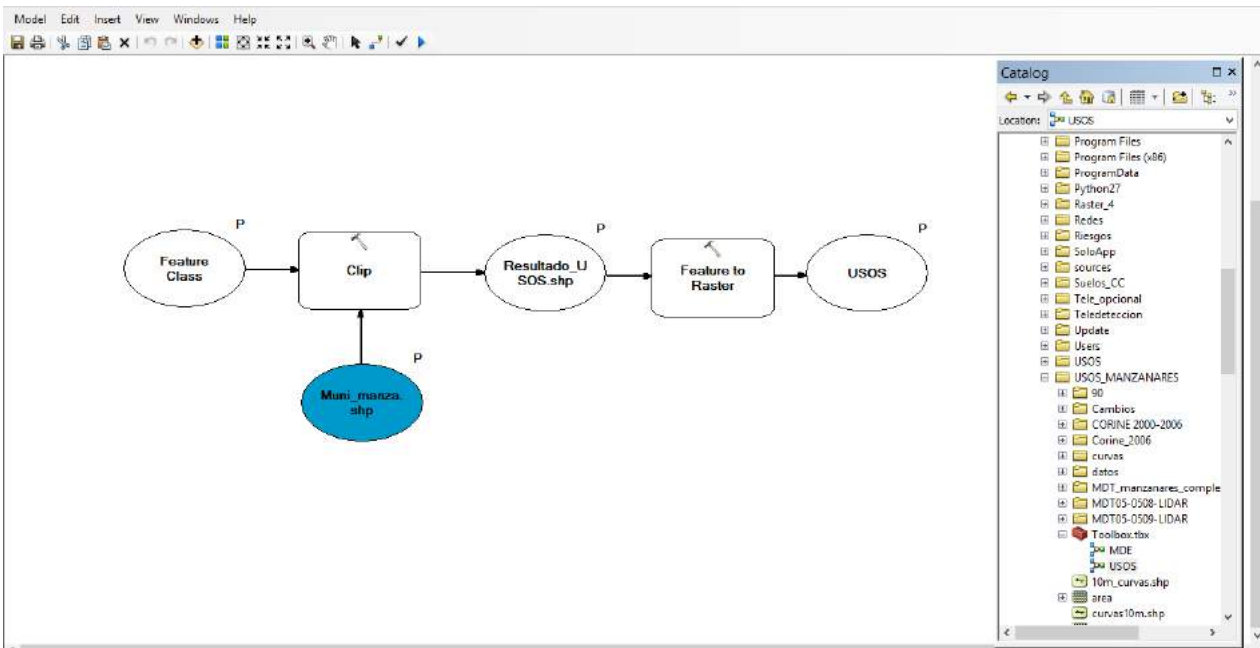


Figura 3. Construcción del segundo modelo en el que se insertan los procesos a seguir para obtener el resultado esperado. Fuente: Elaboración propia.

3. PRESENTACIÓN DEL PROYECTO (CARTOGRAFÍA FINAL).

Este último apartado pretende mostrar los resultados obtenidos a través de los diferentes puntos que se han llevado a cabo con anterioridad y cuyo propósito era reflejar los pasos, uno a uno, que se deben tener en cuenta a la hora de elaborar un proyecto TIG tal y como el que nos encontramos desarrollando a lo largo de este documento. Por tanto y una vez llegados a este último apartado, la finalidad es realizar un informe concluyente que incorpore, además de las capas utilizadas y la fuente de donde se han obtenido, una composición final de mapa, así como los gráficos, texto e imágenes que sean necesarios.

En suma y para poder abarcar de una forma clara y organizada los diferentes propósitos que se plantean, se establecerán una serie de subapartados que pasaremos a enumerar y describir de forma inmediata.

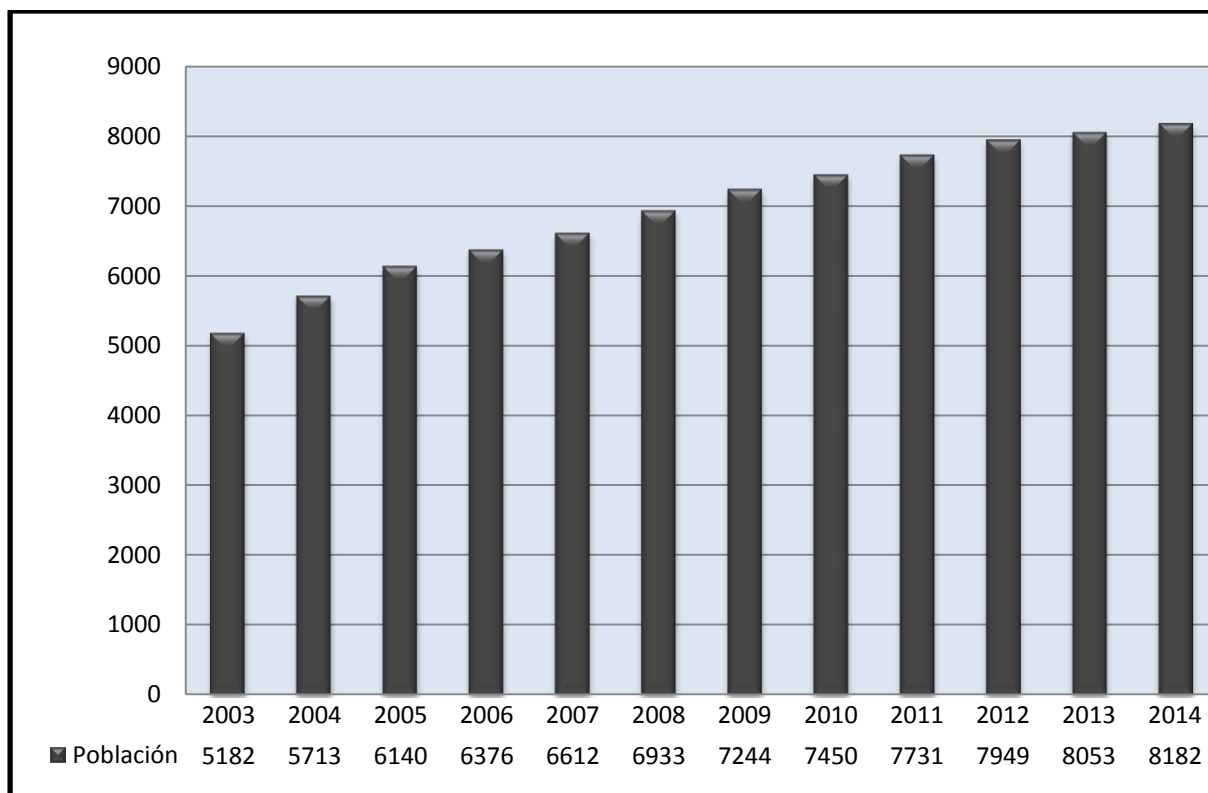
Aspectos generales del área de estudio.

Se ha creído oportuno retomar la breve introducción realizada al inicio del documento sobre el municipio de Manzanares el Real, mencionando de forma muy general algunas de sus principales características (topográficas, demográficas, de localización, etcétera) con la finalidad de que, a través de ello, se pueda lograr una mejor interpretación de los resultados que obtengamos.

Nos encontramos ante el quinto municipio de mayor extensión dentro de la región de Madrid, con una superficie de 128,4 km². Por otro lado y atendiendo a su población, a fecha de 1 de enero de 2014, contaba con 8182 habitantes, habiendo experimentado, de este modo, un incremento o tendencia ascendente durante la última década (Gráfico 1), y cuya importancia se verá reflejado en los diferentes mapas de usos del suelo elaborados.

Gráfico 1. Evolución de la población de Manzanares El Real, Madrid.

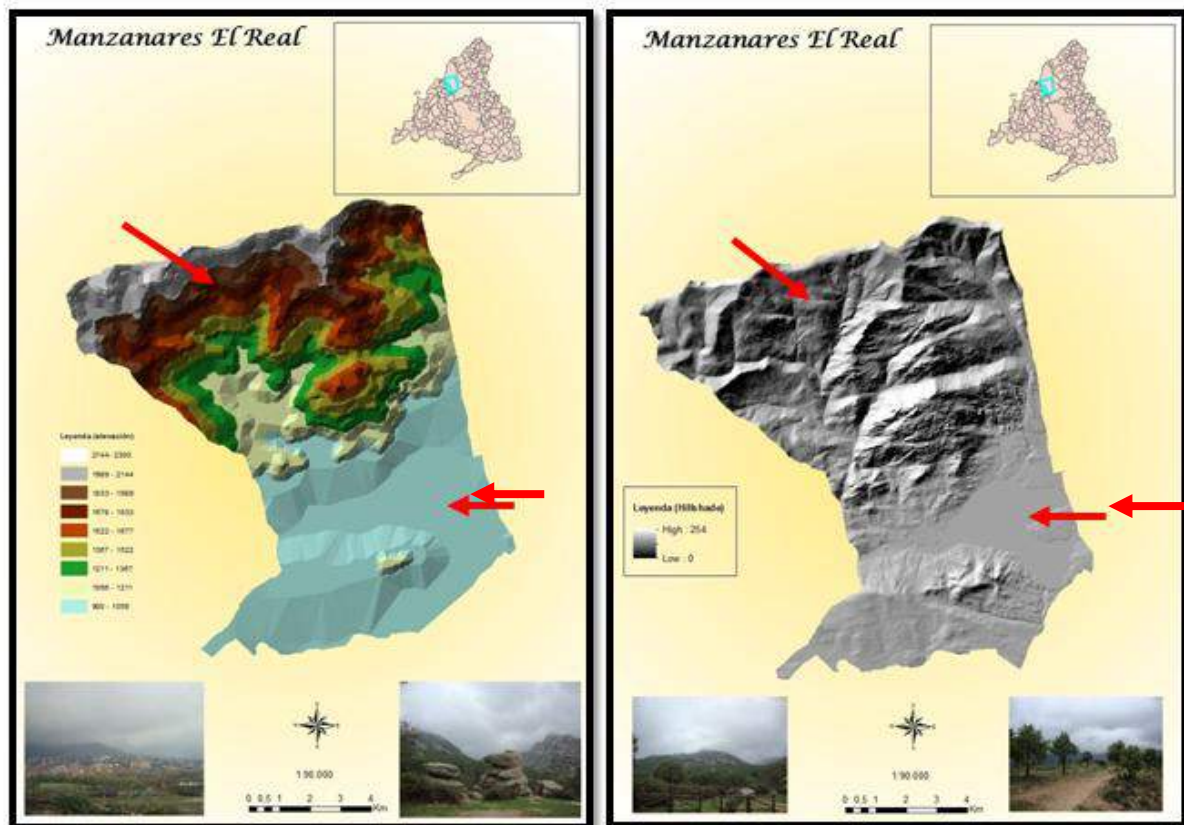
Fuente: Elaboración propia a partir de datos del Instituto Nacional de Estadística.



Por otro lado, señalar que este municipio se ubica a una altitud de 908 metros sobre el nivel del mar, en un entorno gobernado por las elevadas altitudes tales como la Pedriza (Figura 7), mayor conjunto granítico de Europa. Esta zona cuenta con una superficie aproximada de 3.200 hectáreas, y as-

ciende desde los 890 metros, embalse de Santillana (Figura 6), hasta los 2.029 metros de los riscos de las Torres de las Pedrizas.

Posteriormente, se adjunta un modelo digital del terreno para insistir en la representación del relieve aquí presente (Figuras 4 y 5):



Figuras 4 y 5. Altitudes del municipio (izquierda) y modelo digital del terreno (derecha) de Manzanares El Real, Madrid. Fuente: Elaboración propia a partir de datos del IGN.



Figuras 6 y 7. Vista del embalse de Santillana (izquierda) y vista de la Pedrizas (derecha) desde Manzanares el Real, Madrid. Fuente: Elaboración propia.

Usos del suelo presentes en el municipio de Manzanares el Real.

Como ya se comentaba al inicio del trabajo, el objetivo final que se persigue consiste en determinar los actuales usos del suelo que figuran en el municipio en cuestión así como los posibles cambios que hayan tenido lugar en los últimos veinte años. Para ello, se recurrirá al siguiente esquema de evolución:

- Usos del suelo año 1990.
- Usos del suelo año 2000.
- Cambios de uso del suelo 1990-2000.
- Usos del suelo año 2006.
- Cambios de uso del suelo 200-2006.

Este apartado se constituye como uno de los más importantes que se han desarrollado ya que, a través de los mapas, tablas, fotografías digitales e imágenes de satélite que se incorporan, se pretende reflejar, lo más verídicamente posible, todos estos aspectos, combinando tecnologías de información geográfica junto con trabajo de campo.

Con posterioridad, se desarrollarán los puntos ya expuestos en el esquema de evolución de usos del suelo en el municipio madrileño de Manzanares el Real:

Usos del suelo año 1990.

Para comenzar a analizar los cambios de usos del suelo que han tenido lugar en este municipio, se tomará, como punto de partida de nuestro estudio, el año 1990.

Usos del suelo(1990)	Superficie (ha)
Tejido urbano discontinuo	211,54
Inst. deportivas y recreativas	61,04
Prados y praderas	48,44
Bosques de frondosas	128,8
Bosques de coníferas	2524,24
Pastizales naturales	52960,16
Matorrales esclerófilos	22540,74
Matorral boscoso de transición	2351,35
Roquedo	1622,21
Lámina de agua	754,11
Vegetación escasa	46,13

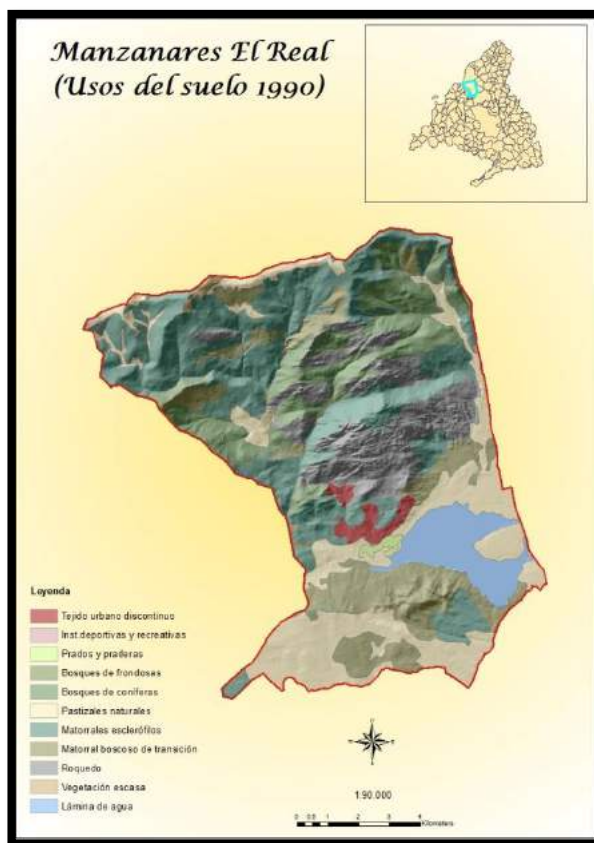
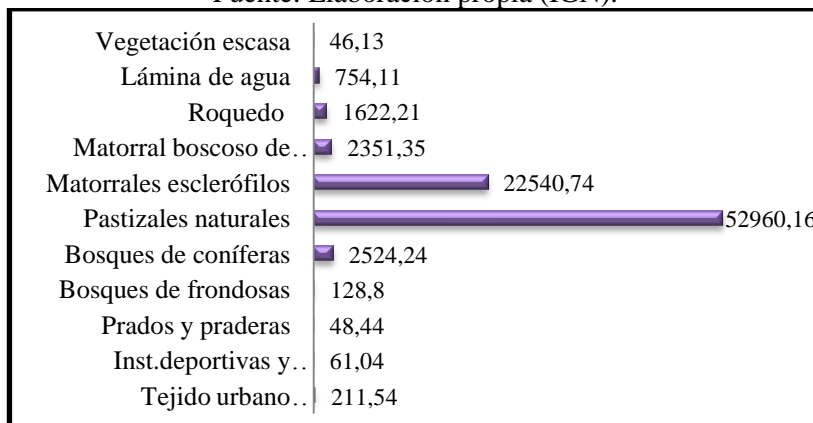


Figura 8. Usos del suelo en el año 1990 de Manzanares el Real, Madrid.

Fuente: Elaboración propia a partir de datos del Instituto Geográfico Nacional (Corine Land Cover).

Gráfico 2. Superficie usos del suelo en el año 1990 de Manzanares el Real, Madrid.

Fuente: Elaboración propia (IGN).



En primer lugar, cabe afirmar que tan sólo en cuatro municipios de la Comunidad de Madrid, el suelo ocupado muestra una diferencia de más de 1000 hectáreas sobre las superficies de planeamiento y, Manzanares el Real, se encuentra entre ellos (San Martín de la Vega, Getafe y Rivas), contando con más de 8000 ha y con amplias zonas de usos indirectos (extractivas, vertidos,...) no registrados por el planeamiento.

Ahora bien, a la vista de los datos expuestos con anterioridad, se puede determinar que los usos del suelo más abundantes en el año 1990 son los pastizales naturales en el sector meridional (52.960,16 ha), matorrales esclerófilos (22.450,74 ha), bosques de coníferas (2524,24 ha) y matorral boscoso de transición (2.351,35 ha, localizados, sobre todo, en el sector septentrional y central).

A continuación se adjunta una imagen satélite Landsat perteneciente al año 1987 del territorio que nos encontramos analizando, ya que, entre algunas de las numerosas ventajas y aplicaciones que presenta, permite ubicar, cartográficamente, un punto concreto del espacio, al mismo tiempo que ayudarnos a la fabricación de mapas geográficos (Figura 9), o bien, a discriminar diferentes usos del suelo.



Figura 9. Imagen satélite Landsat 1987. Fuente: Elaboración propia (IGN).

Usos del suelo año 2000.

En este caso, se llevará a cabo la misma dinámica pero referida al año 2000.

Usos del suelo(2000)	Superficie (ha)
Tejido urbano discontinuo	331,92
Inst. deportivas y recreativas	61,04
Prados y praderas	48,44
Bosques de frondosas	128,8
Bosques de coníferas	2507,51
Pastizales naturales	45347,55
Matorrales esclerófilos	15345,82
Matorral boscoso de transición	3416,96
Arenales	115,34
Roquedo	1044,54
Lámina de agua	679,57
Vegetación escasa	46,13

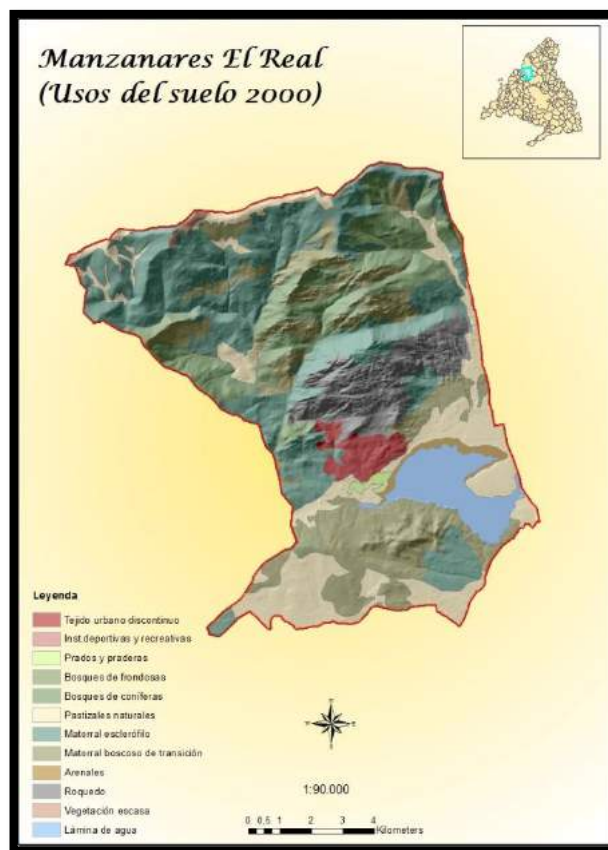
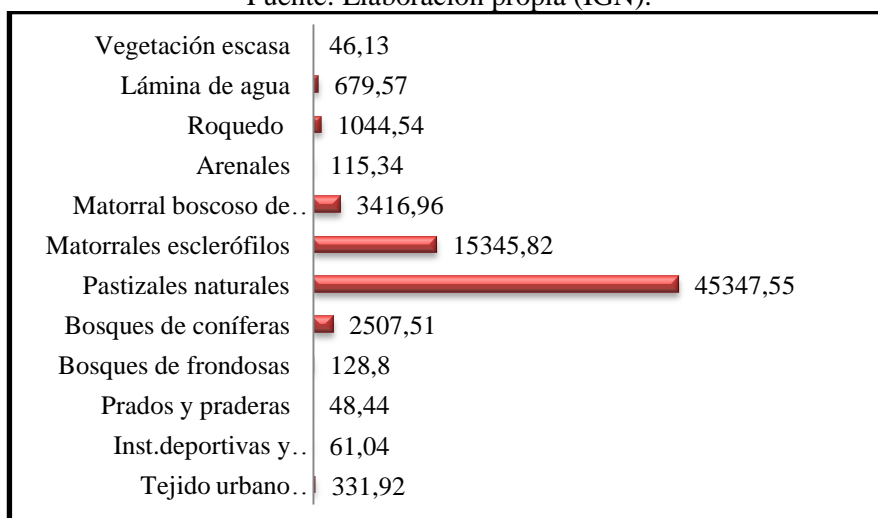


Figura 10. Usos del suelo año 2000 de Manzanares el Real, Madrid.

Fuente: Elaboración propia a partir de datos del Instituto Geográfico Nacional (Corine Land Cover).

Gráfico 3. Superficie usos del suelo año 2000 de Manzanares el Real, Madrid.

Fuente: Elaboración propia (IGN).



En este momento, año 2000, seguimos observando que los usos del suelo más abundantes coinciden con los de una década anterior, es decir, pastizales naturales (45.347,55 ha), matorrales esclerófilos (15.345,82 ha), matorral boscoso de transición (3.416,96 ha) y bosques de coníferas (2.507 ha). No obstante, se puede percibir que, en este caso, los mayores cambios van a venir introducidos por un aumento del tejido urbano discontinuo, es decir, expansión urbanística, y aparición de arenales junto al embalse de Santillana, uno de los principales focos de suministro de agua del área metropolitana de Madrid, ubicado en la cuenca alta del Manzanares. Éste último es el encargado de nutrir sus aguas.

Ahora bien, este famoso embalse ubicado a los pies de la sierra madrileña, presentaba un bajísimo nivel de sus aguas en este momento debido al período de sequías que azotó a la región y que obligó al Canal de Isabel II a pedir permiso a la Confederación Hidrográfica del Tajo para trasvasar agua a Madrid. De ahí, que percibamos estas arenas en el mapa adjunto. Por otro lado, indicar que prácticamente no se produce variación en lo relacionado con aquellos espacios ocupados por bosques de frondosas (128,8 ha), vegetación escasa (46,13 ha), prados y praderas (48,44 ha) e instalaciones deportivas y recreativas (61,04 ha).

Resulta interesante introducir algunos datos procedentes del Instituto Nacional de Estadística (INE) y, más en concreto, del censo agrario de 1999, que nos muestra las siguientes cifras con respecto a la distribución de la superficie total de las explotaciones (ha): tierras labradas (70), tierras para pastos permanentes (3.628), especies arbóreas forestales (12.236) y otras tierras no forestales (181).

Por otro lado y en cuanto a la ganadería que aparece aquí representada, se puede hablar de bovino (2.432), ovino (208), caprino (4), porcino (1), equinos (53) y aves (2). Por tanto, claro porcentaje del ganado vacuno, de ahí que el presente municipio cuente con dos denominaciones de origen relacionados con el mismo; carne de Ávila y carne de la sierra de Guadarrama.

Cambios de uso del suelo 1990-2000:

En esta ocasión, se adjunta un mapa resumen (Figura 11) de los cambios de usos del suelo que tuvieron lugar durante el período comprendido entre 1990 y 2000 y a los que nos referimos de forma detallada en los dos apartados anteriores, concretándose, fundamentalmente, en aumento del tejido urbano discontinuo, matorral boscoso de transición y matorral esclerófilo, en contraposición a lo que ocurre con los pastizales naturales, que comenzarán a sufrir un descenso a partir de este momento, como se tendrá ocasión de comprobar también en el año 2006.

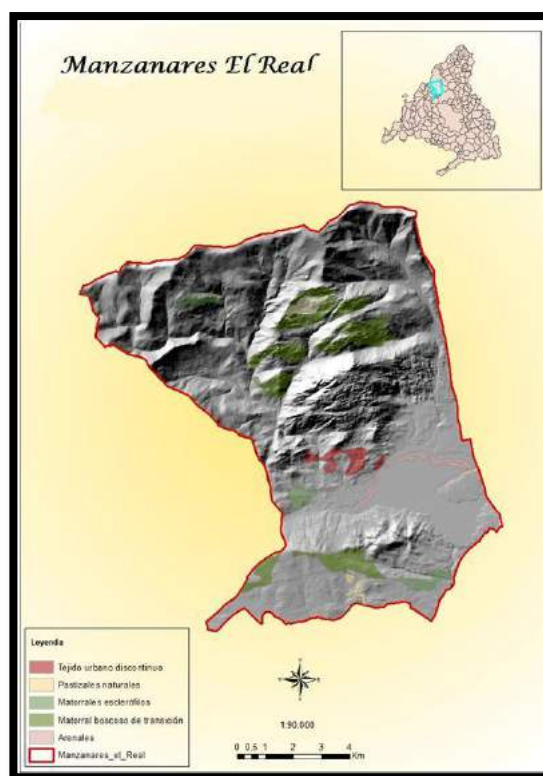
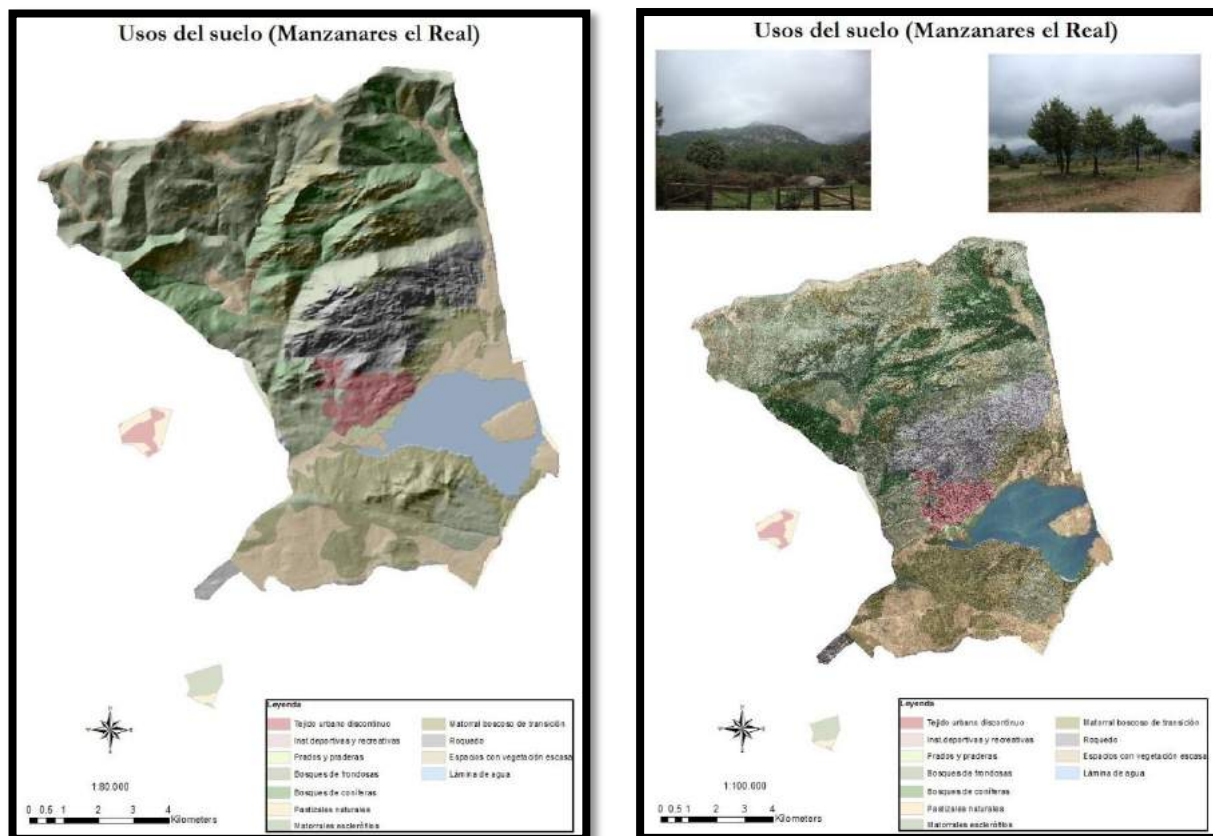


Figura 11. Cambios usos del suelo 1990-2000 de Manzanares el Real, Madrid.
Fuente: Elaboración propia a partir de datos del Instituto Geográfico Nacional (Corine Land Cover).

Usos del suelo año 2006.

En cuarto lugar, se expone el mapa de usos del suelo del año 2006 (Figuras 12 y 13) con la finalidad de comprobar cuál ha sido la dinámica experimentada por estos en el municipio analizado.



Figuras 12 y 13. Usos del suelo año 2006 de Manzanares el Real, Madrid.

Fuente: Elaboración propia a partir de datos del Instituto Geográfico Nacional (Corine Land Cover).

Ambos mapas representan el mismo fenómeno, usos del suelo, pero el motivo de que se hayan incorporado los dos obedece a que, en el caso del primero, estos se superponen sobre un modelo de sombras (hillshade) y, en el caso del segundo, aparecen sobre la imagen de satélite correspondiente al término municipal, permitiendo mostrar, de nuevo, las numerosas ventajas que nos ofrecen las tecnologías de la información geográfica. Así pues, en los dos se puede distinguir que las principales tramas del municipio van a venir representadas por tejido urbano discontinuo, instalaciones deportivas y recreativas, prados y praderas, bosques de frondosas, bosques de coníferas, pastizales naturales, matorrales esclerófilos, matorral boscoso de transición, roquedo, espacios con vegetación escasa y lámina de agua.

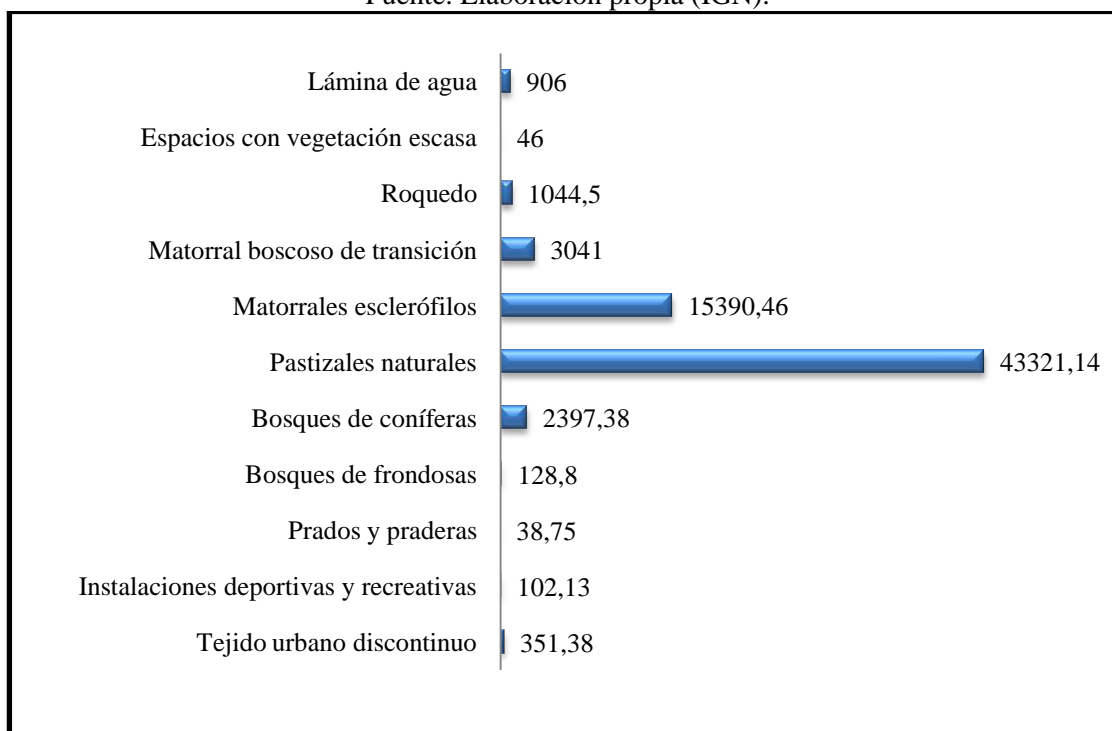
Con posterioridad, se adjuntará una tabla resumen donde se expondrán las diferentes tramas que componen el mapa de usos de suelo así como su superficie en hectáreas (Tabla 2):

Tabla 2. Usos del suelo 2006 de Manzanares el Real, Madrid. Fuente: Elaboración propia (IGN).

Usos del suelo	Superficie (ha)
Tejido urbano discontinuo	351,38
Instalaciones deportivas y recreativas	102,13
Prados y praderas	38,75
Bosques de frondosas	128,8
Bosques de coníferas	2397,38
Pastizales naturales	43321,14
Matorrales esclerófilos	15390,46
Matorral boscoso de transición	3041
Roquedo	1044,5
Espacios con vegetación escasa	46
Lámina de agua	906

Asimismo, se adjunta el Gráfico 4 donde quedan reflejados los resultados mostrados de forma previa:

Gráfico 4. Representación de los usos del suelo de Manzanares el Real, Madrid. Fuente: Elaboración propia (IGN).



Como hemos tenido ocasión de comprobar mediante los datos incorporados y representados, los cambios introducidos en esta ocasión están relacionados, de nuevo, con la expansión del tejido urbano discontinuo, lo que ha conllevado, por tanto, la aparición de un mayor número de instalaciones deportivas y recreativas para abastecer a esa demanda creciente de población. Por otro lado, en este momento, ya se observa cómo el embalse de Santillana presenta un mayor nivel de sus aguas, todo lo contrario a lo que sucedía a inicios de la década de 2000.

En este caso también se pueden introducir datos procedentes del Instituto Nacional de Estadística (INE) relacionados con el censo agrario de 2009, que nos muestra las siguientes cifras en cuanto a la distribución de la superficie total de las explotaciones: tierras labradas (2), tierras pastos permanentes

(19) y otras tierras no forestales (12) suponiendo, con respecto al censo de 1999, una considerable disminución.

Por otro lado y atendiendo a la cabaña ganadera, volvemos a denotar la gran importancia que sigue presentando el ganado vacuno (2322), seguido por el ovino (112), aves (23) y, por último, equino (17).

Se ha creído interesante incorporar dos imágenes del satélite Spot 2005 y Spot 2010 (Figuras 14 y 15) del término municipal de Manzanares el Real, con el propósito de advertir en qué situación se encuentra en la actualidad y una vez tratada la parte analítica, asumiendo las grandes ventajas que éstas nos ofrecen para observar diferentes aspectos que hemos analizado en el documento: aumento del tejido urbano discontinuo, del matorral boscoso de transición y matorrales esclerófilos, o bien, el incremento del nivel de aguas del embalse de Santillana, afectado en el primer caso (Figura 14; año 2005) por un período de sequía.



Figuras 14 y 15.Manzanares el Real, Madrid, Spot 2005 (izquierda) y Spot 2010 (derecha).
Fuente: Planea Madrid.

Cambios de usos del suelo 2000-2006:

En este último punto adjuntamos otro mapa resumen pero, en este caso, relacionado con los cambios acaecidos durante el período 2000-2006 (Figura 16).

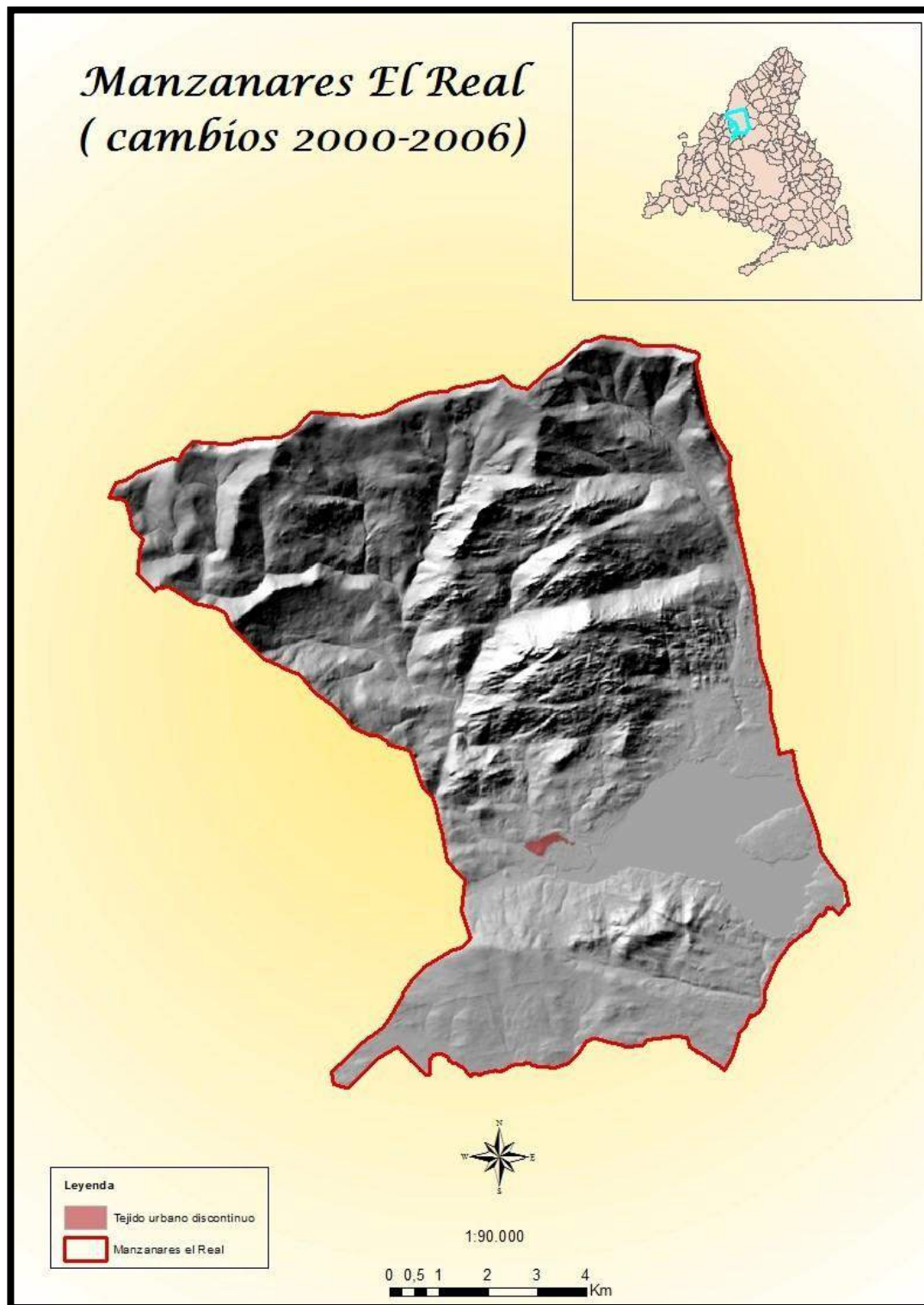


Figura 16. Cambios usos del suelo 2000-2006 de Manzanares el Real, Madrid.
Fuente: Elaboración propia a partir de datos del Instituto Geográfico Nacional (Corine Land Cover).

A través del mismo, puede comprobarse que la transformación más representativa, como ya se comentaba con anterioridad, viene inducida por el incremento del tejido urbano discontinuo suponiendo un retroceso de la masa boscosa. Por tanto, esta cuestión deja entrever una clara expansión urbana de este municipio madrileño hacia el sector suroccidental en los últimos años del s. XXI que, a su vez, explica el importante aumento demográfico que se ha producido en el mismo período (más de 2.500 personas en una década aproximadamente, tal y como se mostraba en el Gráfico 1).

CONCLUSIÓN

A modo de conclusión y con la ayuda del siguiente mapa resumen (Figura 17), se señalarán algunas de las ideas básicas que se ha extraído tanto de la información recogida en la salida de campo como de la recolectada de los diferentes organismos públicos que, gracias a la nube de internet, nos han permitido la descarga de aquellos datos que se han creído interesantes para la elaboración del presente documento.

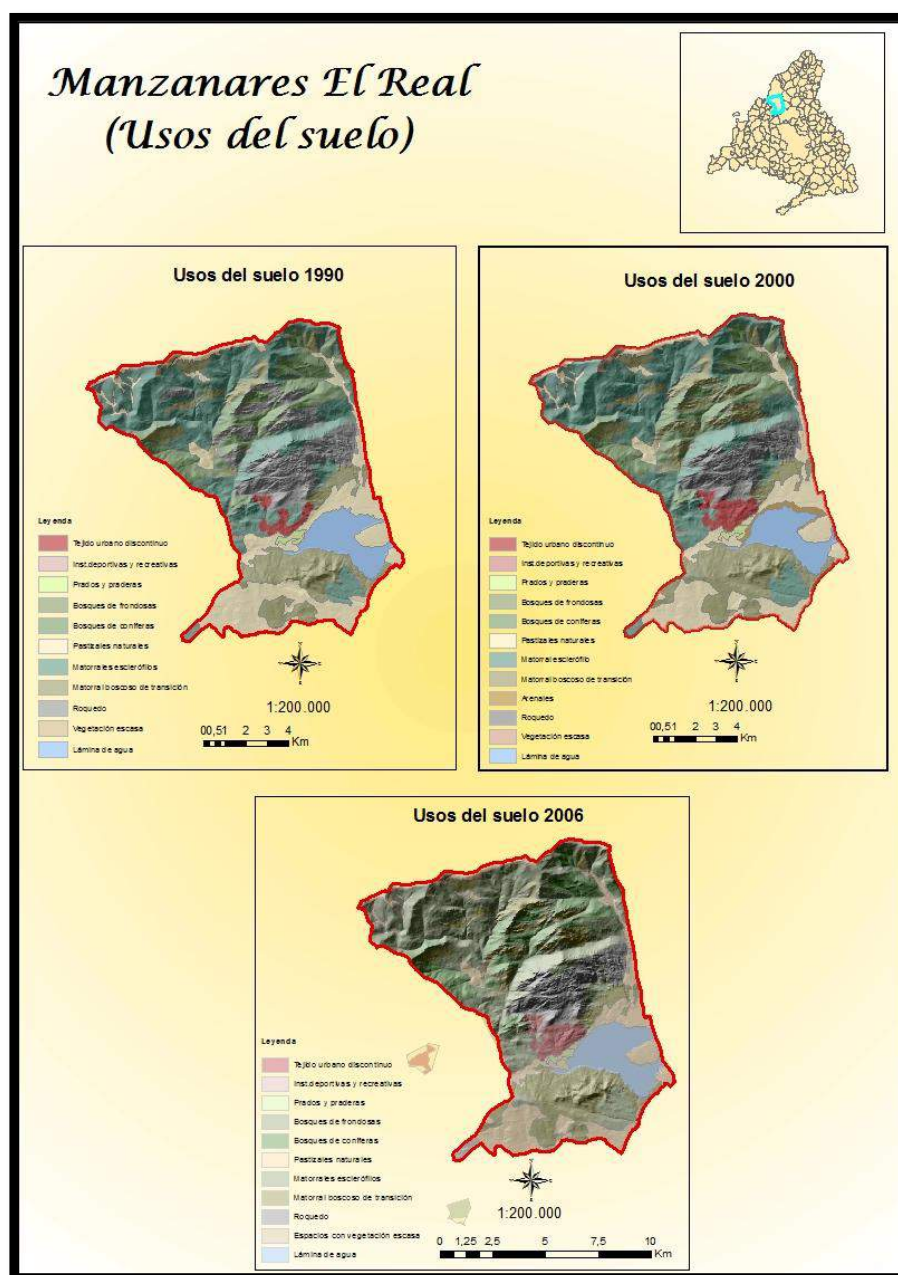


Figura 17. Cambios usos del suelo de Manzanares el Real, Madrid (1990-2000-2006). Fuente: Elaboración propia a partir de datos del Instituto Geográfico Nacional (Corine Land Cover).

Grosso modo, los aspectos más llamativos podrían concretarse en la expansión urbanística que ha tenido lugar en el período sometido a estudio, esto es, los últimos veinte años, junto con el consecuente incremento y aparición de instalaciones deportivas y recreativas para satisfacer las demandas de una población que actualmente asciende a 8.182 habitantes a 1 de enero del año 2014. Hay que tener en cuenta que este municipio madrileño ofrece una variada oferta turística que puede concretarse en un entorno físico privilegiado que se encuentra, además, protegido bajo la figura de Lugar de Interés Comunitario (LIC cuenca alta del río Manzanares, en su práctica totalidad, y LIC cuenca del río Lozoya y sierra norte, apenas representativo). A todo ello, puede añadirse la presencia de un palacio-fortaleza, perteneciente a la familia Mendoza, que se constituye como el mejor conservado de la Comunidad de Madrid, albergando en su interior un museo de los castillos españoles y constituyéndose como sede de una colección de tapices.

Por otro lado y atendiendo a la masa de vegetación aquí presente, se atiende a un retroceso de la misma a medida que nos vamos acercando al momento actual. Esto se constituye como un claro indicador de cómo esta última se ha ido reduciendo para dejar paso a una demanda creciente de suelo urbano derivado de un incremento de la población manzanariega.

Finalmente, señalar que uno de los requisitos básicos en cualquier estudio del tipo que hemos realizado, requiere el conocimiento del tipo de superficie, siendo necesario, por tanto, disponer de mapas de coberturas terrestres del área en cuestión. Además, contar con mapas de usos del suelo es esencial para el ámbito relacionado con la gestión sostenible de recursos y en estudios de indicadores ambientales y cambio climáticos. Ahora bien, dada la gran variabilidad existente en los usos del suelo y el relativo estatismo de los mapas de coberturas terrestres existentes, se llevan a cabo, cada vez más, análisis y metodologías para la generación de mapas de tipologías de superficies terrestres adecuados a nivel regional. En este contexto, las TIG ocuparán un lugar primordial, sin olvidar el complementario e imprescindible trabajo de campo para la comprobación *in situ*.

BIBLIOGRAFÍA

Anuario Económico de Caja España <<http://www.cajaespana.es>> [5 de abril 2015].

Ayuntamiento de Manzanares el Real <<http://www.manzanareseelreal.es>> [10 de febrero 2015].

Chuvieco Salinero, E. (2002): *Teledetección Ambiental. La observación de la Tierra desde el espacio*. Ariel, Madrid, 592 pp.

Dirección General de Urbanismo y Estrategia Territorial (Comunidad de Madrid) <<http://www.madrid.org/cartografia/planea/index.htm>> [12 de enero 2015].

ESRI – ESPAÑA <<http://www.esri-es.com/>> y ArcGis online [26 de marzo 2015].

González, M.J. y Lázaro, M.L. (2011): La geoinformación y su importancia para las tecnologías de la información geográfica. *Revista electrónica de recursos en Internet sobre Geografía y Ciencias Sociales*, 148 pp. [En línea el 1 de junio de 2011] Disponible en: <<http://www.ub.edu/geocrit/aracne/aracne-148.htm>> [Consultado 24 abril 2015].

Instituto Geográfico Nacional <<http://www.ign.es>> [28 de marzo 2015].

Instituto Nacional de Estadística <<http://www.ine.es>> [7 de febrero 2015].

Martínez Vega, J. y Martín Isabel, M. P. (2010): *Guía Didáctica de Teledetección y Medio Ambiente*. Red Nacional de Teledetección Ambiental, Madrid, 197 pp. Disponible en: <<http://www.aet.org.es/?q=guia-didactica>> [Consultado 28 de febrero 2015].

Nomenclátor y callejero de la Comunidad de Madrid <<http://www.madrid.org/nomecalles/>> [12 de febrero 2015].

EL EMPLEO DE LAS TÉCNICAS SIG PARA DETERMINAR LA LOCALIZACIÓN ÓPTIMA DE RECURSOS SOCIOSANITARIOS A ESCALA LOCAL

Celeste García Paredes¹

¹Departamento de Arte y Ciencias del Territorio, Universidad de Extremadura. Facultad de Filosofía y Letras, celeste@unex.es

RESUMEN

En una sociedad marcada por el envejecimiento demográfico la distribución adecuada de los recursos sociosanitarios es primordial. En el presente estudio se emplea uno de los modelos existentes de localización-asignación con la finalidad de establecer un patrón de distribución actual de los recursos sociosanitarios. Concretamente se analiza la localización de las residencias geriátricas y los centros de día de Badajoz, la ciudad más poblada de la Comunidad Autónoma de Extremadura. Se considera que la ejecución del método de cobertura máxima ayuda a resolver problemas de asignación oferta-demanda, determinando la localización óptima de los servicios y asignando a los puntos de oferta -en este caso de estudio las residencias geriátricas y centros de día- los puntos de demanda - la población mayor de 65 años por secciones censales-.

A través del uso de las técnicas SIG se ejecuta el modelo de cobertura máxima con un doble propósito: analizar la localización actual de los servicios y plantear el problema incremental, ubicando nuevas dotaciones adicionales a las ya existentes. Las soluciones obtenidas permitirán una mejor redistribución y ajuste entre la oferta y la demanda. Dibujando nuevos escenarios de expansión de recursos sociosanitarios en una ciudad de tamaño medio, amenazada según las proyecciones de población por un imparable incremento de los ancianos más longevos y dependientes, con altas probabilidades de que se conviertan en potenciales usuarios de las residencias geriátricas y centros de día

Palabras Clave: modelos de localización óptima, técnicas SIG, recursos sociosanitarios.

ABSTRACT

The adequate distribution of health resources is very important in a society which is marked by the process of aging. In this study, allocation-allocation model is applied in order to establish a pattern of distribution of health resources. Specifically, the location of nursing homes and day centers are analyzed in Badajoz, which is the most populated city in Extremadura. The implementation of the method of maximum coverage helps solve supply demand allocation, determining the optimal location of services and assigning offer points -in this case nursing homes and day centers- to demand points-the population over 65years in the city's section-.

In this study we used the GIS tool called the model of maximum coverage with a dual purpose: to analyze the location of services and consider the issue of increasing the number of services, creating new buildings. The solutions are seeking a better redistribution and adjustment between supply and demand. These proposals are obtained by creating new scenarios of expansion of health resources in a medium-sized city, to be a hit increase of the oldest people and dependent elderly, according to population projections. In the future these people will have a high probability of becoming potential users of nursing homes and day centers.

Key Words: location-allocation model, GIS, health resources.

OBJETIVOS

En el presente estudio se propone un modelo de localización- asignación de la población mayor de 65 años a los servicios sociosanitarios que ya están ubicados en la ciudad de Badajoz, concretamente a los geriátricos y los centros de día. El motivo de la elección de la ciudad de Badajoz, pese a que en la actualidad sea una de las ciudades menos envejecidas de nuestra región (Nieto y García, 2014), obedece al hecho de que es la ciudad que alcanza el mayor número de población anciana en valores absolutos. Es esta población, sobre todo los ancianos que presentan un nivel de dependencia elevado, los que necesitarán una serie de cuidados denominados formales que deben ser prestados por la red de catálogos de servicios sociosanitarios de cada CCAA (García y Nieto, 2013). Del total de los servicios disponibles en Extremadura se ha decidido incluir en el análisis de este estudio las residencias geriátricas y los centros de día. Siendo conscientes de que en el caso de las residencias geriátricas la estancia de los usuarios será de una temporalidad larga o permanente, mientras que en el caso de los centros de día, se producirán una serie de movimientos pendulares diarios. Es aquí donde las técnicas SIG, a través de los modelos de localización óptima de equipamientos y servicios pueden ofrecer una buena herramienta para determinar si las ubicaciones actuales de las residencias y centros de día ya implantados es la correcta. De otro lado, estas técnicas ayudan a señalar nuevos destinos con una localización óptima que ayuden a establecer un equilibrio entre la oferta y la demanda de servicios. En definitiva, ayudan a tomar una serie de decisiones espaciales.

A la hora de planificar la ubicación de estos servicios de una forma óptima, deben de tenerse en cuenta ciertas cuestiones como la distribución espacial de las residencias y centros de día en la ciudad de Badajoz. Lo que se pretende analizar de partida es si estos servicios llegan en la actualidad a atender eficazmente a todas las personas que son potencialmente usuarios, es decir, si el radio de actuación es el adecuado. Siendo un objetivo primordial conocer la cobertura real socio-espacial de los recursos sociosanitarios a escala de detalle inframunicipal, utilizando de base cartográfica las secciones censales y las manzanas. Otra cuestión previa al análisis (a ejecutar el modelo) es conocer la accesibilidad espacial de la población a estos servicios, con el objetivo de conseguir que todos a la mayoría de los potenciales usuarios del servicio estén dentro de un tiempo o coste de desplazamiento al equipamiento que sea adecuado (Moreno, 2008), en nuestro caso de estudio este punto es más importante para la localización de los centros de día.

Se parte de la tesis de que el modelo de localización-asignación va a permitir determinar las ubicaciones más idóneas de cara a lograr la máxima cobertura de la población potencialmente usuaria, en nuestro caso los mayores de 65 años. Así como minimizar los costes de desplazamiento y asegurar que toda o parte de la población demandante esté dentro de un tiempo o distancia adecuada a la situación particular de cada análisis (Moreno, 1995), en nuestro caso se trata de desplazamientos dentro de una ciudad media. Para ello hay que establecer un peso determinado a la distancia medida en minutos y un peso relevante a la variable población mayor de 65 años. Determinando siempre que los movimientos se producen desde la población demandante hacia el equipamiento o instalación. Una última fase será la de valorar si después de ejecutar el modelo localización-asignación los resultados obtenidos son idóneos o no, en caso contrario se propondrá una nueva localización de posibles servicios –residencias geriátricas o centros de día- competidores. Siempre tomando la noción de partida de que se trata de un modelo matemático y dibuja unos escenarios hipotéticos, que sirven de ayuda para resolver problema locacionales (Bosque et al., 2000).

DISTRIBUCIÓN ESPACIAL DE LA OFERTA Y LA DEMANDA

A la hora de desarrollar un modelo de localización-asignación, hay que tener en cuenta unas premisas que se repiten en dichos modelos, se trata de las características de los elementos que son comunes: la demanda, definida como las personas que desean utilizar el servicio/equipamiento y que se encuentran distribuidas en un área concreta (en este caso de estudio los distritos y secciones censales); la oferta, determinada por los lugares donde se sitúan las instalaciones (las residencias geriátricas o centros de día) en las que se le ofrece un determinado servicio a la población potencialmente usuaria; y por último, la red de transporte, se trata de las vías de comunicación y de relación entre la oferta y demanda, por ellas discurren los movimientos de las personas que permiten poner en uso los equipamientos (Bosque et al., 2000).

Características de la demanda

Según el último Padrón Municipal de 2014, Badajoz era la ciudad más poblada de la Comunidad Autónoma de Extremadura, aglutinaba un total de 150.517 habitantes, de los cuales 22.322 tenían más de 65 años. Lo que arroja un Índice de vejez de un 14,8 %, un valor que se encuentra muy por debajo de la media regional y provincial situada en un 19,6 % y un 18,3% respectivamente. A pesar de contar con uno de los índices de vejez más bajos de toda la región, no hay que olvidar que acumula la mayor concentración de población mayor en términos absolutos. Precisamente son los usuarios que precisarán utilizar las residencias geriátricas o centros de día cuando su estado de salud empeore y comiencen a tener dificultades para realizar las actividades básicas de la vida diaria (Fernández-Mayoralas, 2003). Se considera que la escala espacial más adecuada para analizar la distribución de la población mayor en la ciudad de Badajoz, es la inframunicipal, definida por los distritos y secciones censales (Abellán y Puga, 2006). Dicha ciudad se encuentra dividida en 10 distritos y 106 secciones censales, que con una vasta extensión superficial del término municipal de 1.440,37 km², es una característica geográfica a tener muy en cuenta en este tipo de modelos de localización óptima de recursos, junto al hecho de que la ciudad está atravesada por el río Guadiana, convirtiéndose ambos en factores negativos al dificultar la accesibilidad por el alto coste del tiempo que se emplea en los desplazamientos.

Si se observa la tabla 1, que muestra la distribución de la población por distritos censales, se aprecia como los distritos 05, 01 y el distrito 04 son los que padecen un envejecimiento demográfico más acentuado, con unos índices de vejez por encima del 17%, destaca el distrito 05 con un índice que casi roza el 30 %. Asimismo estos tres distritos registran un índice de envejecimiento muy elevado, el distrito 05 alcanza un 235 %, lo que significa que por cada 100 menores de 15 años se registran un total de 235 mayores de 65. Este hecho dispara los índices de dependencia de mayores hasta un 48,9 % para el distrito 05, un 28,4 % para el distrito 01 y un 26,3 % para el distrito 04. Estos tres distritos se localizan en el centro de la ciudad de Badajoz, concretamente en el casco histórico, áreas tradicionales de concentración de la población mayor (Sánchez, 2005).

Tabla 1. Población total, población mayor de 65 años e Índice de Vejez, de Envejecimiento, Dependencia Total, Dependencia de Menores y Dependencia de Mayores de la ciudad de Badajoz por distritos.

<i>Distrito</i>	<i>Población 2014</i>	<i>Pobla. 65 y más años</i>	<i>I. Vejez</i>	<i>I.Envejecimiento</i>	<i>I.Dep.Total</i>	<i>I.DepMen</i>	<i>I.DepMay</i>
Distrito 01	10.126	1.885	18,6	116,7	52,8	24,4	28,4
Distrito 02	8.545	1.181	13,8	77,6	46,2	26,0	20,2
Distrito 03	17.305	2.054	11,9	69,8	40,6	23,9	16,7
Distrito 04	23.098	4.038	17,5	108,8	50,5	24,2	26,3
Distrito 05	11.261	3.247	28,8	235,6	69,7	20,8	48,9
Distrito 06	7.118	994	14,0	72,8	49,6	28,7	20,9
Distrito 07	21.620	2.584	12,0	68,5	41,7	24,7	16,9
Distrito 08	12.524	1.356	10,8	61,4	39,8	24,7	15,1
Distrito 09	22.830	3.296	14,4	102,0	40,0	19,8	20,2
Distrito 10	16.090	1.687	10,5	52,4	43,8	28,8	15,1

Fuente: INE. Padrón Municipal 2014.

Los distritos más poblados, con más de 20.000 habitantes, se localizan por el contrario en las afueras de la ciudad, en los distritos más alejados del centro, excepto el distrito 04. Siendo esta población joven la que menos demandará los servicios sociosanitarios objeto de estudio. Los factores que explican la concentración de la población joven-adulta en las áreas más alejadas del centro responden a la mayor disponibilidad de un alquiler más barato o a la mayor disponibilidad de compra de las viviendas, fácil acceso a nuevas escuelas y centros de salud, buen acceso a grandes centros comerciales, zonas ajardinadas,... (Díaz et al., 2012). Este hecho se refleja en los bajos índices de vejez y envejecimiento que se alcanzan en los distritos y secciones censales que están más alejadas del

casco urbano, como son el distrito 07 y el distrito 09 (ver figura 1).

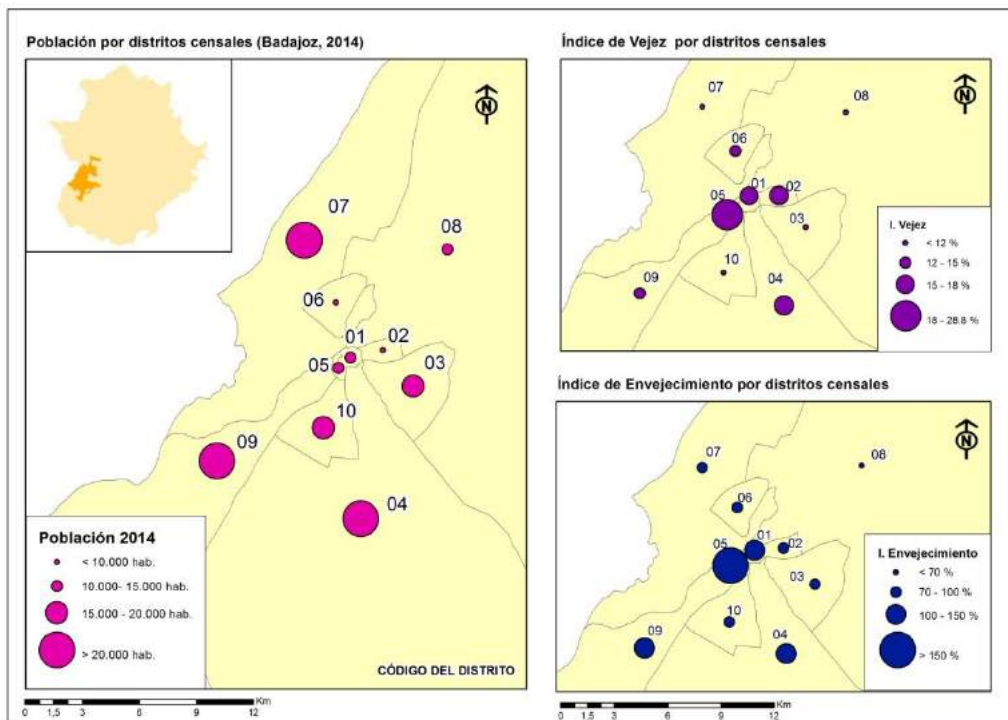


Figura 1. Distribución de la población total, índice de vejez e índice de envejecimiento por distritos censales de Badajoz (2014).

Características de la oferta

La cantidad de residencias geriátricas ubicadas en la ciudad de Badajoz asciende a un total de siete. De las cuales seis poseen una titularidad privada y tan solo una ostentaba una titularidad pública, queda patente el predominio de la oferta privada (García y Nieto, 2013). Tal es así, que del total de las 911 plazas disponibles en estas siete residencias, tan sólo 180 plazas están gestionadas por la Administración pública, se trata de la residencia de mayores La Granadilla, situada en el distrito 09 (ver tabla 2). En cuanto a la distribución espacial de las residencias señalar que todas se localizan en los distritos más alejados del centro de la ciudad, de hecho cuatro de las siete residencias totales se ubican en el distrito 07, que además era uno de los distritos que registraba un índice de envejecimiento más bajo de la ciudad. Estas cuatro residencias son Virgen de la Soledad, Residencia Puente Real, Residencia de Mayores Mapfre-Quavita y Residencia de Mayores Puente Real II (ver figura 2). A la hora de aplicar el método de localización-asignación se han tenido en cuenta el total de las siete residencias en condición de instalaciones candidatas, pero a la hora de resolver el modelo se establece la obligatoriedad de incluir solo a cinco residencias, que pasarán a ser requeridas.

Tabla 2. Residencias geriátricas de la ciudad de Badajoz.

<i>NOMBRE DE LA RESIDENCIA</i>	<i>TITULAR</i>	<i>TITULARIDAD</i>	<i>PLAZAS CAPACIDAD</i>	<i>DISTRITO</i>
La Granadilla	Consejería	Público	180	09
Ntra. Sra. de la Soledad	Congregación Religiosa	Privado	200	09
Hogar Lisardo Sánchez	Congregación Religiosa	Privado	40	08
Virgen de la Soledad	Empresa	Privado	130	07
Puente Real	Empresa	Privado	72	07
Mapfre-Quavitae	Empresa	Privado	150	07
Puente Real II	Empresa	Privado	139	07

Fuente: SEPAD (Gobierno de Extremadura)

El otro servicio socio-sanitario que se va a incorporar en el modelo son los Centros de Día, es un servicio que posee un carácter positivo desde el punto de vista social, puesto que permite que las personas mayores continúen viviendo en la casa familiar, de tal forma que el nexo familiar continúa existiendo y es una forma de evitar el ingreso de la persona mayor en un centro geriátrico (Edwards, 2001; Espina, 2004). A la vez, permite un ahorro no sólo para las familias -puesto que es mucho más económico un centro de día que una residencia- sino también para la Administración siendo el objetivo primordial de ésta la prestación de un servicio adecuado a las necesidades de la persona dependiente (Fernández-Mayoralas et al. 2003). Es decir, si una persona mayor aún es lo suficientemente autónoma para poder vivir en su casa, acudiendo a un centro de día si lo necesita, no tiene por qué ingresar en una residencia geriátrica, y se optimizan mejor los recursos tanto familiares como de la Administración en la atención a la dependencia. La ciudad de Badajoz cuenta con un total de seis centros de día y unidades de atención diurna, de los que tan sólo dos se localizan en el centro de la ciudad, se trata del Centro de día Cruz Roja ubicado en el distrito 01 y el Centro de día de Alzheimer ubicado en el distrito 04 (ver figura 2). Según las estadísticas proporcionadas por el SEPAD, la capacidad de cada centro de día oscilaba entre las 35 y las 30 plazas. Los usuarios potenciales de este servicio, tienen que desplazarse diariamente desde sus hogares hasta las instalaciones, por lo que la accesibilidad y la impedancia calculada en minutos se van a convertir en unas variables con un factor de peso muy notorio dentro del modelo.

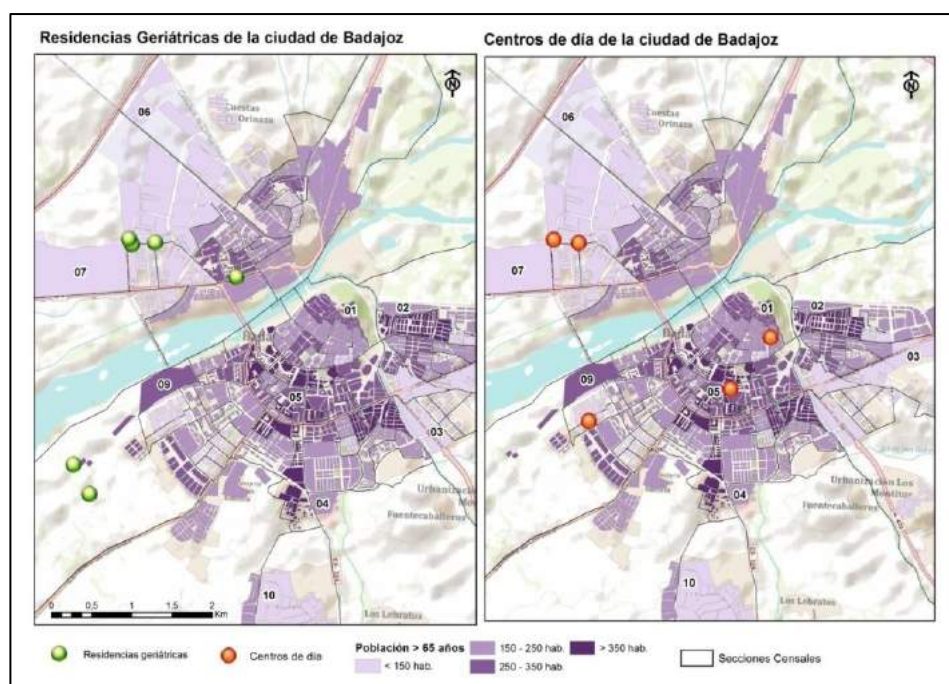


Figura 2: Localización de las residencias geriátricas y centros de día.

METODOLOGÍA: MODELO LOCALIZACIÓN-ASIGNACIÓN

Para resolver los problemas que se plantean de localización óptima de recursos sociosanitarios, se ha empleado el modelo denominado “localización-asignación” que está integrado en la herramienta Network Analyst del software ArcGIS. En el presente estudio se abordará el problema de la localización de las siete residencias geriátricas y los seis centros de día de la ciudad de Badajoz con un doble objetivo: por un lado, encontrar la localización óptima, y por el otro determinar la asignación de demanda a dichos centros. A partir de esta doble necesidad de resolución se desarrollan los modelos de localización-asignación. En síntesis, estos modelos intentan por un lado evaluar las localizaciones actuales de los centros de servicio en base a la distribución de la demanda, en nuestro caso vendrá marcada por la población mayor de 65 años, y por otro generar alternativas para lograr una distribución espacial más eficiente y/o equitativa. Con la obtención de un resultado donde se plasme la búsqueda de las ubicaciones óptimas (localización de las instalaciones) y se determine las mejores vinculaciones de la demanda (población asignada a una instalación candidata).

Estos modelos necesitan una red de instalaciones (oferta) distribuida de manera puntual, por lo que tanto las residencias como los centros de día se incorporan en formato puntual y una población potencialmente usuraria (demanda) que por motivos de simplificación se ha decidido añadir al modelo en formato de centroide de las 106 secciones censales de la ciudad de Badajoz. Cada centroide contiene la siguiente información: población total de 2014, grupos de menores, adultos y mayores e índices de envejecimiento respondiendo al modelo metodológico de distribución expuesto en los párrafos anteriores. Cuando se ejecutan este tipo de modelos de localización-asignación los cálculos deben ser muy grandes, por lo tanto se buscan mecanismos heurísticos (procedimientos de prueba y error en una aproximación continua a la mejor solución) para la obtención de resultados (Densham y Rushton, 1992). Según Buzai y Baxendale (2008) el principal tratamiento heurístico utilizado para este tipo de resoluciones es el desarrollado por Teitz y Bart, el cual básicamente cumple los siguientes pasos:

- Selecciona aleatoriamente una solución inicial
- Asigna la demanda a la solución
- Calcula los valores de solución de la función objetivo
- Sustituye aleatoriamente un sitio candidato por otro
- Calcula los valores de solución de la función objetivo
- Si el segundo valor es mejor, esta solución sustituye a la otra; si es peor se queda con la primera.
- Vuelve a realizar el procedimiento hasta que no encuentre un valor mejor en la solución

El algoritmo corre hasta que no puede encontrarse una mejor solución, pero como ésta quizá no sea la mejor global, generalmente el procedimiento se repite 10 veces partiendo de 10 distribuciones aleatorias. Finaliza cuando tres veces se repite una misma solución, pero si luego de los diez procedimientos nos encontramos con diez soluciones diferentes, sólo se elige la mejor, es decir, aquella que se aproxima más a la función objetivo.

Como lo que se persigue es ofrecer una mayor cobertura a la población se optó por seleccionar el modo Cobertura máxima, cuyo objetivo es maximizar la cantidad de demanda que se encuentra dentro de una distancia dada (Fuenzalida y Moreno, 2010), en nuestro caso se ha fijado una distancia de 15 minutos desde la ubicación de la población demandante (los centroides de las secciones) a las residencias y centros de día candidatos. Se parte de la idea de que si se aumenta esta distancia la población que se desplazará hasta este equipamiento será menor, en nuestro caso de estudio sobre todo para el uso de los centros de día. Por lo que se establece este límite con el objeto de que la mayoría de la demanda se encuentre a menos de quince minutos de distancia de la residencia o centro de día.

Una vez aplicado el modelo de localización-asignación de las residencias geriátricas, se ejecutará de nuevo el modelo para buscar nuevas localizaciones de la oferta, es decir, se busca la localización óptima de nuevas instalaciones. Con el propósito de ofrecer a la población demandante del casco antiguo de Badajoz - concretamente a los distritos 01, distrito 04 y distrito 05- una alternativa debido a la asignación masiva de población hacia una instalación candidata. Para ello, se tendrá en cuenta

primeramente la determinación de posibles sitios candidatos, tomando como principal factor de decisión la concentración de una mayor demanda. En principio, se optará por añadir al modelo tres posibles puntos seleccionables –nuevas residencias- con la finalidad de elegir la mejor localización de una residencia requerida en base al método aplicado, en nuestro caso el modo Cobertura máxima de la población.

RESULTADOS

Los resultados obtenidos al ejecutar el primer caso de estudio del modelo localización-asignación de las residencias geriátricas, donde se parte con siete residencias candidatas y cinco requeridas, muestran como la población demandante debe desplazarse desde las secciones ubicadas en el centro de Badajoz hacia una residencia requerida concreta, denominada Residencia Virgen de la Soledad ubicada en el distrito 07. La solución del modelo muestra una asignación de 87 centroides (puntos de demanda) hacia la misma residencia (ver figura 3), obteniendo por lo tanto un peso muy elevado, una cifra que ronda los 16.000 posibles demandantes. Se trata de la suma de la población mayor de 65 años de las 87 secciones centrales ubicadas en el centro de la ciudad, que evidentemente no todos serán futuros usuarios de este servicio. Esta primera asignación responde a la característica de que las siete residencias geriátricas se ubican en su totalidad en las afueras de la ciudad, quedando desprovistos los distritos ubicados en el centro de una localización próxima a una residencia. Además hay que señalar que eran estos distritos los que aglutinaban a un mayor número de población mayor y alcanzaban los índices de envejecimiento más elevados.

Tras esta primera prueba y dados los resultados alcanzados, se decidió ejecutar de nuevo el modelo de localización-asignación, pero esta vez se han incorporado tres posibles nuevas residencias candidatas ubicadas en el centro (distrito 04, 05 y 10) en base a una mayor concentración de la demanda. Si a la hora de ejecutar el modelo, se establece que las residencias requeridas tienen que ser obligatoriamente cuatro, el modelo de asignación cambia significativamente. Siendo estas tres nuevas residencias candidatas como las elegidas junto a la Residencia Virgen de la Soledad (ver figura 4), seleccionada como residencia requerida en el modelo anterior. Esta vez los resultados obtenidos son más equitativos:

- Punto 1: 17 centroides asignados, con un peso 5.158 personas mayores de 65 años.
- Punto 2: 34 centroides asignados, con un peso 6.145 personas mayores de 65 años.
- Punto 3: 27 centroides asignados, con un peso 4.743 personas mayores de 65 años.
- Residencia Virgen de la Soledad: 22 centroides asignados, con un peso 3.127 personas mayores de 65 años.

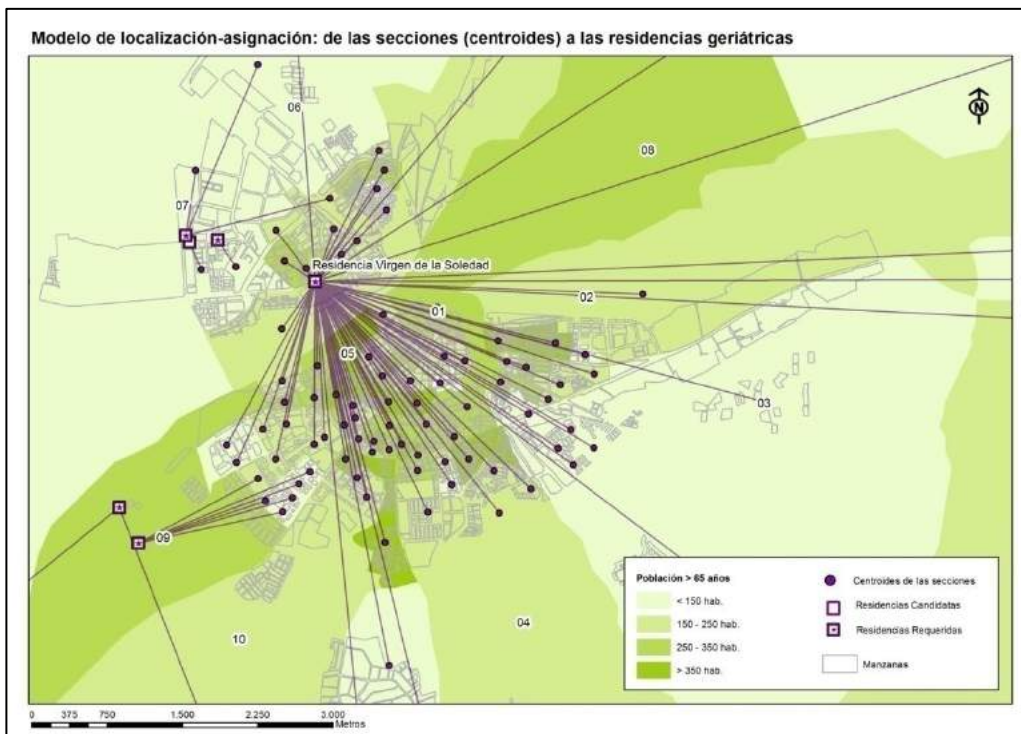


Figura 3. Modelo de localización-asignación de la población mayor de 65 años (centroides de las secciones censales) a las residencias geriátricas ubicadas en la actualidad en la ciudad de Badajoz.

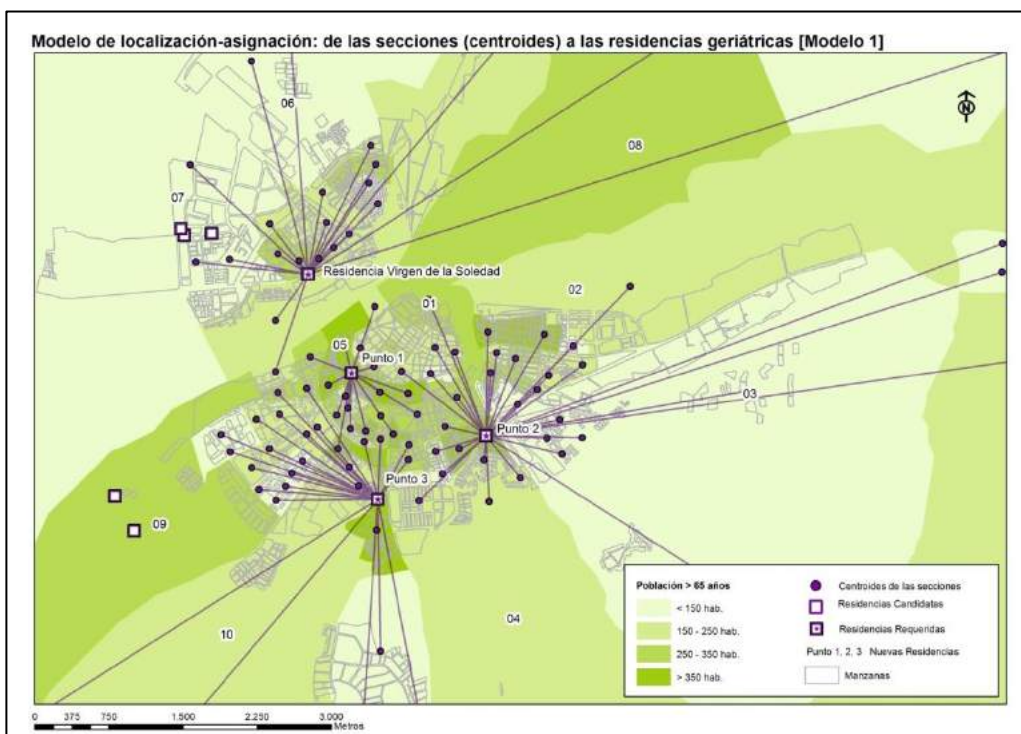


Figura 4. Modelo de localización-asignación de la población mayor de 65 años (centroides de las secciones censales) a las residencias geriátricas, con tres nuevas residencias (punto 1, 2 y 3).

Por último, se ejecutará de nuevo el modelo esta vez restringiendo el número de residencias requeridas tan solo a dos, con el propósito de averiguar cuál sería la localización más correcta en caso de ubicar una nueva residencia en el centro de la ciudad de Badajoz. Hay que recordar que a la hora de ejecutar el modelo, en las instalaciones se agregan las siete residencias que ya están ubicadas en la

ciudad y que se añaden las tres posibles nuevas residencias, señaladas anteriormente. Con esta prueba lo que se pretende es averiguar cuál de estas tres posibles nuevas residencias se ubica en el lugar más idóneo, teniendo como principal finalidad cubrir la máxima demanda. Los resultados obtenidos muestra como pasan a ser solamente dos residencias las requeridas, se trata del Punto 1 y de la Residencia Virgen de la Soledad (ver figura 5). Por lo tanto, la ubicación más adecuada para la instalación de una nueva residencia geriátrica en el centro de Badajoz sería la denominada Punto 1, situada en el distrito 05. Eso sí, los resultados que se obtienen son más asimétricos, puesto que el peso que ahora deberían de soportar estas dos residencias requeridas es muy alto:

- Punto 1: 77 centroides asignados, con un peso 15.258 personas mayores de 65 años.
- Residencia Virgen de la Soledad: 23 centroides asignados, con un peso 3.500 personas mayores de 65 años.

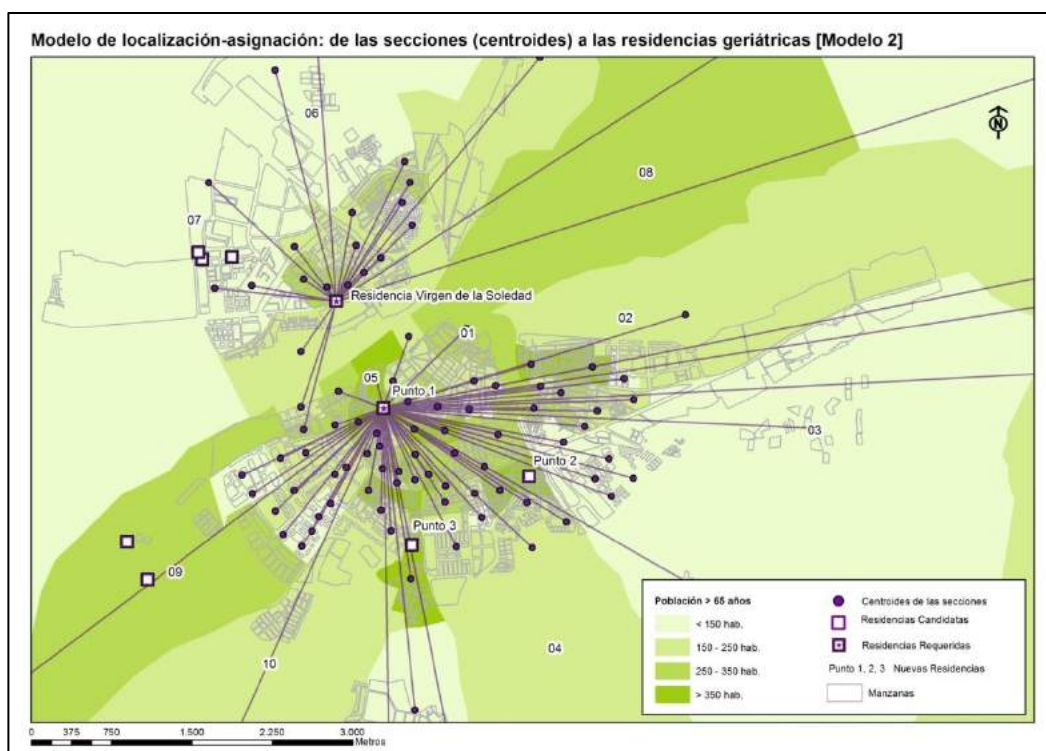


Figura 5. Modelo de localización-asignación de la población mayor de 65 años (centroides de las secciones censales) a las residencias geriátricas, con tres nuevas residencias (asignación de localización óptima).

Al aplicar el modelo de localización-asignación a los Centros de día y atención diurna, los resultados obtenidos distan de los alcanzados con las residencias geriátricas, debido básicamente a una distribución y localización más adecuada de dichos centros. Al contrario que ocurría con las residencias, se parte del hecho positivo de la ubicación de dos centros de día en el centro, uno situado en el distrito 01 y el otro en el distrito 04. Esta característica va a marcar sustancialmente de una forma más resolutiva los resultados obtenidos, puesto que la asignación será más homogénea. En este caso se ha determinado fijar en seis los centros candidatos y a la vez, seleccionar que sean cuatro los centros finalmente elegidos o requeridos. Si se observa la figura 6, se aprecia como se asigna la población potencialmente demandante a estos cuatro centros requeridos, los resultados obtenidos pasamos a resumirlos en los siguientes apartados:

- Punto 1: 33 centroides asignados, con un peso de 6.176 personas mayores de 65 años.
- Punto 2: 14 centroides asignados, con un peso de 4.251 personas mayores de 65 años.
- Punto 3: 20 centroides asignados, con un peso de 2.671 personas mayores de 65 años.
- Punto 4: 33 centroides asignados, con un peso de 5.991 personas mayores de 65 años.

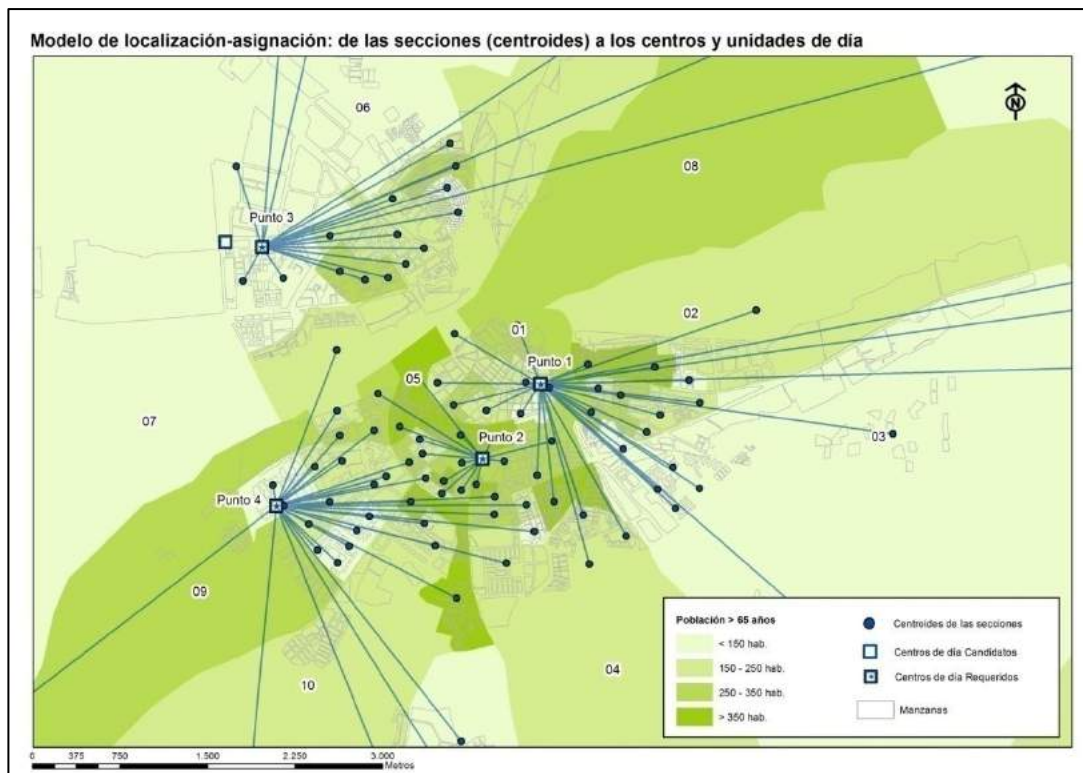


Figura 6. Modelo de localización-asignación de la población mayor de 65 años (centroides de las secciones censales) a los centros y unidades de día.

CONCLUSIONES

La localización óptima de los servicios y equipamientos es una cuestión clave a la hora del reparto equitativo del acceso a los servicios básicos como son las residencias geriátricas y los centros de día en una sociedad que presenta ya unos rasgos evidentes de padecimiento de un envejecimiento demográfico severo. Según las estadísticas que presentan Naciones Unidas, las sociedades económicamente desarrolladas están destinadas a incrementar el número de individuos que superen la edad de 65 años, debido a las altas esperanzas de vida que se alcanzan ya en la actualidad y se prevé continúen con esta tendencia (Edwards,2001: Fernández-Mayoral, 2003). Es por ello, que la sociedad tiene que estar preparada para ofrecer una gestión óptima de sus equipamientos y servicios encaminados a cubrir las necesidades que requieran esta población que alcance una edad avanzada. Los modelos de localización-asignación se han convertido en una herramienta SIG muy útil para dibujar escenarios presentes, teniendo siempre en cuenta tanto la oferta existente como la demanda, que se convierte en posibles usuarios potenciales.

En nuestro caso de estudio, nos hemos centrado en la localización actual de las residencias geriátricas y centros de día que ya están asentados en la ciudad de Badajoz. El primer propósito era averiguar cuál era el modelo actual de asignación de población demandante a las instalaciones candidatas aplicando modelos de localización-asignación. Los primeros resultados obtenidos muestran como al no contar con ninguna residencia en el centro de la ciudad de Badajoz, obliga a desplazarse a la población mayor de 65 años a la residencia que presenta una localización más óptima (Residencia Virgen de la Soledad), medido el coste de desplazamientos en minutos y que presenta una mejor accesibilidad a través de la red de comunicaciones. Para asegurar una solución locacional en la búsqueda de una mayor eficiencia y equidad espacial (Moreno, 2008) de las residencias geriátricas se

ha planteado la posibilidad de ubicar tres nuevas instalaciones en el centro de la ciudad, para satisfacer con mayor capacidad la demanda distribuida. En un primer momento aparecían estas tres nuevas residencias como instalaciones requeridas, puesto que el modelo asignaba la población demandante en forma de centroides más próximos a ellas, aportando unos resultados más homogéneos en cuanto al reparto de la demanda. Al realizar otro ensayo, esta vez determinando únicamente dos instalaciones como requeridas, el modelo cambia sustancialmente, eligiendo solo a una de las tres nuevas residencias propuestas. Lo que asegura la utilidad de esta herramienta SIG en el campo de la localización óptima de servicios, generando varios escenarios y aportando soluciones a un problema de asignación de población potencialmente usuaria a las residencias geriátricas. Asimismo, estos modelos ayudan a quedar de manifiesto las posibles irregularidades que están presentes en el territorio y aportan soluciones hipotéticas de localización óptima de un servicio, bajo la premisa de la eficacia espacial.

El modelo obtenido en los centros de día, ayuda a dibujar la asignación de la población de demanda, teniendo en cuenta el grado de correspondencia entre la ubicación real de los puntos de oferta y la distribución espacial de dicha población. Los resultados alcanzados permiten una aproximación válida a la solución de problemas de localización, suponiendo una ayuda para la toma de decisiones a la Administración y a las Instituciones que gestionan la red de servicios. Ofreciendo modelos que garanticen el acceso igualitario, racional y óptimo de la población a los servicios sociosanitarios.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Abellán, A. y Puga, D. (2006): Las escalas territoriales del envejecimiento. *SEMATA, Ciencias Sociales e Humanidades*, 18: 121-141.
- Bosque, J.; Gómez, M.; Moreno, A.; Dal Pozzo, F. (2000): Hacia un sistema de ayuda a la decisión espacial para la localización de equipamientos. *Estudios Geográficos*, LXI (241): 567-598.
- Buzai, G.D. y Baxendale C. A. (2008): Modelos de localización-asignación aplicados a servicios públicos urbanos: análisis espacial de escuelas EGB en la ciudad de Luján. En Moreno, A. y Buzai, G.D. (eds) *Análisis y planificación de servicios colectivos con sistemas de información geográfica*. Madrid, pp. 95-116.
- Densham, P.J. y Rushton, G. (1992): Strategies for solving large location-allocation problems by heuristic methods. *Environment and Planning A*, 24: 289-304.
- Díaz, P.; Vallejo, I. y Ojeda, J. (2012): Espacialización de datos poblaciones de la provincia de Cádiz a escala de detalle. En las *Actas del XV Congreso Nacional de Tecnología de la Información Geográfica*. Asociación de Geógrafos Españoles-Consejo Superior de Investigaciones Científicas, Madrid, pp. 279-287.
- Edwards, P. (2001): Salud y envejecimiento. Un documento para el debate. *Perfiles y Tendencias, Boletín sobre el envejecimiento*, vol. 4 y 5: 1-40.
- Espina, A. (2004): Estado del bienestar y teorema de la imposibilidad. *ICE, Revista de Economía*, 815: 61-80.
- Fernández-Mayoralas Fernández, G., Rojo Pérez, F, Abellán García, A. y Rodríguez Rodríguez, V. (2003): Envejecimiento y salud. Diez años de investigación en el CSIC. *Revista de Gerontología*, 13-1: 43-46.
- Fuenzalida, M. y Moreno, A. (2010): Diseño con SIG de la localización óptima de centros de atención primaria de salud, discriminando según estatus socioeconómico. En Ojeda, J., Pita, M.F. y Vallejo, I. (Eds.), *Tecnologías de la Información Geográfica: La Información Geográfica al servicio de los ciudadanos*. Secretariado de Publicaciones de la Universidad de Sevilla, Sevilla, pp: 453-465.
- García, C. y Nieto, A. (2013): Distribución y localización de los servicios sociosanitarios en Extremadura: las residencias geriátricas. En Gutiérrez, J. A. et al (Eds.) *Los servicios: dinámicas, infraestructura*.

turas y cohesión territorial. Asociación de Geógrafos Españoles y Universidad de Extremadura, Cáceres, pp. 181-197.

Moreno, A. (2008): Los servicios colectivos y el desarrollo territorial: una reconsideración conceptual y metodológica. En Moreno, A. y Buzai, G.D. (Eds) *Análisis y planificación de servicios colectivos con sistemas de información geográfica*. Madrid, pp. 5-23.

Moreno, A. (1995): Planificación y gestión de servicios a la población desde la perspectiva territorial: algunas propuestas metodológicas. *Boletín de la Asociación de Geógrafos Españoles*, 20: 115-134.

Nieto, A. y García, C. (2014): Análisis del envejecimiento demográfico en Extremadura a escala de detalle: distritos y secciones censales. En *Actas del XIV Congreso de la Población Española*. Grupo de Población de la Asociación de Geógrafos Españoles, Sevilla, pp. 83-94.

Sánchez, D. (2005): El proceso de envejecimiento demográfico en Granada y su área metropolitana. *Cuadernos Geográficos*, 37 (2005-2): 185-199.

APLICACIONES DE LAS TIG EN EL PROYECTO ITINERE1337 CAMINOS A GUADALUPE

Raúl José González González

Licenciado en Geografía, especialista en SIG y Desarrollo Rural

RESUMEN

Dentro del Proyecto ITINERE 1337 CAMINOS A GUADALUPE, proyecto de cooperación para la puesta en valor de los caminos históricos de peregrinación al Monasterio de Guadalupe, promovido por APRODERVI (Asociación para la promoción y el desarrollo rural de la comarca Villuercas Ibores Jara) y otros 16 Grupos de Acción Local de Madrid, Castilla la Mancha y Extremadura, subvencionado por la RED RURAL NACIONAL del Ministerio de Medio Ambiente, Rural y Marino, según la Orden ARM/1287/2009 de 8 de mayo, se realizaron una serie de estudios y análisis usando herramientas TIG para determinar el trazado de los 12 caminos de peregrinación propuestos en el inicio del proyecto. Con el uso de estas herramientas se hizo un estudio previo de la longitud y del recorrido basándonos en documentos históricos, tanto textos como mapas. Posteriormente se realizó un trabajo de campo donde se digitalizó con exactitud el verdadero trazado usando caminos y senderos que estuvieran abiertos y fueran transitables por peregrinos y senderistas sin dificultad y con un mínimo de seguridad para ellos. Por ello se determinaron diferentes variables que influyeron en el resultado final y definitivo de estos caminos. Posteriormente se elaboraron una serie de mapas, tracks para GPS, mapas urbanos, página web, folletos, inventario de recursos, etc.. con toda la información útil para recorrerlos. Todo ello elaborado mediante Tecnologías de la Información Geográfica, como GvSIG, ArcGIS, Gogle earth, etc., y otras herramientas de diseño gráfico. Finalmente se creó la red de Caminos a Guadalupe.

Palabras Claves: SIG, Patrimonio, Itinerarios Culturales, Guadalupe (Extremadura)

ABSTRACT

Within the ITINERE 1337 PATHS Project GUADALUPE cooperation project for enhancement of the historic roads of pilgrimage to the Monastery of Guadalupe, promoted by Aprodervi (Association for the promotion and rural development of the region Villuercas Ibores Jara) and 16 Local Action Groups of Madrid, Castilla la Mancha and Extremadura, funded by the National Rural Network of the Ministry of Environment, Rural and Marine, according to the Order ARM / 1287/2009 of May 8, a series of studies and analyzes were performed GIS using tools to determine the layout of the 12 pilgrimage routes proposed in the beginning of the project. With the use of these tools it did a previous study of the length and route based on historical documents, old texts and maps. Later, it did a field work where digitized accurately the true path using roads and trails that were open and they were passable by pilgrims and hikers without difficulty and with a minimum of security. Therefore different variables that influenced the final and ultimate result of these paths. Subsequently, it were developed a series of maps, GPS tracks, city maps, website, brochures, resource inventory, etc .. with all the information useful for cross them. All it made using Geographic Information Technologies, as gvSIG, ArcGIS, Gogle earth, etc .., and other graphic design tools. Finally it was created the historic roads network to Guadalupe.

Key Words: GIS, Heritage, cultural itineraries, Guadalupe (Extremadura)

1. PROYECTO ITINERE 1337 CAMINOS A GUADALUPE

1.1. Los caminos de peregrinación como elemento catalizador para la cooperación interterritorial.

Según la leyenda, a finales del siglo XIII o principios del XIV el pastor de vacas cacereño Gil Cordero, tras una milagrosa aparición, encuentra la imagen de la Virgen negra escondida en algún lugar de las profundas sierras de Las Villuercas. A partir de ahí se establece un santuario que comienza a recibir peregrinos. El rey Alfonso XI de Castilla y de León (1311-1350) impulsó la construcción inicial del monasterio (1337).

La proyección histórica del Monasterio de Guadalupe desde su fundación no se ciñe exclusivamente al recinto de la Puebla, sino que ha tenido un reflejo territorial a través de las diversas actividades ligadas a él: molinos, hospitales, albergues y, por supuesto, los caminos a través de los cuales acudían los peregrinos.

La peregrinación al centro de culto mariano creó los caminos que a su vez fueron causa y origen de la aparición de un nutrido conjunto de patrimonio arquitectónico y obras de ingeniería asociado a ellos: puentes, iglesias, ermitas, humilladeros, cruceros, albergues...

Además de un rico patrimonio de tradición oral, inmaterial, que aún es posible localizar. El devenir de los siglos fue borrando el trazado de los primitivos Caminos Históricos de Peregrinación a Guadalupe.

Y todo ello sobre un territorio privilegiado y de enorme riqueza paisajística y natural, atravesando espacios naturales protegidos (parques nacionales, parques naturales, zepas...), humedales, bosques, conjuntos de sierras y valles... con un alto grado de biodiversidad y muy buen estado de conservación.

Todo lo anterior justifica el PROYECTO "ITINERE 1337 de Cooperación Interterritorial para la puesta en valor de los Caminos Históricos de Peregrinación al Monasterio de Guadalupe conformada por 17 grupos de acción local en torno a la recuperación de 12 caminos de peregrinación y su puesta en valor como corredores ecoculturales, ejes de ordenación territorial y motores para el desarrollo de las comarcas rurales que conectan, incorporando innovación tecnológica y participación social en todas las fases del proyecto.

1.2. Grupos de acción local , municipios y población.

Desde APRODERVI (Asociación para la promoción y el desarrollo rural de la comarca Villuercas Ibores Jara) se coordinó el proyecto junto a otros 16 grupos de acción local. 10 de Extremadura (4 de Badajoz, 6 de Cáceres), 6 de Castilla la Mancha (2 de Ciudad Real, 4 de Toledo), 1 de Madrid. Suman 367 municipios

Población :755.164 habitantes.

Más 9 términos municipales no adheridos a ningún GAL (*Casarrubios del Monte - Toledo - Plasencia - Mérida - Cáceres - Alcorcón - Móstoles - Madrid - El Álamo*)

Población: 3.916.342 habitantes.

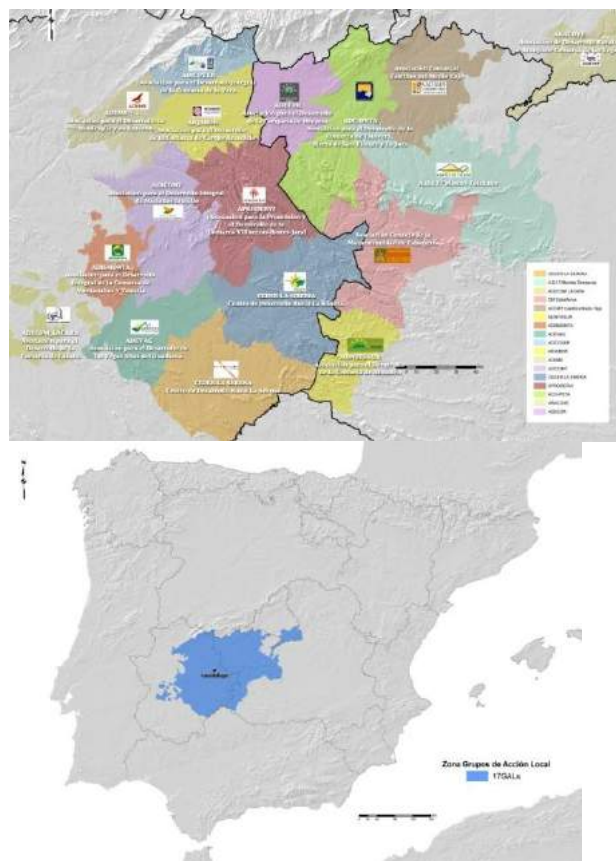


Figura 1 y 2. Grupos de acción local. Territorio del proyecto.

2. LOS 12 CAMINOS

CAMINO 1 Camino Real de Guadalupe (Desde Madrid y Ramal de Aranjuez) 360 km

Madrid, Alcorcón, Móstoles, El Álamo, Casarrubios, Ventas de Retamosa, Camarena, Fuensalida, Torrijos, Geridonte, Carmena, La Mata, Erustes, Cebolla, Montearagón, Talavera de la Reina, Alberche del Caudillo, Calera y Chozas, Alcañizo, Oropesa, Alcolea de Tajo, El Puente del Arzobispo, Villar del Pedroso, Carrascalejo, Navatrasierra, Guadalupe.

Titulcia, Aranjuez, Toledo, Albarreal de Tajo, Burujón, Escalonilla, La Mata.

CAMINO 2 Camino de los Montes de Toledo 196 km

Toledo, Guadamur, Polán, Noez, Totanés, Gálvez, Menasalbas, Navahermosa, Los Navalmorales, Espinoso del Rey, Robledo Mazo, Buenas Bodas, Gargantilla, El Campillo de la Jara, Puerto San Vicente, Alía, Guadalupe.

CAMINO 3 Camino de La Jara 110 km

Calera y Chozas, Aldeanueva de Barbarroja, El Campillo de la Jara, Puerto San Vicente, Alía, Guadalupe.

CAMINO 4 Camino de Cabañeros 125 km

Alcoba, Horcajo de los Montes, Bohonal, Anchuras, Puerto Rey, Alía, Guadalupe.

CAMINO 5 Camino de Levante 115 km

Saceruela, Agudo, Fuenlabrada de los Montes, Herrera del Duque, Castilblanco, Guadalupe.

CAMINO 6 Camino de los Mineros 125 km

Almadén, Chillón, Garlitos, Siruela, Talarrubias, Casas de Don Pedro, Guadalupe.

CAMINO 7 Camino Mozárabe 161 km

Monterrubio de la Serena, Castuera, Campanario, Magacela, Villanueva de la Serena, Madrigalejo, Logrosán, Cañamero, Guadalupe.

CAMINO 8 Camino Mozárabe 156 km

Mérida, Trujillanos, San Pedro de Mérida, Torrefresneda, Santa Amalia, Medellín, Don Benito, Villanueva de la Serena, Madrigalejo, Logrosán, Cañamero, Guadalupe.

CAMINO 9 Camino Visigodo 134 km

Alcuéscar, Arroyomolinos, Almoharín, Miajadas, Escorial, Abertura, Alcollarín, Zorita, Logrosán, Cañamero, Guadalupe.

CAMINO 10 Camino de los Descubridores 134 km

Cáceres, Sierra de Fuentes, La Cumbre, Trujillo, Madroñera, Garciaz, Berzocana, Guadalupe.

CAMINO 11 Camino de Monfragüe 160 km

Plasencia, Malpartida de Plasencia, Villarreal de San Carlos, Toril, Casatejada, Saucedilla, Belvís de Monroy, Mesas de Ibor, Fresnedoso de Ibor, Robledollano, Navezuelas, Guadalupe.

CAMINO 12 Camino de los Jerónimos 125 km

Cuacos de Yuste, Talayuela, Navalmoral de la Mata, Peraleda de la Mata, Bohonal de Ibor, Castañar de Ibor, Navalvillar De Ibor, Guadalupe .

TOTAL 1.901 km

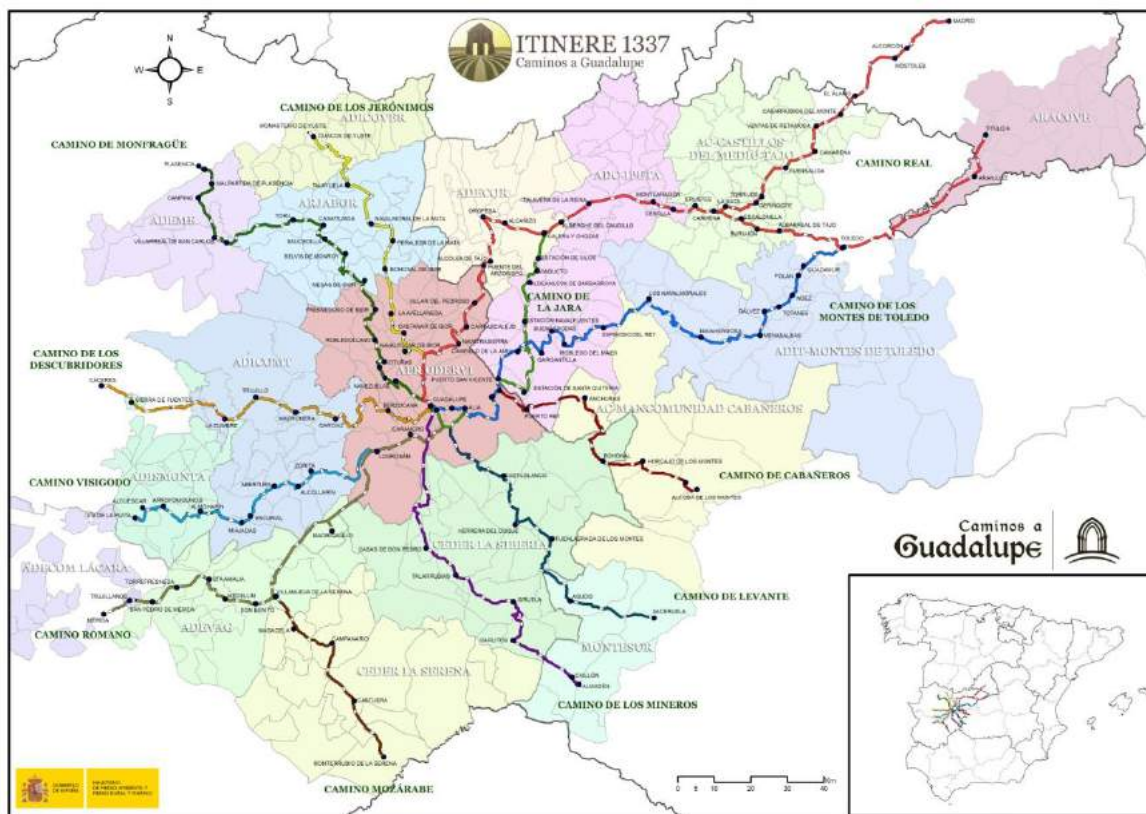


Figura 3. Mapa Caminos a Guadalupe

3. EJES DE ACTUACIÓN

EJE 1 Patrimonio: *Investigación- Inventario*

EJE 2 Agua y recursos naturales: *Inventario-Catalogación- Educación-Señalización*

EJE 3 Cultura y tradición: *Fiestas-Productos-Música-Leyendas-Teatro*

EJE 4 Turismo y promoción: *Inventario-Señalización-Producto Caminos a Guadalupe*

EJE 5 Innovación tecnológica: *SIG-Página WEB-Guías electrónicas-Cobertura móvil*

EJE 6 Participación ciudadana: *Foros-Red ciudadana-Voluntariado*

EJE 7 Sistemas de Gestión en Red: *Patronato o entidad gestora-Comité científico-Red de Albergues-Centro de interpretación-Congreso*

4. METODOLOGÍA

4.1 Estudio histórico y cartográfico y de necesidades previo

Desde APRODERVI, con su equipo técnico, se realizó un estudio de las necesidades que determinarían el inicio del proyecto. Dentro de estas necesidades, se determinaron las actuaciones que había que realizar para elaborar el trazado de los caminos. Por ello se empezó consultando textos históricos donde nos aparecían referencias sobre los caminos históricos de peregrinación a Guadalupe.



Figura 4. Mapa histórico de Guadalupe 1781.

Nos entrevistamos con todas las asociaciones que hoy en día siguen realizando la peregrinación, aportando el recorrido que ellos hacen actualmente. Consultamos cartografía histórica para contrastar todos los datos que íbamos recopilando. Hasta llegar a un trazado inicial de estos caminos. Siempre dentro del territorio que nos comprendía. Nos encontramos que existían múltiples caminos, pero que con el paso del tiempo se han borrado o se han construido carreteras o redes ferroviarias encima, por ello tuvimos que seleccionar los caminos que fueran más viables. Así se determinaron 12 caminos.

El primer paso se realizó usando herramientas SIG y google earth para realizar un borrador del mapa, siempre en línea recta entre las localidades por donde pasaba el camino. A la espera de realizar el trabajo de campo.

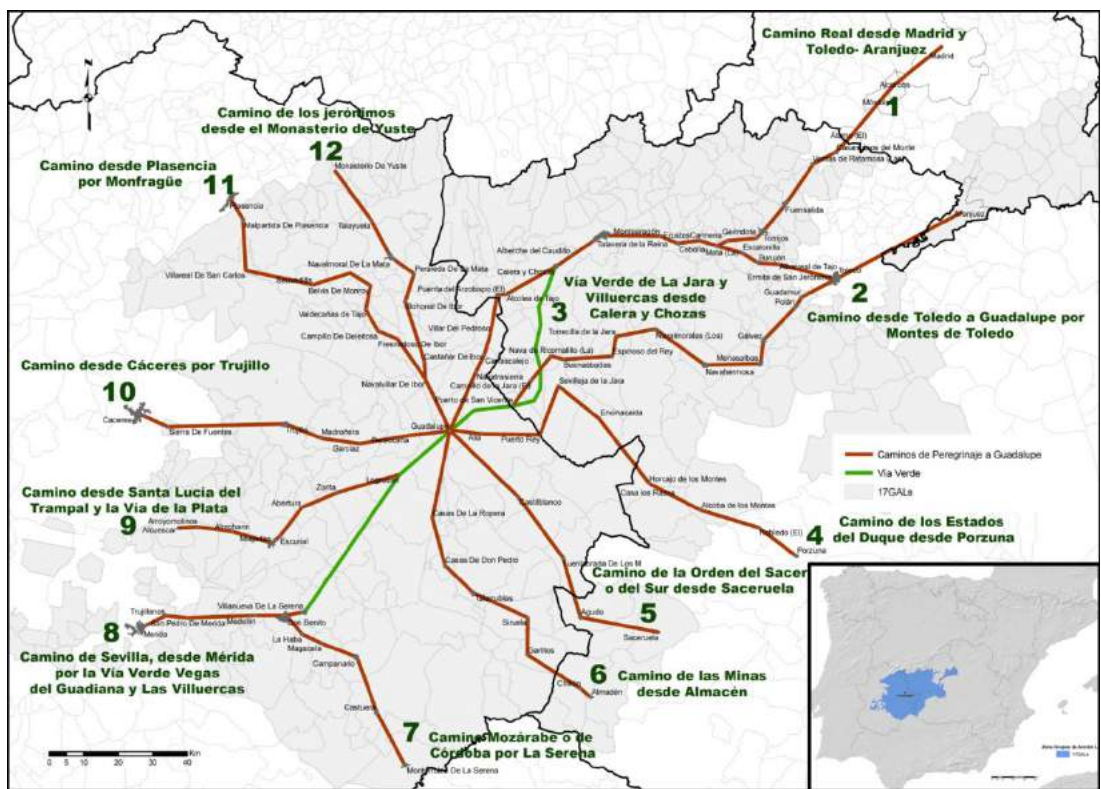


Figura 5. Mapa del trazado previo, líneas rectas y sin nombres definitivos.

4.2 Estudio de los caminos (trabajo de campo)

Una vez diseñada la red que conformaban los 12 caminos a Guadalupe, se pasó al estudio en el terreno, para determinar el mejor trazado posible. Se realizó un amplio y exhaustivo trabajo de campo para determinar las acciones de adecuación y señalización que requerían los caminos. Aparecieron diversas dificultades, ya que los caminos en algunas partes desaparecían, en otras existía vallas o paredes, y por ello se decidió que todos los caminos tendrían que discurrir por caminos de uso público, transitables y que no entraran en conflicto con propiedades privadas. Este trabajo fue bastante laborioso y complicado. Se usó un gps profesional para ir marcando los trazados.

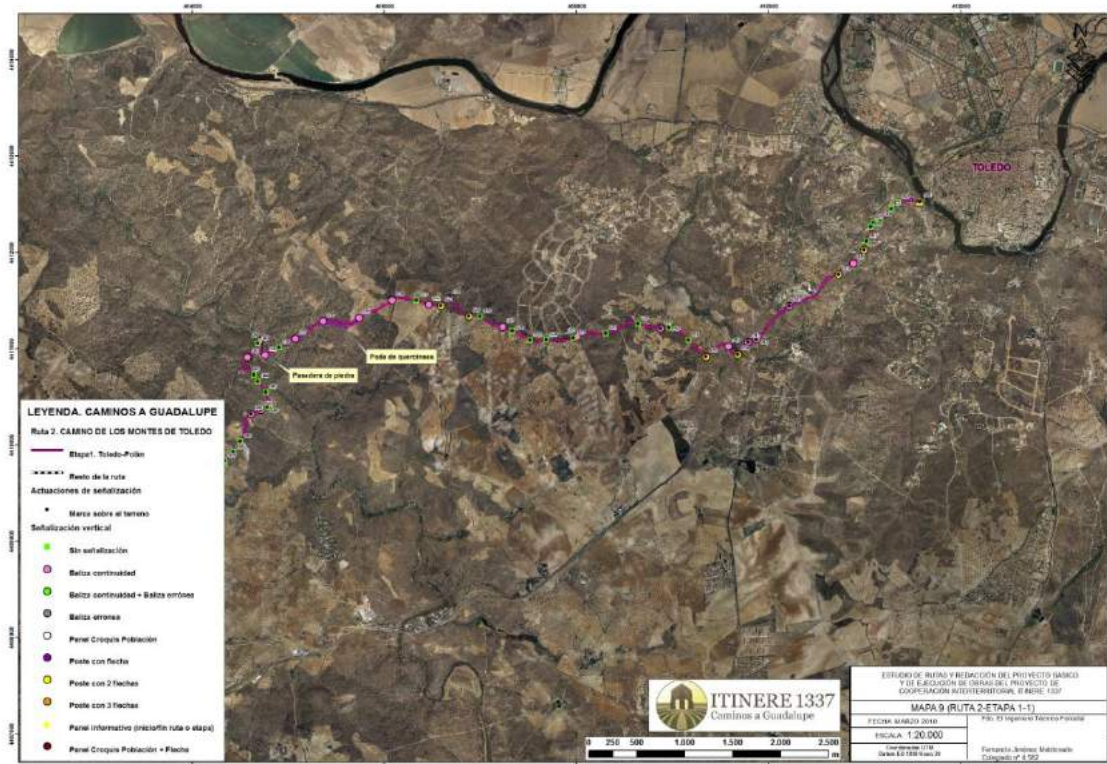


Figura 6. Mapa trabajo de campo, proyecto de obra.

4.3 Estudio de los caminos (trabajo software sig)

Una vez trazados y recorridos los caminos, se generó una serie de datos que había que contrastar y tratar mediante software SIG. Todos estos datos fueron añadidos y estudiados en ARCSIG, y añadidos a las capas que ya teníamos, junto a fotos aéreas. Se rectificaron los errores que tenían las líneas, puntos y polígonos.

De esta forma fuimos sacando cada término municipal de los 376 que determinaban todo el territorio del proyecto, con su parte del camino. Esto se mandó a los responsables de cada ayuntamiento, para que contrastaran el trazado con su catálogo de camino, y que nos dieran el visto bueno para seguir adelante. Hubo que rectificar numerosas partes del trazado, ya que nos encontramos con dificultades y conflictos de diferente índole.

Finalmente, conseguimos tener todos los trazados de los 12 caminos terminados.

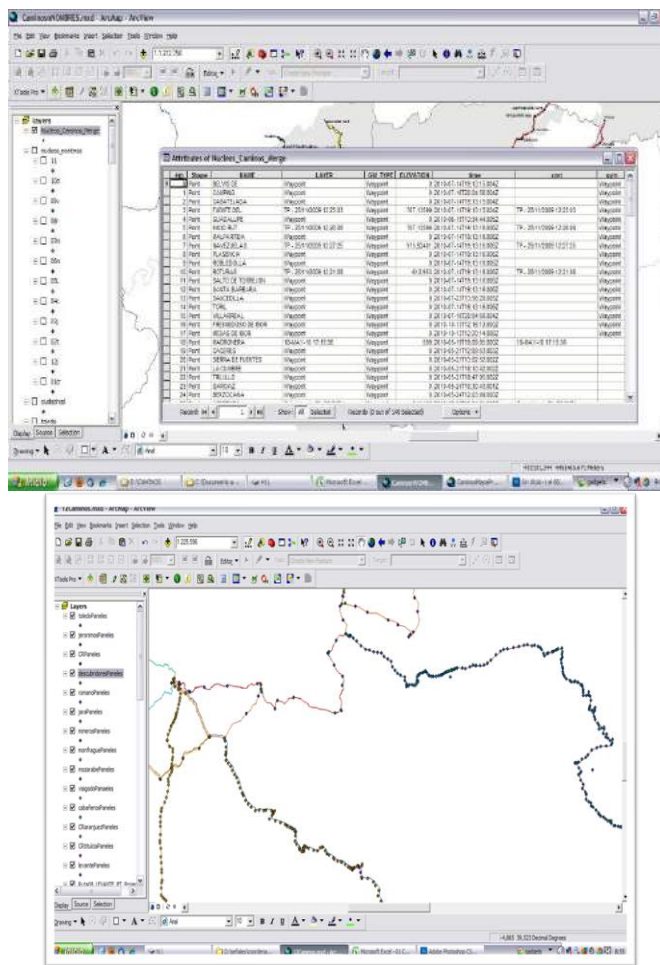


Figura 7. Tratamiento y corrección de errores de los datos.

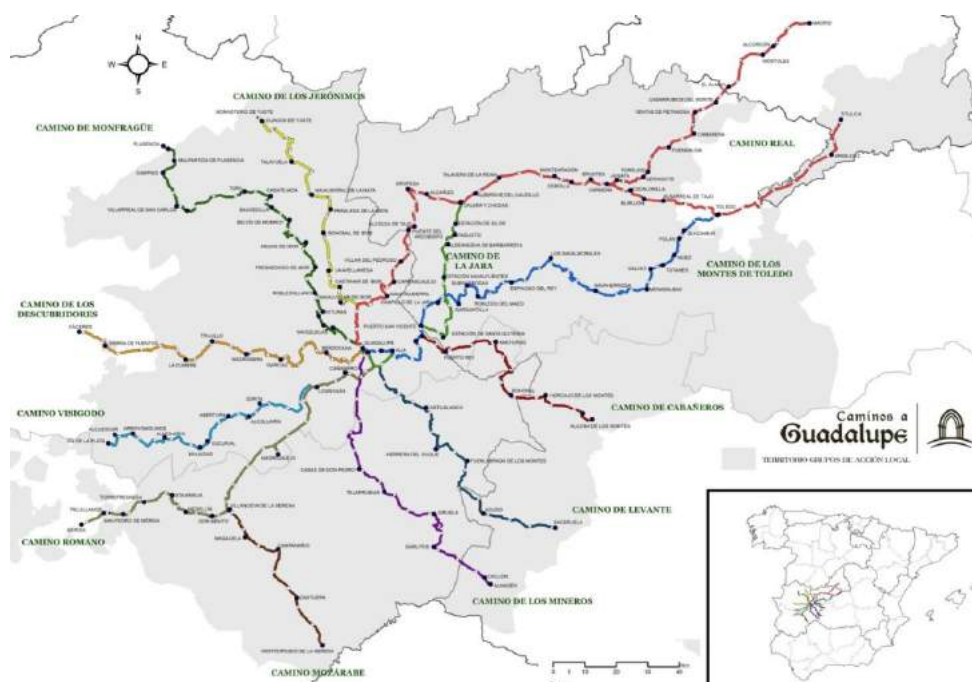


Figura 8. Trazado definitivo de los caminos.

4.4 Redacción de proyecto básico de obras

Con los datos ya definitivos se elaboró un proyecto de obra que había que realizar para adecuar y señalizar los caminos.

"ESTUDIO DE RUTAS Y REDACCIÓN DEL PROYECTO BÁSICO Y DE EJECUCIÓN DE OBRAS DEL PROYECTO DE COOPERACION INTERTERRITORIAL ITINERE 1337"

61	2c 2e	P2F < Agudo xkm Saeruela xkm >	- Existe Bc de madera - Incorporar placa GR	
62	1e		- Existe Bc de granito - Incorporar placa GR	C2d
63			- Existe Bc de granito - Incorporar placa GR	
64			- Existe cartel de ctra del Camino a Guadalupe	
65		Bc		

Figura 9. Proyecto de obra.

4.5 Señalización de los caminos

En una primera fase, se procedió a marcar todos los caminos en el terreno con señalización homologada.



Figura 10. Primera fase de señalización de los caminos.

En la segunda fase se señaló con postes flechas, balizas y paneles de situación e información. Para ello se realizaron todos los mapas topográficos de cada etapa de los caminos para incluirlos en los paneles.



Figura 11. Segunda fase de señalización de los caminos. Postes flechas y panel de situación.



Figura 12. Segunda fase de señalización de los caminos. Situación paneles.

Para la colocación de toda la señalización se realizó un trabajo previo de situación idónea de cada señal, usando herramienta SIG y fotos aéreas, así como trabajo de campo, para determinar su situación final. Además de realizaron mapas de todas las etapas de los caminos, con su perfil topográfico, rutómetro, callejero y demás información útil para el peregrino.



Figura 13. Ejemplo de uno de los paneles de la señalización.

4.6 Creación de un SIG

Con todos los datos recopilados y su posterior tratamiento. Se seleccionó, se filtró y se extrajo todos los datos y capas relevantes, para agrupar toda la información útil, y poder ser usada mediante software SIG por cada uno de los GAL participantes en el proyecto. De esta forma, se le da continuidad a lo largo del tiempo, para que dependiendo de sus necesidades, cada GAL pueda sacar mapas, gráficos, datos, etc. de los caminos a Guadalupe.

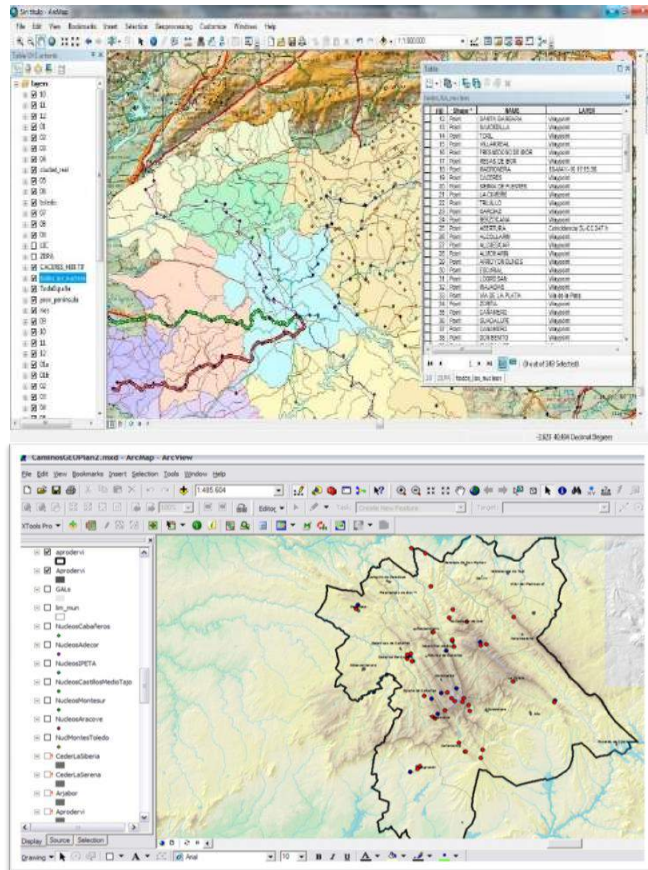


Figura 14. Uso, tratamiento y consulta de capas SIG (ArcSIG).

4.7 Cartografía

Con toda la información recopilada a lo largo del proyecto, se realizó una serie de mapas para su posterior publicación, tanto en papel como en una plataforma web.



Figura 15. Mapa etapa 5 Camino de los Descubridores.

4.8 Creación de una plataforma web y documentos impresos

Finalmente se realizó una serie de documentos impresos, como el inventario de recursos, folletos turísticos y de información cartográfica y una credencial para el peregrino. Además de la creación de una plataforma web donde aparece toda la información de los caminos. Disponible para su descarga, tracks de las rutas por etapas o completa, mapas topográficos, y documentos turísticos.

<http://caminosaguadalupe.com/>

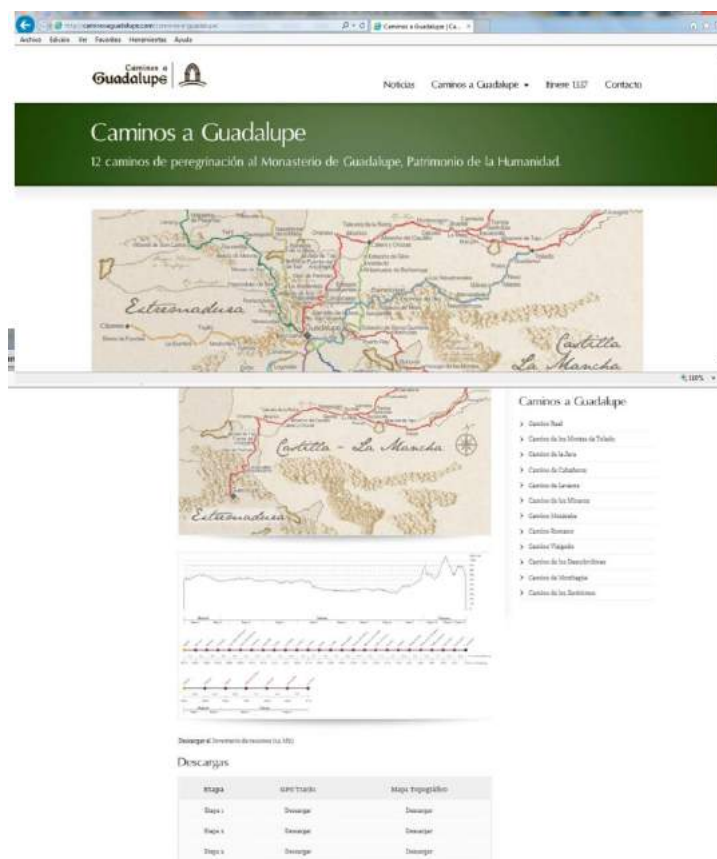


Figura 16. Página Web Caminos a Guadalupe.



Figura 17. Credencial del peregrino.

5. CONCLUSIONES

El proyecto ITINERE 1337 surgió por la demanda que existe por parte de peregrinos y senderistas de adecuar los caminos para que sean transitables, y a su vez un atractivo turístico que traiga desarro-

llo a las comarcas por donde discurren estas rutas. Entre paisajes naturales, zonas rurales de interés, para poner en valor la infinidad de los recursos como puentes, ermitas, viaductos, antiguas estaciones de ferrocarril, parques nacionales y naturales, ríos, lagos, minas, antiguos hospitales de peregrinos, y un rico legado histórico entorno a estos caminos.

Desde APRODERVI se apostó fuertemente por este proyecto, y gracias, entre otras, a las nuevas tecnologías, concretamente a las tecnologías de la información geográfica TIC, hemos conseguido facilitar al usuario su tránsito por las rutas, no solo a pie, sino también en bicicleta. Todo ello traerá un aprovechamiento económico de los recursos, se potencia la cooperación entre comarcas y comunidades autónomas, impulsando el enfoque ascendente de la metodología LEADER, se crean foros de participación ciudadana, supera el aislamiento de los pueblos y frena el despoblamiento fortaleciendo el tejido empresarial.

Muchas instituciones aparte de los colaboradores (Grupos de acción local y MARM) firmaron la carta de adhesión al proyecto, como el prior del monasterio de Guadalupe, la Universidad de Extremadura, mancomunidades, ayuntamientos, asociaciones de todo tipo, y un largo etcétera”. Entre ellas están también el Consorcio para la Vía Verde y Camino Natural Vegas del Gadiana y Las Villuercas, la Asociación Amigos del Camino Realde Guadalupe y entidades religiosas (Orden del Sacer, comunidades Franciscana y Jerónima).

Al final de todo este proyecto, hemos conseguido tener cartografiado y digitalizado un trazado adecuado de los 12 caminos, señalizados y transitables. Pero este proyecto sólo fue la primera piedra en un producto turístico de enorme potencial, que desde los diversos organismos competentes han de seguir manteniendo y continuando lo que se empezó.

AGRADECIMIENTOS

Dedicado especialmente a la memoria de Pedro A. Blanco Aldeano (*Gerente*), quien hizo posible este proyecto. Al equipo técnico de APRODERVI: Felipe Sánchez Barba (*Gerente*), Javier López Caballero (*Gerente*), M^a Ángeles Rebollo Sanromán (Técnico proyecto), María Isabel Torrejón (administración), Juan Pedro Gil (ADL), Eduardo Pavón (Técnico), David Martín (Técnico).

BIBLIOGRAFÍA

- Asociación del Camino Real de Guadalupe. www.acgr.com .
- Cartoteca Histórica Digital de Extremadura: <http://sitex.juntaex.es/SITEX/pages/cartoteca>.
- Fondos cartográficos del Instituto Geográfico Nacional: <http://www.ign.es/fondoscartograficos/> .
- Instituto Geográfico Nacional: <http://www.ign.es/>.
- Méndez-Cabeza, M. (2003): “Los Caminos de Guadalupe y su Real Monasterio”. Canseco Editores.
- Madoz, P. (1849): “Diccionario Geográfico - Estadístico- Histórico de España y sus posesiones de Ultramar”. Madrid.
- Manteca, V. (1995): “Las vías pecuarias: evolución y normativa actual”. Agricultura y Sociedad nº 76.
- SIG del Ministerio de Agricultura, Alimentación y Medio Ambiente: <http://www.magrama.gob.es/es/cartografia-y-sig/>.
- Uriol, J.I. (1987): “Viajes por España en la primera mitad del siglo XVI”. Revista de Obras Públicas. Nº 134.
- Uriol, J. I. (2001): “Historia de los caminos de España”. Madrid.

LOS MODELOS GRAVITACIONALES COMO MÉTODO DE ANÁLISIS DE LA ATRACCIÓN COMERCIAL SOBRE EL TERRITORIO. APLICACIÓN EN LA CC.AA. DE EXTREMADURA

José Antonio Gutiérrez Gallego ⁽¹⁾, José Manuel Pérez Pintor ⁽²⁾ y Enrique E. Ruiz Labrador ⁽³⁾

(1) Departamento de Expresión Gráfica, Universidad de Extremadura, Escuela Politécnica, Avenida de las Letras s/n 10071 Cáceres, jagutier@unex.es

(2) Departamento de A. y Ciencias del Territorio, Universidad de Extremadura, Facultad de Filosofía y Letras, Avenida de las Letras s/n 10071 Cáceres, jmperpin@unex.es

(3) Departamento de Expresión Gráfica, Universidad de Extremadura, Escuela Politécnica, Avenida de las Letras s/n 10071 Cáceres, eruizl@unex.es

RESUMEN

La actividad comercial ha supuesto tradicionalmente unos de los pilares fundamentales de la dinámica económica y en definitiva, del grado de crecimiento y desarrollo de los diferentes territorios dentro de una jerarquía urbana interrelacionada, en la que destacan entre otros factores de interés, el potencial de población demandante, unido a una concurrencia laboral más significativa en el contexto de la economía regional. Tanto es así, que en muchas ocasiones aquellos núcleos poblacionales que cuentan con una mayor oferta de tipología comercial y por tanto revelan un mercado más destacado de bienes y servicios, muestran una mayor competitividad con relación a otros enclaves regionales análogos y en consecuencia, posicionan a esos territorios como espacios óptimos para la localización de nuevas actividades.

En este sentido, el trabajo abordado propone una aproximación inicial a la determinación de las principales áreas de atracción comercial identificadas en la Comunidad Autónoma de Extremadura, a partir del análisis de la capacidad de atracción de sus respectivas cabeceras. El objetivo de dicho estudio es revelar el poder de atracción real que presenta cada una de ellas dentro del sistema urbano regional y en definitiva, identificar áreas susceptibles de implantar nuevas iniciativas empresariales y/o de carácter comercial, inicialmente no consideradas. Con esta finalidad se ha empleado una metodología basada en modelos teóricos gravitacionales, a partir de los cuáles delimitar el grado de atracción teórico de las principales cabeceras comerciales de la región extremeña y proceder posteriormente a su ajuste real, a través de la aplicación de encuestas de opinión a los consumidores potenciales.

Palabras clave: modelo gravitacional; demanda comercial; SIG; encuestas telefónicas; Extremadura.

ABSTRACT

The commercial activity has supposed traditionally some of the fundamental props of the economic dynamics and definitively of the degree of growth and development of the different territories inside an urban interrelated hierarchy, in which they stand out between other factors of interest, the potential of population plaintiff joined a more significant labor concurrence in the context of the regional economy. So much it is like that, that in many occasions those population cores that possess a major offer of commercial typology and therefore they reveal a market more distinguished from goods and services, they show a major competitiveness with relation to other regional analogous enclaves and in consequence they position to these territories as ideal spaces for the location of new activities.

In this respect, the approached work proposes an initial approximation to the determination of the principal areas of commercial attraction identified in the Autonomous Community of Extremadura from the analysis of the capacity of attraction of her respective head-boards, with the aim to reveal the power of real attraction that there presents each of them inside the urban regional system and definitively identifying capable areas for the location of new managerial initiatives of commercial character, initially not considered. Revealing this reality, the increasing existing relation between the territory and the economic development. With this purpose it has used for it, a methodology based on theoretical gravitational models, from which to delimit the theoretical de-

gree of attraction of the principal commercial head-boards of the Extremaduran region and to proceed later to her area) adjustment, across the application of public-opinion polls to the potential consumers.

Key words: gravity model; commercial demand; GIS; telephone surveys; Extremadura.

INTRODUCCIÓN

La actividad comercial es tradicionalmente una de las operaciones cotidianas desarrolladas por el hombre prácticamente desde sus orígenes, que ha ido variando a lo largo de la historia adaptándose, organizándose y transformándose a las necesidades y demandas de una sociedad en continua evolución. El desarrollo de esta función basada en el suministro de los diferentes bienes y servicios en consonancia con el resto de actividades económicas que configuran el sistema productivo (actividades primarias y de índole industrial, etc.), han ido conformando una estructura y jerarquización de los diversos asentamientos poblacionales y por ende del territorio. En este sentido, como resultado de este proceso paulatino de configuración espacial, determinados emplazamientos se han convertido en espacios preferentes de acogida y localización de la población y de los principales equipamientos y en definitiva, se han constituido como los polos capitales de desarrollo socioeconómico y atracción, en comparación con otros enclaves a nivel regional o estatal.

En líneas generales, esta relación patente entre el territorio y la localización de las diferentes actividades económicas junto a su incidencia sobre el desarrollo de las mismas, queda plasmada por tanto de manera prioritaria por la concentración de las iniciativas empresariales y de la propia población en un número limitado de enclaves que destacan por su ya elevada densidad demográfica (Costa et al., 2000). A estas circunstancias se suma a su vez la intensificación de la acción de los propios territorios a pequeña escala, principalmente local, que en muchas ocasiones facilitan, refuerzan e impulsan el desarrollo socioeconómico de los mismos, posibilitando la localización de nuevas iniciativas empresariales a través de diferentes ventajas (beneficios fiscales, cesión de suelo, desarrollo de infraestructuras, etc.), e incidiendo de manera decisiva por tanto en la propia jerarquía urbana preexistente.

Hoy en día, dentro de un contexto global enfocado hacia una economía basada en gran medida en una sociedad de consumo, la actividad de carácter comercial se ha convertido en una de las fuentes de generación de riqueza más destacadas desde el punto de vista socioeconómico de determinados territorios (competitividad, regeneración urbana, fomento del empleo, etc.), al margen del potencial del resto de actividades productivas. En definitiva, estas actividades han intervenido de manera efectiva sobre la jerarquización territorial en función de su localización, al denotarse una clara retroalimentación entre la capacidad de atracción de un municipio sobre su entorno y la oferta de servicios ofrecida, destacando así la importancia del aparato comercial en la movilidad de la población (Andrés, 2013). De este modo, aquellas ciudades o municipios que cuentan a priori con una población residente más numerosa, suelen disponer de una mayor oferta terciaria. Tanto es así, que en muchas ocasiones el factor que determina la ubicación de una nueva iniciativa empresarial de carácter comercial, es directamente el volumen de población residente en dicho municipio, dejando al margen otras variables de interés como pueden ser la oferta ya disponible, la diversificación de la misma, o el propio contexto socioeconómico del territorio donde se ubica dicha actividad (mercado laboral, envejecimiento de la población, patrones de consumo, etc.).

Esta realidad basada directamente en los factores anteriormente indicados, reduce el grado de competitividad de determinados territorios frente a otros de similar categoría, perdiendo los primeros la posibilidad de consolidar el tejido empresarial existente, así como albergar la localización de nuevas iniciativas, que en muchas ocasiones como resultado de este tipo de valoraciones, se instalan equivocadamente en otros espacios que parecen presentar un mayor volumen de negocio.

Sin embargo, aunque existen diferentes condicionantes de partida como los mencionados anteriormente, el proceso encaminado a decidir la localización espacial de las actividades empresariales, no solo de tipo comercial, es una de las decisiones más complejas de inversión, derivado entre otras cuestiones de sus altos costes y su naturaleza de largo plazo (Garrido y Gallo, 2008). En el caso de las actividades comerciales particularmente, la tarea de definir la ubicación de los diferentes establecimientos, viene dada fundamentalmente por el tamaño de las denominadas como “áreas comerciales”. Estas se definen como “espacios geográficos formados por un conjunto limitado de municipios, cuya población se siente atraída comercialmente por el municipio de mayor equipamiento comercial de la zona, el cual constituye su núcleo central o cabecera, careciendo de sentido las delimitaciones administrativas tradicionales” (Anuario Económico de la Caixa).

En virtud a los diferentes estudios realizados hasta el momento en dicho ámbito, se erigen como factores clave a la hora de justificar la elección de una localización, las siguientes tipologías: distancia geográfica¹ (la distancia existente entre el establecimiento y el potencial comprador), la oferta (en función de las instalaciones y los servicios ofrecidos), el perfil de los consumidores y la geodemografía (basada en el análisis a través de la discriminación y clasificación de diferentes áreas geográficas en función de una amplia gama de factores socioeconómicos: características demográficas, indicadores económicos, estilos de vida, hábitos de consumo, etc.), esta última a partir a su vez de una muestra representativa de consumidores (Redondo y Cerdá, 2010).

Así pues, para poder abordar la problemática derivada de la necesidad de realizar una delimitación efectiva respecto al grado de atracción comercial de las diferentes cabeceras, es necesario no solo la identificación de los principales factores que la determinan: distancia al equipamiento comercial, la atracción que ejerce el propio equipamiento comercial, la atracción del consumidor hacia el equipamiento comercial y la tipología de los productos demandados, entre otros (De Juan y Rivera, 1999). Además conviene considerar las relaciones de dichos factores para desvelar el potencial del área en cuestión, a través de la aplicación de nuevas metodologías que tengan en cuenta la interrelación de los mismos.

Durante los últimos años, la variación del número de empresas relacionadas con el sector comercial en España² atendiendo a las diferentes comunidades autónomas (Figura 1), permite observar una evolución heterogénea entre los años 2000 y 2013. En este contexto, se verifica una etapa de expansión durante el periodo 2000-2008, coincidente con el fenómeno de boom inmobiliario iniciado a finales de la década anterior, en el que el número de empresas activas en el sector comercial muestra un importante crecimiento. Por el contrario, a partir del año 2008 se produce una clara decadencia del dinamismo anterior, caracterizada por un descenso destacado del número de empresas comerciales activas a lo largo de la geografía española, de manera que ahora más que nunca la localización de nuevas actividades comerciales supone un elemento de carácter estratégico para el desarrollo de los diferentes territorios. En el caso concreto de la región de Extremadura, esta se revela como la comunidad autónoma con un mayor incremento del número de actividades comerciales en el contexto nacional a lo largo de la etapa expansiva comprendida entre los años 2000 y 2008, del 24,1% muy por encima del promedio nacional (6,6%). El resto de comunidades que presentan un crecimiento destacado durante esta etapa son Madrid (15,6%), Murcia (14,8%) y Navarra (14%).

Derivado de la crisis económico-financiera iniciada en el año 2008, se produce un claro cambio de tendencia caracterizado por un destacado descenso del número de actividades comerciales puestas en marcha, y el cual aparece reflejado en todo el territorio nacional. De este modo, la variación acaecida entre los años 2008 y 2013 muestra un saldo negativo en todas las comunidades españolas. A nivel estatal se produce un descenso del 6,8%, llegando a alcanzar algunas regiones variaciones negativas superiores al 10%, como sucede en País Vasco, Baleares y Asturias. No obstante, la comunidad extremeña a pesar de sufrir también este descenso, la variación es mucho menos significativa e incluso inferior a la acaecida en España, situándose en el 5,3%.

¹ En este caso relativo a la distancia geográfica, la metodología utilizada se centra principalmente en la aplicación de modelos teóricos gravitacionales, entre los que destacan los desarrollados por Reilly y Huff.

² Para el período 2000-2008 se ha utilizado la clasificación CNAE-1993 (Clasificación Nacional de Actividades Económicas), según la cual las empresas comerciales se incluyen en el Grupo G: comercio; reparación de vehículos de motor, motocicletas y ciclomotores y artículos personales y de uso doméstico. Por su parte, en el caso del período 2008-2009 se ha seguido la actualización de la misma, denominada CNAE-2009. En este caso, la clasificación engloba en el Grupo G a las siguientes empresas de tipología comercial: comercio al por mayor y al por menor; reparación de vehículos de motor y motocicletas.

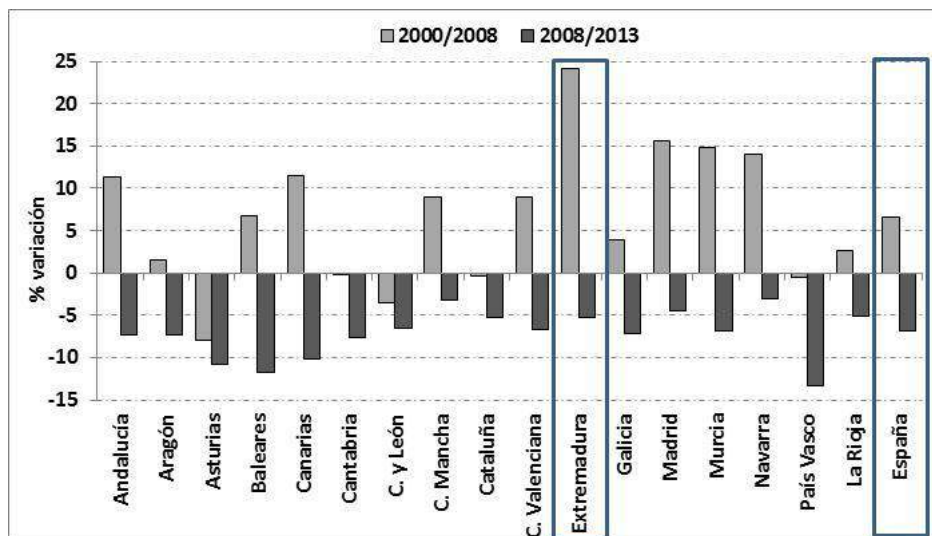


Figura 1. Variación del número de empresas del sector comercial en España, según CC.AA., períodos 2000-2008 y 2008-2013 a partir de Garrido et al., 2015.

En definitiva, el objetivo principal de este trabajo se centra en determinar las principales áreas de atracción comercial identificadas en la Comunidad Autónoma de Extremadura, a partir del análisis de la capacidad de atracción de sus respectivas cabeceras mediante una metodología basada en la utilización de modelos teóricos gravitacionales (principalmente el modelo de Huff), complementado con la aplicación de encuestas de opinión a la población sobre preferencias en el ámbito del consumo de carácter comercial. Así mismo, para la consecución del objetivo planteado es necesario contar con una herramienta fundamental desde el punto de vista espacial como son las Tecnologías de la Información Geográfica (TIG), a través del uso y manejo de los Sistemas de Información Geográfica (SIG), que nos permiten la aplicación de estas técnicas así como la identificación de las diferentes áreas comerciales resultantes del empleo de la metodología basada en un determinado modelo teórico gravitacional.

Con todo ello, se pone de manifiesto cómo progresivamente se van realizando nuevos esfuerzos desde el ámbito investigador encaminados a explicar una nueva dimensión en el ámbito de la economía espacial, la geográfica, en aquellos procesos de asignación de los recursos gobernados por las leyes del mercado (Sánchez y Zofío, 2009), tomando como ejemplo el caso de estudio de este trabajo, aplicado específicamente a la distribución de las áreas comerciales sobre un área territorial concreta.

La actividad comercial en Extremadura

En líneas generales, atendiendo a la jerarquía que presenta la red urbana regional y en función de la población residente y el grado de desarrollo de la oferta comercial presente en cada uno de estos enclaves, Extremadura cuenta en la actualidad con cinco cabeceras principales coincidentes con los núcleos poblacionales de Badajoz, Mérida y la conurbación conformada por los municipios de Don Benito y Villanueva de la Serena (en adelante Vegas Altas) en la provincia de Badajoz, así como Cáceres y Plasencia en la provincia cacereña (Figura 2). Estas cabeceras coinciden con las principales ciudades que componen la red urbana extremeña y desde el punto de vista de la población residente en las mismas, aglutinan en torno a 410.000 personas (37,2% de la población extremeña).

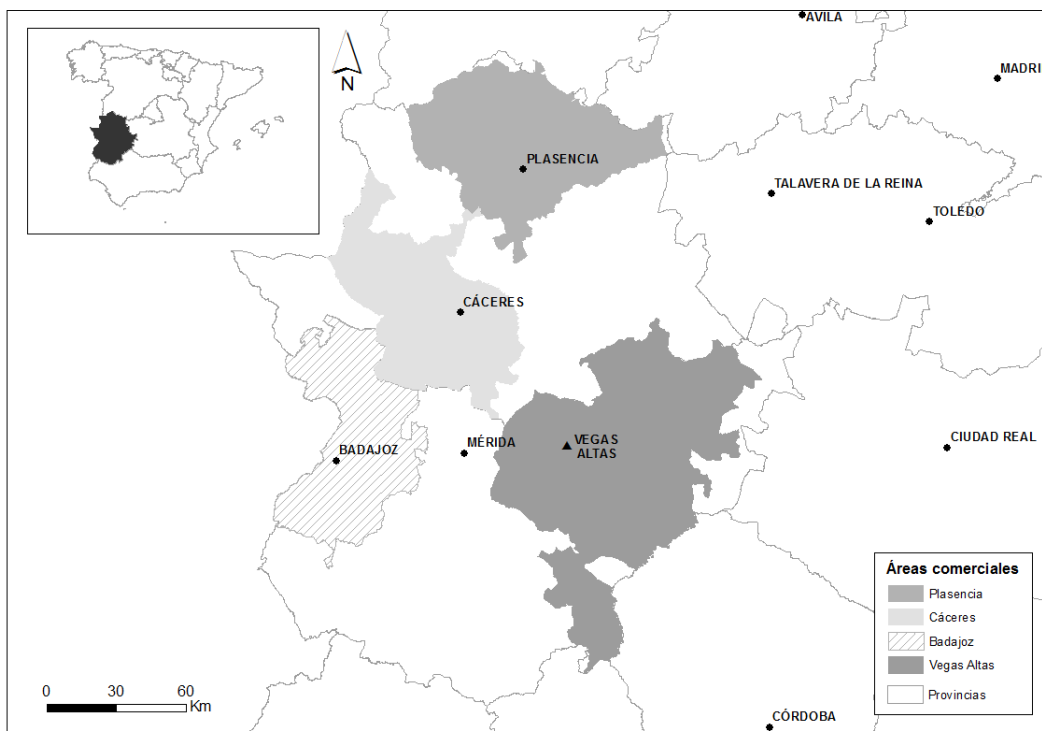


Figura 2. Localización de las principales cabeceras comerciales en Extremadura.

Esta proporción de población ligada directamente a las cabeceras comerciales, se incrementa en torno a un 10%, alcanzando la cifra de 525.000 personas si se considera aquella población que presenta algún tipo de relación habitual con estos municipios pero no reside en ellos, derivado del desempeño de la actividad laboral, académica o porque residen de manera eventual durante determinados períodos de tiempo a lo largo del año (más de 15 días/año), denominada “población vinculada”. En definitiva, la consideración de esta última tipología permite realizar una aproximación a la realidad de los flujos y carga real de población que soportan estos municipios cotidianamente y que al mismo tiempo, incide denodadamente sobre el grado de desarrollo de las actividades terciarias, particularmente de tipología comercial. De manera desagregada, la cabecera que cuenta con una población más numerosa es la ciudad de Badajoz con 150.517 personas, seguida de Cáceres con 95.855 personas y la conurbación de Don Benito y Villanueva de la Serena con 63.112 residentes. En el extremo opuesto, las cabeceras con una presión demográfica menos destacada coinciden con las ciudades de Mérida y Plasencia con 58.985 y 40.892 habitantes, respectivamente (Figura 3).

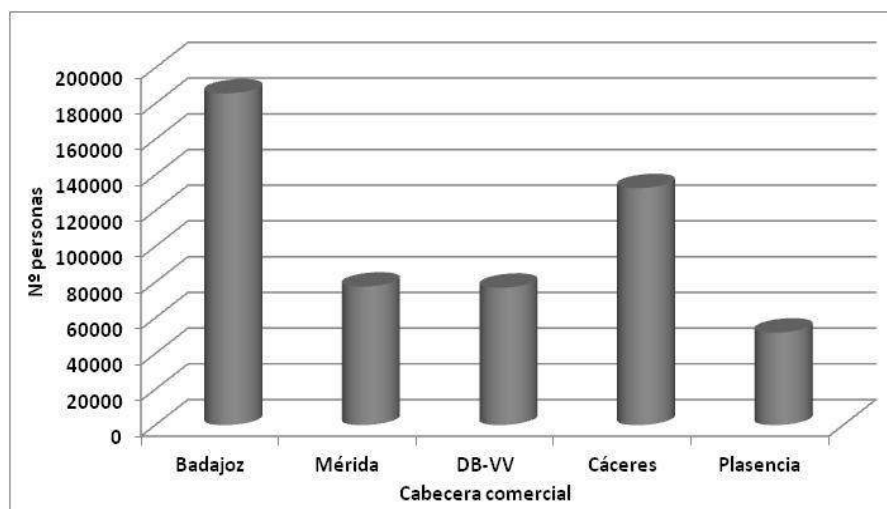


Figura 3. Distribución de la población residente en las principales cabeceras comerciales de Extremadura.

Con relación a la distribución de las diferentes actividades comerciales (Tabla 1), las principales cabeceras identificadas en la región extremeña cuentan en la actualidad con un total de 7.234 actividades, de las que 2.422 corresponden a la distribución o venta de productos del ámbito de la alimentación (33,5% del total de actividades comerciales) y las 4.812 actividades restantes se enmarcan en el grupo de actividades comerciales no alimentarias (66,5% del total de actividades comerciales). A grandes rasgos, esta distribución permite verificar el mayor peso que presentan las actividades comerciales de índole no alimentario en el contexto regional (textil, perfumería, mobiliario, juguetes, artículos tecnológicos, reparación y venta de vehículos, etc.), frente al resto de actividades comerciales.

Por cabecera y tipo de actividad comercial (Tabla 1), debe destacarse como en todos los casos prevalecen las actividades comerciales no alimentarias. Así mismo, respecto al grado de desarrollo de cada una de estas tipologías en las diferentes cabeceras, a pesar del predominio de las actividades descritas anteriormente, se observa un mayor desarrollo de las actividades relacionadas con la alimentación en las cabeceras de la provincia de Badajoz, con porcentajes superiores al 30% (destaca la cabecera de Badajoz, donde las actividades comerciales alimentarias suponen el 38,5%). En el caso particular de las actividades comerciales no alimentarias, se revela una mayor presencia en las cabeceras de la provincia cacereña (la cabecera comercial de Plasencia presenta el porcentaje más destacado del conjunto de cabeceras extremeñas, 73,4% del total de actividades).

Tabla 1. Distribución de las actividades comerciales. Fuente: Gobierno de Extremadura.

Cabecera	Total actividades	Alimentación	No alimentación	% Alimentación	% No alimentación
Badajoz	2.609	1.005	1.604	38,5	61,5
Mérida	1.084	401	683	37	63
Don Benito-VV	1.200	382	818	31,8	68,2
Cáceres	1.520	416	1.104	27,4	72,6
Plasencia	821	218	603	26,6	73,4

Atendiendo a la distribución de la superficie comercial ofertada por las principales cabeceras identificadas en la región Extremeña (Figura 4), se comprueba que de los 752.057 m² que suman en su conjunto estas cabeceras, la superficie más significativa se localiza en Badajoz, que cuenta con 249.865 m², ocupando el segundo lugar la cabecera conformada por los municipios de Don Benito y Villanueva de la Serena con unos 145.600m², quedando en tercer lugar la cabecera de Cáceres con un total de 128.809 m² de superficie total destinada a actividades de tipología comercial. De esta manera, se pone de manifiesto como la cabecera conformada por los municipios de Don Benito y Villanueva de la Serena, a pesar de no contar con la representación más numerosa de actividades, presenta una importante superficie dedicada a este tipo de actividad económica. Por el contrario, las cabeceras comerciales de Mérida y Plasencia, ostentan los guarismos menos destacados respecto a la superficie ocupada por las diferentes actividades comerciales.

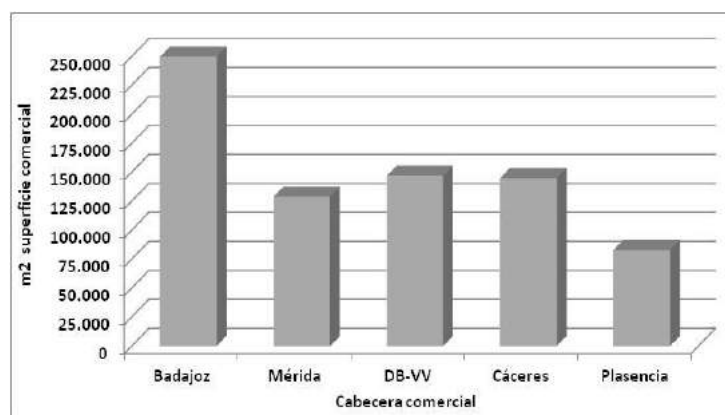


Figura 4. Distribución de la superficie comercial ofertada por las principales cabeceras en Extremadura. Fuente: Atlas Socioeconómico de Extremadura, 2014. Gobierno de Extremadura.

ESTADO DE LA CUESTIÓN

El desarrollo y evolución de la actividad comercial ha sido muy influyente a lo largo de la historia (Serrano, 1997) y ha supuesto un paulatino incremento del interés como objeto de estudio a medida que se ha ido acentuando su incidencia en el sistema económico. Esta necesidad ha obligado a definir diferentes aproximaciones de carácter metodológico, encaminadas a precisar el potencial real de un determinado territorio desde el punto de vista de la atracción comercial. En este sentido, descubrir la dimensión real de una determinada área comercial y con ella la demanda efectiva que debe satisfacer, es esencial.

Con este propósito, diferentes investigadores han incidido durante las últimas décadas, en la necesidad de aportar metodologías encaminadas a delimitar las áreas comerciales de una manera apropiada. Como resultado de esta exigencia, distintos autores han avanzado en la definición de diversas metodologías que intenten copar el vacío existente en este ámbito científico. Por lo general, estas metodologías se agrupan en cuatro tipologías: basadas en la distancia geográfica, cuyo ejemplo más destacado lo suponen los modelos teóricos gravitacionales (que se desarrollaran más adelante); la oferta; el perfil de los consumidores; y la geodemografía. En este último caso, destacan determinados trabajos dirigidos al análisis de la atracción de los consumidores de una determinada zona hacia los centros comerciales, a partir de un método dirigido a identificar aquellas áreas geodemográficas³ donde resulta más interesante localizar una nueva actividad comercial (Redondo y Cerdá, 2010).

De un modo u otro, para dar respuesta a estas cuestiones se han utilizado de forma predominante expresiones de tipo matemático o matemático-estadístico denominadas modelos gravitacionales. Estos relacionan y modelizan una serie de variables que afectan de algún modo al problema analizado, y devuelven un resultado teórico que se ajusta en mayor o menor medida a lo que podría ser la preponderancia de un determinado municipio sobre el resto, dentro de la jerarquía urbana y, a partir de la segunda mitad del siglo XX, se ha basado fundamentalmente en el potencial de atracción de las diferentes actividades comerciales.

Entre los principales procedimientos de delimitación utilizados destacan los modelos de *Applebaum*, *Reilly* o *Huff*, la delimitación a partir de los *polígonos de Thiessen* y la *teoría de los lugares centrales*, que ofrecen diferentes resultados en relación a la determinación de estas áreas de atracción (Albadalejo, 1995).

Desde un punto de vista cronológico, debe destacarse que aunque inicialmente nos encontrábamos en numerosos trabajos el desarrollo de modelos que interrelacionaban un número de variables muy significativo, como sucede en el caso del modelo Multiplicativo de Interacción Competitiva (Nakanishi y Cooper, 1974), el Logit Multinomial (McFadden, 1974), o el Logit de Destinos Competitivos (Fotheringham y O'Kelly, 1989), estos han ido dejando paso progresivamente a largo del siglo XX a otros modelos de aplicación menos complejos como son los Modelos de Gravitación Comercial. Algunas de las justificaciones dadas para argumentar esta variación tienen que ver con el hecho de que los primeros consideran un bajo nivel de agregación de variables y por tanto, son más adecuados para estudios a una escala más local (Chasco, 2000). Además, dichos modelos a su vez no consideran tanto la componente espacial como la temporal (Yrigoyen y Pérez, 1998). Por el contrario, los Modelos de Gravitación Comercial tienen en cuenta, además de las variables que más influyen en estudios de este tipo, otras alternativas con un marcado componente espacial. Esta particularidad permite a los modelos gravitacionales abordar con garantías estudios de demanda de mercado a una escala más amplia, determinando superficies comerciales muy ajustadas a la realidad, e incluso identificando volúmenes de ventas en algunos casos, con leves modificaciones del modelo inicial (Applebaum, 1966; Chasco, 1988).

Entre los modelos teóricos gravitacionales más utilizados a la hora de abordar una delimitación efectiva de las áreas comerciales y en determinadas casos, llegando incluso a corroborar de manera objetiva una apreciación preexistente de las mismas (Martín, 1990; Chasco, 2000; Moreno, 2002), son el modelo planteado por Reilly (1931) con la actualización de Converse (1949), y el modelo desarrollado por Huff (1963). Ambos modelos tienen en cuenta las variables más importantes de atracción a

³ El análisis se realiza en función de una amplia gama de factores socioeconómicos, entre los que destacan diferentes características demográficas, indicadores económicos, estilos de vida, hábitos de consumo de la población, etc.

día de hoy y contemplan otras de tipo espacial en sus análisis (factor clave a la hora de detectar la capacidad de atracción externa de un territorio). En ambos casos se relacionan dos tipos de variables: una variable de atracción (normalmente superficie destinada al comercio analizado o número de actividades implantadas en la cabecera) y otra de fricción (generalmente longitud de una ruta). Mientras que el modelo de Reilly-Converse se basa en la determinación del punto de equiprobabilidad entre cabeceras comerciales vecinas (medida de distancia), el de Huff refleja la probabilidad que tienen los residentes de un determinado territorio de acceder a una u otra cabecera comercial objeto de estudio.

Entre los trabajos realizados utilizando específicamente los modelos teóricos de gravitación anteriormente citados, pueden destacarse algunos ejemplos basados en la delimitación de áreas de atracción comercial en diferentes contextos territoriales (Callizo, 1981; Yrigoyen, 1996; Martín; Mas 1997; De Beule et al., 2014). Así mismo, puede acrecentarse su potencialidad como herramienta para el análisis de interacción espacial a partir de su complemento con Sistemas de Información Geográfica (GIS por sus siglas en inglés), a la hora de decidir sobre la localización de nuevas iniciativas empresariales, aumentando las probabilidades de éxito de las mismas (Griffith, 1982; Constantin, 2004; Vallejo y Márquez, 2006).

En definitiva, el desarrollo de este tipo de trabajos, en los que la componente espacial toma un papel más destacado, permiten dar respuesta a las necesidades a las que se enfrentan a diario tanto las empresas privadas como las propias administraciones públicas, a la hora de disponer de información efectiva con relación al volumen de población que va a atraer un determinado servicio, equipamiento o producto. Sin duda, los resultados alcanzados a partir de la aplicación de estos modelos mejoran enormemente la toma de decisiones, equilibrando la balanza del mercado entre oferta y demanda, a la par que minimizan el riesgo asumido por los empresarios en la implantación de nuevas localizaciones empresariales (Yrigoyen y Uceta, 1997), así como la inversión óptima y eficiente que se espera de la propia administración en un momento de crisis económica como el actual.

METODOLOGÍA

A tenor de la revisión bibliográfica realizada en este ámbito de actuación, se expone en este capítulo el proceso metodológico seguido para identificar superficies comerciales potenciales teóricas en Extremadura, tomando como puntos de atracción las principales cabeceras comerciales extremeñas descritas por el Anuario Económico de La Caixa (La Caixa, 2014)⁴¹. El modelo gravitacional tenido en cuenta para el cálculo de la superficie comercial de atracción es el *modelo de Huff* (1963). Esta metodología se complementa con una serie de encuestas telefónicas que permiten afinar la dimensión real de cada área de atracción. A modo de ejemplo, se describe en este documento la aplicación de este método de encuesta al conjunto de municipios de la comunidad extremeña potencialmente atraídos por la cabecera comercial conformada por los municipios de Don Benito y Villanueva de la Serena (en adelante Vegas Altas). La justificación de utilizar como ejemplo concreto dicha área comercial y no otra radica en identificar el potencial real de dicha zona, ya que a priori este permanece en la sombra de otras áreas comerciales inicialmente más destacadas, por el hecho de ser capitales de provincia o por su roles administrativo y/o turístico.

Fuentes de información

Las fuentes de información tenidas en cuenta en esta investigación como base para este trabajo han sido las siguientes:

⁴ Para la delimitación del área de atracción comercial se han utilizado las principales cabeceras comerciales identificadas en el Anuario Económico de La Caixa (2014), en el que aún no aparece identificada como cabecera Mérida, al considerarse durante el desarrollo de la investigación como subárea de la cabecera comercial de Badajoz. En el resto del trabajo (análisis poblacional y cuantificación de actividades y superficie), se ha considerado a dicha área como cabecera al identificarse como tal en el Atlas Socioeconómico de Extremadura (2014), editado por el Gobierno de Extremadura, con el objeto de realizar una aproximación más ajustada a la realidad que presenta la región extremeña.

Una tabla de municipios extremeños clasificados por su atracción a la cabecera comercial del área comercial a la que directamente pertenecen, según el Anuario de La Caixa (2014). Además, se dispone de información relativa a su población residente. Hay que indicar por otra parte, que aunque inicialmente la metodología se aplica a las áreas comerciales de Extremadura, se considera inicialmente como municipios objeto de estudio también aquellos ubicados en provincias limítrofes con las extremeñas, ya que sus cabeceras comerciales bien podrían atraer población externa. Una vez validada dicha información, se generan dos tipos de cartografía GIS: una de tipo poligonal que es útil para representar las superficies de atracción y las probabilidades de acceso a sus respectivas cabeceras (modelo de Huff); y una segunda capa de tipo puntual, que sirve para realizar el cálculo de tiempos de viaje de cada municipio a las cabeceras objeto de estudio.

Una capa GIS de tipo lineal que representa la red de carreteras de Extremadura y de las provincias limítrofes españolas (Equipo de Investigación DESOSTE, Universidad de Extremadura, 2014). Dicha red aparece dividida en tramos, con el fin de incrementar la exactitud del coste de desplazamiento que se va a calcular a continuación, considerando para ello como orígenes a los diferentes municipios del área de estudio y como destino a las respectivas cabeceras comerciales. Datos como la longitud del tramo, la velocidad máxima permitida en vehículo motorizado, o el coste en tiempo de viaje que tendría cada usuario al atravesar cada tramo (campo llamado “impedancia” quedan recabados en la tabla asociada a dicha capa.

Una segunda tabla relativa al listado de cabeceras comerciales de Extremadura y de aquellas provincias limítrofes con esta (Anuario La Caixa, 2014). De aquí se genera una nueva capa GIS puntual, que actúa por un lado como destino de los cálculos de ruta, y por otro como almacén del volumen de oferta comercial existente en la zona (medida en metros cuadrados de superficie comercial). Este último dato resulta crucial en el cálculo de atracción llevado a cabo con la expresión de Huff.

Una tercera tabla que conserva la información relativa a los costes de viaje (medidos en minutos de viaje) de cada municipio a todas las cabeceras comerciales tenidas en cuenta en este trabajo (Equipo de Investigación DESOSTE, Universidad de Extremadura, 2014). Esta tabla se calcula directamente con la herramienta de análisis de redes del entorno GIS, e identifica el coste de desplazamiento generalizado de cada municipio a las cabeceras.

Para tratar toda la información, se genera una base de datos que sirve para generar los cálculos propios del modelo de interacción comercial (Huff).

Aplicación del modelo de Huff

El modelo gravitacional de Huff calcula la probabilidad de que un residente de un municipio origen se desplace a comprar a una cabecera comercial determinada. Para ello, se interrelacionan las variables de tiempo de separación entre ambos puntos (minutos de viaje) y superficie destinada a oferta comercial (m^2), a través de la siguiente expresión:

$$P_{ij} = \frac{S_j^\alpha * T_{ij}^{-\beta}}{\sum_{k=1}^n S_k^\alpha * T_{ik}^{-\beta}}$$

Donde:

P_{ij} es la probabilidad de que un usuario residente en un municipio “i” se desplace a otro “j” para realizar sus compras (en este caso j es la cabecera comercial).

S_j es la superficie comercial ofertada por la cabecera “j” (medida en m^2).

S_k es la superficie comercial ofertada por la cabecera “k” (m^2).

T_{ij} es el tiempo medido en minutos de viaje que destina un usuario en desplazarse desde el municipio “i” al “j” (en este caso j es la cabecera comercial).

T_{ik} es el tiempo medido en minutos de viaje que destina un usuario en desplazarse desde el municipio “i” al “k” (en este caso k es una cabecera comercial distinta).

α , β y n son parámetros de ajuste del modelo. Así, los dos primeros reflejan la sensibilidad de un usuario a la superficie de equipamiento ofertada en cada cabecera comercial y al tiempo empleado para llegar a ella respectivamente, mientras que el tercer parámetro refleja el número de cabeceras comerciales tenidas en cuenta por dicho usuario para llevar a cabo sus compras.

Una vez aplicados los cálculos del modelo de Huff y realizadas las consultas pertinentes, se extrae una tabla resultado, en la que se identifica la probabilidad de ir a las diferentes cabeceras comerciales

por parte de cada municipio. Así, se identifica cada municipio en cuestión por su código INE, seguido por el campo probabilidad, representado por tantos por ciento. La unión de esta tabla con la cartografía poligonal de municipios del área de estudio permite generar la superficie de atracción comercial referida a cada cabecera extremeña.

Encuestas telefónicas

Una vez calculada la superficie comercial teórica de Extremadura, se diseña una metodología de ajuste de estas, que consiste en realizar encuestas de interceptación telefónicas en los municipios seleccionados (dado el coste que supondría el desplazar a técnicos a los diferentes núcleos para tomar los datos *in situ*). El objetivo es delimitar realmente las superficies teóricas planteadas por Huff. En este trabajo se muestra la aplicación de esta metodología de encuesta al caso concreto del área comercial de Vegas Altas, cuya cabecera está formada por el entorno urbano extremeño de los municipios de Don Benito y Villanueva de la Serena.

La muestra de municipios a encuestar consta de aquellos que están cercanos al límite de superficie, es decir, aquellos que presentan una probabilidad teórica de ir a comprar a la cabecera de Vegas Altas superior al 20% e inferior al 50% (el resto de municipios se entiende que, o bien van a comprar a otras cabeceras [probabilidades Huff menores al 20%], o bien vienen seguro a realizar sus compras a la de Vegas Altas [probabilidades mayores al 50%]).

Teniendo en cuenta que la población inicial objeto de estudio es de 138.695 usuarios según el Anuario de La Caixa (2014), se calcula una muestra a encuestar de 800 usuarios potenciales, llevando a cabo 1 única encuesta por hogar en cada municipio diana (se entiende que las compras externas se suelen realizar en buena medida por varios miembros y en cualquier caso, en un mismo viaje). El error máximo asumido es del 5%, con una probabilidad de éxito del 20% ($p=0,2$ y $q=1-0,2$), coincidente con el valor de probabilidad asignado a los municipios a partir del cual han de ser encuestados. El intervalo de confianza aceptado para el cálculo del tamaño muestral es del 95%. Bajo estas premisas, la distribución de las 800 encuestas entre los diferentes rangos de probabilidad a encuestar queda de la siguiente forma: 268 encuestas para los municipios con probabilidades entre 20%-30%; y 266 para los municipios entre 30%-40%, coincidiendo dicho tamaño muestral para los municipios entre 40%-50%.

Para asegurar la existencia de un mínimo de representatividad en los datos de la muestra (asumiendo para ello que se dispone de al menos 25 respuestas en cada cuestión de la encuesta), se clasifican a continuación los municipios por sectores, en función de su orientación geográfica con respecto a otras cabeceras comerciales competidoras con Vegas Altas, tomando a esta última como centro del que parten dichos límites de sector (Figura 5).

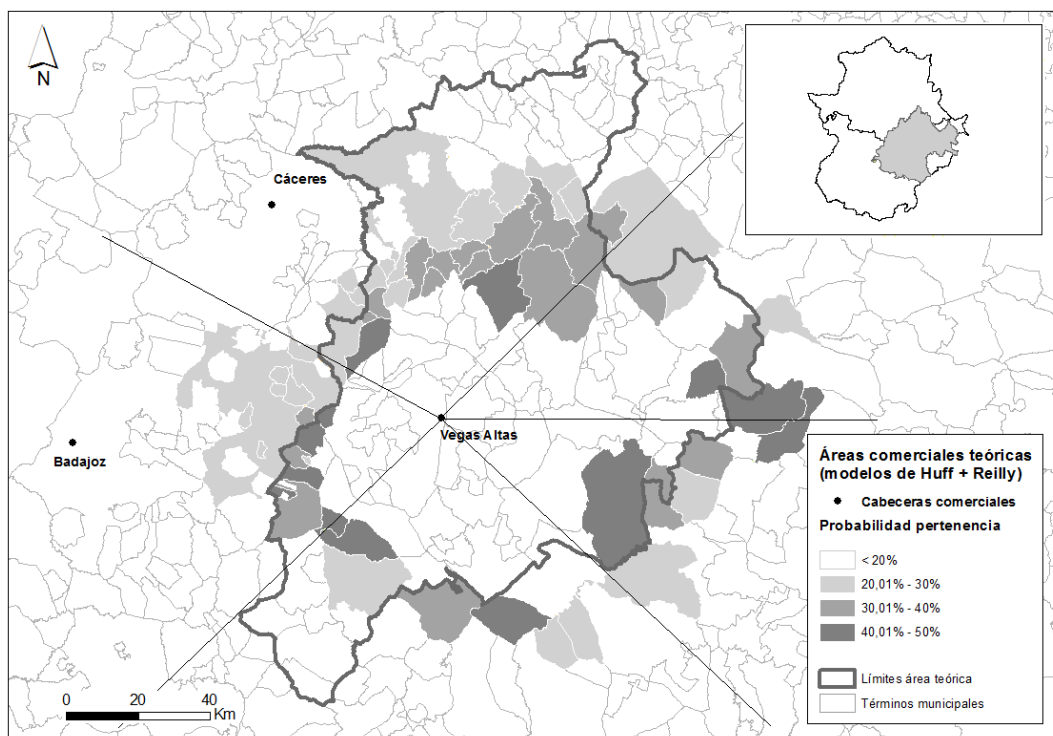


Figura 5. Clasificación de los municipios a encuestar por sectores geográficos.

Los sectores permiten agrupar encuestas y ofrecer datos fiables de cara a la limitación real de la superficie comercial de Vegas Altas. El procedimiento de creación de los sectores es el siguiente:

- unión con líneas principales de Vegas Altas con el resto de cabeceras competidoras;
- generación de líneas bisectrices que dividen el espacio entre líneas principales, para obtener los sectores finales a tener en cuenta en la agregación de municipios a encuestar. Los sectores resultantes son: Badajoz (BA, Oeste), Cáceres (CC, Norte), Talavera de la Reina (TR, Nordeste), Ciudad Real (CR, Este-Sudeste) y Sevilla (SE, Sur). Considerando los sectores, la probabilidad teórica de comprar en Vegas Altas y la población residente, se distribuye de forma ponderada el total de encuestas a realizar en cada municipio diana.

Al mismo tiempo que se obtiene el número de encuestas y se estima la muestra, se diseña la plantilla de encuesta telefónica. Esta se diseña buscando minimizar al máximo el tiempo de la actividad para evitar valores nulos (gente que no contesta). En este sentido, la disponibilidad de medios telemáticos y la posibilidad de que varios técnicos pudieran trabajar de forma simultánea, favorece el uso de *Google Drive* para el diseño y completado de la encuesta. Una de las bondades de *Drive* es que almacena directamente la información en una estructura tabular compatible con hojas de cálculo y muestra resultados en tiempo real de las respuestas. La plantilla sigue una estructura jerárquica y de obligado relleno por parte de los técnicos, haciendo uso de una serie de opciones que se despliegan en cada caso, lo que reduce el proceso de encuesta a no más de minuto y medio. Preguntas sobre si el usuario va a comprar a la cabecera de Vegas Altas o no, en qué modo de transporte va, cuánto dinero se suele gastar por desplazamiento de compra, o cuáles son los productos que adquiere con más asiduidad, son algunas de las cuestiones más relevantes del proceso de encuesta telefónica.

Una vez recabada la información de la encuesta (llevada a cabo en diciembre de 2014), esta se implementa igualmente en la base de datos y se llevan a cabo una serie de cálculos para obtener la superficie real comercial, en este caso aplicada al área de Vegas Altas. Entre los cálculos más destacados se encuentra la corrección del sesgo detectado en los datos en cuanto a género se refiere, con una población muy destacada femenina mayor de 70 años. Este sesgo guarda relación con la hora de encuesta establecida (entre las 9:30h y las 14:30h de la mañana, y entre las 16:30h y las 20:30h por la tarde). Para eliminar dicho sesgo se extrapola el total de encuestas al total real poblacional, comparando por-

centajes por grupos de edad entre la pirámide oficial de Extremadura (INE, 2014) y la pirámide de la muestra⁵ (Tabla 2).

Tabla 2. Comparativa porcentual de población por grupos de edad.

Grupos de edad	% pirámide Extremadura	% pirámide Muestra
< 20	19,52	3,76
21-30	12,46	6,15
31-40	14,45	11,42
41-50	15,70	21,58
51-60	13,37	14,18
61-70	9,95	15,68
> 70	14,55	27,23

Para el proceso de ajuste de probabilidades se considera la población por grupos de edad de cada población y la proporción de usuarios que declaran ir a comprar a Vegas Altas en la encuesta. Una vez desagregada aquella población que no compra en el área de estudio, se extrae el sumatorio de multiplicar el número de encuestas existentes en cada sector por su porcentaje poblacional residente según la pirámide de Extremadura, para cada grupo de edad. Este resultado muestra la probabilidad que tiene un usuario, residente en cualquiera de los municipios objeto de estudio, de comprar en Vegas Altas. De nuevo esta tabla resultado se importa al entorno GIS, se une a la capa de términos municipales por el código INE y se representa el área comercial real de Vegas Altas para extraer los resultados pertinentes.

RESULTADOS Y CONCLUSIONES

En este capítulo se muestran los resultados más interesantes extraídos tras aplicar la metodología tipo expuesta en capítulos anteriores. En este sentido, se muestra a continuación la identificación teórica de las superficies comerciales extremeñas tras aplicar el modelo teórico gravitacional planteado por Huff (Figura 6).

⁵ Se decide ajustar los porcentajes de población y probabilidades únicamente por género ya que la inmensa mayoría de los hogares encuestados declaraban ir juntos por motivos de compras al área de Vegas Altas, con lo que el ajuste por género resultaba irrelevante.

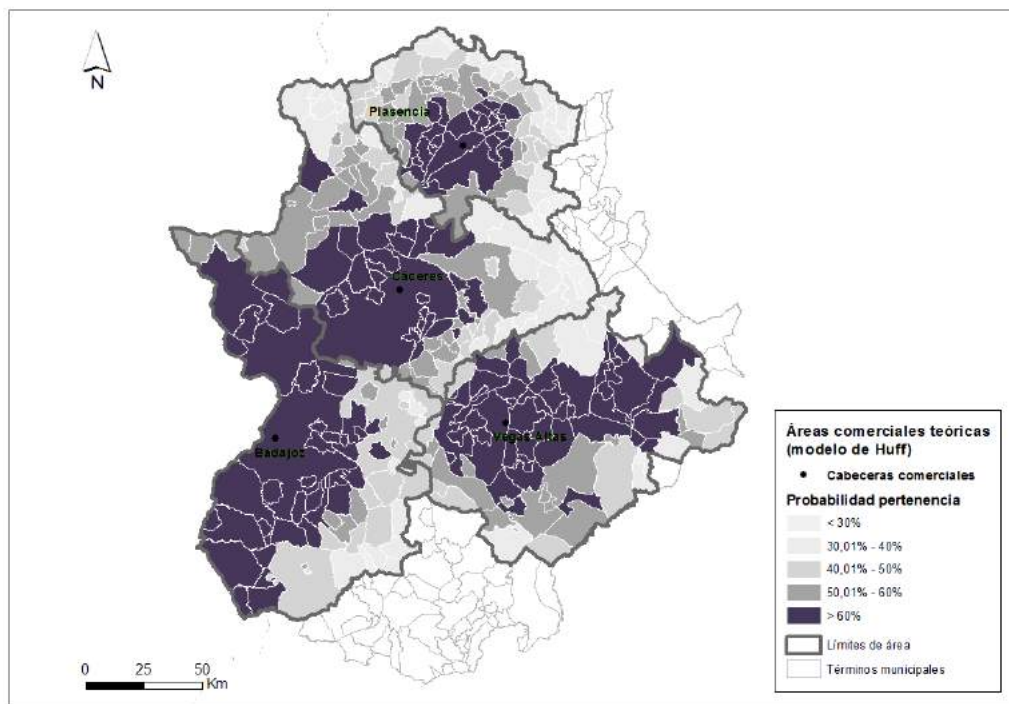


Figura 6. Superficie de atracción comercial de las principales cabeceras comerciales.

Se detecta inicialmente una superficie mayor de las dos capitales provinciales extremeñas (Cáceres y Badajoz), seguidas por Vegas Altas. Sin embargo si se compara este resultado inicial con el porcentaje de población que usualmente se desplaza a comprar productos de primera necesidad a las cabeceras más cercanas (identificadas como población atraída por gravitación directa), se observa cómo Vegas Altas se erige como la cabecera de mayor poder de atracción (65% del total), a distancia de Cáceres y Plasencia (Figura 7). La principal justificación tiene que ver con que el resto de cabeceras agrupan a diferentes subáreas comerciales, mientras que Vegas Altas carece de esta subcategoría. Si se comparan áreas comerciales en igualdad de condiciones (de ahí la comparativa de atracción directa entre áreas), Vegas Altas posee un potencial oculto destacado.

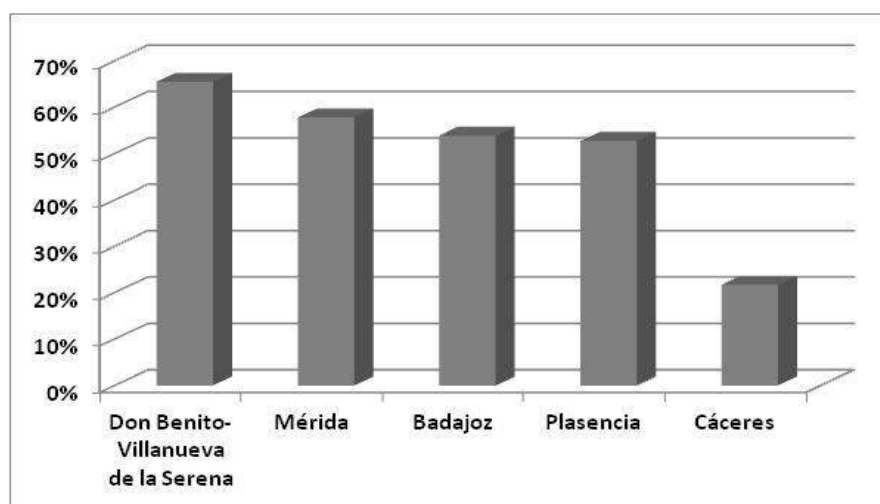


Figura 7. Porcentaje de gravitación directa a la cabecera, respecto al total del área comercial. Fuente: Atlas Socioeconómico de Extremadura, 2014. Gobierno de Extremadura.

Comparando las Figuras 7 y 8, llama la atención la cabecera cacereña, que a pesar de contar con una destacada superficie comercial de atracción, su nivel de atracción en compras cotidianas básicas es

muy reducido (tan solo el 22% de la población se refiere a demanda directa). Esta situación se debe en gran medida a la localización en su entorno de diferentes subcabeceras que absorben gran parte de esa atracción comercial. En la mayoría de las ocasiones se trata de municipios de mediana entidad como Trujillo, Coria o Valencia de Alcántara (7.000-15.000 habitantes), que cuentan con una oferta de tipo medio y que funcionan dentro del sistema urbano regional como centros de atracción comercial intermedios.

Si se consideran los resultados extraídos del proceso de encuesta telefónica aplicado al área comercial concreta de Vegas Altas, se observa un incremento destacado de su superficie de atracción, lo cual dota a la cabecera formada por Don Benito y Villanueva de la Serena de un potencial aún mayor al detectado inicialmente con el modelo de probabilidad teórico aplicado (Figura 8).

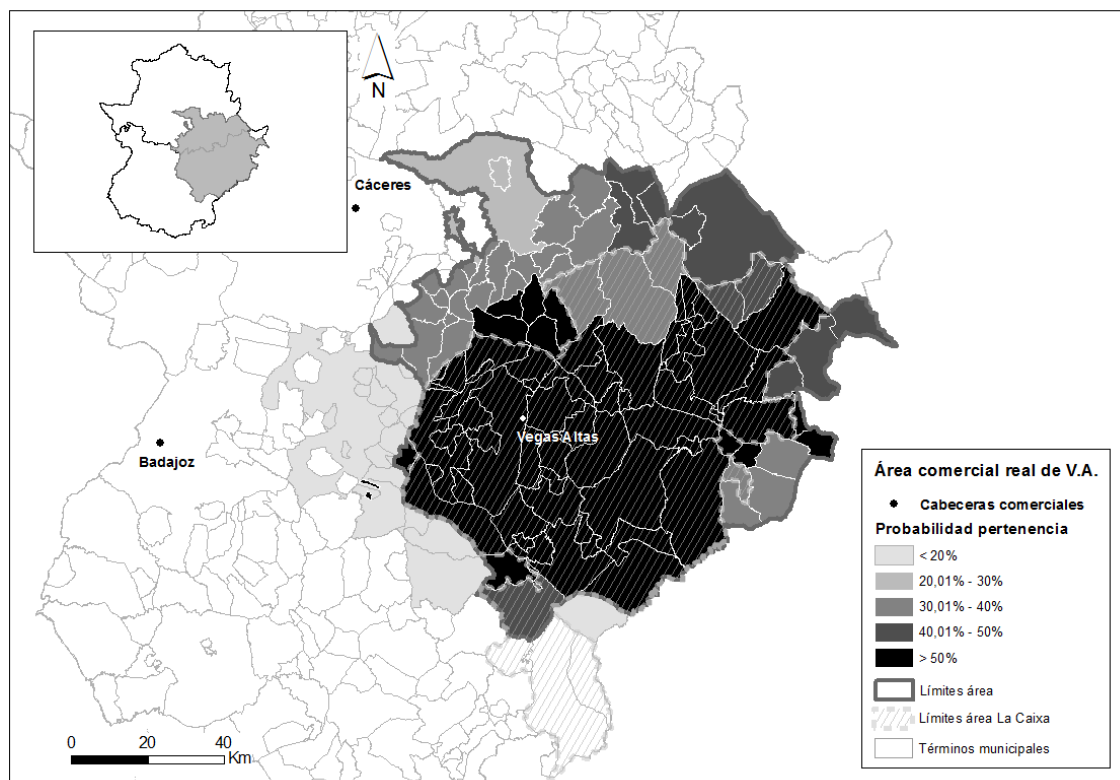


Figura 8. Superficie de atracción comercial real de la cabecera de Vegas Altas (Don Benito- Villanueva de la Serena) tras la aplicación de la encuesta de opinión sobre hábitos de consumo.

Esta nueva área de atracción comercial, resta población principalmente a la capital provincial cacereña (margen norte-noroeste de la superficie de Vegas Altas en la Figura 8), aunque también gana superficie a áreas comerciales inicialmente con mayor poder de atracción comercial, como es el caso de Talavera de la Reina o Ciudad Real en aquellos municipios fronterizos con dichas provincias. En cambio las zonas sur y oeste mantienen sus límites con respecto al modelo teórico, en un caso por la importancia comercial de cabeceras como Sevilla y en el otro por el amplio grado de atracción de Badajoz como cabecera comercial destacada en Extremadura, gracias también a la influencia que ejerce sobre los asentamientos portugueses cercanos.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

-Albadalejo, I.P. (1995): Cinco líneas metodológicas para la delimitación de las áreas de mercado. Estudios de economía aplicada, 4: 5-28.

- Andrés, J.L. (2013): Equipamiento comercial y organización territorial. *Papeles de Geografía*, 57-58: 35-53.
- Applebaum, W. (1966): Methods for determining store trade areas, market penetration and potential sales. *Journal of Marketing Research*, 3: 127-141.
- Callizo Soneiro, J. (1981): La ley de Reilly en la delimitación de las áreas de influencia de las ciudades oscenses. *Jornadas Sobre el Estado Actual de Los Estudios Sobre Aragón*. Alcañiz, Vol. 1, pp. 447-451.
- Chasco, P. (1988): Modelos de Localización de Centros Comerciales. Tesis Doctoral. Universidad Autónoma de Madrid.
- Chasco, P. (2000): Modelos de Gravitación Comercial: Una Aplicación al Anuario Comercial de España. Universidad Autónoma de Madrid. Madrid.
- Constantin, D.L. (2004): The use of Gravity Models for Spatial Interaction Analysis. *Economy Informatics*, 1-4: 116-118.
- Converse, P.D. (1949): New laws of retail gravitation. *Journal of Marketing*, 14: 94-102.
- Costa Campí, M.T., Segarra I Blasco, A. y Viladecans Marsal, E. (2000): Pautas de localización de las nuevas empresas y flexibilidad territorial. *Documents de Treball (IEB)*, 3.
- De Beule, M., Van den Poel, D., Van de Weghe, N. (2014): An extended Huff-model for robustly benchmarking and predicting retail network performance. *Applied Geography*, 46:80-89.
- De Juan Vigaray, M^a.D. y Rivera Camino, J. (1999): Los determinantes de la atracción comercial. *Investigaciones Europeas de Dirección y Economía de la Empresa*, 5, 2:15-34.
- Fotheringham, A.S., O'Kelly, M.E. (1989): *Spatial Interaction Models: Formulations and Applications*. Kluwer Academic Publishers. Studies in Operational Regional Science.
- Garrido Yserte, R. y Gallo Rivera, M.A. (2008): La localización y movilidad de las empresas en España: un análisis empírico. *Economía Industrial*, 367: 67-84.
- Garrido Yserte, R., Gallo Rivera, M.T. y Martínez Gautier, D. (2015): Análisis territorial de la repercusión de la crisis económica sobre el tejido empresarial español. *Documentos de Trabajo*. Edita Instituto Universitario de Análisis Económico y Social (IAES). Alcalá de Henares.
- Griffith, D.A. (1982): A generalized Huff Model. *Geographical Analysis*, 14,2: 135-144.
- Huff, D.L. (1963): A Probabilistic Analysis of Consumer Spatial Behavior. En William, D. (eds) *Emerging Concepts in Marketing*. Chicago, American Marketing Association, 443-461.
- Martin, M.A. (1990): Aplicación del modelo de Huff en el estudio del comercio minorista en la Región de Murcia. *Papeles de Geografía*, 16: 217-236.
- Mas, F. J. (1997): La imagen de los centros comerciales y suburbanos en el modelo de Huff: una aplicación empírica. *Revista europea de dirección y economía de la empresa*, 6: 57-66.
- McFadden, D. (1974): *Conditional Logit Analysis of Qualitative Choice Behavior*. *Frontiers in Econometrics*, Ed. P. Zarembka, Academic Press, New York.
- Moreno, A. (2002): Delimitación y predicción del área de mercado para establecimientos de servicios a los consumidores con sistemas de información geográfica. *Estudios Geográficos*, 63: 279-302.
- Nakanishi, M., Cooper, L.G. (1974): Parameter estimate for multiplicative interactive choice model: least squares approach. *Journal of Marketing Research*, 11: 303-311.
- Reilly, W.J. (1931): *The Law of Retail Gravitation*. New York, W.J. Reilly, Inc.
- Redondo Bellón, I. y Cerdá Suárez, L. (2010): Un método para evaluar la localización de nuevos centros comerciales en función de las características geodemográficas de los consumidores. *Revista de Estudios Regionales*, 89: 67-90.

-Sánchez González, J. y Zofío Prieto, J.L. (2009): Espacio, distancia y localización: hacia la nueva economía geográfica. Información Comercial Española. ICE: Revista de Economía, 848: 9-28.

-Serrano Martínez, J.M. (1997): Las grandes superficies comerciales en España (hipermercados): estudio de una realidad cambiante. Investigaciones Geográficas, 18: 55-80.

-Vallejo, I., Márquez, J. (2006): SIGCOMSE: un sistema de información geográfica aplicado al comercio en la ciudad de Sevilla. Geofocus: Revista Internacional de Ciencia y Tecnología de la Información Geográfica, 6: 28-38.

<http://www.geofocus.org/index.php/geofocus/article/view/99/263>

-Yrigoyen, M.D.C.C. y Pérez, L. (1998): Análisis de las áreas comerciales castellano-leonesas relacionadas con Portugal. VI Congreso de Economía Regional de Castilla y León, 1442-1462.

-Yrigoyen, M.D.C.C. y Uceta, S.M. (1997): Análisis de las áreas comerciales de Andalucía. I Congreso de Ciencia Regional de Andalucía: Andalucía en el Umbral del siglo XXI. pp. 628-638. Universidad de Cádiz.

ANÁLISIS DE LA MOVILIDAD OBLIGADA EN EL CAMPUS UNIVERSITARIO DE CÁCERES. ACTUACIONES A FAVOR DE LOS DESPLAZAMIENTOS SOSTENIBLES

Francisco Javier Jaraíz Cabanillas¹, José Antonio Gutiérrez Gallego² y Jin Su Jeong³

¹ Universidad de Extremadura, Dep. de Didáctica de las Ciencias Sociales, Av. de la Universidad, s/n, 10003, Cáceres, España

² Universidad de Extremadura, Dep. de Expresión Gráfica, Av. de la Universidad, s/n, 10004, Cáceres, España

³ Universidad de Extremadura, Dep. de Expresión Gráfica, Av. Santa Teresa de Jornet, 35, 06800, Mérida, España

RESUMEN

La sociedad actual ha evolucionado de la mano del automóvil, siendo el modo de transporte que más energía y espacio consume por persona transportada y uno de los que más contamina, priorizándolo frente a otros y generado en muchos casos situaciones insostenibles en cuanto a los desplazamientos obligados (por trabajo o estudio). Un caso particular de este tipo de desplazamientos es el que se da en los campus universitarios, al actuar como focos puntuales de movimientos pendulares por estos motivos. Por consiguiente, tomando como área de estudio el Campus de la Universidad de Extremadura de Cáceres, el objetivo principal es comprender la dinámica de flujos diaria de los desplazamientos y sus costes asociados, siendo el objetivo final definir una serie de propuestas de intervención para reducir el uso del automóvil y fomentar el transporte público y los modos no motorizados. Para ello, las principales fuentes del trabajo fueron primarias, como las encuestas de interceptación a los estudiantes y trabajadores y el conteo de vehículos que acceden al recinto. De igual modo, se dispuso de información proporcionada por la empresa de autobuses urbanos de la ciudad y el Servicio de Prevención de la Universidad. Los costes asociados a los desplazamientos al campus tienen que ver con la distancia de este a la residencia habitual de estudiantes y trabajadores, la falta de infraestructuras para modos no motorizados o la ausencia de concienciación y fidelización para el autobús urbano. Ante todo esto, la necesidad de regular los estacionamientos, de implantar técnicas para compartir vehículos o plantear alternativas horarias, se estiman fundamentales para una movilidad más sostenible.

Palabras Clave: Movilidad obligada, Campus Universitario de Cáceres, modos de transporte, encuesta de interceptación, costes de desplazamiento, SIG.

ABSTRACT

Society has evolved hand of automobile, being the mode of transport that consume more energy and space per transported person and one of the largest polluter they, prioritizing it against others and generated in many cases unsustainable situations in terms of forced displacement. A case of this type of travel is that occurs on college campuses, to act as specific foci of swings for work and study. Therefore, on the Campus of Cáceres study area, the main objective is to understand the daily dynamics of flows of travel and its associated costs, being the objective end define a series of proposals for intervention to reduce car use and encourage public transport and non-motorized modes. To do this, the main sources of work were primary, as surveys of interception to students and workers and the count of vehicles accessing the same. Similarly was with information provided by the urban bus company and the prevention service of the University. The costs associated with travel to the campus have to do with the distance from this to the habitual residence of students and workers, the lack of infrastructure for non-motorized modes or the absence of awareness and loyalty to the city bus. Above all this, the need to regulate parking lots, implement techniques to share vehicles or time alternatives, estimate fundamental for more sustainable mobility.

Key Words: Work and education mobility, Campus of Cáceres, modes of transport, survey of interception, costs of displacement, GIS.

INTRODUCCIÓN

Se entiende por movilidad el acceso de los ciudadanos al trabajo, al estudio, a los servicios o al ocio mediante diversos modos de transporte: a pie, en bicicleta, en vehículos privados motorizados o en transporte público. Por lo tanto, la movilidad no es más que el conjunto de desplazamientos producidos dentro de un contexto físico, así como los medios que la hacen posible. El motivo de los desplazamientos es sencillo, salvar distancias o, dicho de otra manera, permitir una cierta accesibilidad, la cual es un objetivo primordial que, a través de los medios de transporte, persigue la movilidad. En la actualidad, consecuencia de un desarrollo urbano ligado al automóvil, los modelos de movilidad existentes en la mayoría de las ciudades afectan, de forma negativa, a la calidad de vida de sus ciudadanos; pudiendo incluso hablar de modelos de movilidad insostenibles en las ciudades más pobladas. Ante esto, y teniendo en cuenta el tan manido concepto de sostenibilidad (Brundtland, 1988), que alude a la capacidad de satisfacer las necesidades de la población actual sin comprometer la capacidad de generaciones futuras o de poblaciones de otras regiones, con sus tres pilares básicos e indivisibles: el económico, el social y el ambiental, se entiende básico el desarrollo y la apuesta por una movilidad sostenible, sobre todo la que acontece en espacios urbanos.

Para todo ello, la postura en pro de las políticas de movilidad más sostenibles es fundamental, siendo para ello las actuaciones de las administraciones públicas fundamentales en aras de facilitar el libre, eficiente y sostenible acceso de los ciudadanos al mayor número de servicios. Así, la búsqueda de la equidad, la reducción de la congestión o el respeto al medio ambiente no han dejado de generar políticas de movilidad sostenible en las últimas décadas, motivado todo ello por el impulso que a lo largo del siglo XX está provocando la evolución del urbanismo hasta llegar al actual modelo integrado y jerárquico con su modelo de ciudad dispersa que se ve favorecida por la irrupción masiva (y el acceso universal) del vehículo particular (y viceversa).

Ante esto, y debido a la importancia que tiene cada vez más la tasa de urbanización en la escena nacional e internacional, la movilidad urbana sostenible, se estima como una apuesta fundamental en nuestra sociedad. Estos desplazamientos desde una zona de origen a una zona de destino en el contexto urbano conjugando la libertad de acceso con la idea de sostenibilidad deben abordarse sin demora, con la seriedad que demanda, en todo nuevo planeamiento que se genera en nuestras ciudades. Siendo alguno de los objetivos que se persiguen: sensibilizar sobre los impactos ambientales del transporte, redescubrir la ciudad, su gente y su patrimonio en un ambiente saludable o dar la oportunidad de usar medios de transporte que acerquen a la idea de sostenibilidad.

Ante todo lo comentado, y considerando que la gran mayoría de los desplazamientos se producen por razones de trabajo o estudio (movilidad obligada) y que estos tienen lugar, generalmente, de lunes a viernes a lo largo de todo el año con mayor incidencia en determinadas horas del día (con la excepción del verano para el caso de los estudios y un mes al año para los desplazamientos laborales); un caso paradigmático de estudio de un gran volumen de desplazamientos de este tipo y que prácticamente coinciden en el tiempo en sus dos vertientes, es el que haría mención a la educación universitaria en los campus universitarios.

Por lo tanto, a tenor de lo mencionado, en el presente trabajo se ofrecen una serie de actuaciones a favor de una movilidad más sostenible en el Campus de la Universidad de Extremadura (UEX) en Cáceres, con el propósito de reducir los problemas de movilidad que el mismo presenta, en relación a desplazamientos motivados por trabajo y estudio.

La UEX comenzó su andadura en 1973, siendo una de sus principales características la división en diferentes campus, cinco en total, siendo los principales los de Badajoz y Cáceres. Inicialmente las instalaciones de la UEX en Cáceres se hallaban en el centro de la ciudad pero, años más tarde, ante las perspectivas de crecimiento, se construyó un nuevo campus en la "Finca del Cuartillo", situada en el margen izquierdo de la N-521 en su salida hacia Trujillo, a 5,2 km del centro de la ciudad, el cual empezó a funcionar en 1989. Tan solo el Rectorado y los Servicios Centrales continúan en edificios del casco histórico de la ciudad, con lo que la comunicación entre las dos áreas es sumamente compleja.

En el Campus de Cáceres, están ubicadas las Facultades de Veterinaria, Enfermería, Ciencias del Deporte, Filosofía y Letras, Formación del Profesorado, Derecho y la Escuela Politécnica, además de

la Biblioteca Universitaria, un edificio de servicios centrales, el pabellón V Centenario y otras instalaciones deportivas anexas y empresas privadas: INTROMAC e INSA (Figura 1).

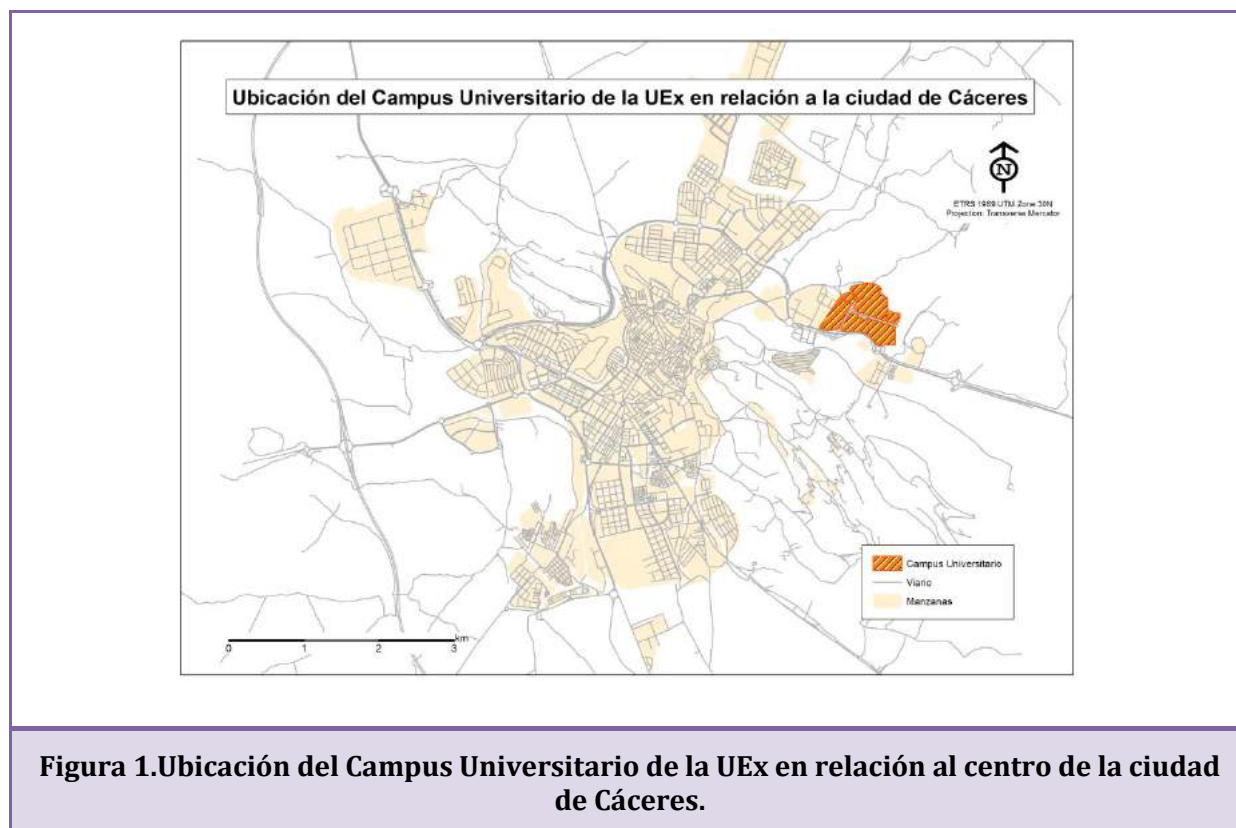


Figura 1. Ubicación del Campus Universitario de la UEx en relación al centro de la ciudad de Cáceres.

En el presente trabajo se examina el comportamiento de los estudiantes y trabajadores en el campus en cuanto al modo de acceder a este, analizando el origen de estos desplazamientos, su tipología y número. Para llevar a cabo de manera detallada el estudio sobre la movilidad, un aspecto básico fue el diseño, realización, tabulación y análisis de una extensa encuesta sobre los hábitos de movilidad de la población universitaria. Estas se realizaron a diferentes usuarios de dicho campus, estratificando en función del colectivo y del centro para evitar los sesgos. Además, se realizó un conteo semanal de vehículos que acceden al campus, así como un conteo diario. Por último, se contactó con la empresa de transportes urbanos de Cáceres solicitando información relativa al número de subida de pasajeros por semana y por cada una de las tres líneas de autobuses que lo tienen en su recorrido.

El objetivo general de este trabajo es comprender la dinámica de flujos diaria de los desplazamientos y sus costes asociados para definir propuestas de intervención, reducir el uso del automóvil y fomentar el transporte público y los modos sostenibles. Como objetivos específicos podrían concretarse: caracterizar de forma detallada el modelo de transporte y las características diarias de la movilidad e implementar una metodología adecuada para la realización de encuestas de opinión a aquellos individuos que por causas de movilidad obligada (trabajo o estudios) deben acceder de manera habitual al campus universitario.

ESTADO DE LA CUESTIÓN

En los últimos cuarenta años las ciudades europeas han copiado el modelo de crecimiento urbano anglosajón, caracterizado por una expansión cada vez mayor hacia zonas periféricas, alejándose del centro urbano primigenio. Esto provoca una descentralización de servicios (entre los que se encuentran los educativos) y una especialización de usos, ubicados en entornos cercanos a las principales vías de comunicación (Brueckner, 2000; Dombriz, 2009). Esta tendencia ha ido paralela además a un cambio en las pautas de movilidad de sus usuarios (Seguí y Martínez, 2004; Pozueta y Gurovich, 2007): se detecta un aumento exponencial del número y longitud de los desplazamientos (Steg and Gifford, 2005), junto a un uso abusivo del vehículo privado con ocupaciones bajas (Dombriz, 2009). Así, este

modelo de movilidad está muy encauzado al uso de modos de transporte motorizados para llevar a cabo buena parte de los movimientos diarios, destacando los denominados obligados, es decir, aquellos que se realizan por motivos de estudio o trabajo mediante los diversos modos de transporte posibles: a pie, en bicicleta, en moto, en automóvil y en autobús.

Los desplazamientos que se realizan por movilidad obligada son los dominantes en las áreas metropolitanas tradicionales, y en estos casos, como el aquí analizado, los flujos claramente concentrados en la dirección (periferia-centro) son sustituidos por desplazamientos con nuevas direcciones (periferia-periferia e incluso centro-periferia) (Canel and Nouvier, 2005; Gutiérrez y García, 2005).

Asociado a esta movilidad obligada surgen por tanto una serie de costes. De acuerdo con Litman (2003), los costes se refieren a las compensaciones por el uso de bienes, servicios o factores y pueden incluir dinero, tiempo, suelo o la pérdida de oportunidades de obtener beneficios. También puede hablarse de los costes como los recursos dedicados a una determinada actividad.

Así pues, los cambios en la movilidad afectan a los tres elementos más característicos de los desplazamientos por motivos de estudio y trabajo (Sánchez, 2005): 1) la agrupación horaria de los viajes es muy acusada, favoreciendo la coincidencia en los desplazamientos y dando lugar a horas punta que generan problemas de congestión; 2) la concentración de los centros de estudio y trabajo en determinados espacios, favoreciendo la mayor concentración espacial de los flujos y 3) el grado de utilización más elevado del vehículo propio, relacionando su uso con factores socioeconómicos como la edad y el poder adquisitivo (Havermans et al., 2006).

Estas nuevas pautas de movilidad provocan ciertos problemas: congestión vehicular (Cameron et al., 2003), contaminación acústica y atmosférica (Barr and Prillwitz, 2012), disminución de la seguridad en los desplazamientos (Hadayeghi et al., 2003), complicaciones a la hora de estacionar, incremento de problemas de salud y de índole social (Bocarejo y Oviedo, 2012).

Para mitigar tales problemas y conseguir una movilidad más sostenible, la Unión Europea lleva instando, desde finales del siglo XX, a todos los agentes públicos a que implementen actuaciones que faciliten este cambio de movilidad en beneficio de un mayor bienestar sobre la población residente (CEC, 2007 y 2011): un reparto modal que de más peso a los modos de transporte colectivos y sostenibles, reducción de emisiones de gases de efecto invernadero, disminución de la contaminación acústica o aumento de la equidad social en el acceso a todos los bienes y servicios. Resulta clave, por lo tanto, fomentar una buena educación vial para los alumnos y trabajadores de estos espacios generadores de desplazamientos en masa, concretándose no solo en el conocimiento y cumplimiento de las normas básicas como peatones y usuarios.

Dada la importancia que tiene el problema de la movilidad segura en el acceso a los campus universitarios, tanto por parte de los estudiantes como de los trabajadores, resulta clave diagnosticar las pautas de desplazamiento seguidas por ambos colectivos, contemplando al mismo tiempo su coincidencia en el tiempo y el espacio con otros flujos urbanos (Cardozo et al., 2002). De esta forma, se busca convertir el acceso a estos espacios que concentran desplazamientos por estos motivos, en un entorno adaptado definido por un acceso seguro y autónomo, que mejore la salud (McDonald, 2007; Andersson et al., 2012) y la socialización de los alumnos y trabajadores (Davis and Jones, 1997; Collins and Kearns, 2001), junto a la disponibilidad y el uso de modos más sostenibles que minimizando la contaminación ambiental (Collins and Kearns, 2001; Davidson and Knowles, 2006; Kyttä, 2008; Broberg et al., 2013).

Las medidas sobre las pautas de movilidad aplicadas en ciudades europeas son ya muy numerosas. Desde las que proponen disminuir la velocidad en áreas urbanas con el objeto de reducir los accidentes, disminuir la congestión y el ruido, fomentar el uso de modos más sostenibles (Canel and Nouvier, 2005) o limitar la velocidad en las vías de acceso de las ciudades (Bigas y Sastre, 2009); hasta las medidas sobre la gestión del automóvil cuyo fin es atenuar los impactos debido al uso excesivo del automóvil mejorando la gestión del mismo, por ejemplo a través del uso compartido (Fudge et al., 1996, González, 2012). Otro camino para conseguir una movilidad más sostenible son las medidas encaminadas a dificultar el uso del automóvil. Estas medidas buscan, básicamente, un trasvase de usuarios del automóvil al transporte público. Se trata de medidas con un alto coste de implantación pero de efectividad indiscutible, como la reducción del viario disponible para el automóvil en los centros históricos

(Gutiérrez et al., 2013). Con independencia de las acciones que afectan al vehículo privado, también existen aquellas que inciden en el transporte no motorizado, como la peatonalización de los centros históricos, el fomento del uso de la bicicleta con el aumento de los aparcamientos para estas y los carriles bicis, etc. Es necesario destacar que el transporte público es esencial para la movilidad de numerosos grupos sociales y, en consecuencia, para garantizar su acceso a sus puestos de trabajo o estudio. Por lo tanto, no se trata simplemente de una cuestión sectorial y ambiental, sino también de justicia social (Tylor, 1996). En este caso no sólo es importante el principio de eficiencia, sino también el de equidad (Gutiérrez et al., 2000 y 2002).

Por todo esto, en el Libro Verde (CEC, 2007) se reconoce la movilidad urbana como un importante factor de crecimiento y empleo, con un fuerte impacto sobre el desarrollo sostenible, surgiendo y desarrollándose a partir de entonces los planes de movilidad urbana sostenible (PMUS) en los diferentes países de la Unión Europea. Así, estos recogen la necesidad de implantar estrategias integradas, “paquetes” de medidas que aprovechen las sinergias que se producen entre ellas, dejando atrás la ejecución de medidas aisladas (López y La Paix, 2008) y constituyéndose como un instrumento de gestión de la movilidad a gran escala (Gutiérrez et al., 2013).

Aunque, siguiendo la normativa europea estos PMUS se desarrollan para ciudades de más de 50.000 habitantes, existen interesantes ejemplos relacionados, además, con el ámbito tratado en este documento, el universitario (López y La Paix, 2008). El tipo de desplazamiento que se genera en el espacio universitario tiene lugar, generalmente, de lunes a viernes a lo largo de todo el año, durante el periodo de docencia. La universidad es, entre otras muchas cosas, un elemento territorial, que puede tener formas, desde las más compactas a las más desagregadas, y diversos emplazamientos, desde los más centrales a los más suburbanos. Así, existen dos tipologías territoriales de universidades, las ubicadas en un ámbito urbano que forma parte de la ciudad –y son ciudad- (Campesino, 2007), y las que adoptan forma de campus, aisladas de las tramas urbanas tradicionales de su entorno y que, en su génesis, sólo albergaban actividades académicas (Miralles, 2010).

Son numerosos los estudios de accesibilidad y movilidad en diferentes campus de toda la geografía nacional (Cáceres, 1989; Brunet y Gálvez, 1995; Albertos et al., 2006; Ferrer y Nadal, 2008; Miralles –coord-, 2008; Seguí y Ruiz, 2011; Miralles, 2012; Gutiérrez y Jaraíz, 2013). La disponibilidad de información cuantitativa, fiable y actualizada relativa a las características de la demanda de transporte en los campus universitarios es fundamental para tomar decisiones razonables y oportunas con respecto a la gestión, planificación y expansión del transporte en estos espacios. Las encuestas de movilidad aportan información básica e indispensable para la formulación y estimación de los modelos que son utilizados en la simulación de sistemas. Por lo tanto, la recogida de información por medio de encuestas es una de las formas más eficaces de analizar los diferentes hábitos de transporte y tipos de movilidad (Gutiérrez, 1985; Medina, 1998).

Existen diferentes factores a valorar en una encuesta de movilidad. Estos pueden ser de tipo objetivo, subjetivo y ambos a la vez. En el caso de analizar indicadores de tipo subjetivo, estos pueden valorarse en base a las percepciones y expectativas de los usuarios del transporte (Eboli y Mazzulla, 2011). En este tipo de análisis resulta muy útil utilizar grupos focales y así poder individualizar las variables más relevantes (Dell’Olio et al., 2010). El objetivo principal de recolectar información de los individuos y de sus viajes es obtener datos suficientes para estimar los parámetros que son utilizados en los modelos de planificación de transporte. Por lo tanto, el diseño muestral ha de estar encaminado a asegurar que los datos que se van a obtener ofrecen la mayor cantidad de información útil sobre la población de interés, al menor coste posible, tratando de reducir los errores de muestreo y los errores de sesgo muestral. La combinación de los mismos contribuye al error de medición de los datos (Ibeas y González, 2007; INE, 2009).

METODOLOGÍA

Material

Para la realización del presente estudio se ha llevado a cabo una encuesta de opinión dirigida a todos los individuos que se desplazan por motivo de estudios o trabajo al Campus de Cáceres. El cues-

tionario se ha diseñado utilizando la aplicación que para tal fin dispone Google Drive (Formularios). Este se creó de forma sencilla e intuitiva de tal modo que su interpretación no fuera compleja, así como tratando de evitar en todo momento dificultades en su tratamiento tanto en la hoja de cálculos como en la base de datos. La encuesta consta de un total de 14 cuestiones, divididas entre las de caracterización biológica (género, edad, vinculación con la UEx, centro de trabajo o estudios) y las de caracterización de los desplazamientos y los hábitos de movilidad (disponibilidad de automóvil, motocicleta o bicicleta para acceder al campus, número de desplazamientos al día y a la semana, modo de desplazamiento habitual al campus, número de ocupantes del automóvil, tiempo de desplazamiento desde el origen al campus y el origen del desplazamiento al campus). Las encuestas se realizaron en la mayoría de los casos haciendo uso de tablets y móviles, tan solo donde la cobertura de la red wifi era reducida o la señal 3G se perdía, se pasó a su cumplimentación en papel.

Las otras fuentes de información que se ha empleado en el estudios son: 1) la base de datos de la Unidad Técnica de Evaluación de la Calidad de la UEx (UTEC), 2) las empresas instaladas en el campus (INSA e INTROMAC), 3) la empresa de transporte urbano de Cáceres (SUBUS), 4) el trabajo de campo propio y, 5) el Ayuntamiento de Cáceres.

De la base de datos de la UTEC se obtuvo los datos referentes al número de alumnos, personal de administración y servicios (PAS) y personal docente e investigador (PDI) del campus separados por sexo, centro de trabajo o estudio y tipo de ocupación. De igual modo, información relativa a las personas que desempeñan su actividad en el campus, INSA e INTROMAC aportaron datos del personal laboral de las dos en el momento de realización del trabajo.

Por otro lado, en relación a los desplazamientos, de la información suministrada por SUBUS se logró los datos relativos al número de pasajeros por semana y por línea (de cada una de las tres que tienen en su recorrido el campus). Estos datos se referían a dos semanas tipo del primer semestre y otras dos semanas del segundo, estas últimas coincidentes con el período de realización del aforo de vehículos. Con este último, el cual se llevó a cabo con trabajo de campo propio, se determinó el Índice Medio de Hora Punta Semanal (IMHP) y se pudo conocer el número de usuarios diarios del campus, además de concretar la hora punta de máxima concentración de personas que acceden al mismo. Conociendo ya este intervalo, se realizó un conteo de individuos en ese segmento horario durante la semana del 15 al 19 de abril de 2013.

Por último, indicar que el Ayuntamiento de Cáceres proporcionó información cartográfica sobre la red viaria y las diferentes barriadas del municipio, necesarias para el posterior análisis de los hábitos de movilidad con la herramienta de análisis de redes del sistema de información geográfica. En este caso se empleó el software ArcMap 10.2 de ESRI.

Método

El cuestionario dirigido a la población universitaria que se desplaza por movilidad obligada fue testado inicialmente el día 17 de abril de 2013 por medio de una encuesta piloto con el objetivo de evaluar su comprensión y el tiempo necesario para la realización del mismo. Se testeó sobre dos grupos de individuos con diferentes tipos de ocupación: una decena de PDI y PAS de la Facultad de Filosofía y Letras de la UEx y un colectivo de 16 alumnos pertenecientes a la Escuela Politécnica. Una vez demostrada la adecuación del cuestionario a los objetivos que se perseguían, se comenzó, concretamente el día 18 de abril de 2013, con el envío del texto de la encuesta a numerosos alumnos, PAS, PDI y otros usuarios del campus con la ayuda de directivos y profesorado de la UEx a los que se había solicitado ayuda.

Aunque no hubo un contacto inicial con el encuestado, sí se envió adjunta al cuestionario una carta de presentación en la que se hacía referencia a los objetivos perseguidos con el mismo y la entidad y personas responsables del estudio. Tras una semana de envío de encuestas por medio de la plataforma Google Drive, y visto el escaso número de encuestas recibidas, se procedió a la interceptación directa de los individuos que se encontraban en el momento de la entrevista en el campus. Se trataba de una encuesta estratificada sin obligatoriedad de respuesta. Se utilizó un muestreo aleatorio de tipo probabilístico, estratificado y proporcional, ya que la población se dividía en diferentes estratos (sexo, centro y nivel de ocupación) de los que se seleccionaba un número de individuos a encuestar proporcional. El abordaje a los encuestados por parte del encuestador se realizaba de forma individual y perso-

nalizada, siendo el tiempo medio para la realización de la encuesta de aproximadamente cinco minutos. El encuestado tenía que elegir una de las respuestas entre varias opciones, siendo estas cortas. La recogida de datos de información no fue periódica, siendo el ámbito temporal de realización de la encuesta el transcurrido desde el 16 de abril hasta el 14 de mayo de 2013.

La base de muestreo para obtener la población y con ella el tamaño muestral (966 encuestas) se extrajo de los datos de la UTEC de personal y alumnado en el curso 2012-2013 y los datos de personal de las empresas INSA e INTROMAC en 2013. La unidad muestral coincidió con la unidad de observación y se define como aquel individuo que por razones de estudio o de trabajo se desplaza de manera habitual al campus. La población total calculada para el Campus de Cáceres, incluyendo alumnos (de Grado, Licenciatura y Posgrado), PAS, PDI y trabajadores de empresas externas fue de 10.172 personas.

Después de finalizar el periodo de recogida de encuestas (al final se realizaron más de las establecidas por el tamaño muestras: 1.020) a través de los cuestionarios utilizados para el efecto, los datos fueron almacenados y tratados en un fichero Access. Para evaluar la calidad estadística y conocer la precisión obtenida, se efectuó inicialmente un control de calidad de los datos a nivel de registro mediante una serie de validaciones hechas al final de las encuestas. Posteriormente se realizó un control de calidad a nivel agregado. Para el análisis posterior de los resultados obtenidos no se tuvo en cuenta ningún ítem que estuviera por debajo de las 25 respuestas, ya que no se alcanzaría la significatividad estadística suficiente para su posterior extrapolación. No se contemplaron errores de sesgo ni sistemáticos, ya que se entrevistó a los individuos siguiendo un criterio estratificado. Además, al considerar como muestra un 10% de la población, el número de individuos observados se consideró suficiente. Los errores no debidos al muestreo no fueron aplicables en este estudio. En cuanto a los errores de muestreo (los errores que se cometen al seleccionar la muestra), las estimativas y los ponderadores utilizados, estos fueron calculados por el recurso de intervalos de confianza, para un nivel de confianza de 95%.

El otro trabajo de campo propiamente dicho realizado tenía como objetivo obtener el Índice Medio de Hora Punta Semanal (IMHP). Para ello se realizó un conteo de los diferentes medios de transporte (automóviles, autobuses, motocicletas, bicicletas y personas a pie) el día 10 de abril de 2013, por el que se conoce el número de usuarios diarios del campus, además de concretar la hora punta de máxima concentración de personas que acceden al campus desde las 7:45 hasta las 20:45 horas del mismo día, en segmentos de 15 minutos. Por regresión directa de los datos se extrapoló la información a un período de 7:00 a 22:00 horas. Con este dato, se realizó un conteo en la hora punta la semana del 15 al 19 de abril de 2013, tras definir que esta era la comprendida entre las 8:15 a 9:45 horas.

RESULTADOS

Los desplazamientos que se producen diariamente al campus en función del modo de transporte, están protagonizados en su amplísima mayoría por vehículos particulares (90,5%), mientras que el 4,5% de los mismos los representan los autobuses urbanos. Son irrelevantes, sin embargo los que se llevan a cabo en modos más sostenibles como a pie (2%), bicicleta (0,3%) o en moto (0,6%).

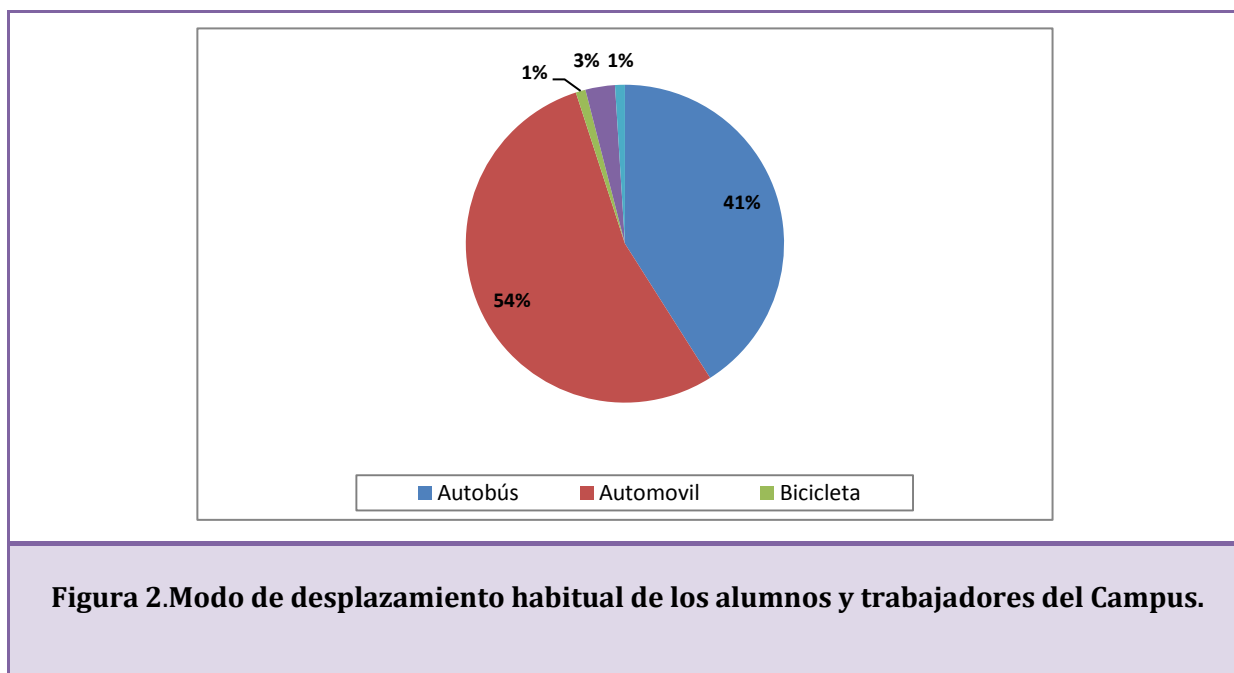
Si se clasifican los desplazamientos diarios en relación al horario seguido por la persona que los lleva a cabo, la gran mayoría de estos movimientos se producen por la mañana (42%), es decir, el viaje de ida y vuelta se produce en este periodo de tiempo. Sigue a esta cifra la de los viajes de ida y vuelta llevados a cabo por los estudiantes o profesores que se desplazan solo en horario de tarde (24%). Por último, señalar que son más las personas que están todo el día en el campus desplazándose para comer a casa, y por consiguiente, duplicando sus viajes (23%), que aquellas que pese a estar toda la jornada en las instalaciones de la UEx, no se marchan a casa a comer y, por lo tanto, no duplican los desplazamientos (11%).

Si lo que acaba de comentarse se pone en relación con el modo de desplazamiento empleado, es muy interesante destacar el hecho de que las personas que se mueven o bien por la mañana o bien por la tarde, lo hacen en mayor medida en vehículo particular (50% aproximadamente), aunque la diferencia respecto a los que emplean el autobús urbano es muy reducida (no llega al 10% en el horario de

mañana). Sin embargo, los estudiantes o trabajadores que están todo el día en el campus, ya se desplacen para comer a casa o no, emplean el automóvil particular en una proporción mucho más elevada, siendo el uso del autobús urbano más limitado (30% aproximadamente).

Siguiendo con resultados relacionado con la movilidad, comentar que otro resultado interesantes que se extrae de las encuestas es que el mientras el 89% de los desplazamientos diarios se producen desde la ciudad de Cáceres, un 11% de los mismos se lleva a cabo desde municipios del resto de la región extremeña.

En relación a los modos de desplazamiento más usados por los estudiantes y trabajadores (Figura 2), destacar que 41% de los alumnos y trabajadores que acceden al campus los hacen en autobús, mientras que el 54% lo hacen en automóvil. El resto de modos de desplazamiento tiene una incidencia mínima en el recinto universitario, ya que el 3% de los desplazamientos se hace caminando, el 1% en bicicleta y otro 1% en motocicleta.



Si bien los resultados globales muestran una tendencia general, si se comparan los diferentes colectivos en función del modo en el que suelen hacer los desplazamientos, las diferencias son más que notables entre unos y otros. Si se atiende solo a los estudiantes de Grado, Licenciatura y Diplomatura, el modo de transporte más empleado es el autobús (52%), aunque la diferencia con el automóvil es reducida (44%). Por otro lado, indicar que los valores de los modos más sostenibles siguen siendo ínfimos: bicicleta (1%) o caminando (2%). Otro dato interesante vinculado con esta cuestión es que el 83% de los alumnos que tiene automóvil se desplazan en este modo, mientras que un relevante 14% lo hace en transporte público.

Son muchas las diferencias existentes por colectivo, e incluso dentro de ellos. Así, dentro de los propios alumnos, no tiene nada que ver el comportamiento de los estudiantes de Grado (mayor uso del autobús) que los de Postgrado (empleo muy superior del automóvil). No obstante, las mayores diferencias se dan entre estos dos últimos colectivos y los de los trabajadores (PDI, PAS y empresas), ya que entre estos últimos el uso del automóvil está mucho más extendido (muy superior siempre al 85%).

Si es evidente la incidencia del colectivo en el empleo de un modo de transporte u otro, también es muy esclarecedor en cuanto a la elección de un modo u otro el género de los usuarios del campus, sobre todo cuando hablamos de los alumnos (ya que entre los trabajadores las diferencias no son tantas). Los alumnos (53,3%) tienden a utilizar más el automóvil que las alumnas (40,4%). Todo lo contrario sucede con el autobús urbano, donde los alumnos lo utilizan en un 46,7% de los casos y las alumnas en un 59,6% de las ocasiones.

Al igual que el colectivo o el sexo, también la edad influye en el empleo de un modo de desplazamiento u otro. No obstante, eso ocurre, tal y como acaba de comentarse, sobre todo cuando se tiene en cuenta al colectivo de los alumnos. Así, los alumnos de menor edad utilizan más el autobús como medio de transporte para desplazarse al campus (71,55% entre 15 y 19 años); y a medida que la edad aumenta, baja la ocupación del autobús (32,99% entre 24 y 29 años) aumentando la del automóvil como medio de transporte (del 23,28% de 15 a 19 años, al 61,86% de 24 a 29 años). Además, destacar que los alumnos que se desplazan al campus desde otros municipios, lo hacen en mayor proporción en automóvil (95,31%). Sin embargo, los que se desplazan desde Cáceres capital lo hacen principalmente en autobús (58,56%).

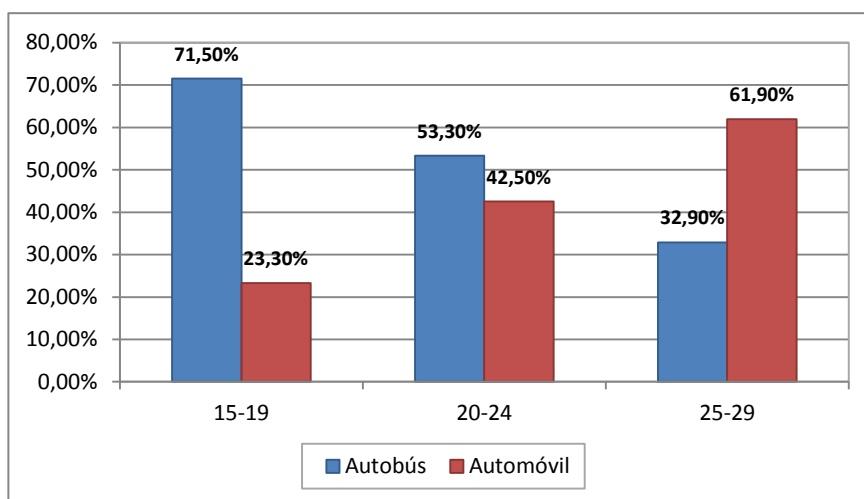


Figura 3. Modo de desplazamiento utilizado por los alumnos en función de su edad.

Obviando el total de modos de transporte y centrando los resultados en el vehículo particular, comentar o resaltar de nuevo la incidencia que tiene este en los desplazamientos diarios al campus. Para ello, basta con comprobar los accesos en hora punta al mismo y los problemas de estacionamiento que genera su uso masivo. Un dato más que esclarecedor es que se produce una entrada diaria al campus de 4.600 vehículos aproximadamente. No obstante, más que el volumen total de vehículos, es más esclarecedor el nivel de ocupación de los mismos (Figura 4), sobre todo, en relación a las posibilidades de aplicación de propuestas de intervención. Así, aunque el nivel de ocupación media por vehículo es de 1,73 ocupantes, las diferencias entre los colectivos es mucha. La mayoría de los alumnos que se desplazan en automóvil lo hacen solos, siendo el índice medio de ocupación del automóvil de 1,99 personas, aunque eso sí, con un índice bastante superior al del resto de colectivos considerados en el trabajo. El índice de ocupación del automóvil por los alumnos que proceden de municipios del resto de la región es de 1,79, siendo menor que el índice de los alumnos que proceden de Cáceres (2,03). Del resto de colectivos cabría destacar los 1,18 ocupantes por vehículo del PDI o 1,27 de los trabajadores de las empresas del campus.

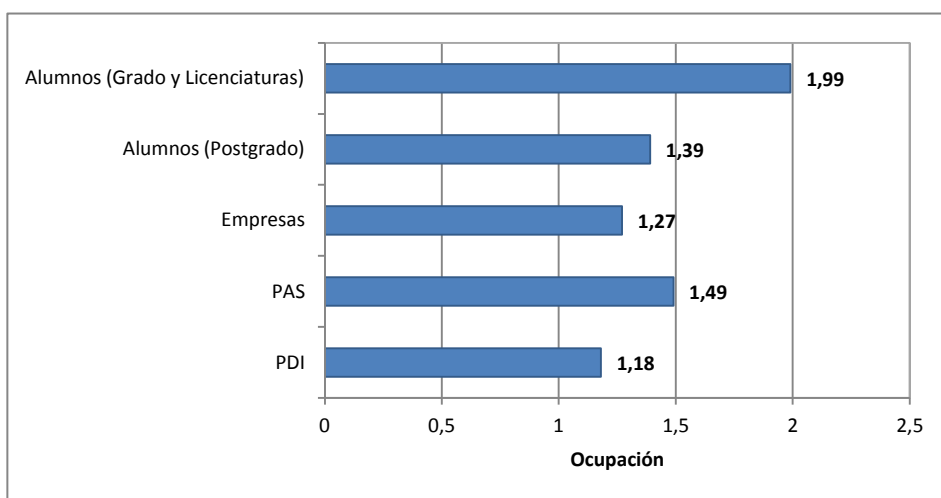


Figura 4. Índice de ocupación del automóvil en función del colectivo.

Al igual que sucedía con la elección del modo, las diferencias entre la ocupación de los vehículos también es notoria en función del género y de la edad. Los hombres (48,5%) viajan en mayor proporción solos que las mujeres (36,5%). Por otro lado, cuanto más edad se tiene, menor es el índice de ocupación de automóvil, lo cual se aprecia sobre todo en el caso de los alumnos: de 15 a 19 años el 29,17% se desplazan solos, mientras que de 24 a 29 años lo hacen el 61,67% (Figura 5).

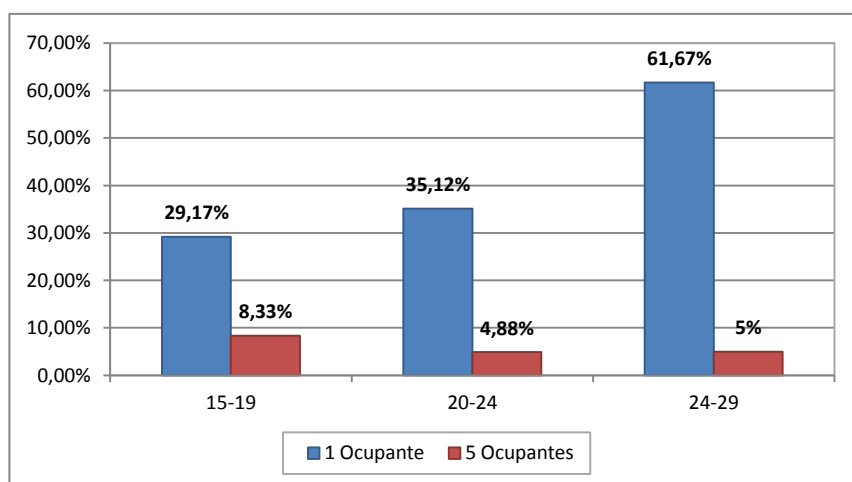


Figura 5. Proporción del número de ocupantes en función de la edad.

Respecto al autobús urbano y su empleo, destacar que los alumnos que viven en barrios próximos a las paradas de autobús (Línea Campus, Línea Refuerzo Campus y Línea 3), se desplazan en mayor proporción al campus en autobús que los alumnos que viven en barrios alejados de las paradas de autobús. Por ejemplo, existe una diferencia de más de 30 puntos entre un barrio como Cánovas (73,5%) con una gran cantidad de paradas en sus inmediaciones, y Mejostilla (40,7%), donde la distancia media entre los portales y la parada más cercana aumenta considerablemente (Figura 6). Esto sucede también entre el colectivo de trabajadores, aunque como ya se ha comentado, el porcentaje que utilizan el autobús es muy inferior.

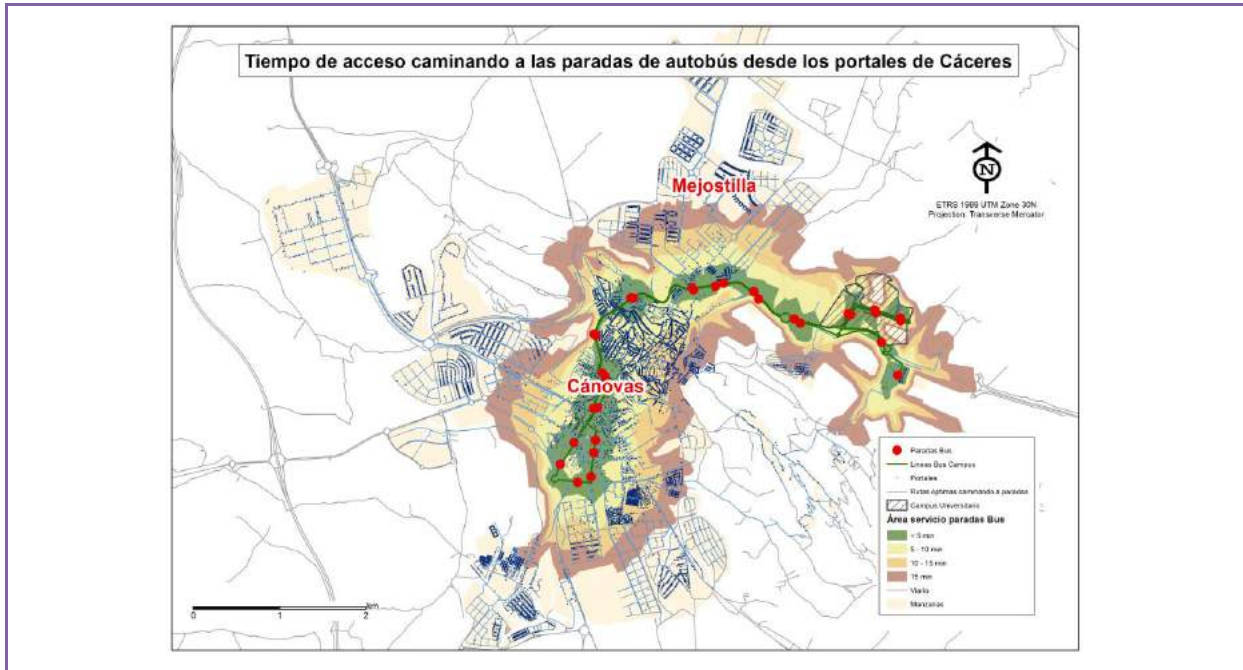


Figura 6. Accesibilidad a las paradas de autobús urbano.

Tras el análisis de la movilidad al campus, otra de las cuestiones muy importantes que se abordaban en el estudio era el coste de los diferentes desplazamientos en función del modo de desplazamiento. No se trataba solo de coste económico (gasolina, desgaste de vehículo, seguros, accidentes, etc.), sino que se considera también el temporal (minutos u horas que se pierden en los desplazamientos) o el ecológico (contaminación ambiental y acústica). La ubicación periférica del campus, distante más de 5 kilómetros del centro urbano, motiva que los costes económicos y de tiempo sean más elevados de lo que debieran (Figura 7). Sin embargo, los costes ambientales apenas se ven afectados.

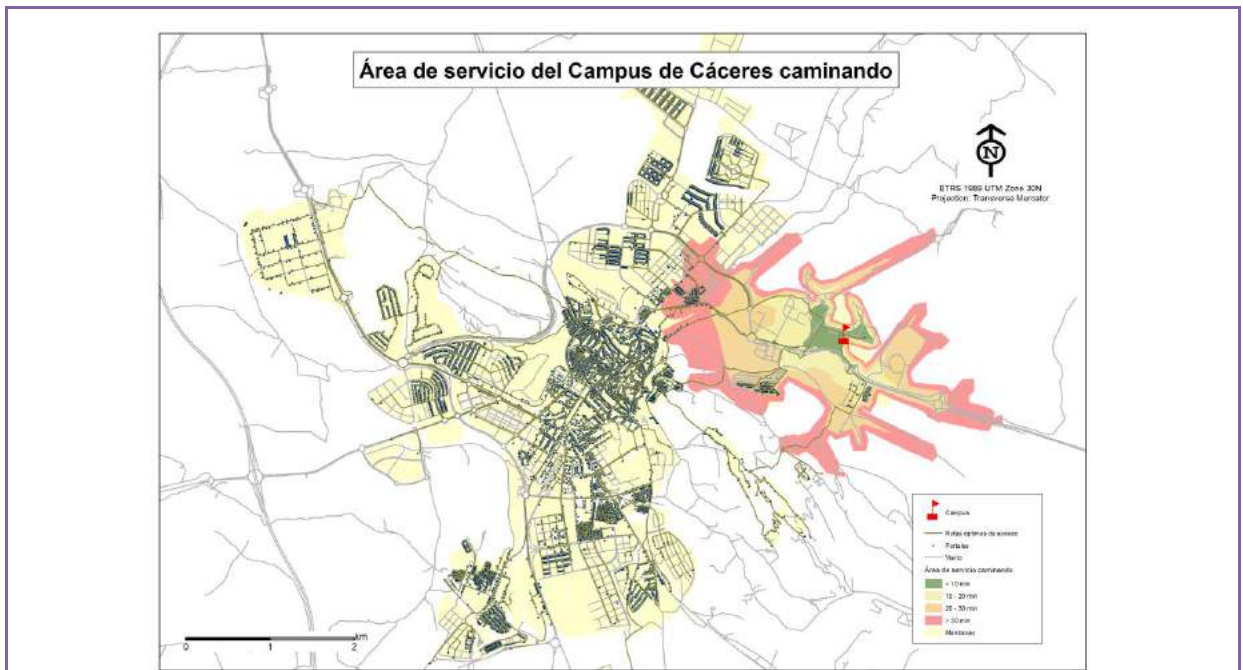


Figura 7. Coste medio en tiempo de los desplazamientos al Campus.

El tiempo medio total (Figura 8) que se emplea en acceder al campus es de 19,08 minutos. Conociendo la media de viajes semanales (5,32), puede determinarse que el tiempo por semana empleado en los desplazamientos es de 1 hora y 42 minutos. Evidentemente, el tiempo medio que emplean solo los residentes de Cáceres en acceder al campus es inferior (17,35 minutos), puesto que no están incluidos los alumnos y trabajadores que viven en otro municipio, aunque la diferencia es menor de lo que pudiera parecer. En este caso, el tiempo que se pierde en los desplazamientos en una semana es de 1 hora y 33 minutos.

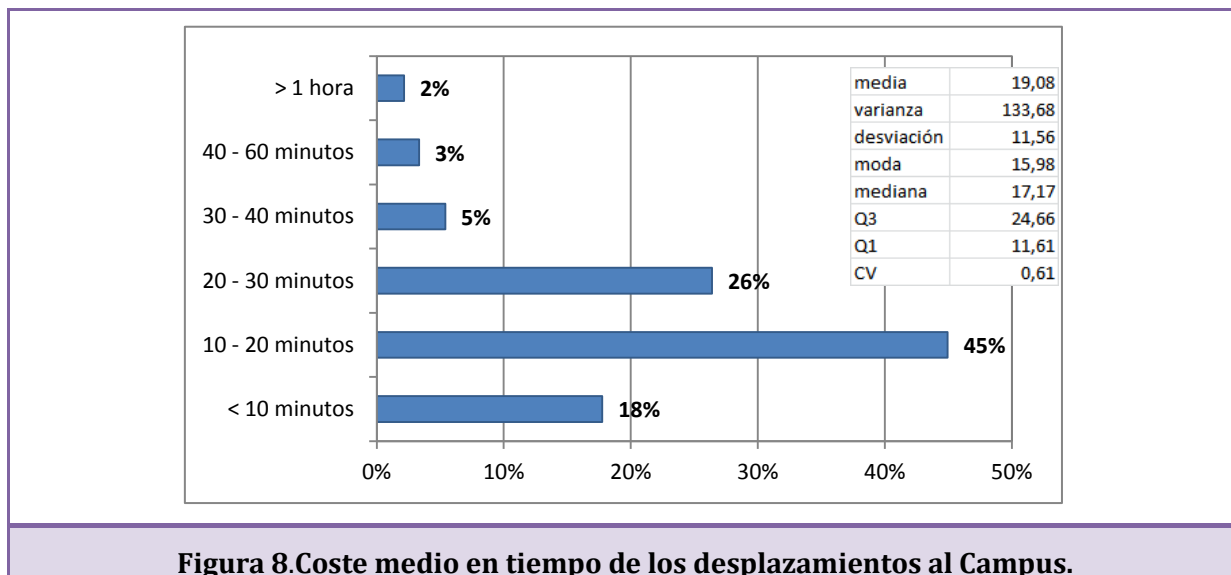


Figura 8. Coste medio en tiempo de los desplazamientos al Campus.

Teniendo en cuenta el domicilio de los más de 1.000 encuestados y tras extrapolar esta cifra a la población potencial que puede acceder al campus (10.172), la distancia media recorrida por todos ellos es de 4,4 km. Así pues, considerando la media de viajes semanales (5,32) en vehículo particular y los vehículos que acceden al recinto de la universidad semanalmente (20.012), los kilómetros que se hacen semanalmente por toda la comunidad universitaria son aproximadamente 468.500.

En relación a la contaminación que producen todos los desplazamientos en vehículo privado al campus, decir que, siguiendo la metodología de Bayliss (2000), la incidencia en el ambiente cacereño de esta es muy reducida (Tabla 1).

Tabla 1. Tasas de emisión de los desplazamientos en vehículo particular.

Tasa de emisión, Bayliss (2000)		
Contaminantes	g/viajeros × km	kg
CO2	165	43.440
CO	12,85	3.383
HC	1,5	395
NOX	1,4	369
SO2	0,08	21
Partículas	0,05	13

Para concluir con los resultados del análisis de los costes de los desplazamientos, indicar los relacionados con el coste económico semanal de aquellos estudiantes y trabajadores que se mueven en vehículo privado desde Cáceres. Para ello, y haciendo uso de la metodología de Vega (2006), deben tenerse en cuenta: los vehículos que acceden semanalmente al campus (20.012), el porcentaje de residentes en Cáceres (89%), la distancia media de los desplazamientos (4,4 km) y el total de kilómetros semanales (176.105). La tabla resultante (Tabla 2) considerando el gasto en combustible, lubricante, neumáticos, mantenimiento, seguros, etc., ofrece un gasto total semanal de 67.389,13 € solo para los desplazamientos desde Cáceres.

Tabla 2. Coste económico semanal de los desplazamientos en vehículo particular, Vega (2006).

Coste económico semanal de los desplazamientos		
	€/veh km	Coste
Combustibles	0,1052	17.350,31€
Lubricantes	0,0002	32,99€
Neumáticos	0,0047	775,16€
Mantenimientos y reparaciones	0,0279	4.601,46€
Amortización	0,16	26.388,30€
Coste rentabilidad	0,0546	9.005,01€
Aseguramiento	0,056	9.235,91€
Total	0,4086	67.389,13€

El último de los análisis que se ha llevado a cabo en el trabajo tenía que ver con los estacionamientos. La idea era, teniendo en cuenta la gran afluencia de vehículos diaria, conocer con exactitud las plazas de aparcamiento reales, las que se demandaban diariamente y si estas eran suficientes o no. Antes de nada puntualizar que, aunque los espacios estudiados y la demanda se ha considerado por centro educativo, no deja de ser menos cierto que los estacionamientos se llevan a cabo allí donde se encuentra aparcamiento o donde el usuarios (por múltiples razones sociológicas) desea hacerlo, teniendo en cuenta que el territorio que ocupa el campus no es excesivamente extenso.

En relación a las plazas de aparcamientos que hay en el campus (Tabla 3), estas son un total de 2.025, distinguiendo entre 1.629 que podrían calificarse de legales, frente a 396 no delimitadas correctamente o ilegales. La facultad con mayor número de plazas totales es la Escuela Politécnica (398), frente a la Facultad de Formación del Profesorado que tan solo cuenta con (118). Estos datos están relacionados directamente con la incorrección o “ilegalidad” a la hora de estacionar, pues es la Politécnica donde más plazas de este tipo se dan (130).

Tabla 3. Plazas de aparcamientos por centro.

Plazas de aparcamientos por centro			
Centro de trabajo o estudio	Plazas		
	Legal	Ilegal	Total
Escuela Politécnica	268	130	398
Facultad de Ciencias del Deporte	249	0	249
Facultad de Derecho	158	50	208
Facultad de Enfermería	131	25	156
Facultad de Filosofía y Letras	248	30	278
Facultad de Formación del Profesorado	83	35	118
Facultad de Veterinaria	189	20	209
Otros (servicios comunes, centro de investigación, biblioteca, etc.)	303	106	409
Total	1.629	396	2.025

En cuanto a la ocupación media de los estacionamientos de cada una de las facultades o centros (Tabla 4), o la demanda de plazas de aparcamiento, esta es muy elevada, sobre todo, en los centros con mayor volumen de estudiantes y trabajadores, a saber: Escuela Politécnica, con una ocupación media diaria de 549 vehículos, y la Facultad de Formación del Profesorado (264). Por el contrario, las que menos problemas tienen en cuanto a la demanda y la oferta real son la Facultad de Ciencias del Deporte, con una demanda media diaria de 56 vehículos, y la de Enfermería, con 88.

Si se comparan las tablas 3 y 4, es evidente que la demanda supera a la oferta, sobre todo en horario de mañana. Sin embargo, ni por la tarde, ni considerando la media de todo el día, la ocupación

supera a las plazas disponibles de manera global. Aunque evidentemente muchos estudiantes o trabajadores se pueden ver obligado a estacionar en las plazas que tenga libres algún otro centro o las comunales situadas en las principales vías.

Tabla 4. Demanda de plazas de aparcamiento en el campus.

Demanda de plazas de aparcamientos por centro			
Centro de trabajo o estudio	Ocupación media		
	Mañana	Tarde	Diario
Escuela Politécnica	566	532	549
Facultad de Ciencias del Deporte	90	22	56
Facultad de Derecho	281	287	284
Facultad de Enfermería	152	25	88
Facultad de Filosofía y Letras	315	152	233
Facultad de Formación del Profesorado	220	307	264
Facultad de Veterinaria	251	119	185
Otros (servicios comunes, centro de investigación, biblioteca, etc.)	340	301	321
Total	2.216	1.744	1.980

Para concluir, simplemente apuntar que es evidente que, teniendo en cuenta el volumen de vehículo que accede al campus y las plazas que se ofertan, estas resultan insuficientes por completo, aunque claro está existen marcadas diferencias entre unos centros y otros, así como en unos horas y otras. Además, si solo se consideran las plazas que se han denominado como legales, los problemas se multiplicarían considerablemente. De todas las facultades, aquellas en las que las plazas resultan insuficientes tanto en horario de mañana como de tarde atendiendo a su porcentaje de ocupación, se encuentran: Derecho (137%), Politécnica (138%) y Formación del Profesorado (223%). Sin duda, este último centro es el más problemático, tanto por la mañana, como por la tarde (sobre todo), ya que es el que más alumnos tiene y el que mayores perspectivas de crecimiento presenta.

DISCUSIÓN Y PROPUESTAS DE INTERVENCIÓN

A tenor de los resultados de la investigación, la ocupación media de los vehículos en el que acceden los estudiantes y los trabajadores al campus es muy baja. Una manera de incrementar la ocupación de los vehículos es mediante el fomento del uso compartido de los mismos, máxime teniendo en cuenta que los horarios establecidos tanto para el personal laboral como los estudiantes lo propician en gran medida. Otra forma de incentivar el uso compartido de vehículo es aplicar ventajas en el uso de las plazas de estacionamiento disponibles en el campus: descuentos especiales en aparcamientos privados, estacionamiento en plazas preferentes, etc. De igual modo, las campañas de concienciación en la que se muestra la realidad del coste de desplazamiento semanal o mensual de aquellos que se desplazan solos en su vehículo particular, enfrentándoles a datos reales de costes en aquellos que comparten vehículo, podrían actuar de resorte y ayudar en la concienciación. Otra medida que han abordado ya en algunas ciudades es la aplicación de peajes urbanos en función de la ocupación o la priorización de uso de carriles para los vehículos de uso compartido. En el caso del campus, los bajos índices de ocupación mostrados por los resultados, podrían marcar una dirección de actuación hacia la aplicación de peajes disuasorios y selectivos en las entradas al mismo. Estas tasas se aplicarían en función de la ocupación, siendo gratuito acceder a partir de un cierto número de ocupantes. La última de las estrategias vinculadas a la reducción del uso del vehículo privado, está relacionada con la disminución del viario disponible para el coche. En el campus podría ser interesante limitar el acceso a alguna calle o reducir la anchura de la vía en el acceso al mismo.

Para tratar de paliar el impacto del automóvil en el campus, una apuesta notable debe ser la relacionada con el fomento del incremento del uso del transporte público. La primera medida a considerar es el aumento de la frecuencia de paso durante los periodos de mayor demanda de los usuarios. Conocidas las horas de mayor demanda de transporte público, se puede ofrecer un servicio de frecuencia

variable, evitando que en hora punta los autobuses se colapsen de tal modo que no se pueda recoger a más viajeros potenciales en ciertas paradas. Un caso diferente es el de aquellos posibles usuarios que residen lejos de una parada de autobús transitada por alguna de las líneas de acceso al campus, lo cual les llevaría a recorrer largas distancias hasta llegar a la parada origen del trayecto deseado o la idónea para un transbordo. Una medida destinada a mejorar esta situación es la potenciación de los transbordos entre diferentes líneas, coordinando los horarios de las líneas implicadas. Para finalizar, abordar la necesidad de mejorar la conexión intermodal entre el autobús urbano y el interurbano, o entre el primero y el tren.

En cuanto a las acciones en materia de estacionamiento, y teniendo en cuenta que estos se encuentran sobrepasados a diario llegando a alcanzar hasta un 147% de su capacidad legal media, se entiende que, aunque exista una cierta insuficiencia de aparcamientos, no es conveniente aumentar el número de plazas ya que podría suponer una incentivación extra para el uso del automóvil. Algunas actuaciones interesantes pueden ser establecer diferentes zonas de estacionamientos delimitadas por colores en función de la duración del mismo, y por la cual se pague una cantidad fija al año, no muy elevada; o transformar ciertos espacios en los que se estacionan los vehículos, tanto legal como ilegalmente, en un parking reglado de la UEx con una cuota fija anual. Cuestión no menos delicada será definir las cuotas por el estacionamiento. Sin embargo, hay que tener en cuenta que la idea es disuadir, no recaudar, siendo muy interesante también la idea de reinvertir lo recaudado en el campus.

Otra serie de medidas que podrían ser muy interesantes para conseguir una movilidad sostenible en el acceso al campus podrían estar vinculadas con las alternativas horarias y la consecución de unos horarios más flexibles, sobre todo para los trabajadores, así como con la compensación mediante reducción de jornada laboral para aquellos trabajadores que utilicen el transporte público. Esta medida va más orientada a aquellos usuarios que trabajan para la universidad, como limpiadores, camareros, personal de la administración o personal investigador. Implantando una compensación de diez minutos en la hora de entrada y diez minutos en la de salida, para aquellos que se pasaran del vehículo particular al uso del transporte colectivo. Esta medida tendría un beneficio social alto, un bajo coste de inversión y sería aplicable en un corto periodo de tiempo, aunque bien es cierto que no sería aplicable al colectivo más numeroso: los estudiantes.

CONCLUSIONES

La metodología propuesta en la realización de la encuesta ha permitido obtener una gran cantidad de información sobre los hábitos de movilidad de aquellas personas que se dirigen habitualmente al campus por motivo de trabajo o estudio. Dicha información resulta esencial para posteriores análisis que fomenten propuesta a favor de desplazamientos sostenibles como los relacionados con: los estacionamientos irregulares en el campus, la estimación del volumen de desplazamientos, los costes derivados de la movilidad obligada, la generación de modelos con SIG para el análisis de dicha movilidad, la situación de las barriadas de Cáceres respecto al Campus o el análisis del modo de transporte empleado por los alumnos. Además, permite caracterizar de forma conveniente a los individuos que acceden diariamente a las instalaciones de la UEx en Cáceres.

Por otro lado, el trabajo de campo llevado a cabo para aforar todos los modos de transporte en los que se desplazan los estudiantes y trabajadores y su posterior tratamiento con análisis estadísticos y consultas en bases de datos, ha permitido determinar la hora punta semanal de vehículos que acceden al campus. Con toda la información extraída, se pudo verificar el excesivo uso del vehículo privado frente a otros modos de transporte más sostenible, así como el elevado coeficiente de variabilidad apreciado en los tiempos de acceso y la gran variabilidad entre los diferentes medios de transportes.

En líneas generales, la movilidad al campus se ve muy condicionada por la distancia en la que se encuentra el núcleo urbano. Si a esto se suma la orografía de la ciudad y la escasez de dotaciones destinadas a los modos de transporte no motorizados, se puede comprender el hecho del empleo residual de los modos más sostenibles. Por otro lado, destacar que el automóvil ha ganado la partida al transporte público, con un elevadísimo porcentaje de usuarios, reflejado a simple vista en la cantidad de vehículos mal estacionados que se vislumbran día tras día en cualquier rincón del Campus.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Albertos, J. M., Noguera, J., Pitarch, M. D, Salom, J. (2006): Los hábitos de movilidad en la Universitat de Valencia (2005-2006). Problemas de acceso a los campus y sostenibilidad. Instituto Interuniversitario de Desarrollo Local, Valencia.
- Andersson, E., Malmberg, B. and Östh, J. (2012): Travel-to-school distances in Sweden 2000–2006: changing school geography with equality implications. *Journal of Transport Geography*, 23: 35-43.
- Barr, S. and Prillwitz, J. (2012): Green travellers? Exploring the spatial context of sustainable mobility styles. *Applied Geography*, 32: 798-809.
- Bayliss, D. (2000): Urban Development and its Implications for Mobility in *UITP Conference Report*, México.
- Bigas, J. M. and Sastre, J. (2009): *El peaje urbano: aspectos clave para su estudio y aplicación*. Comisión de Transporte, España.
- Bocarejo, J. P. and Oviedo, D. R. (2012): Transport accessibility and social inequities: a tool for identification of mobility needs and evaluation of transport investments. *Journal of Transport Geography*, 24: 142-154.
- Broberg, A. Kytä, M. and Fagerholm, N. (2013): Child-friendly urban structures: Bullerby revisited. *Journal of Environmental Psychology*, 35: 110-120.
- Brueckner, J. K. (2000): Urban Sprawl: diagnosis and remedies. *International Regional Science Review*, 23: 160-171.
- Brundtland, G. H. (1988): *Nuestro futuro común*. Alianza Ed., Madrid.
- Brunet, J. y Gálvez, F. J. (1995): Estructura urbana y movilidad: análisis del tráfico inducido por el Campus de la Universitat de les Illes Balears. *XIV Congreso Nacional de Geografía*, Salamanca, España, 322-325.
- Cameron, I., Kenworthy, J. R. and Lyons, T. J. (2003): Understanding and predicting private motorized urban mobility. *Transportation Research Part D*, 8, 267-283.
- Campesino, A. J. (2007): Ciudad y Universidad: Cáceres, del campus patrimonial al ghetto montañés. *ATENEO. Revista científica, literaria y artística del Ateneo de Cáceres, Dossier Urbanismo*, 6: 40-50.
- Canel, A. and Nouvier, J. (2005): Road safety and automatic enforcement in France: results and outlook. *Routes Roads*, 325: 54-61.
- Cardozo, O. D., García-Palomares, J. C. and Gutiérrez, J. (2012): Application of geographically weighted regression to the direct forecasting of transit ridership at station-level. *Applied Geography*, 34: 548-558.
- Cáceres, E. (1989): *Universidad y Ciudad: entre la nostalgia y el futuro. La construcción del espacio universitario*. Universidad de Las Palmas de Gran Canaria y Caja de Canarias, Santa Cruz de Tenerife, p. 55-59.
- Collins, D. C. A. and Kearns, R. A. (2001): The safe journeys of an enterprising school: negotiating landscapes of opportunity and risk. *Health & Place*, 7: 293-306.
- Commission of the European Communities (2007): *Green Paper: Towards a new culture for urban mobility* [COM(2007)55]. Brussels.
- Commission of the European Communities (2011): *White Paper Roadmap to a Single European Transport Area - Towards a competitive and resource efficient transport system*. COM/2011/0144 final. Brussels.
- Davis, A, and Jones, L. (1997): Whose neighbourhood? Whose quality of life? Developing a new agenda for childrens health in urban settings. *Health Education Journal*, 56: 350-362.

- Davidson, L. J. and Knowles, R. D. (2006): Bus quality partnership, modal shift and traffic descongestion. *Journal of Transport Geography*, 14: 177-194.
- Dell'Olio, L., Ibeas, A. and Cecín, P. (2010): Modelling user perception of bus transit quality. *Transport Policy*, 17: 388-397.
- Dombriz, M. A. (2009): Urbanismo y movilidad: dos caras de la misma moneda. *Ingeniería y Territorio*, 86: 4-9.
- Eboli, L. and Mazzulla, G. (2011): A methodology for evaluating transit service quality based on subjective and objective measures from passenger's point of view. *Transport Policy*, 18: 172-181.
- Ferrer, L. and Nadal, M. (2008): *Plan de Movilidad de la Universidad Autónoma de Barcelona*. Mesa de la Movilidad de la Universidad Autónoma de Barcelona, Barcelona, España.
- Fudge, C., Smook, R. and Sougareva, N. (1996): *European Sustainable Cities*. European Comision, Expert Group on the Urban Environment, Directorate General XI, Environment, Nuclear Safety and Civil Protection, Brussels.
- González, J. (2012): El papel del usuario: ¿cuál es el potencial del Carsharing en el futuro de la movilidad individual? *II Conferencia Española de Carsharing*, Barcelona, España.
- Gutiérrez, J. (1985): El comportamiento espacial de la población en sus desplazamientos diarios. *Anales de Geografía de la Universidad Complutense*, 5: 283-293.
- Gutiérrez, J., Alventosa, C., Redondo, J. C., Paniagua, E. y García, J. C. (2002): Accesibilidad peatonal a la red sanitaria de asistencia primaria en Madrid. *Anales de Geografía de la Universidad Complutense*, 20: 451-464.
- Gutiérrez, J., Cristóbal, C. y Gómez, G. (2000): Accesibilidad peatonal a la red de metro de Madrid: efectos del Plan de Ampliación 1995-99. *Anales de Geografía de la Universidad Complutense*, 18: 141-152.
- Gutiérrez, J. y García, J. C. (2005): Movilidad por motivo de trabajo en la Comunidad de Madrid. *Revista del Instituto de Estudios Económicos*, 1: 223-256.
- Gutiérrez, J. A. and Jaraíz, F. J. (2013): Aproximación al Plan de Movilidad Sostenible del Campus Universitario de Cáceres de la Uex. *Ciclo de Jornadas sobre Prevención de Riesgos Laborales*, Cáceres, España.
- Gutiérrez, J. A. (Coord.) (2013): *Propuesta de líneas estratégicas, objetivos y actuaciones del equipo redactor del PMUS*. En Proyecto Piloto para la Promoción de la Movilidad Urbana Sostenible en Mérida (PMUS), Mérida, España.
- Gutiérrez, J. A., Ruiz, E. E., Jaraíz, F. J. and Pérez J. M. (2013): Diseño de un modelo de asignación de viajes con aplicaciones SIG para la gestión de planes de movilidad urbana sostenibles en ciudades medias. *GeoFocus (Artículos)*, 13: 1-21.
- Hadayeghi, A., Shalaby, A. S. and Persaud, B. N. (2003): Macrolevel accident prediction models for evaluating safety of urban transportation systems. *Transportation Research Board*, 1840: 87-95.
- Havermans, P., Tool, O., Bokma, H. and Stoelhorst, H. (2006). *Evaluatie 80 km zones*. Ministerie van Verkeer en Waterstaat.
- Ibeas, A. and González, F. (2007): *Manual de Encuestas de Movilidad*. Ed. Universidad de Cantabria, Santander.
- Instituto Nacional de Estadística (INE) (2009): Diseño de la Encuesta y Evaluación de la calidad de los datos. Informe Técnico. Área de Diseño de Muestras y Evaluación de Resultados, Madrid.
- Kyttä, M. (2008): *Children in outdoor contexts: affordances and independent mobility in the assessment of environmental child friendliness*. VDM Verlag Dr. Müller, Saarbrücken.
- Litman, T. (2003): *Transportation cost and benefit analysis. Techniques, estimates and implications*. Victoria Transport Policy Institute, Victoria.

- López, M and La Paix, L. (2008): Los planes de movilidad urbana sostenible (PMUS) desde una perspectiva europea. *II Congreso Internacional de Movilidad de Ciudadanos de Madrid (CIMO): Hacia una nueva cultura de la movilidad urbana*, Madrid, 17 p.
- Mcdonald, N. C. (2007): Active transportation to school – trends among US schoolchildren, 1969–2001. *American Journal of Preventive Medicine*, 32: 509–516.
- Medina, F. (1998): Los errores de muestreo en encuestas complejas. En Memoria del primer taller regional del MECOVI, CEPAL, Aguascalientes, México, p. 315-348.
- Miralles, C. (coord.) (2008): *Plan de movilidad de la Universidad Autónoma de Barcelona. Campus de Bellaterra*. UAB, Barcelona.
- Miralles, C. (2012): De universidad-campus, aislada y suburbana, a polo metropolitano del conocimiento. El caso de la Universitat Autònoma de Barcelona. *Scripta Nova. Revista electrónica de Geografía y Ciencias Sociales*, 14.
- Pozueta, J. y Gurovich, A. (2007): *Alternativas al modelo dominante de ciudad dispersa, zonificada y de baja densidad: el caso de los corredores fluviales y la interfaz urbana rural de Madrid y Santiago de Chile*. Ed. AECI, Ministerio de Asuntos Exteriores y de Cooperación de España, Madrid, 2007.
- Sánchez, J. L. (2005): La configuración territorial de los desplazamientos al trabajo y la congestión del tráfico en Madrid. *XXX Reunión de Estudios Regionales*, Asociación Española de Ciencia Regional, Alcalá de Henares, 2005.
- Seguí, J. M. y Martínez, M. R. (2004): Los sistemas inteligentes de transporte y sus efectos en la movilidad urbana e interurbana. *Scripta Nova*, 6: 170.
- Seguí, J. M. y Ruiz, M. (2011): *Habits de movilitat de la comunitat universitària de la Universitat de les Illes Balears. UIB (2011)*. Plan de movilidad sostenible universidad de Alicante, Agenda 21 UA.
- Steg, L. and Gifford, R. (2005) Sustainable transportation and quality of life. *Journal of Transport Geography*, 13: 59-59.
- Tylor, N. (1996): *On accessibility*. University of London (working paper), London.
- Vega, L. A. (2006): Beneficios Socio-ambientales de estrategias de movilidad sostenible en el centro de las ciudades: aplicación al caso de Madrid. Tesis Doctoral.

LA OCUPACIÓN EDIFICATORIA DEL SUELO EN MUNICIPIOS SIN PLANEAMIENTO URBANÍSTICO. EL CASO EXTREMEÑO.

Jiménez Barrado, Víctor¹

¹Departamento de Arte y Ciencias del Territorio, Universidad de Extremadura. Avda. Universidad S/N, 10071 Cáceres. victorjb@unex.es

RESUMEN

El planeamiento urbanístico es fundamental para la correcta ordenación y gestión del territorio. Por lo tanto, su ausencia condiciona el desarrollo de los municipios, la implantación de nuevas actividades y la protección del medio natural. A pesar de ello, las legislaciones sectoriales con incidencia en el urbanismo, prevén unas demarcaciones que, al menos, nos permiten establecer limitaciones de uso para algunos ámbitos geográficos. A través del uso de Sistemas de Información Geográfica (SIG) hemos establecido una clasificación y categorización urbanística subsidiaria para los 10 municipios que carecen de planeamiento urbanístico general en Extremadura. Para completar este proceso nos hemos servido de las fuentes de información gubernamentales, consiguiendo una cartografía con la máxima exactitud posible. Gracias a estas herramientas hemos logrado una división básica de los términos municipales en función de su capacidad de acoger diferentes actividades. El objetivo del presente estudio es identificar, cuantificar y caracterizar la expansión edificatoria de estos municipios, y al mismo tiempo, esclarecer si el modelo existente se ajusta al pretendido desarrollo sostenible. Sin embargo, este trabajo, aunque nos permite conocer la ocupación real del territorio, no elimina la urgente necesidad de dotar a estos municipios del planeamiento general urbanístico que exige la Ley.

Palabras Clave: Planeamiento urbanístico, disciplina urbanística, usos del suelo, expansión urbana, Extremadura.

ABSTRACT

Urban planning is essential for the proper land management. Therefore, their absence affects the development of the municipalities, the implementation of new activities and the protection of the environment. However, sectorial laws with an impact on urban planning, provide demarcations at least allow us to establish use limitations for some geographical areas. Through the use of geographical information systems (GIS) we have established a subsidiary urban classification and categorization for the 10 municipalities that lack general urban planning in Extremadura. To complete this process, we have provided the government information sources, obtaining a mapping with the highest possible accuracy. With these tools we have achieved a basic division of the municipalities in terms of their ability to host different activities. The aim of this study is to identify, quantify and characterize the urban sprawl of these municipalities, and at the same time, clarify if the existing model fits the intended sustainable development. However, this work, although allows us to know the actual occupation of the territory, does not remove the urgent need to provide these municipalities urban planning required by law.

Key Words: Urban planning, town planning discipline, land use, urban sprawl, Extremadura.

INTRODUCCIÓN

El Plan General Municipal de Urbanismo constituye el marco esencial e integral para la ordenación territorial y urbanística en cada término municipal. Éste, “ha sido y es el instrumento necesario para garantizar que las actuaciones sobre el territorio se ejecuten respetando un modelo de desarrollo previamente establecido” (Martín, 2005). El cuerpo normativo estatal recoge estas funciones y su contenido desde la primera Ley del Suelo (Ley, de 12 de mayo de 1956, sobre régimen del suelo y ordena-

ción urbana) hasta las distintas legislaciones autonómicas. A pesar de esto, el proceso de implantación de la planificación urbanística municipal sigue todavía incompleto. En el caso de Extremadura, la aplicación del régimen urbanístico contemplado en la Ley 15/2001, de 14 de diciembre, del Suelo y Ordenación Territorial de Extremadura, es muy deficiente. Solamente 41 municipios de los 388 que componen la región han aprobado definitivamente su Plan General Municipal (PGM), mientras que el resto tienen vigentes instrumentos de planificación urbanística heredados de legislaciones estatales anteriores o ni siquiera han iniciado el proceso (Figura 1): Planes Generales de Ordenación Urbana (PGOU), homólogos a los PGM ; Normas Subsidiarias de Planeamiento (NNSS), que ofrecen una ordenación integral del término a pesar de su menor complejidad técnica; Proyectos de Delimitación de Suelo Urbano (PDSU), ni siquiera considerados instrumentos de planeamiento general por su incapacidad para gestionar el Suelo No Urbanizable; y municipios sin planeamiento.

En nuestra región, son diez los municipios que no cuentan con planeamiento urbanístico de ninguna clase: Alagón del Río, Baños de Montemayor, Gargüera, Guadalupe, Guadiana del Caudillo, Puelblonuevo de Miramontes, Tiétar, Valverde del Fresno, Vegaviana y Villamiel (Figura 2). Esto significa que 526,12 Km² de Extremadura permanecen, tras más de medio siglo de planeamiento general urbanístico en España, fuera del modelo imperante. Su territorio, que a nivel regional solo representa el 1,26%, no está sujeto a la clasificación urbanística del suelo, que solo el planeamiento general puede establecer. La ausencia de la triple división del suelo (Suelo Urbano, Suelo Urbanizable y Suelo No Urbanizable) supone una losa importante para el desarrollo socioeconómico de cualquier municipio. Debemos tomar conciencia de que el planeamiento urbanístico es el “instrumento básico para el gobierno de las transformaciones que se producen en nuestro entorno” (Font, 2002-2003). Carecer de planeamiento urbanístico significa carecer del régimen urbanístico para cada clase de suelo, necesario para gestionar las actividades existentes y guiar la implantación de nuevas, en función de las potencialidades y limitaciones de cada zona.

Estos municipios comparten una serie de características sociodemográficas, económicas y territoriales. Todos, a excepción de Guadiana del Caudillo, se ubican en la provincia de Cáceres, mayoritariamente en su extremo septentrional. Se trata de municipios poco poblados (ninguno supera los 3.000 habitantes) y con unos términos municipales pequeños en relación con la media extremeña (52,66 Km² por 107,42 Km²). La densidad de población media para este grupo de municipios se sitúa en 35,16 hab/Km². Además, ninguno de ellos a excepción de Guadalupe, ocupa un papel predominante dentro de su comarca, por lo que se encuentran en zonas periféricas y en la órbita económica de municipios mayores. De hecho, la mitad de estas localidades eran hasta hace poco Entidades Locales Menores, dependientes de otros núcleos: poblados de colonización construidos a mediados del siglo pasado que al independizarse han quedado desprovistos de planeamiento urbanístico.

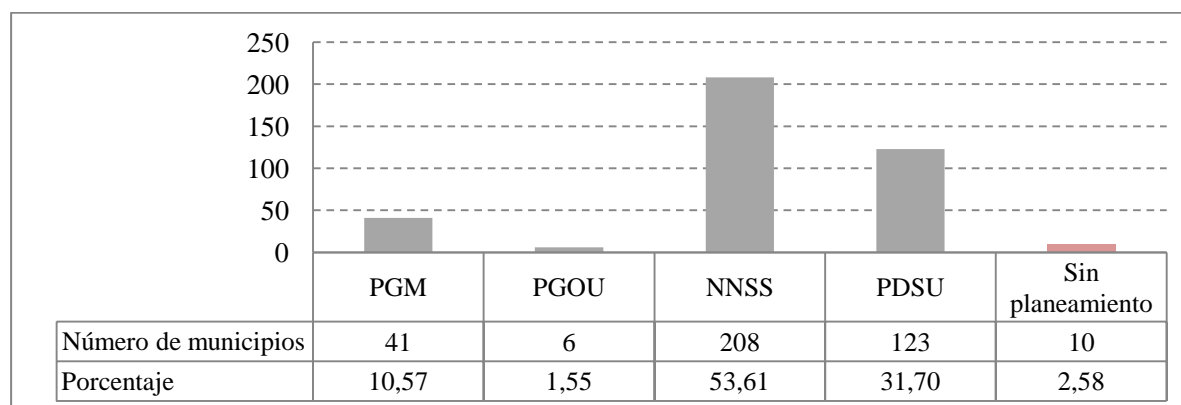


Figura 1. Estado del planeamiento urbanístico en Extremadura.

La legislación sectorial con incidencia en el urbanismo tiene una influencia directa sobre la clasificación y categorización urbanística del suelo. De hecho, sus disposiciones prevalecen sobre el pla-

neamiento general urbanístico, por lo que en los municipios carentes de él, establecen una clasificación urbanística supletoria. Mediante el uso de Sistemas de Información Geográfica podemos intersectar las afecciones sectoriales y establecer una clasificación urbanística subsidiaria que los futuros instrumentos de planeamiento deberán acatar obligatoriamente. De esta forma, constituimos una zonificación mínima del territorio que nos permita definir los usos y actividades permitidas, así como evaluar cuantitativa y cualitativamente la ocupación edificatoria del suelo en los municipios sin planeamiento.

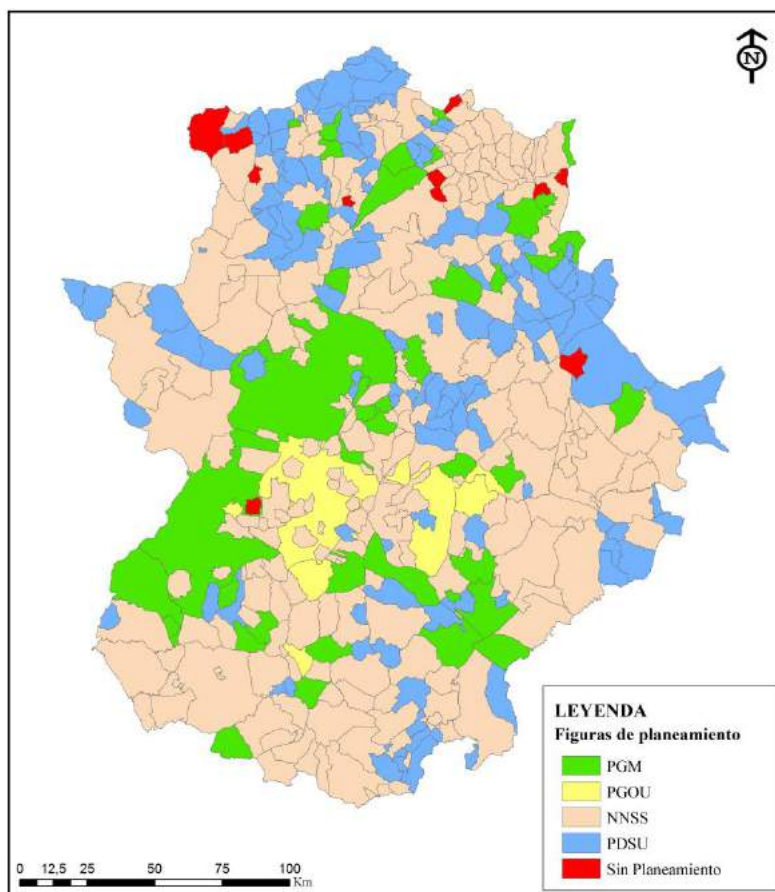


Figura 2. Distribución geográfica del planeamiento urbanístico en Extremadura.

RÉGIMEN SUPLETORIO PARA MUNICIPIOS SIN PLANEAMIENTO

La legislación estatal y autonómica prevé la ordenación urbanística básica en los municipios que no tengan planeamiento urbanístico general aprobado y vigente. De este modo, el Reglamento de Planeamiento de Extremadura (Decreto 7/2007, de 23 de enero) establece en su disposición adicional primera que se aplicarán cuantas determinaciones se contienen en el artículo 17 de la Ley del Suelo y Ordenación Territorial de Extremadura y cuantas otras imponga la legislación sectorial.

Estos municipios, a pesar de no contar con una clasificación del suelo establecida a través de una figura de planeamiento, podrán considerar integrados en el Suelo Urbano (SU) aquellos terrenos que formando parte de un núcleo de población existente o ser integrables en él y estar ya urbanizados” cuenten al menos con “acceso rodado por vía urbana municipal, abastecimiento de agua, suministro de energía eléctrica y evacuación de aguas residuales”, en relación con lo expuesto en el apartado primero del artículo 3 del citado Reglamento. La clasificación del suelo urbano es reglada, y viene condicionada por la concurrencia de las circunstancias fácticas y condiciones físicas de los terrenos (Arranz, 2011).

De este modo, se produce la primera “clasificación fáctica” del territorio en las dos situaciones básicas del suelo establecidas por la actual legislación estatal del suelo (Real Decreto Legislativo

2/2008, de 20 de junio, por el que se aprueba el texto refundido de la ley de suelo): suelo urbanizado y suelo rural.

Con carácter general, “todos los actos de aprovechamiento y uso del suelo realizados en lugares inmediatos o que formen parte de bienes integrantes del patrimonio histórico, cultural y artístico deberán armonizar con ellos, de acuerdo con la Ley del Patrimonio Histórico y Cultural de la Comunidad Autónoma de Extremadura”. Además, las edificaciones “no podrán tener más de dos plantas de altura, salvo que las características específicas derivadas de su uso hicieran imprescindible superar esta última en alguno de sus puntos”.

En el Suelo Urbano, y “cuando se trate de solares enclavados en núcleos de población o manzanas edificadas en más de dos terceras partes, se podrán autorizar alturas que alcancen la media de los edificios ya construidos”.

De forma subsidiaria, en el suelo rural, denominado “No Urbanizable” en Extremadura, las actividades a implantar o desarrollar en él deberán ajustarse a una serie de reglas:

- a) No podrán, en los lugares de paisaje abierto, ni limitar el campo visual, ni romper el paisaje, así como tampoco desfigurar, en particular, las perspectivas de los núcleos e inmediaciones de las carreteras y los caminos.
- b) No podrán suponer la construcción con características tipológicas o soluciones estéticas propias de las zonas urbanas, en particular, de viviendas colectivas, naves y edificios que presenten paredes medianeras vistas.
- c) Se prohíbe la colocación y el mantenimiento de anuncios, carteles, vallas publicitarias o instalaciones de características similares, salvo los oficiales y los que reúnan las características fijadas por la Administración en cada caso competente que se sitúen en carreteras o edificios y construcciones y no sobresalgan, en este último supuesto, del plano de la fachada.
- d) Las construcciones deberán armonizar con el entorno inmediato, así como con los invariantes característicos de la arquitectura rural o tradicional.
- e) Las construcciones deberán presentar todos sus paramentos exteriores y cubiertas totalmente terminados, con empleo en ellos de las formas y los materiales que menor impacto produzcan, así como de los colores tradicionales en la zona o, en todo caso, los que favorezcan en mayor medida la integración en el entorno inmediato y en el paisaje.

La edificación en el Suelo No Urbanizable (SNU) deberá respetar además una serie de reglas que van encaminadas a proteger esta clase de suelo del aprovechamiento urbanístico, reservado exclusivamente para el Suelo Urbano:

1. Ser adecuadas al uso y la explotación a los que se vinculen y guardar estricta proporción con las necesidades de los mismos.
2. Tener el carácter de aisladas.
3. Cuando vayan a construirse de nueva planta, retranquearse, como mínimo, cinco metros a linderos y quince metros al eje de caminos o vías de acceso.
4. No dar lugar a la formación de núcleo de población, por lo que la realización de actos de segregaciones, edificaciones, construcciones, obras o instalaciones no podrán conllevar la demanda potencial de los servicios o infraestructuras colectivas innecesarias para la actividad de explotación rústica o de carácter específicamente urbano, ni la existencia de más de tres edificaciones con destino industrial o terciario en unidades rústicas aptas para la edificación colindantes. Tampoco podrán existir más de tres edificaciones con destino residencial en unidades rústicas aptas para la edificación colindantes, cuya densidad supere la de una vivienda por cada dos hectáreas.

Legislación sectorial aplicable

La práctica urbanística, a pesar de estar controlada específicamente por la legislación en la materia, se ve afectada por otros cuerpos normativos que regulan el uso del suelo, el patrimonio que en él está presente y las actividades que sobre él se desarrollan. En este sentido, la edificación, ve condicionada su localización y características en función de la siguiente relación de leyes sectoriales, que de forma supletoria realizan una clasificación y categorización urbanística del suelo:

Legislación agraria

El capítulo V de la Ley 6/2015, de 24 de marzo, Agraria de Extremadura, determina la obligatoriedad de clasificar los suelos incluidos dentro de las zonas regables de Extremadura como SNU, que además deberán ser categorizados como de “Protección agrícola de regadío” dentro de las figuras de planeamiento urbanístico general. Para ello establece un plazo máximo de dos años a contar desde la publicación de la Ley¹. Además, en su disposición adicional undécima explicita que “las Administraciones competentes en materia de ordenación territorial y urbanística adoptarán las medidas necesarias para dotar de la adecuada protección urbanística a los montes o terrenos forestales, especialmente los incluidos en el Catálogo de Montes de Utilidad Pública o en el Registro de Montes Protectores de Extremadura”. En consecuencia con ello, estos terrenos deberán clasificarse como Suelo No Urbanizable de especial protección forestal e hidrológica, y cualquier cambio requerirá un informe favorable de la Administración forestal competente, de acuerdo al artículo 39 de la Ley 43/2003, de 21 de noviembre, de Montes.

Legislación ambiental

La protección del medio natural tiene una notable influencia sobre la clasificación urbanística del suelo. En Extremadura, sin embargo, la legislación evita equiparar la delimitación de Espacios Naturales Protegidos (ENP) con la clasificación de Suelo No Urbanizable. De este modo, la LSOTEX indica que los terrenos incluidos dentro de la Red de Áreas Protegidas de Extremadura (regulados por la Ley 8/1998, de 26 de junio, de conservación de la naturaleza y de espacios naturales de Extremadura) deberán clasificarse como Suelo No Urbanizable Protegido (SNUP), siempre y cuando “los correspondientes instrumentos de planificación que los declaren o regulen establezcan expresamente su incompatibilidad para ser objeto de transformación urbanística”. El mismo tratamiento se le otorga a aquellos espacios incluidos en la Red Natura 2000: “La mera inclusión de unos terrenos en la Red Ecológica Natura 2000 no determinará, por sí sola, su clasificación como suelo no urbanizable”.

De forma genérica y a pesar de las contradicciones de la propia Ley, mediante la declaración de los ENP se considera probado el interés ambiental, natural, paisajístico, cultural y científico de estos terrenos, condición expuesta en el apartado 3.1. del artículo 11 para ser merecedores de su clasificación como Suelo No Urbanizable Protegido.

Legislación de Aguas

La protección de los cauces y láminas de agua viene establecida por el Real Decreto Legislativo 1/2001, de 20 de julio, por el que se aprueba el texto refundido de la Ley de Aguas, y el Real Decreto 849/1986, de 11 de abril, por el que se aprueba el Reglamento del Dominio Público Hidráulico. De forma directa, la delimitación del dominio público hidráulico a través de una zona de servidumbre y otra de policía (de 5 y 100 metros respectivamente, medidos desde el cauce), no implican la clasificación de esos suelos como protegidos, aunque dada la limitación de usos y actividades y los potenciales riesgos naturales, lo más acertado sería clasificarlos como tal.

Legislación de carreteras

La clasificación de los terrenos que ocupan las carreteras, así como sus alledaños, se regula a través de la legislación estatal (Ley 25/1988, de 29 de julio, de Carreteras) y autonómica (Ley 7/1995, de 27 de abril, de Carreteras de Extremadura) de carreteras. Con carácter general se definen unas líneas límite de la edificación, para cada clase de vía, que se medirán desde la arista exterior de la calzada: 50

¹ Publicación en el DOE de 26 de marzo de 2015.

metros en autopistas, autovías y vías rápidas; 25 metros en el resto de carreteras (básicas, intercomarcales y locales). En estas franjas de terreno, estará prohibida cualquier tipo de obra de construcción, reconstrucción o ampliación, a excepción de las necesarias para el mantenimiento de la vía. En el caso de Extremadura, a las carreteras clasificadas como vecinales les corresponderá una línea límite de la edificación de 15 metros, y además, el planeamiento urbanístico general deberá clasificar como Suelo No Urbanizable el espacio comprendido entre la línea límite de edificación y la calzada de las carreteras consideradas variantes de población.

Legislación ferroviaria

Al igual que la legislación de carreteras, la Ley 39/2003, de 17 de noviembre, del Sector Ferroviario, establece una línea límite de la edificación (Art.16), que con carácter general se fija a una distancia de “50 metros de la arista exterior más próxima de la plataforma, medidos horizontalmente a partir de la mencionada arista”. Además, el planeamiento urbanístico general deberá clasificar los terrenos ocupados por estas infraestructuras (Art. 7), así como sus zonas de servicio (Art.10), como sistema general ferroviario.

Regulación del uso de las vías pecuarias

Las vías pecuarias, como elementos patrimoniales de gran valor, están fuertemente protegidas por la legislación estatal (Ley 3/1995, de 23 de marzo, de Vías Pecuarias) y autonómica (Decreto 49/2000, de 8 de marzo, por el que se establece el Reglamento de Vías Pecuarias de la Comunidad Autónoma de Extremadura). En estos cuerpos normativos se prohíbe la ocupación de los terrenos que las conforman, clasificando las mismas en tres:

- a) Cañadas: Su anchura no supera los 75 metros
- b) Cordeles: Su anchura no excede los 37,5 metros.
- c) Veredas: Con una anchura igual o inferior a 20 metros.

Protección patrimonial

La aprobación del planeamiento urbanístico general está fuertemente condicionada por la protección patrimonial. De hecho, para obtener su aprobación definitiva, estos documentos deben superar el examen de la Dirección General de Patrimonio Cultural de Extremadura.

El ámbito de protección de cada Bien de Interés Cultural viene definido por su tipología (Art.39.3 Ley 2/1999, de 29 de marzo, de Patrimonio Histórico y Cultural de Extremadura), que en términos generales será de 200 metros para elementos de naturaleza arqueológica y de 100 metros para elementos de naturaleza etnológica, arquitectónicos y/o caminos históricos. Además, en el caso de los Conjuntos Históricos declarados², será obligatoria la creación de un Plan Especial de Protección, que en función del artículo 40 de la citada Ley, podrá ser sustituido por la “redacción del instrumento urbanístico general, siempre y cuando en el ámbito delimitado se cumplan, en todo caso, las exigencias en esta Ley establecidas y se obtenga la conformidad previa de la Dirección General de Patrimonio Cultural del procedimiento y la delimitación del área, elementos y entornos a proteger”.

La conjunción y superposición de todas las legislaciones sectoriales nos ayudará a determinar una clasificación y categorización urbanística en función del grado de permisibilidad para con las edificaciones.

FUENTES Y HERRAMIENTAS ESPACIALES AL SERVICIO DE LOS MUNICIPIOS SIN PLANEAMIENTO URBANÍSTICO GENERAL

La trasposición de los mandatos legislativos al territorio requiere de un trabajo cartográfico previo que se inicia en el mismo texto legal, continúa en las Administraciones (fuentes de información) y

² Dentro de los municipios estudiados, sólo Guadalupe está declarado como Conjunto Histórico (BOE 10/10/1943). Además, Vegaviana tiene su expediente de declaración incoado (DOE 21/10/2014).

culmina en los Sistemas de Información Geográfica, herramienta capaz de aglutinar y representar con precisión la zonificación establecida por las leyes sectoriales. Una vez examinados los cuerpos normativos, es necesario disponer de la cartografía más exacta posible, por lo que deberemos acudir a las fuentes primarias, es decir, las oficiales o gubernamentales. Sin embargo, la escala de detalle de éstas se adapta, por regla general, al ámbito geográfico sobre el que tienen competencias, lo que invalida, en parte, estas fuentes si nuestro objetivo es definir con fidelidad las afecciones sectoriales dentro de un término municipal. Además, la actualización de esta cartografía no es siempre la óptima, lo que puede introducir errores en nuestra delimitación.

La creación o renovación del planeamiento urbanístico general demanda un amplio trabajo de campo para la recogida de datos y la geolocalización de los hitos o elementos distribuidos por el territorio que la legislación sectorial regula y protege. Para gozar de la mayor exactitud posible se emplean precisos sistemas de posicionamiento como los GPS. Por motivos obvios, nuestro estudio no dispone de la capacidad técnica, económica y temporal de estos equipos, aunque en pos de una mayor fiabilidad, se ha procedido a la digitalización de algunos elementos, lo que ha representado una mejora notable de la cartografía utilizada en relación con la ofrecida por las Administraciones.

Para efectuar la primera división del término municipal, es decir, la clasificación del suelo en urbano y no urbanizable¹³³, hemos empleado la cartografía perteneciente a la Dirección General del Catastro, disponible en su Sede Electrónica. Esta segmentación básica del territorio, consecuencia del propósito de gravar las propiedades en función de su naturaleza urbana o rústica, nos permite obtener una delimitación del suelo urbano acorde con los principios que establece el artículo 3 del Reglamento de Planeamiento de Extremadura.

Una vez obtenida esta primitiva clasificación, hemos optado por delimitar las zonas de afección de aquellos elementos cuya “cartografía oficial” era susceptible de mejora, que además coinciden con aquellas más restrictivas en cuanto a la edificación. Así, se ha procedido a la digitalización de las vías de comunicación, puesto que la cartografía disponible no seguía con exactitud el trazado actual de las carreteras y vías de ferrocarril. Para ello, hemos empleado la serie de ortofotos de máxima actualidad del Plan Nacional de Ortofotografía Aérea (PNOA), fechada entre mayo y julio de 2012 para los municipios de la provincia de Cáceres y en julio de 2013 para los municipios de la provincia de Badajoz (utilizada también para la digitalización de las edificaciones). En este proceso, se ha ajustado la digitalización al segmento central de la vía, por lo que para representar la zona incluida dentro del límite de la edificación, se ha establecido un área de influencia correspondiente al sumatorio del ancho de la calzada (para ajustarlo a la arista exterior de la calzada) y la franja excluida de edificación para cada categoría de vía. Del mismo modo, se ha cartografiado la afección sectorial que corresponde a los aledaños de las líneas de ferrocarril.

Siguiendo el orden que marca la restricción hacia la edificación en el territorio, hemos proseguido por la confección de la cartografía referida a las áreas de protección de las vías pecuarias y elementos patrimoniales. En el primer caso, el recorrido de muchas de ellas es imposible de cartografiar a través de las series de ortofotografía del PNOA, pues se confunden con la red caminera e incluso algunas están en desuso. Como consecuencia de ello, hemos utilizado la “cartografía oficial” disponible en formato Web Map Service (WMS) para guiarnos en la digitalización de las mismas. Sin embargo, esta cartografía difiere sensiblemente en función de la fuente consultada. En este caso, hemos seleccionado la ofrecida por la Administración regional, por parecernos su escala de detalle más adecuada para nuestro análisis que la perteneciente al Ministerio de Agricultura, Alimentación y Medio Ambiente del Gobierno de España. Una vez creada nuestra cartografía en formato “shapefile”, hemos asignado a cada categoría el ancho correspondiente en función de lo establecido en el marco legal vigente.

En el caso de los elementos patrimoniales, hemos empleado el listado de Bienes de Interés Cultural declarados e incoados de la Consejería de Educación y Cultura del Gobierno de Extremadura para identificarlos, y los decretos de declaración e incoación publicados en el Diario Oficial de Extremadura para localizarlos. Dependiendo de su categoría, se han cartografiado como puntos (edificaciones y

³ Al tratarse de un estudio que analiza la situación actual de la ocupación edificatoria del suelo, hemos obviado la posible existencia de Suelo Urbanizable en relación a su dinámica urbanística y demográfica, tarea que corresponde a los equipos redactores de planeamiento en función de las necesidades de cada municipio.

elementos aislados) o como polígonos (Conjuntos Históricos), para posteriormente establecer unas áreas de influencia en función de su categoría, tal y como dictamina la Ley Patrimonio Histórico y Cultural de Extremadura.

Los servicios WMS de la Infraestructura de Datos Espaciales de Extremadura (IDEE Extremadura) han posibilitado que las zonas declaradas como Montes de Utilidad Pública en Extremadura fueran delimitadas en nuestro estudio. Estos espacios, al igual que las vías pecuarias, han sido cartografiados con formato “shapefile” para los posteriores análisis espaciales. Como se expuso en el epígrafe anterior, la Ley Agraria de Extremadura obliga a clasificar este suelo como Suelo No Urbanizable de especial protección forestal e hidrológica, con las restricciones para la edificación que ello implica.

En la Ley Agraria de Extremadura se establece también que las zonas regables de la región deberán clasificarse como SNU de Protección agrícola de regadío. Para establecer su demarcación nos hemos servido de la zonificación de los usos del suelo que hace el CORINE Land Cover 2006⁴ y la cartografía cedida por la Consejería de Agricultura, Desarrollo Rural, Medio Ambiente y Energía del Gobierno de Extremadura.

La protección de cauces y láminas de agua también debe ser contemplada en la categorización del SNU. Para determinar el dominio público hidráulico hemos acudido a la cartografía de la red hidrográfica completa que ofrecen las Confederaciones Hidrográficas del Tajo y del Guadiana. A través del establecimiento de un área de influencia de 100 metros con respecto a cada cauce hemos determinado la zona de policía para cada uno de ellos, disolviendo los polígonos generados por un registro común para crear una capa unificada.

La protección del medio natural tiene una importante influencia sobre la clasificación urbanística del suelo. Aunque la categoría de cada Espacio Natural Protegido condiciona de forma muy dispar el uso del suelo, en este estudio hemos simplificado este hecho, combinando la cartografía preexistente de la Red de Espacios Naturales Protegidos de Extremadura (RENPEX) y la Red Ecológica Natura 2000 (ZEPA y LIC), para crear una sola capa que nos indique la superficie protegida ambientalmente.

Por último, el Suelo No Urbanizable Común (SNUC) surge de manera residual, es decir, aquel que no está incluido dentro del SU ni tampoco está afectado por la legislación sectorial. Esta clasificación supletoria propuesta no significa que este suelo no contenga elementos a proteger, puesto que el futuro planeamiento urbanístico podrá categorizarlo como SNUP para preservar elementos que en el momento de la redacción del documento se consideren oportunos. Lo que no podrá realizar la futura figura de planeamiento urbanístico general es degradar a SNUC, lo que por incidencia de la legislación sectorial está considerado como SNUP (se exceptúan aquellas reclasificaciones previstas en la legislación y expuestas a informes de consejos consultivos sectoriales).

Culminado este proceso, el término municipal queda clasificado y categorizado urbanísticamente de forma subsidiaria por la legislación sectorial. Sin embargo, el suelo debe quedar inserto en una única clase y categoría de suelo, en una relación 1:1, por lo que hemos priorizado las afecciones más restrictivas para la edificación, sobre las menos restrictivas, en un orden como el descrito en esta metodología, de modo que si un espacio queda afectado por la legislación de carreteras, pero está dentro de un ENP, quedará categorizado como SNU Protección de Carreteras.

OCUPACIÓN EDIFICATORIA DEL SUELO

La existencia de planeamiento urbanístico general no garantiza la ocupación racional del territorio. Para conseguir este objetivo es necesaria una gestión eficaz del urbanismo y la preocupación de las Administraciones competentes por mantener la disciplina urbanística. Sin embargo, es innegable que contar con un marco de referencia que clarifique los usos permitidos para cada zona, supone dar un paso muy importante hacia este fin. Por lo tanto, la existencia de una delimitación, aunque sea supletoria, semejable a una clasificación y categorización urbanística es esencial para determinar el impacto de la expansión edificatoria en los términos municipales sin planeamiento urbanístico general.

⁴ Se han identificado las zonas regables con aquellos polígonos incluidos dentro de los códigos 212 (Terrenos regados permanentemente) y 213 (Arrozales).

Dentro del ámbito estudiado, el 99,29 % del territorio debiera ser clasificado como SNU, es decir, una clase de suelo cuya ocupación y uso, según el artículo 18.1 LSOTEX, “deben producirse y desarrollarse siempre con arreglo a los principios de desarrollo del medio rural adecuado a su carácter propio y utilización racional de los recursos naturales”. En este espacio, la edificación debe estar casi siempre vinculada al carácter agrícola, ganadero, forestal y cinegético de esta clase de suelo. Además, el 56,91% de este SNU está bajo alguna afección sectorial, resultando equiparable al SNUP, y por lo tanto, mucho más limitado a la hora de permitir edificaciones.

La planificación urbanística es de competencia municipal, por lo que no tiene sentido estudiar todos los municipios en conjunto, máxime cuando no comparten una localización determinada en la región y su territorio está condicionado por factores muy dispares. A pesar de ello, es preciso mencionar si quiera unos datos al respecto de todo el ámbito geográfico estudiado. Las afecciones sectoriales con mayor incidencia para estos 10 municipios (Tabla 1) son aquellas dedicadas a la protección de los cauces y láminas de agua; y de las zonas regables (15,15% y 14,60%, respectivamente). Este último caso se debe a que la mitad de los municipios tienen su origen, como poblados de colonización, en la explotación de las vegas de los ríos extremeños. De cerca le siguen la salvaguarda de los montes de utilidad pública (13,64%) y de los espacios naturales protegidos (10,84%). El resto de afecciones sectoriales tienen una representación territorial muy escasa, pues sólo la protección de los márgenes de carreteras supera el uno por ciento del territorio (1,62%), a pesar de que se les da prioridad sobre otras categorías por su carácter limitante hacia la edificación.

Tabla 1. Clasificación y categorización urbanística subsidiaria del suelo.

CLASES DE SUELO	GARGUERA	ALAGÓN DEL RÍO	VEGAVIANA	VILLAMEL	PUEBLONUEVO DE MIRAMONTES	TIETAR	GUADALUPE	BAÑOS DE MONTEMAYOR	GUADIANA DEL CAUDILLO	VALVERDE DEL FRESNO
Carreteras	1,54	5,31	2,58	2,01	0,92	1,58	1,22	7,90	0,65	0,80
Ferrocarril	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	1,91	0,00
Bienes de Interés Cultural	0,00	0,00	0,95	0,00	0,00	0,00	0,33	0,02	0,00	0,00
Vías Pecuarias	0,00	0,00	1,37	1,61	0,05	0,00	0,00	0,92	0,00	0,34
Espacios Naturales Protegidos	3,67	1,00	0,00	8,54	21,44	0,01	35,47	66,84	0,00	2,46
Protección de cauces	11,58	0,93	7,15	12,14	11,51	19,93	12,51	18,20	14,86	19,60
Montes de Utilidad Pública	0,20	0,00	0,00	0,00	0,00	25,54	0,00	5,12	0,00	32,71
Zonas regables	0,32	79,50	81,27	0,00	50,57	47,18	0,00	0,00	79,55	0,00
SNU Común	82,55	10,17	5,16	75,49	13,92	4,36	49,84	0,00	0,81	43,73
SU	0,13	3,10	1,52	0,20	1,58	1,40	0,64	1,00	2,23	0,35

El número de edificaciones por cada clase y categoría de suelo establecida está muy condicionado por la extensión de cada una de ellas. Por lo tanto, el 41,45% de las 6.856 edificaciones sobre el SNU, se localizan en el suelo que carece de afecciones sectoriales. Aparte de esto, las zonas con mayor presencia de construcciones son las zonas regables (28,28%), los terrenos adyacentes a los cauces (10,60%), los Espacios Naturales Protegidos (9,15%) y los márgenes de las carreteras (4,67%). Del resto, cabe destacar la escasa alteración de los montes, pues aun representando una importante porción del territorio, sólo acoge al 2,95% de los edificios existentes.

La superficie construida agregada altera en cierta medida este orden, pues son las zonas regables las más “artificializadas” por número de hectáreas construidas (28,81), equiparadas en la práctica con las 28,48 hectáreas edificadas en el SNUC. Esto se explica por la necesidad de instalaciones para llevar acabo la actividad agrícola, así como la mayor permisividad del SNUC, que por regla general se localiza cercano al SU. Muy alejado de estas cifras se encuentran las 6,01 hectáreas construidas dentro de los ENP, aunque suponen un mayor impacto que las anteriores por la desvinculación de las edificaciones sobre el medio, así como las 5,07 hectáreas edificadas en las márgenes de los ríos, por los riesgos que ello conlleva. Por último cabe destacar las 2,51 hectáreas transformadas dentro de la línea límite de la edificación que marcan las carreteras. En total, son 74,77 hectáreas las ocupadas por la edificación en el SNU en estos 10 municipios.

Si ponemos en relación la superficie construida con la superficie clasificada en cada categoría, obtendremos la densidad edificatoria para cada una de ellas. De este modo, la que presenta valores más altos es la categoría de protección de los BIC, con 174,69 metros de superficie construida por cada hectárea (Tabla 2). Es preciso mencionar que este valor se debe a que los elementos protegidos se contabilizan como superficie construida y que además, algunos se encuentran en ámbitos urbanos o tangentes con el perímetro del SU. Por su densidad y ámbito en el que se encuentran, cabe subrayar el alto grado de transformación en los márgenes de las líneas de ferrocarril, las vías pecuarias y las carreteras, todos ellos con fuertes restricciones sobre la existencia de construcciones.

Tabla 2. Densidad edificatoria por categoría de SNU.

CATEGORÍA DEL SNU	M ² SUPERFICIE CONSTRUDA/HECTÁREA
Bienes de Interés Cultural	174,69
Ferrocarril	62,44
Zonas regables	37,51
Vías Pecuarias	29,50
Carreteras	29,41
SNU Común	12,65
Espacios Naturales Protegidos	10,54
Protección de cauces	6,36
Montes de Utilidad Pública	2,84

La ocupación edificatoria del clasificado en nuestro estudio como SNUP, por estar sometido a las restricciones que imponen las leyes sectoriales, se cifra en 25,15 metros cuadrados de superficie construida por cada hectárea (m²sc/Ha.) de terreno clasificado como tal. Utilizaremos un orden descendente en función de esta variable para acometer el análisis a escala municipal.

El municipio de Gargüera es el que obtiene mayores índices de ocupación de su SNUP (53,94 m²sc/Ha.), a pesar de ser el menos poblado con solo 106 habitantes según el padrón municipal del Instituto Nacional de Estadística a 1 de enero de 2014. Su Suelo Urbano representa únicamente el 0,13% del término municipal, resultando una densidad de población para el casco urbano de 15,56 habitantes por hectárea. La proporción del suelo afectado por leyes sectoriales es la más baja de este análisis (17,31%). Entre ellas destaca la protección de cauces (11,58%). La presencia de edificaciones sobre su SNU se cifra en 617, mayoritariamente construidas sobre SNUC y con una superficie media de 88,03 m², lo que lleva a ocupar en su conjunto 4,82 Has., el 0,09% de su término municipal. La superficie artificial construida, sumando a lo anterior la superficie delimitada como suelo urbano, alcanza paradójicamente el nivel más bajo del ámbito estudiado (0,23% del término municipal).

Alagón del Río se sitúa en valores similares al anterior en cuanto a la ocupación de su SNUP (50,90 m²sc/Ha.), a pesar de tener el término municipal más pequeño de la serie estudiada, aunque con una presión demográfica muy superior (936 habitantes). De hecho, el peso de su SU sobre el término municipal es el más elevado de los diez municipios estudiados (3,1%). Su origen como poblado de colonización de las zonas de regadío provoca que la mayor parte de su suelo se categorice para proteger estas explotaciones (79,50%). El resto se divide entre el SNUC (10,17%) y protección de carrete-

ras (5,31%), puesto que la presencia de las demás categorías es prácticamente testimonial. Las edificaciones se sitúan en su inmensa mayoría sobre las zonas de regadío (215 de 219), y en su conjunto ocupan 6,06 Has. gracias a un tamaño medio muy elevado (275,60 m²), lo que sumado al SU nos sitúa ante el municipio con más superficie artificial (3,54% del término municipal).

El municipio de Vegaviana (42,86 m²sc/Ha.) comparte muchas similitudes con el anterior, ya que al igual que él, surge como poblado de colonización. Además, tiene un peso demográfico similar (863 habitantes), aunque la superficie de su término municipal es el doble. De estas características compartidas surge una clasificación supletoria del suelo muy similar, con el 81,27% del término como SNUP de Regadío, aunque con una importante presencia de la protección de cauces (7,15%), que va en detrimento de la superficie que representa el SNUC (5,16%). La proporción se mantiene aproximada en cuanto a la superficie ocupada y el número de edificaciones, que en su totalidad son 919 construcciones ocupando 9,22 Has., lo que representa el 0,40% del término, una proporción solo superada por Alagón del Río.

Villamiel mantiene una densidad edificatoria de su SNUP muy cercana a Vegaviana (40,29 m²sc/Ha.), a pesar de no compartir características territoriales y sociodemográficas. Su población es de 542 habitantes sobre un término municipal bastante amplio (73,09 Km²). En este municipio predomina de forma clara el SNUC (75,49%) sobre el SNUP. Entre las afecciones sectoriales más importantes por la superficie que representan están la protección de cauces (12,14%) y los ENP (8,54%). En su SNU están localizadas 616 edificaciones, la gran mayoría sobre el SNUC, pero con una importante intrusión en la franja de protección de carreteras (2.011 m²sc). Su superficie artificial es la segunda más baja, sólo el 0,30% de su término municipal esta edificado, perteneciendo las dos terceras partes de este al SU.

Como poblado de colonización, el municipio de Pueblonuevo de Miramontes tiene gran parte de su término municipal categorizado como SNUP de regadío (50,57%). Esta localidad, de 839 habitantes, enclavada entre los ríos Tiétar y Tajo, clasifica el resto de su jurisdicción en zonas de protección natural (21,44%), SNUC (13,92%) y protección de cauces (11,51%), siendo el resto de las afecciones sectoriales insignificantes. La superficie se SNU edificada alcanza las 7,66 Has., protagonizada en su mayoría por edificaciones sobre las zonas regadas (280 de 345), que se corresponde con el 0,33% de su término municipal, que sumado el SU, llega hasta el 1,91%, prácticamente equiparado con Vegaviana. Su densidad edificatoria en el SNUP es de 38,88 m²sc/Ha.

Compartiendo situación geográfica se sitúa Tiétar, que además cuenta con un peso demográfico similar (942 habitantes) y un territorio con características muy semejantes. Sin embargo, la ocupación de su SNUP presenta unas cifras muy inferiores al anterior (26,76 m²sc/Ha.). La clasificación del suelo es muy pareja a la de Pueblonuevo de Miramontes, aunque con una importante presencia de montes de utilidad pública (25,54%), inexistentes en el caso anterior, y con una protección de cauces mucho mayor por tener una red hídrica bastante más densa, lo cual produce un descenso notable de la superficie clasificada de protección natural y del SNUC. En su SNU se ubican 325 edificaciones, ocupando un espacio de 6,04 Has., gracias a su tamaño medio muy elevado (185,77 m²). Su superficie artificial, sumando la ocupación del SNU (0,25%) y el SU, llega hasta el 1,66% del término municipal.

El caso de Guadalupe contiene múltiples peculiaridades, ya que se trata de un municipio de referencia, con una población de 2.021 habitantes y un ingente patrimonio, de ahí que sea la localidad con mayor superficie protegida incluida dentro del área de influencia de los BIC. Aproximadamente la mitad de su término municipal está clasificado como SNUC, y más de una tercera parte se incluye dentro del suelo clasificado como SNU de protección natural. El número de edificaciones en SNU es 876, ocupando las categorías de suelo en función de la proporción que representan éstas en el término municipal y significando el 0,12% del mismo, es decir, 8,02 Has. Su densidad edificatoria es de 23,71 m²c/Ha. en el SNUP.

La localidad de Baños de Montemayor tiene la práctica totalidad de su término municipal como SNUP, a excepción del SU. Esto limita realmente la capacidad de acogida de este municipio de 782 habitantes, el cual tiene una densidad edificatoria del SNUP de 23,61 m²sc/Ha. Su protección natural ocupa el 66,84% de su territorio, la proporción más alta de los diez municipios estudiados, por lo que una gran parte de las 530 edificaciones existentes se concentran en esta categoría de SNU. La superfi-

cie artificial del término representa el 1,23%, perteneciendo únicamente el 0,23% a aquellas edificaciones situadas sobre SNU.

Guadiana del Caudillo es el único municipio de la provincia de Badajoz en este estudio, por lo que tiene una localización geográfica muy distante de los demás. A pesar de ello, mantiene unas características muy similares con el resto de poblados de colonización situados en la provincia de Cáceres, aunque la densidad edificatoria de su SNUP es mucho menor (18,28 m²sc/Ha.). Sin embargo, su proximidad a núcleos tan importantes como Badajoz le permite mantener un peso demográfico significativo. De hecho es el más poblado de los municipios estudiados (2.519 habitantes). Al igual que en las zonas regadas del norte de la región, la protección de los campos de regadío (79,55%) y los cauces (14,86%), provoca que gran parte de su suelo sea clasificado como SNUP. De las 381 edificaciones existentes sobre el SNU, buena parte se identifican con construcciones ligadas a las explotaciones agrícolas, y un número significativo invade el dominio público hidráulico así como la protección de las infraestructuras viarias, que en este caso se ven incrementadas por la presencia del ferrocarril. El tamaño de su SU, combinado con un término municipal de escasa dimensión, provoca que sea la segunda localidad con mayor proporción de superficie artificial (2,40%), aunque el aporte de las edificaciones sobre SNU no sea muy alto (0,18%).

Por último, Valverde del Fresno es el municipio que menor ocupación del SNUP presenta (13,90m²sc/Ha.). Este municipio, fronterizo con Portugal, es el segundo que mayor población alberga (2.441 habitantes) y el primero en extensión de su término municipal (196,96 Km²), de ahí que sea el que menor porcentaje de superficie artificial tiene en su SNU (0,08% del término municipal), a pesar de que el número de construcciones (1.576) y la superficie edificada (15,3 Has.) supera, por mucho, a la de otros municipios. En términos porcentuales es el tercero con menos superficie artificial (0,43%), solo por detrás de Gargüera y Villamiel, ambos con términos municipales de gran tamaño y alejados de las zonas de regadío. La clasificación de su término municipal se divide básicamente entre el SNUC (43,73%), la protección de montes (32,71%) y la protección de cauces (19,60%), que son además las zonas donde se ubican mayoritariamente las edificaciones.

CONCLUSIONES

La ocupación edificatoria del suelo en nuestra región puede parecer una minucia si la comparamos con la malla urbana de los entornos metropolitanos del centro de Europa, aunque visto desde nuestra escala y analizando de forma precisa los terrenos que ocupan, podemos comprender la influencia del contexto socioeconómico sobre el uso y transformación del suelo. La ausencia de planeamiento no supone el impulso para una mayor colonización del espacio, algo que sí provoca el desarrollo económico de los territorios. Sin embargo, carecer de una figura de planeamiento urbanístico general si compromete la gestión óptima del mismo en aras del avance social.

Toda actividad humana tiene su impronta en el territorio, por lo que un mayor dinamismo repercute directamente en los cambios que se producen en el espacio. En nuestro estudio se diferencian claramente dos bloques en cuanto al nivel de “artificialización” del suelo: los poblados de colonización situados en las zonas de regadío (Alagón del Río, Guadiana del Caudillo, Pueblonuevo de Miramontes, Tiétar y Vegaviana), y los municipios con un aprovechamiento distinto de su SNU. Los primeros, creados a mediados del siglo pasado *ex profeso*, nacieron con la obligación de llevar a cabo una transformación importante de su territorio desde el inicio. Se trata de localidades con términos municipales muy pequeños, en zonas llanas lo que en teoría facilita la ocupación del suelo. Todos ellos presentan más de un 1% de su término municipal edificado (Tabla 3), y una presencia muy escasa del SNUC, por la importancia que tiene en su territorio los campos de regadío. El caso contrario encontramos en el resto de municipios, con una localización geográfica muy diferente: en zonas mucho más elevadas y abruptas, además de periféricas. En este grupo de municipios, el aprovechamiento tradicional del SNU ha pasado y pasa, por la actividad ganadera y forestal, las cuales no necesitan de una transformación del territorio tan elevada. Por esta razón, estos pueblos presentan las menores proporciones de ocupación del SNU, entorno al 0,10% del término municipal, a excepción de Baños de Montemayor que se sitúa en el 0,23%. Por lo tanto, podemos afirmar que, aunque la principal aportación de suelo edificado la compone el SU, los términos municipales de los localidades en zonas de regadío ven aumentada

su superficie artificial, y la distancia en este punto con el resto, gracias a una mayor colonización del SNU.

Tabla 3. Ocupación edificatoria del suelo.

MUNICIPIOS	DENSIDAD EDIFICATORIA SNU (M²SC/HA.)	SUPERFICIE CONSTRUIDA EN SNU (%/TÉRMINO MUNICIPAL)	SUPERFICIE ARTIFICIAL (%/TÉRMINO MUNICIPAL)
Gargüera	53,94	0,09	0,23
Alagón del Río	50,90	0,44	3,54
Vegaviana	42,86	0,4	1,92
Villamiel	40,29	0,1	0,3
Pueblonuevo de Miramontes	38,88	0,33	1,91
Tiétar	26,76	0,25	1,66
Guadalupe	23,71	0,12	0,76
Baños de Montemayor	23,61	0,23	1,23
Guadiana del Caudillo	18,28	0,18	2,4
Valverde del Fresno	13,90	0,08	0,43

Estos bloques presentan notables diferencias en la ocupación de las categorías del SNU. Mientras que en el primer bloque (Tabla 4) las edificaciones se concentran en el SNU, protagonizada por edificios con una superficie media construida muy elevada, en el segundo bloque (Tabla 5) la mayor parte de los edificios, y por ende de la superficie edificada, se ubica en el SNUC (a excepción de Baños de Montemayor, que prácticamente no cuenta con esta categoría de suelo). Por lo tanto, la ocupación de las afecciones sectoriales es mucho mayor en los poblados de colonización, aunque la inmensa mayoría de las edificaciones están dedicadas a la actividad agrícola y por lo tanto, están permitidas en estas categorías de suelo.

Tabla 4. Ocupación edificatoria del suelo en zonas de regadío

CATEGORÍAS DE SUELO	ALAGÓN DEL RÍO		GUADIANA DEL CAUDILLO		PUEBLONUEVO DE MIRAMONTES		TIÉTAR		VEGAVIANA	
	Edif.	Superf. (m ²)	Edif.	Superf. (m ²)	Edif.	Superf. (m ²)	Edif.	Superf. (m ²)	Edif.	Superf. (m ²)
Carreteras	16	1.641,54	11	2.346,32	13	1.234,14	12	2.120,25	39	4.055,17
Ferrocarril	0	0,00	12	3.584,27	0	0,00	0	0,00	0	0,00
Bienes de Interés Cultural	0	0,00	0	0,00	0	0,00	0	0,00	18	1.022,51
Vías Pecuarias	0	0,00	0	0,00	0	0,00	0	0,00	14	615,37
Espacios Naturales Protegidos	1	0,01	0	0,00	16	3.887,16	0	0,00	0	0,00
Protección de cauces	0	0,00	57	5.111,46	28	2.314,56	45	2.648,60	31	2.270,59
Montes de Utilidad Pública	0	0,00	0	0,00	0	0,00	11	2.363,39	0	0,00
Zonas regables	215	54.847,27	317	41.642,29	280	56.605,96	270	51.587,55	848	83.036,77
SNU Común	6	4.143,64	7	577,09	33	12.548,59	11	1.724,01	17	1.229,07
Edificaciones en SNU	219	60.632,47	381	53.261,43	345	76.590,41	325	60.443,79	919	92.229,48
Superficie media de las edificaciones en SNU (m ²)	275,60		139,79		222,09		185,77		100,60	

Tabla 5. Ocupación edificatoria del suelo en las zonas sin regadíos.

CATEGORÍAS DE SUELO	BAÑOS DE MONTEMAYOR		GARGÜERA		GUADALUPE		VALVERDE DEL FRESNO		VILLAMIEL	
	Edif.	Superf. (m ²)	Edif.	Superf. (m ²)	Edif.	Superf. (m ²)	Edif.	Superf. (m ²)	Edif.	Superf. (m ²)
Carreteras	63	3.782,88	26	1.759,6	46	3.288,88	55	2.018,36	39	2.810,79
Ferrocarril	0	0,00	0	0,0	0	0,00	0	0,00	0	0,00
Bienes de Interés Cultural	7	639,62	0	0,0	83	6.219,20	0	0,00	0	0,00
Vías Pecuarias	43	4.810,20	0	0,0	0	0,00	21	1.360,81	1	214,23
Espacios Naturales Protegidos	407	37.743,28	4	416,2	160	15.344,15	23	1.167,03	16	1.564,02
Protección de cauces	61	4.279,97	41	2.051,4	127	9.082,94	269	16.091,81	68	6.818,51
Montes de Utilidad Pública	6	150,70	0	0,0	0	0,00	185	17.847,61	0	0,00
Zonas regables	0	0,00	9	423,2	0	0,00	0	0,00	0	0,00
SNU Común	0	0,00	562	43.587,3	520	46.265,57	1163	114.588,33	523	60.169,80
Edificaciones en SNU	530	51.406,66	617	48.237,6	876	80.200,74	1576	153.073,95	616	71.577,34
Superficie media de las edificaciones en SNU (m ²)	96,99		88,03		91,42		97,13		116,91	

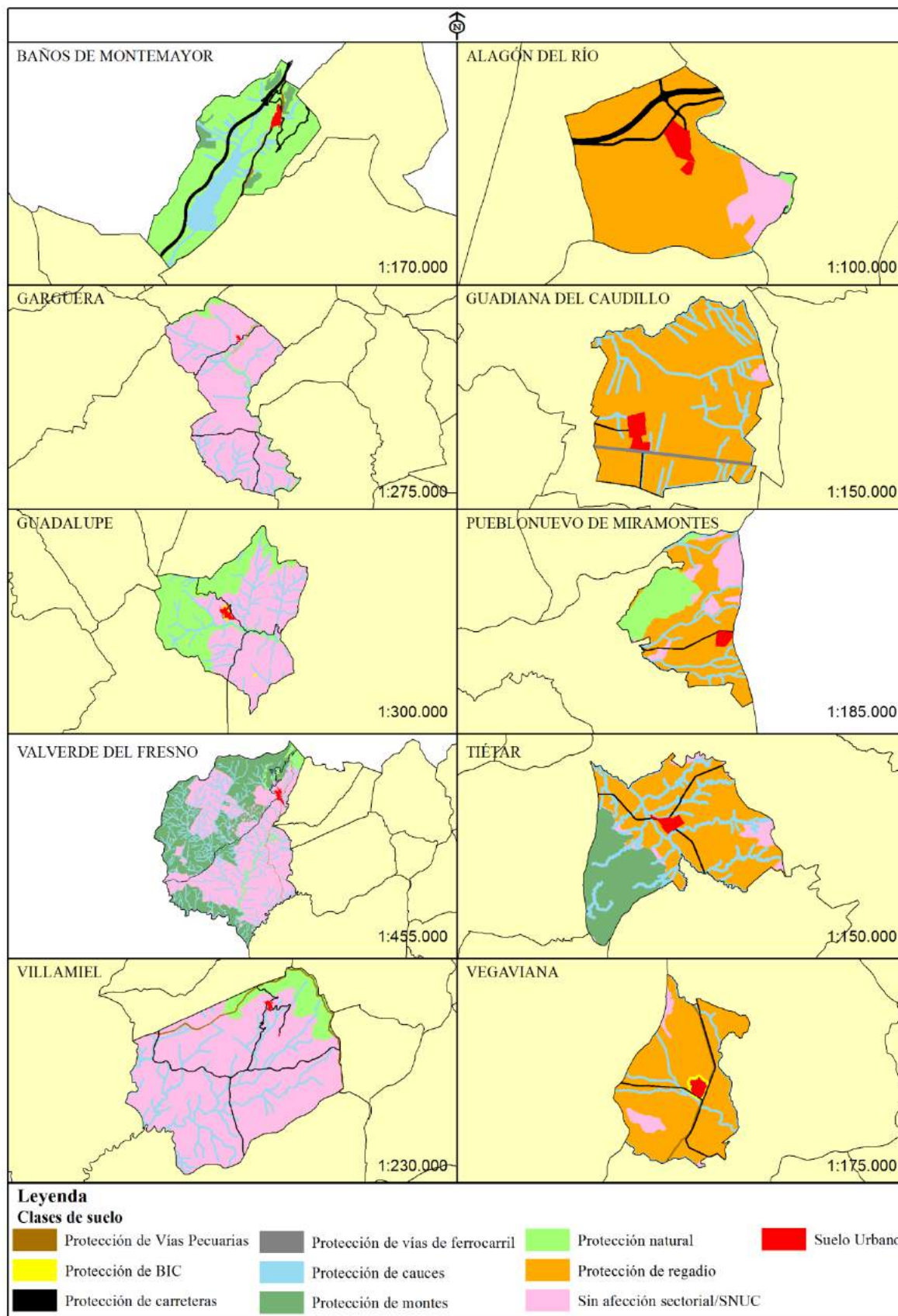


Figura 3. Clasificación y categorización urbanística supletoria de los municipios sin planeamiento.

En este sentido, es necesario poner énfasis en el respeto a las afecciones sectoriales, en concreto aquellas que resulten más restrictivas para la edificación. En total, la invasión del dominio público, ya sea el hidráulico o aquel destinado a la protección de carreteras, ferrocarriles y vías pecuarias, alcanza las 8,63 Has. Cabe recordar que la edificación en estas zonas está absolutamente prohibida por razones de seguridad, por lo que la Administración deberá priorizar en solucionar estos problemas mediante su derribo. Los ENP y Montes de Utilidad Pública son zonas extremadamente frágiles ante la construcción de edificaciones, por lo que es necesario restablecer la disciplina urbanística, no ya solo desde los planes generales sino también aumentando la gestión de estos espacios para determinar las actividades permitidas en ellos. La ocupación edificatoria de estos espacios en conjunto asciende hasta las 8,05 Has.

El peso demográfico también influye en la ocupación del territorio, aunque en términos relativos, los tres municipios más poblados (Guadalupe, Gadiana del Caudillo y Villanueva del Fresno), son aquellos que presentan una ocupación menor del SNUP.

La metodología utilizada en este trabajo consigue simplemente transponer al territorio los mandatos de la legislación, por lo que de forma fácil y rápida caracteriza la ocupación del territorio. Teniendo en cuenta el desactualizado estado del planeamiento urbanístico, su aplicación, que aquí se realiza de forma subsidiaria por la ausencia de planeamiento, podría ser complementaria en los municipios cuyo planeamiento urbanístico general está a la espera de adaptarse a la LSOTEX.

AGRADECIMIENTOS

Esta investigación está financiada por el Ministerio de Educación, Cultura y Deporte a través del Programa de Formación del Profesorado Universitario (FPU): Referencia FPU13/00990.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Arranz, T. (2011): Deberes de la propiedad del suelo urbano consolidado por la urbanización. LA LEY Práctica Urbanística, 107: 50-64. http://www.reurbanismo.com/wp-content/uploads/2011/09/PU_107_2011_ZINIO-arrastrado.pdf
- Campesino, A-J. (2003): La ordenación territorial de la Extremadura del siglo XXI. Territoris, 4: 43-60.
- Elinbaum, P. (2011): La investigación cualitativa del planeamiento: una aproximación desde la práctica. IV Jornadas Internacionales sobre Investigación en Arquitectura y Urbanismo. Valencia, pp. 1-14.
- Font, A. (2002-2003): La renovación del planeamiento urbanístico. Ciudades, 7: 77-81.
- García-Dómenech, S.; Martí-Ciriquián, P. y Ros-McDonell, D.: Recursos gráficos en el planeamiento urbano: propuestas internacionales de normalización. Bitácora urbano\territorial, 24(1): 53-60.
- Horcajada, M.A. (2009): Legislación sectorial con incidencia en el urbanismo valenciano. Revista Electrónica del Centro de Estudios Municipales y de Cooperación Internacional, 5: 1-53. <http://www.cemci.org/revista/numero-5/pdf/articulo3.pdf>
- Llorens, M. (2013): El principio de transparencia en el planeamiento urbanístico. Revista Vasca de Administración Pública. Herri-Ardurularitzako Euskal Aldizkaria, 97: 139-182.
- Martín, J. (2005): Normas Subsidiarias de planeamiento provincial de Almería. La muerte de una figura esencial. Nimbus, 15-16: 137-159
- Vinuesa, J. y Martín, V. (2013): La (sobre) dimensión del crecimiento residencial en Madrid. El planeamiento urbanístico como coartada. Documents d'Anàlisi Geogràfica, 59/1: 51-74.

APLICACIONES T.I.G. EN PROYECTOS DE GEOGRAFÍA FÍSICA

J. Francisco Lavado Contador¹, S. Schnabel¹, A. Gómez-Gutiérrez¹, M. Pulido Fernández¹, F. Javier Lozano Parra¹, J. Ibáñez², E. Herguido Sevillano¹, J. Rubio Delgado,¹

¹ Grupo de Investigación Geoambiental (GIGA). Área de Geografía Física. Departamento de A. y Ciencias del Territorio. Universidad de Extremadura. Avda. Universidad s/n, 10071 Cáceres. Email: frlavado@unex.es. <http://www.grupogiga.es>

² Departamento de estadística y Métodos de Gestión en Agricultura. Universidad Politécnica de Madrid, Ciudad Universitaria s/n, 28040 Madrid, España.

RESUMEN

El presente trabajo trata de mostrar, de forma esquemática, algunos de los principales trabajos de investigación que el Grupo de Investigación Geoambiental (GIGA) de la Universidad de Extremadura ha estado desarrollando. Particularmente se muestran algunas de las principales aplicaciones de las Tecnologías de la Información Geográfica (TIG) en el contexto de estos trabajos, realizando una exposición de los últimos proyectos y resultados.

ABSTRACT

This work shows the main activities that the Environmental Research Team (GIGA) of the University of Extremadura is carrying out as research projects in the field of physical geography. Particularly, applications of geographical information technologies (GIT) are described by reviewing the last projects and results.

LA INVESTIGACIÓN RECIENTE EN GEOGRAFÍA FÍSICA POR PARTE DEL GRUPO DE INVESTIGACIÓN GEOAMBIENTAL (GIGA) DE LA UEX

El GIGA cuenta con una dilatada experiencia en el estudio y análisis de la vegetación y del medio físico de la dehesa y en la modelización de procesos en estos ambientes, cubriéndose un amplio espectro de especialidades, como son: hidrología, biología vegetal, ecología, edafología, geomorfología, modelización, recursos piscícolas, geodesia y cartografía, economía agraria y determinación de radioisótopos.

Con el soporte financiero de proyectos de investigación se ha podido profundizar en el conocimiento de los sistemas agrosilvopastoriles y su medio natural. A continuación se presenta un resumen del historial reciente del grupo del Área de Geografía Física de la UEX:

Una subvención de la Junta de Extremadura permite el equipamiento de una cuenca experimental (Guadalperalón) en 1990. Entre los años 1992 y 1995 se llevó a cabo el proyecto "Procesos hidrológicos, erosivos y balance de nutrientes en una pequeña cuenca bajo explotación de dehesa en Extremadura", financiado por la CICYT. Fruto de la investigación durante este período surge, además de un buen número de publicaciones y de ponencias, la realización de una tesis doctoral sobre erosión y degradación del suelo, y una tesis de licenciatura sobre el desarrollo de la cubierta herbácea de la cuenca de Guadalperalón.

Desde 1995, el grupo forma parte de la Red de Estaciones Experimentales de Seguimiento y Evaluación de la Erosión del Proyecto LUCDEME (RESEL), coordinada por la Dirección General de Conservación de la Naturaleza, Ministerio de Medio Ambiente.

En 1995 la CICYT otorga el proyecto “Procesos hidrológicos en sistemas mediterráneos frágiles o degradados”. Este proyecto, bajo la coordinación de F. Gallart del Centro Jaume Almera (CSIC), inicia la colaboración entre el equipo y varios grupos del CSIC (JA - Barcelona, CEBAS - Murcia, EEZA -Almería y IPE - Zaragoza). En el marco de este proyecto se han realizado dos tesis doctorales y una tesis de licenciatura que trataron el balance hídrico de la cuenca experimental, así como la interceptación de lluvia por la encina.

La colaboración con otros grupos ha sido continua con el desarrollo de proyectos como: “Estaciones permanentes para el estudio de los procesos hidrológicos en ambientes mediterráneos”, “Procesos hidrológicos en áreas seminaturales mediterráneas” o “Estudio de las variaciones espacio-temporales en sistemas adheridos”. Se abandonaron las actividades en la cuenca experimental Guadalperalón a raíz de un cambio de propiedad, y el grupo instaló una nueva cuenca (Parapuños), iniciándose en 2000 la toma de datos hidrológicos y sedimentológicos. Entre 2004 y 2007 se desarrolla el proyecto “Caracterización y modelización de procesos y regímenes hidrológicos en cuencas aforadas para la predicción en cuencas no aforadas) (CANOA), cuyo marco experimental también ha sido la cuenca experimental. En el marco de estos últimos proyectos, se realizaron 2 tesis doctorales: “Modelización de los procesos hidrológicos en una cuenca de dehesa” y “Variaciones espacio-temporales de la erosión en cárcava en áreas silvo-pastoriles del sudoeste español”.

Durante los años 1998 – 2001 el grupo participa en el proyecto “Consequences for the Mitigation of Desertification of EU Policies Affecting Forestry Activity: A Combined Socio-Economic and Physical Environmental Approach” (MEDAFOR), financiado por la Unión Europea, coordinado por C. Coelho de la Universidad de Aveiro en Portugal. El objetivo principal del proyecto era desarrollar, aplicar y comprobar metodologías aplicables en la Unión Europea para investigar los impactos socioeconómicos y edáficos derivados de los cambios de usos del suelo y de las repoblaciones forestales. El marco geográfico del proyecto se restringió a varios países de la cuenca mediterránea vulnerables a la degradación del suelo y a la desertificación, donde ya están siendo aplicadas políticas de ayuda al sector forestal y al abandono de tierras de cultivo (Portugal, España e Italia).

Durante el mismo tiempo se desarrolló el proyecto coordinado (UEX y Junta de Extremadura): “Recuperación de la cubierta vegetal y conservación del suelo en áreas semiáridas del suroeste español, y se inició la colaboración del grupo con el Centro de Investigación “La Orden-Valdesequera”. Su objetivo se centró en el estudio de las posibilidades de recuperación de áreas con pastizal y suelos degradados. Se evaluaron distintas técnicas de introducción de especies herbáceas y arbustivas en relación con la cubierta vegetal, y los procesos erosivos e hidrológicos.

En septiembre de 2003 se organiza el “International Symposium on Sustainability of Dehesas, Montados and other Agrosilvopastoral Systems”, celebrado en Cáceres y patrocinado por la “European Society of Soil Conservation” y la “Commission of Land Degradation” de la International Geographical Union.

Entre 2003 y 2007, se desarrollan igualmente los proyectos: “Evaluación ecológica a escala de paisaje: Implementación de un modelo para la predicción de cambios en la cubierta vegetal como herramienta de consulta en la planificación del territorio: aplicación en sistemas de dehesa” y “Caracterización y modelización de procesos y regímenes en cuencas aforadas para la predicción en cuencas no aforadas” (CANOA).

Más recientemente, entre 2006 y la actualidad, se han desarrollado y están en ejecución los siguientes proyectos:

- IDEG: Indicadores de degradación del suelo en áreas de pastoreo.
- PADEG: Evaluación y modelización integral de la degradación en dehesas y pastizales.
- AMID: Análisis y modelización integral de las dehesas: Cambios de uso y manejo y repercusiones sobre la sustentabilidad del sistema.
- Evaluación de técnicas de recuperación de áreas acarcavadas mediante modelos 3D de alta resolución.

A lo largo de esta trayectoria investigadora, El Grupo de Investigación GeoAmbiental ha centrado su investigación en las dehesas y pastizales desarbolados. El objetivo principal es entender las interrelaciones entre las actividades humanas (manejos y técnicas agrosilvopastoriles) y los factores naturales, con la finalidad de aportar información que sea útil para la gestión y el uso de estos espacios. Se desarrollan estudios acerca de la degradación ambiental, cambios de uso y cubiertas del suelo, erosión hídrica y procesos hidrológicos a diferentes escalas espaciales. Aparte de las investigaciones llevadas a cabo en pequeñas cuencas se han realizado proyectos en otras áreas y escalas espaciales con enfoques diversos.

Resulta evidente que en el desarrollo de todos estos proyectos, de naturaleza eminentemente espacial, y muy aplicada en los últimos tiempos, las tecnologías de la información geográfica han constituido una herramienta fundamental. Es por ello que en este trabajo se realiza un breve repaso de los últimos proyectos y sus resultados desde la perspectiva de las aplicaciones de las TIG.

LA INVESTIGACIÓN RECIENTE EN GEOGRAFÍA FÍSICA POR PARTE DEL GRUPO DE INVESTIGACIÓN GEOAMBIENTAL (GIGA) DE LA UEX

Para facilitar la lectura y desarrollo del trabajo, se exponen a continuación sintéticamente algunos de los objetivos de las investigaciones planteadas en proyectos y contratos de I+D recientes junto a algunos resultados que, en forma de aplicaciones TIG, han contribuido a su desarrollo.

Entre los principales objetivos de los proyectos y contratos I+D se encuentran:

- A. Evaluar la degradación y erosión del suelo y determinar las tasas históricas de erosión en fincas representativas de dehesa, utilizando las técnicas de raíces expuestas y de ¹³⁷Cesio. Desarrollar indicadores de degradación específicos para dehesas y pastizales del suroeste español.
- B. Explicar la dinámica histórica de la vegetación. Evaluar el estado de la vegetación con respecto a composición, estructura y producción. Determinar el estado actual del arbolado y su evolución durante las últimas décadas.
- C. Analizar los efectos de los cambios de uso y manejo y de las variaciones climáticas. Desarrollar un modelo dinámico de la degradación en dehesas y pastizales que sirva de herramienta de simulación de cambios futuros de uso y de las condiciones climáticas.
- D. Proponer medidas de conservación para la gestión y el manejo sustentable de estos espacios

A.- Evaluar la degradación y erosión del suelo y determinar las tasas históricas de erosión en fincas representativas de dehesa, utilizando las técnicas de raíces expuestas y de ¹³⁷Cesio. Desarrollar indicadores de degradación específicos para dehesas y pastizales del suroeste español.

B.- Explicar la dinámica histórica de la vegetación. Evaluar el estado de la vegetación con respecto a composición, estructura y producción. Determinar el estado actual del arbolado y su evolución durante las últimas décadas.

El uso antrópico es un factor determinante en el complejo de relaciones en cualquier ecosistema; en el caso de las dehesas este aspecto se acentúa por el hecho de que el propio sistema es resultado de, e implica en su mantenimiento, la acción antrópica. Las dehesas se encuentran sometidas a continuas variaciones en su naturaleza, a medida que el hombre ha cambiado sus formas de intervención en las tierras, siempre sujetas a intereses concretos devenidos por los cambios en los marcos socioeconómicos. Es por esto que las dehesas han atravesado por épocas de crisis que han podido comprometer su supervivencia. Es bien conocida, por ejemplo, la intensificación agrícola que se produjo en la postguerra civil, incrementando la superficie de cultivos hacia terrenos de escasa vocación agrícola. Esta presión afectó al arbolado, entre otros aspectos, y se reflejó en la destrucción de amplias superficies de dehesa (Gómez, 1992). La aparición de la peste porcina africana a mediados del s. XX constituyó igualmente otro de los eventos que modificó las formas de aprovechamiento de las dehesas, forzando

al abandono del arbolado y su aclareo en favor de los pastizales y cultivos, hecho que desencadenó importantes procesos de degradación en algunas áreas (Hernández, 1995).

A raíz del desarrollo económico de los años 60 buena parte de los usos y formas de manejo tradicionales han sido modificados. Se han constatado incrementos en las cabañas ganaderas, abandono de terrenos marginales y cambios en las formas de gestión y manejo del ganado, que en algunos casos, han conllevado problemas de baja productividad del pastizal, fragmentación, matorralización y erosión y degradación edáficas, con la consiguiente merma en la sostenibilidad (Kizos y Plieninger, 2008; Lavado et al., 2004). Desde esta época hasta la actualidad, el paisaje de las dehesas ha estado condicionado por el cambio producido en la orientación del sistema de explotación, desde una producción variada y, en buena parte, dedicada a la autosubsistencia, hacia la maximización de los recursos en un mundo global mercantilista.

En este sentido merece una mención particular el hecho de la adhesión de España a la UE y su política agrícola y medioambiental. A expensas de intentar conjugar variados intereses económicos y ambientales, y en pro, casi siempre, de las rentas agrícolas, los resultados se han manifestado en incrementos aún mayores de las cabañas ganaderas y de la presión de pastoreo sobre el pastizal y el suelo de las dehesas (Escribano et al. 2002, Jariego, 2010).

La evolución reciente y la tendencia actual de los usos y gestión en las dehesas y pastizales muestran elementos que inducen a la preocupación. No son pocos los autores que apuntan a la pérdida de sostenibilidad del sistema como uno de los principales riesgos que comprometen su perdurabilidad temporal (Montero et al., 1998; Plieninger et al., 2008; Pulido et al., 2001). Esta pérdida de sostenibilidad se plasma, de manera tangible, en procesos de degradación que afectan a los elementos clave del sistema, como son el suelo, el pastizal, la vegetación arbustiva o el estrato arbóreo. Al efecto global en el conjunto del sistema se le describe en sentido genérico como degradación de las tierras; si bien la degradación edáfica se muestra como el componente más crítico y, en casos extremos, el principal factor conducente a la desertificación (Mainguet, 1994). El término degradación del suelo se entiende usualmente como un deterioro edáfico que provoca una reducción de su potencial y de su capacidad productiva y que engloba multitud de procesos que afectan a sus propiedades físicas, químicas o biológicas (Imeson, 1988).

Las investigaciones desarrolladas por el GIGA en estos campos tratan de abordar un análisis profundo que investigue el estado actual de la dehesa (su degradación) desde el punto de vista sistémico, con la finalidad de aportar datos sólidos sobre su grado de sostenibilidad así como sobre la repercusión de las actuaciones humanas, en particular los efectos del pastoreo.

Concretando algunas aplicaciones TIG en el ámbito de estas investigaciones, la Figura 1 refleja los resultados de un modelo que trata de predecir las condiciones de humedad del suelo en relación con elementos puramente topográficos y de cobertura (Lavado et al., 2006). Estas condiciones de humedad son muy relevantes en los modelos hidrológicos desarrollados para explicar, entre otros aspectos, las tasas de erosión y los balances de exportación de sedimentos en las dehesas. El modelo desarrollado al efecto se basó en la construcción de una red neuronal en la que se usaron como variables predictoras algunas relacionadas con la topografía y la cobertura del suelo: altitud, curvatura vertical, curvatura horizontal, índice topográfico de humedad, cubierta vegetal e índice de radiación solar. La variable a predecir fue la humedad edáfica.

En la figura 2 se representa esquemáticamente el proceso de construcción de un modelo de sensibilidad ambiental a la desertificación, siguiendo la metodología del proyecto MEDALUS (Kosmas et al., 1999) (Lavado et al. 2009). El proceso de construcción de esta cartografía se basa en la calidad ambiental mostrada por el clima, la vegetación, el suelo y el manejo/gestión del medio por parte del hombre. La calidad de cada uno de estos elementos se evalúa mediante una serie de numerosos indicadores (cartografía) referente a elementos ambientales clave. Estos elementos son evaluados y cuantificados para integrar un índice de sensibilidad ambiental que será posteriormente, reclasificado y cartografiado.

En la figura 3 se representan los mapas de usos y cubiertas del suelo y los cambios acontecidos entre 1956 y 1996, en dos municipios de contrastadas características físicas y socioeconómicas de la provincia de Cáceres: Aliseda y Talaván.

La figura 4 representa algunos de los resultados de un estudio de cambios de usos del suelo realizado sobre cinco fincas de dehesa que fueron seleccionadas como áreas de estudio representativas. Para el desarrollo del trabajo fue necesario recopilar una serie temporal suficientemente amplia de fotografías aéreas, las más antiguas tuvieron que ser ortorrectificadas al efecto. La clasificación de los usos y cubiertas del suelo se realizó mediante técnicas de clasificación orientada a objeto (OBIA) con el software ecognition.

En la figura 5 se representa la dinámica temporal mostrada por la construcción de parcelas (cercas), que se considera un elemento relevante como indicador de intensificación del uso pecuario en las fincas de dehesa. El trabajo, se desarrolló mediante fotointerpretación aérea y trazado en campo, mediante GPS, de las parcelas correspondientes. El suelo desprovisto de cubierta vegetal en las fincas constituye también un buen indicador de presión por pastoreo y está muy relacionado con varios aspectos de la degradación de las tierras. Para comprobar estas relaciones en las dehesas se han desarrollado también estudios socioeconómicos (encuestas para la estimación de cargas) y ambientales.

La figura 6 expresa los resultados de un modelo estadístico espacial, desarrollado mediante técnicas de minería de datos (MARS: Multi Adaptive Regression Splines) para predecir la susceptibilidad de diferentes áreas de las dehesas a la regeneración natural del arbolado. Con esta finalidad se realizó, mediante el uso de ortofotografías, una localización individual de los árboles en cinco fincas seleccionadas. El análisis se desarrolló para 5 fechas diferentes desde 1956. Los resultados de la clasificación entre 1956 y 2009 fueron contrastados, detectando así los árboles nuevos, los desaparecidos y los que permanecieron en el tiempo. La localización de árboles nuevos y desaparecidos se relacionó con una variedad de factores físicos (topográficos) y variables relacionadas con el uso y el manejo de las fincas. El ajuste del modelo final fue suficiente para las diferentes fincas, lo que sirvió para extrapolar un modelo global aplicado al conjunto de áreas de dehesas y pastizales de la provincia de Cáceres.

C.- Analizar los efectos de los cambios de uso y manejo y de las variaciones climáticas. Desarrollar un modelo dinámico de la degradación en dehesas y pastizales que sirva de herramienta de simulación de cambios futuros de uso y de las condiciones climáticas.

D.- Proponer medidas de conservación para la gestión y el manejo sustentable de estos espacios

En el contexto de la degradación de las tierras, numerosos estudios se han centrado en el análisis más o menos aislado de la degradación del suelo u otras partes del sistema, sin apenas consideración de los posibles efectos sistémicos de retroalimentación entre todos ellos.

Con el fin de aportar conocimientos sobre estos aspectos sistémicos, en el GIGA se han desarrollado estudios conducentes a esclarecer las posibles interrelaciones entre los componentes ambientales suelo-agua-vegetación, así como su dependencia o relación con las actividades antrópicas, siempre en ambientes agrosilvopastorales. Algunos de estos trabajos corresponden a modelos dinámicos (también en el tiempo), basados en la teoría de dinámica de sistemas, que se formalizan mediante ecuaciones diferenciales de un sistema teórico ganado-pasto-suelo. En él se ponen en relación aspectos biofísicos, como la cantidad de pasto o la erosión, factores climáticos y medioambientales, como la precipitación o el tipo de suelo, y decisiones del ganadero ligadas a factores económicos, como las subvenciones o la determinación de la carga ganadera. Estos modelos se han desarrollado con la ayuda del software VENSIM para el diseño de sistemas dinámicos (Ibáñez et al., 2014). Con la misma sistémica se han abordado otros trabajos que reflejan la dinámica espacio-temporal de la cubierta vegetal y del suelo desnudo en cercados con uso ganadero bajo diferentes escenarios de manejo, presión ganadera, clima, y otras propiedades físicas como las edáficas (estos modelos han sido desarrollados con la ayuda de entorno de modelización espacial DINAMICA-EGO). Modelos similares a los anteriores, pero a escala de finca se han desarrollado para expresar la dinámica hidrológica, la productividad del pasto y sus relaciones con el resto de factores biofísicos y socioeconómicos (Lozano, 2015).

Un aspecto muy interesante de estos sistemas dinámicos es la posibilidad de reproducir los efectos sobre el sistema en estudio cuando se cambian las condiciones del contexto en las que los elementos

del sistema se desenvuelven, es decir, la posibilidad de generar escenarios futuros basados, por ejemplo, en el cambio climático (Ibáñez et al., enviado a publicación).

La mayoría de los estudios desarrollados permiten proponer medidas directas de gestión o formas de manejo adecuadas para las fincas, no obstante, dada la complejidad de los sistemas ambientales, se ha desarrollado una Tesis Doctoral (Pulido Fernández, 2014) en la que, expresamente, se acomete una simplificación de los principales procesos de degradación en las dehesas y se proponen una serie de indicadores de fácil medida para evaluar la calidad y el nivel de degradación del suelo en las dehesas.

La figura 7 muestra un estudio enfocado en la dinámica de sistemas que trata de analizar el conjunto de las principales interacciones relacionadas con las pérdidas de suelo por erosión laminar en las dehesas. Se realizó una estimación del tiempo a transcurrir en una parcela con erosión laminar variable y activa para perder el total de suelo productivo. Otro trabajo, centrado en el mismo modelo, constató la influencia de los diferentes escenarios de cambio climático en estas pérdidas de suelo.

En la figura 8 se muestra el diagrama de relaciones entre los elementos implicados en la dinámica espacio-temporal de la cubierta del suelo en una parcela de dehesa con ganado, así como las posibles implicaciones derivadas de cambios en la carga ganadera y de la precipitación sobre la generación de suelo desnudo y la consiguiente degradación del suelo.

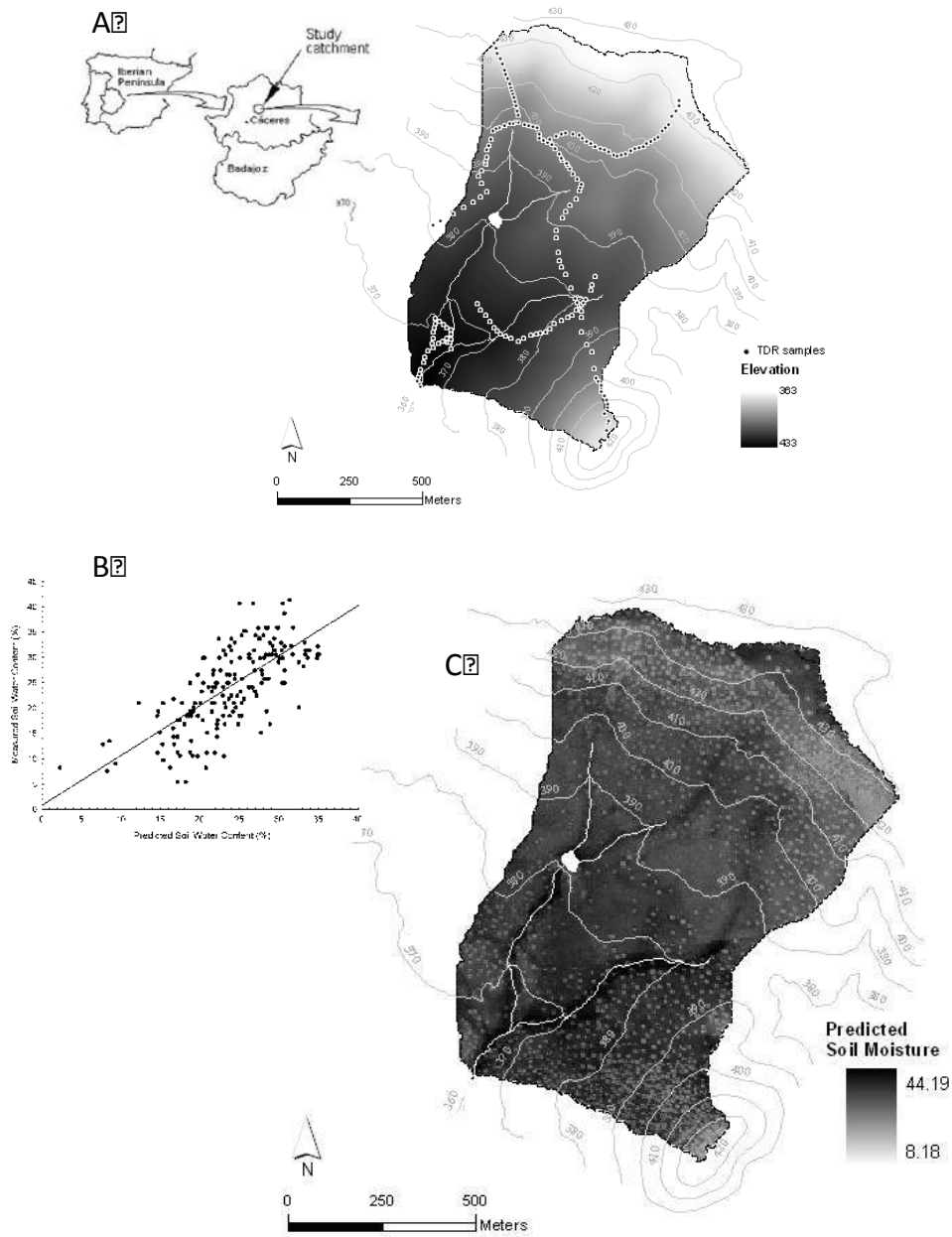


Figura 1: Modelo predictivo espacial de la humedad edáfica del suelo usando como variables predictoras la topografía, cubierta del suelo y el índice de radiación solar. El mapa A representa la cuenca experimental Parapuños de D^a María en la que se desarrolló el trabajo y la localización de los puntos de medición de humedad edáfica que se usaron para entrenar el modelo dispuestos sobre el MDE. La gráfica B expresa la relación obtenida mediante la red neuronal entre los valores de humedad observados y predichos. El mapa C es el resultado final de humedad predicho para el conjunto de la cuenca hidrográfica.

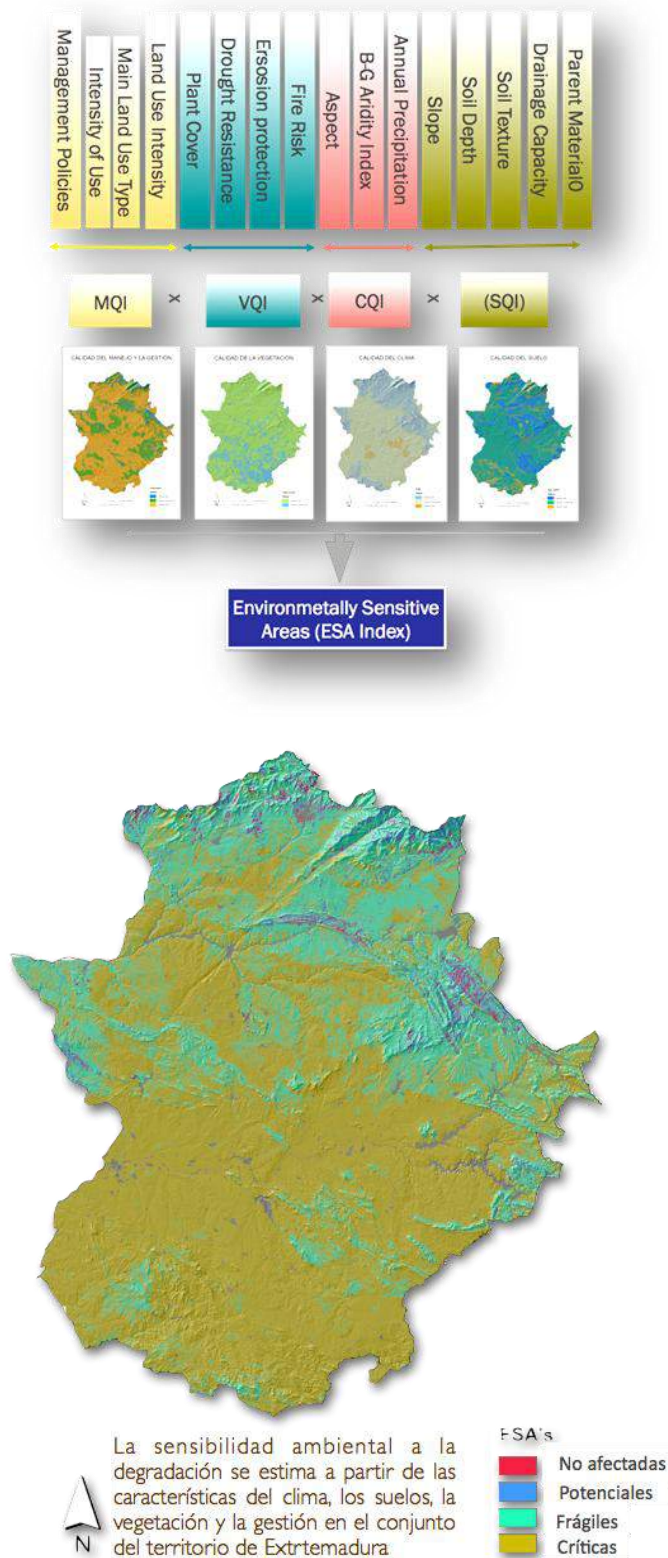


Figura 2: Cartografía de sensibilidad ambiental a la desertificación. El esquema superior sintetiza la metodología de integración de información ambiental para la cuantificación de índice de sensibilidad ambiental (ESA), que se empleó para realizar un mapa de sensibilidad ambiental a la desertificación en la Comunidad Autónoma de Extremadura (mapa de abajo)

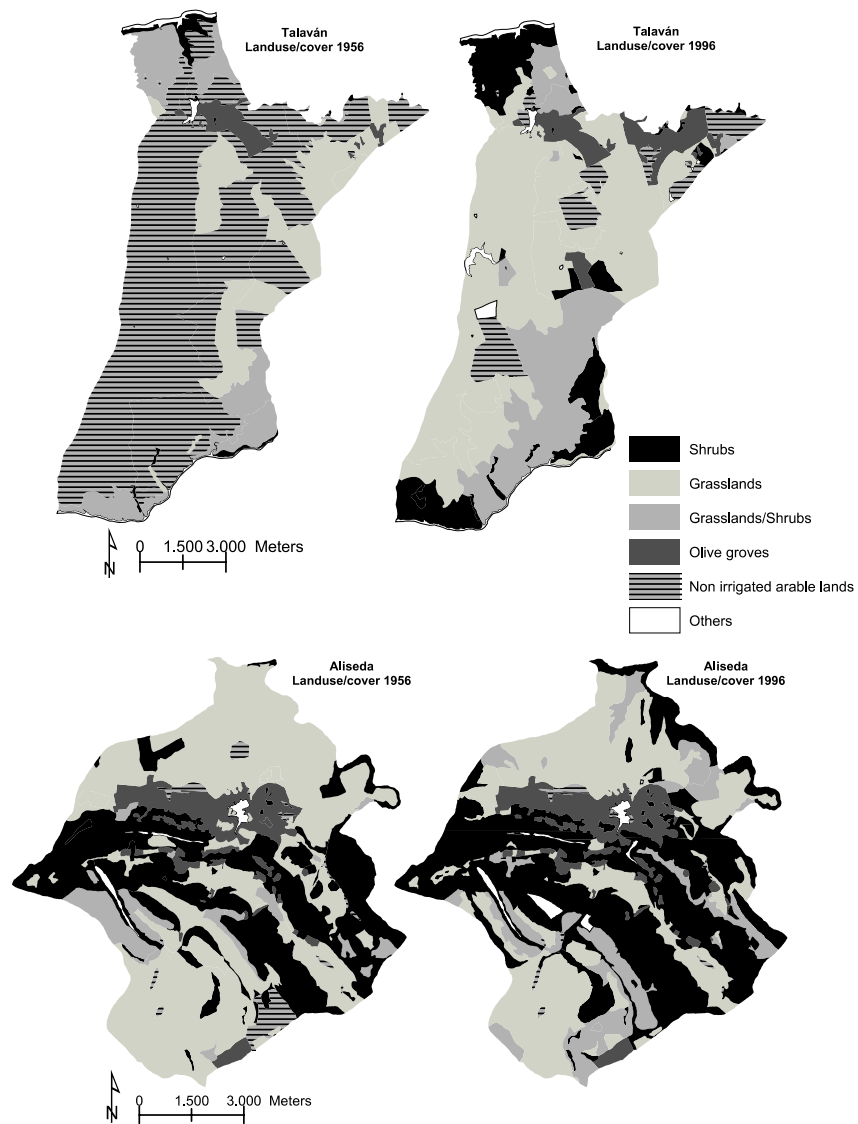
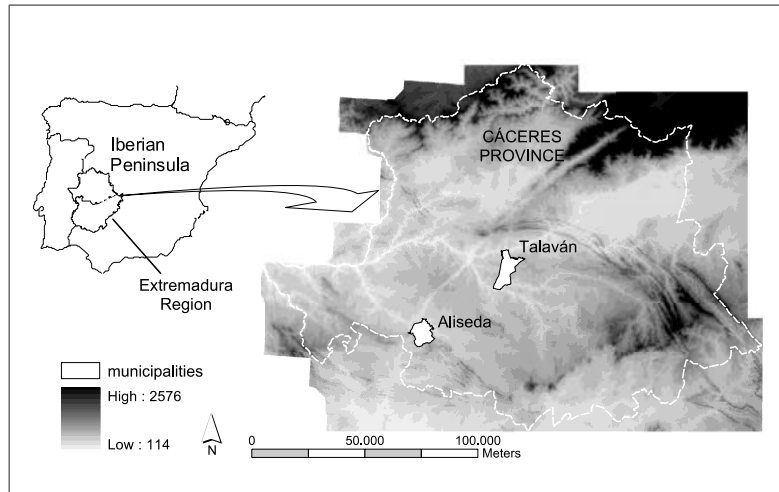


Figura 3: Cartografía de cambios de uso/cubierta del suelo en los municipios de Aliseda y Talaván (Cáceres)

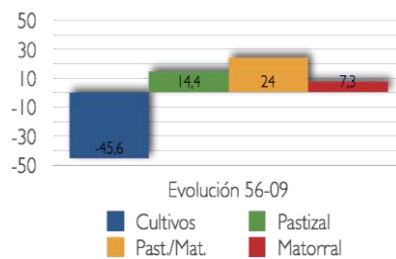
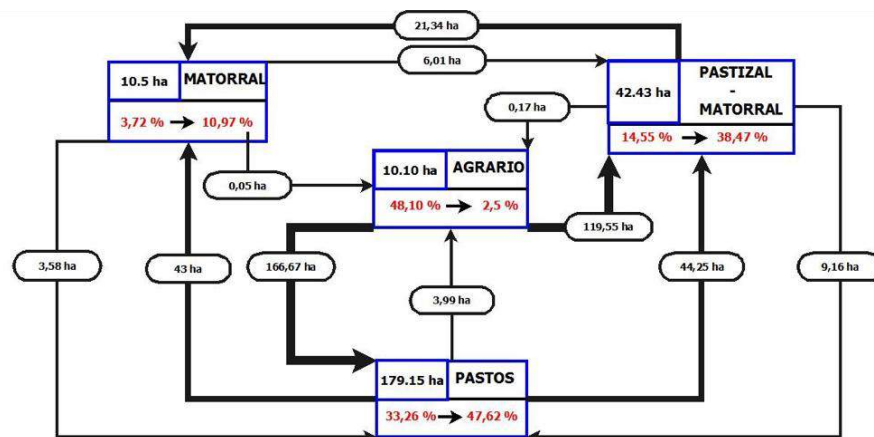
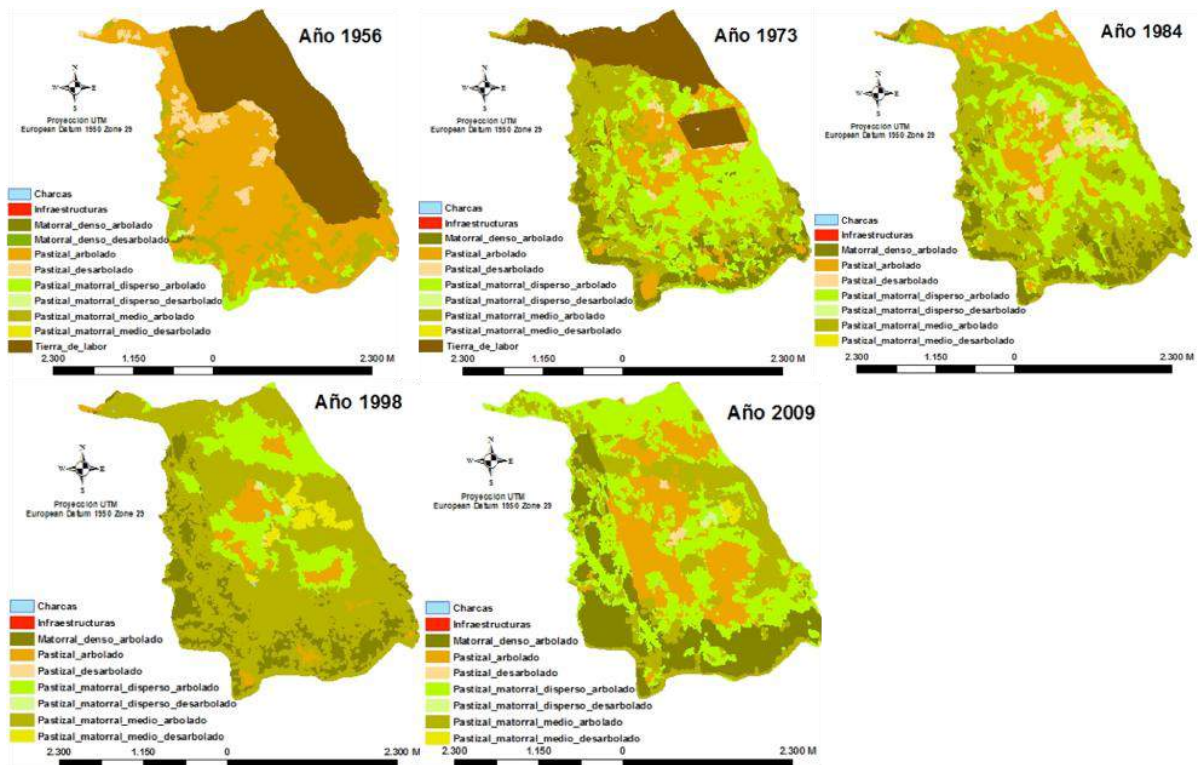


Figura 4: Resultados de un estudio de cambios de usos/cubiertas del suelo entre 1956 y 2009. En la parte superior se representa la evolución de los usos/cubiertas del suelo en la finca Parapuños de D^a María en 5 etapas temporales. El esquema central constituye un diagrama de estados y transiciones de los usos del suelo que representa el promedio de cambios entre 1956 y 2009 en cinco fincas de dehesa. La gráfica inferior expresa, en porcentaje, los cambios promedio en las principales superficies.

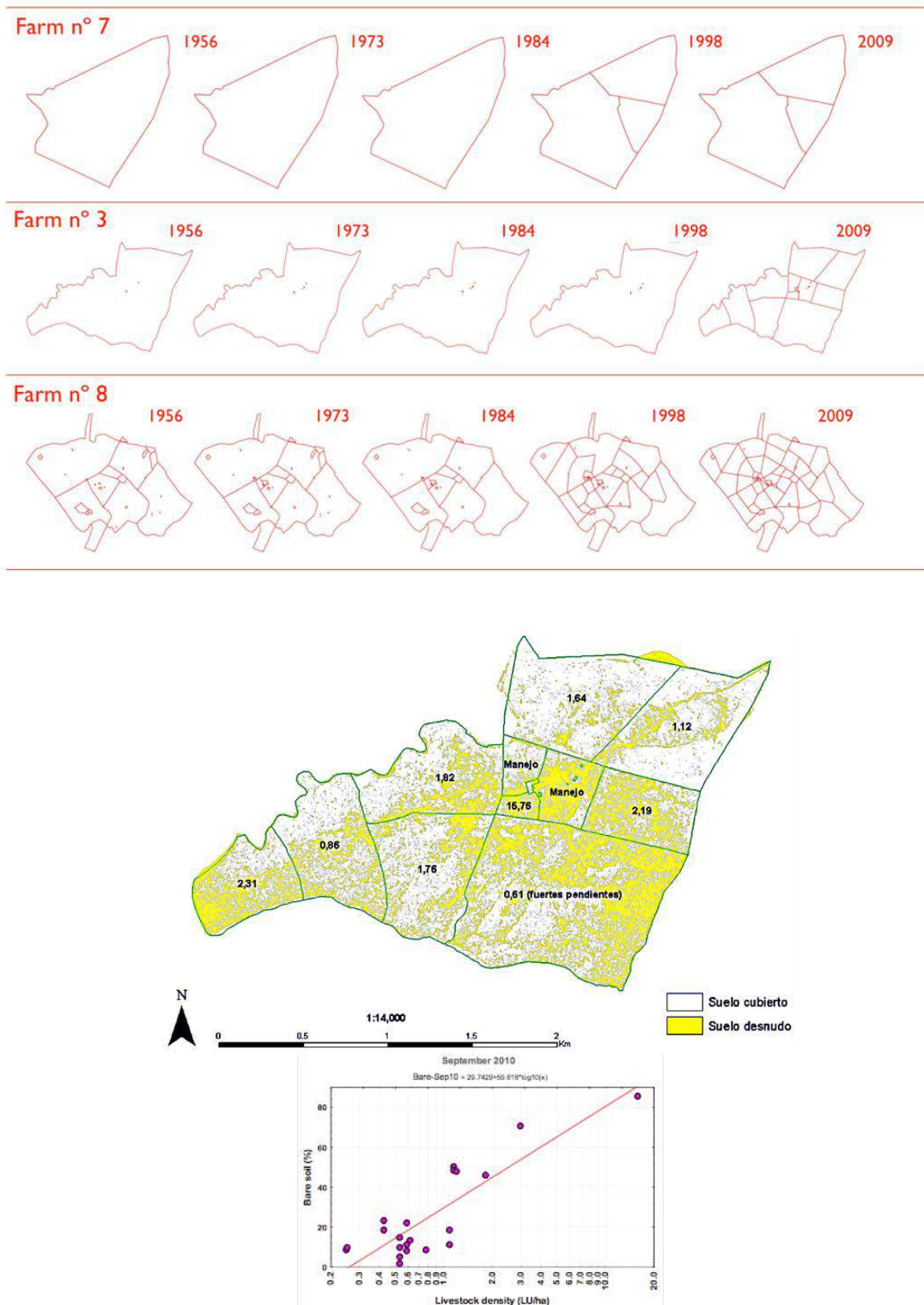


Figura 5: En la parte superior se representa la evolución temporal de la parcelación en tres fincas representativas de dehesa. El mapa de abajo refleja el suelo desnudo en una finca sobrepastoreada. Estas clasificaciones del suelo desnudo sirvieron para establecer la relación con la carga ganadera que se expresa en la gráfica.

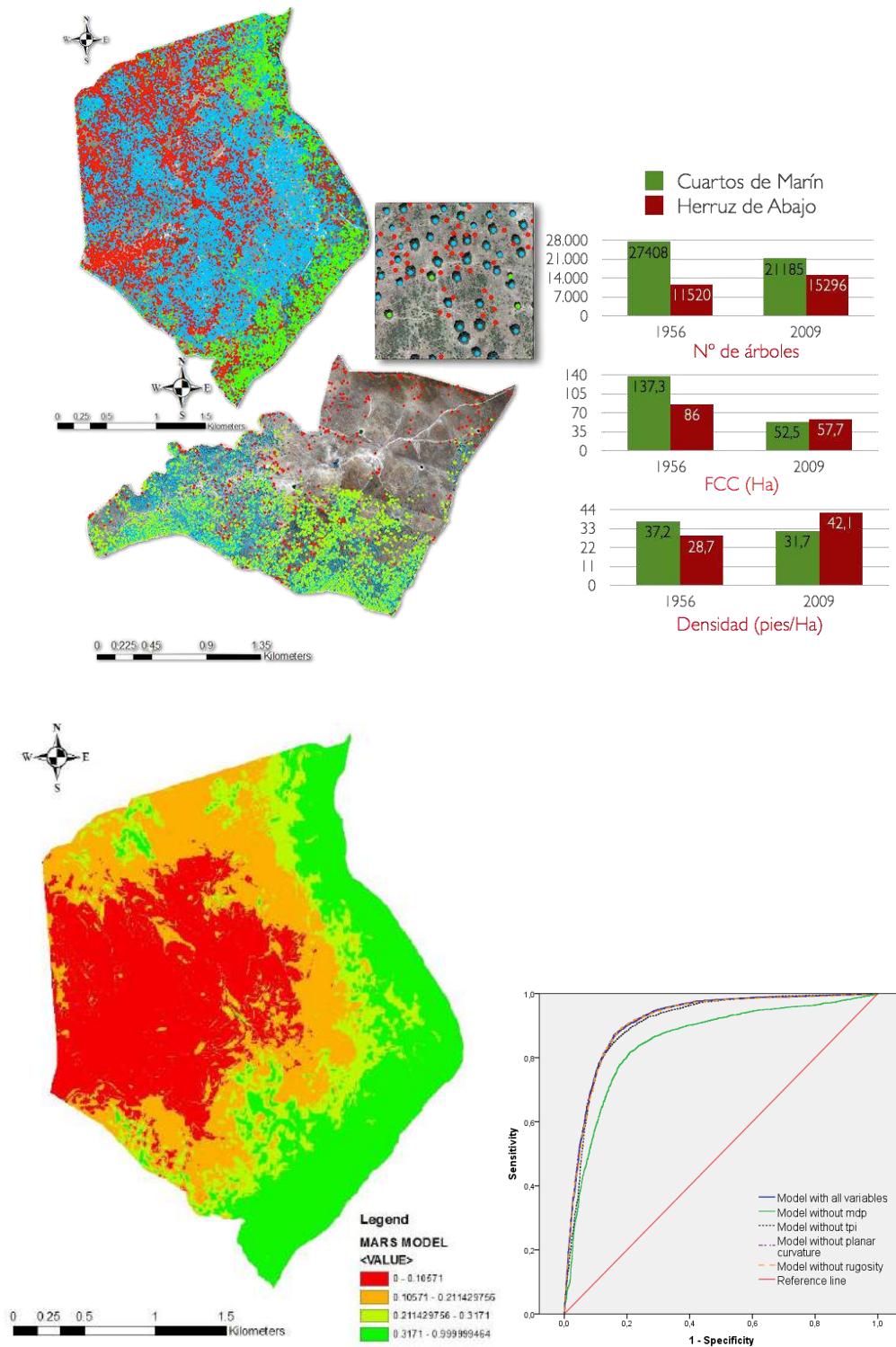


Figura 6: Los mapas superiores expresan la dinámica temporal (1956-2009) del arbolado en dos fincas de dehesa en términos de árboles desaparecidos (rojo), regenerados (verde) y que permanecen en el tiempo (azul). Las gráficas representan algunos resultados resumidos de las dos fincas. La cartografía inferior es el resultado de aplicar un modelo estadístico espacial (MARS) desarrollado para expresar la probabilidad de regeneración natural del arbolado en diferentes partes de la finca en relación con variables topográficas. La gráfica corresponde la representación de la curva ROC utilizada para validar el rendimiento del modelo (AUC 0,91 para modelo con todas las variables).

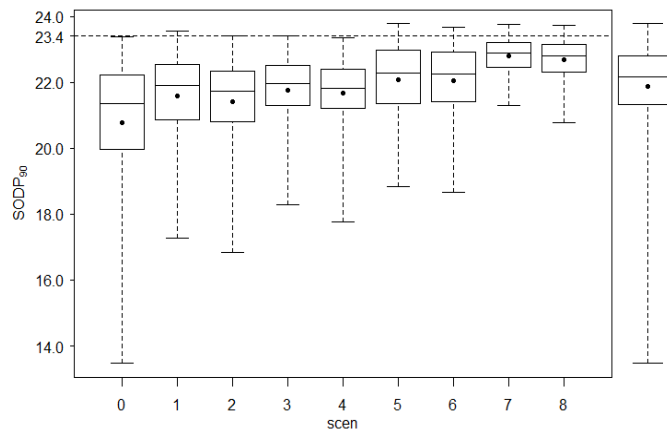
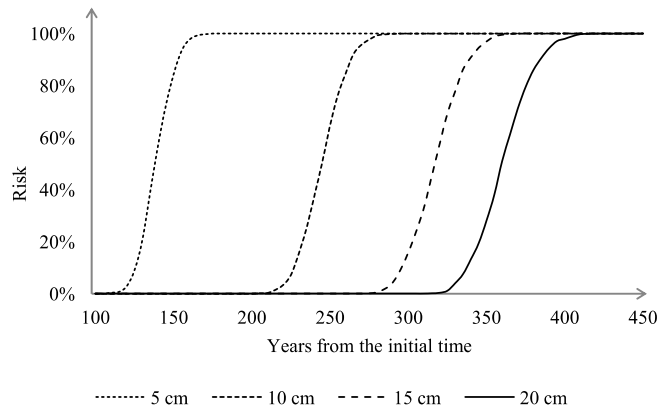
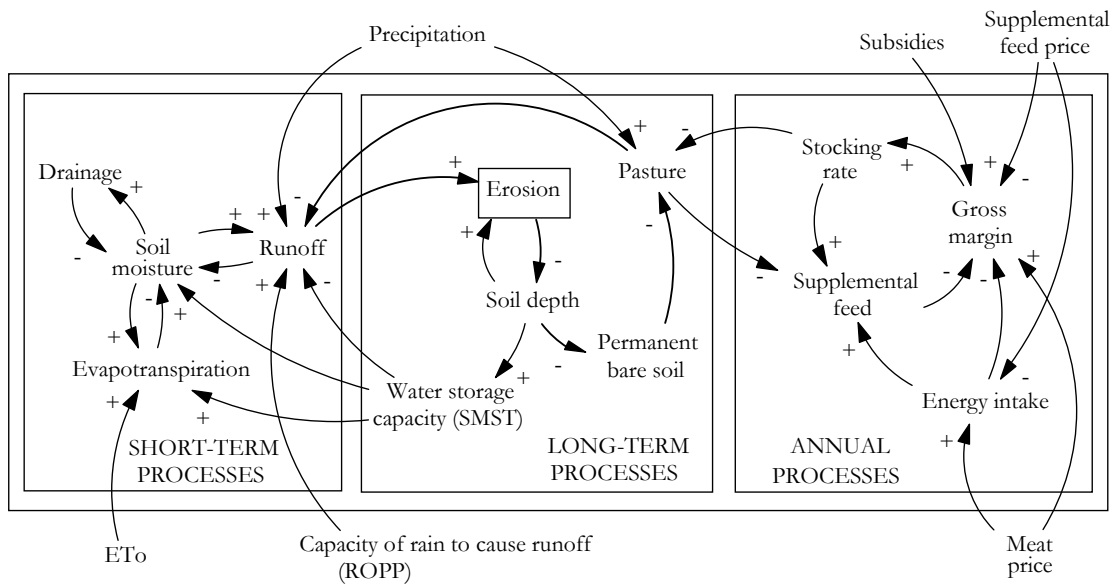


Figura 7: Modelo basado en dinámica de sistemas (no espacial) que relaciona las pérdidas de suelo por erosión laminar en una parcela de dehesa con los principales factores edáficos, climáticos y socioeconómicos. La gráfica del medio representa la pérdida de suelo promedio (expresado en cm de profundidad) como resultado de múltiples simulaciones del modelo y a diferentes períodos temporales proyectados en el futuro. La gráfica inferior refleja la profundidad de suelo resultante tras 90 años (eje y) bajo las condiciones climáticas de diferentes escenarios de cambio climático (eje x). Los datos aportados al modelo se han sido obtenidos mediante estudios de campo y elaboración de cartografía temática.

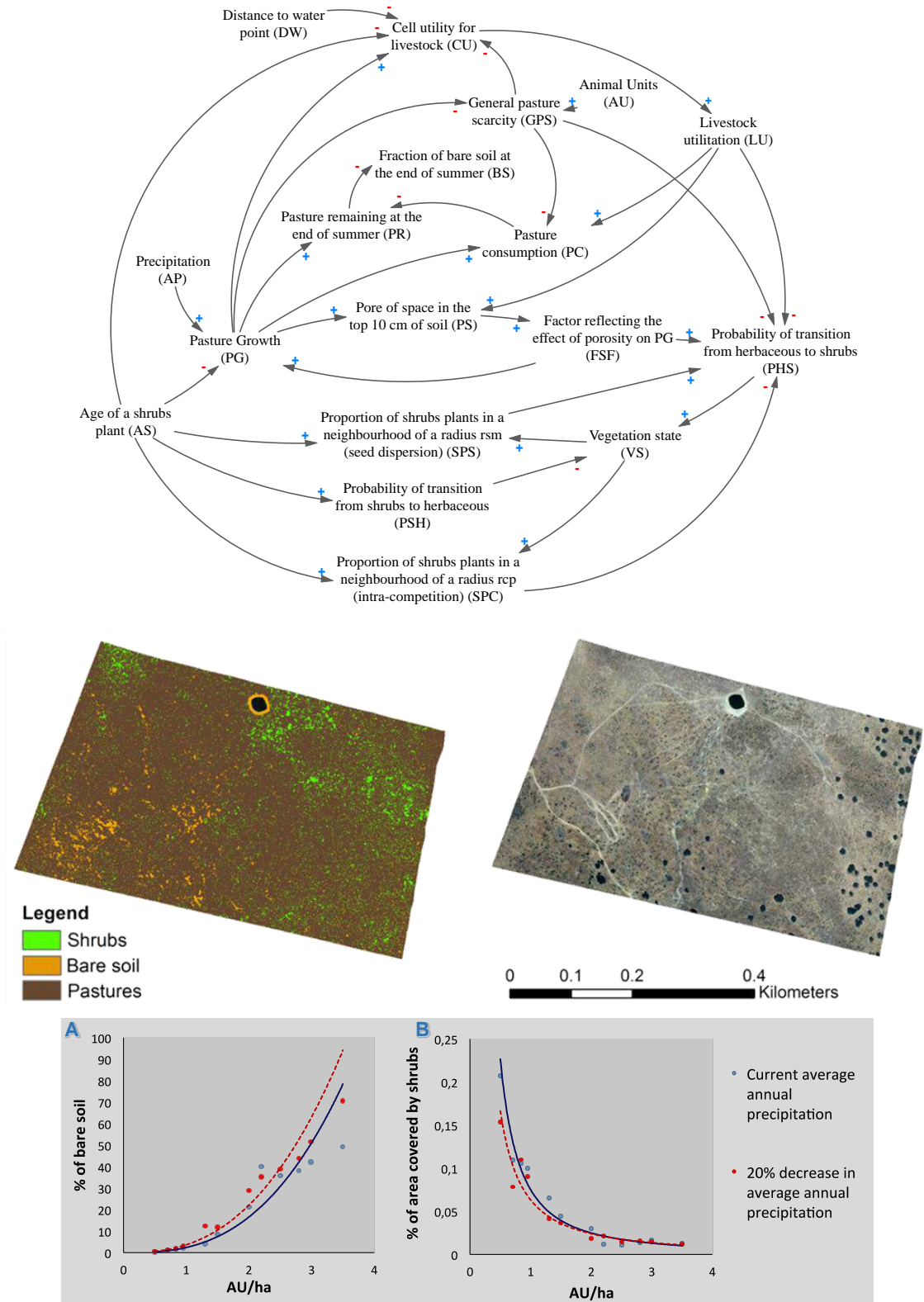


Figura 8: Modelo dinámico espacialmente distribuido desarrollado para simular el desarrollo de la cubierta de pastos. En medio se representan los resultados de correr el modelo tras 11 años. La gráfica inferior expresa la variación en la cubierta de suelo desnudo y el matorral, simulados bajo diferentes cargas ganaderas y escenarios de precipitación media.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Lavado Contador, J. F., Schnabel, S., Gómez Gutiérrez, A. and Pulido Fernández, M. (2009): Mapping sensitivity to land degradation in Extremadura. SW Spain. *Land Degradation and Development*, 20: 129–144. doi: 10.1002/ldr.884.
- Gómez Gutiérrez, J. M. (1992): El libro de las dehesas salmantinas. Consejería de Medio Ambiente y O.T., Secretaría General- Servicio de Educación Ambiental. Junta de Castilla y León. Salamanca.
- Hernández Díaz-Ambrona, C.G. (1995): La dehesa extremeña. *Revista Agricultura*, 750: 37-41
- Kizos, T., Plieninger, T. (2008): Studying, Modeling and Sense Making of Planeth Earth. 1 – 6 June, 2008. Department of Geography, University of the Aegean. Mytilene, Lesvos, Greece. *Conference Proceedings*.
- Lavado Contador, J. F.; Trenado Ordóñez, R., Schnabel, S. (2004): Comparison of recent land use and land cover changes in two dehesa agrosilvopastoral landuse systems, SW Spain. In: S. Schnabel y A. Gonçalves (editores), *Sustainability of Agro-silvo-pastoral Systems. Dehesas & Montados*. Catena Verlag, Reiskirchen, Germany.
- Escribano, M., A. Rodríguez de Ledesma, F.J., Mesías, F. P (2002): Niveles de carga ganadera en las dehesas de Extremadura. *Archivos de Zootecnia* 51: 315-326
- Jariego, A. (2010): Determinación de los Usos del Suelo y Aprovechamientos en una explotación agrosilvopastoral: Período 1956-2009. Memoria Diploma de Estudios Avanzados. Universidad de Extremadura.
- Montero G., San Miguel A., Cañellas I. (1998): System of Mediterranean silviculture “La Dehesa”. En: Jiménez Díaz R.M., Lamo de Espinos, J. (eds.) *Agricultura Sostenible*. Mundi Prensa, Madrid.
- Plieninger, T., Schaar, M. (2008). Modification of Land Cover in a Traditional Agroforestry System in Spain: Processes of Tree Expansion and Regression. *Ecology and Society* 13(2): 25.
- Pulido FJ, Díaz M, Hidalgo S (2001): Size structure and regeneration of Spanish holm oak *Quercus ilex* forests and dehesas: effects of agroforestry use on their long-term sustainability. *Forest Ecol. Manag.*, 146:1–13.
- Mainguet, M. (1994): *Desertification: Natural background and human mismanagement*. 2a edición, Springer- Verlag, Berlin.
- Imeson, A.C. (1988): Una vía de ataque eco-geomorfológica al problema de la degradación y erosión del suelo. En: *Desertificación en Europa* (MOPU, ed.), Madrid, pp. 161-181.
- Lavado Contador, J. F., Maneta, M., Schnabel, S. (2006): Prediction of near-surface soil moisture at large scale by digital terrain modeling and neural networks. *Environmental Monitoring and Assessment* 121:213-232
- Lavado Contador, J. F., Schnabel, S., Gómez Gutiérrez, A. and Pulido Fernández, M. (2009): Mapping Sensitivity to Land Degradation in Extremadura. SW Spain. *Land Degradation and Development* 20:129-144.
- Ibáñez, J., Lavado Contador, J. F., Schnabel, S. Pulido Fernández, M. and Matínez Valderrama, J. (2014): A model-based integrated assessment of land degradation by water erosion in a valuable Spanish rangeland. *Environmental Modelling and Software* 55:201-213.
- Lozano Parra, Javier. (2015): *Dinámica del agua edáfica en dehesas y su relación con el clima y la vegetación*. Tesis Doctoral Universidad de Extremadura. <http://dehesa.unex.es:8080/xmlui/handle/10662/2820>
- Ibáñez, J., Lavado Contador, J. F., Schnabel, S. and Matínez Valderrama, J. (enviado a publicación): Evaluating the influence of physical, economic and managerial factors on sheet erosion in rangelands of SW Spain by performing a sensitivity analysis on an integrated assessment model.

Pulido Fernández, M. (2014): Indicadores de calidad del suelo en áreas de pastoreo. Tesis Doctoral. Universidad de Extremadura. <http://dehesa.unex.es:8080/xmlui/handle/10662/1621>

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

Enrique López Rodríguez¹

¹Doctorando en el Programa de Doctorado en Patrimonio de la Universidad de Extremadura. Facultad de Filosofía y Letras de Cáceres.

enlopezrodriguez@gmail.com

RESUMEN

La cartografía se constituye como una de las herramientas fundamentales de representación de la realidad geográfica. Los mapas temáticos ofrecen la posibilidad de acercar esta realidad a las personas y permitir un mejor conocimiento y comprensión de su territorio. En el campo de los riesgos naturales, se ha venido apostando por los procesos de percepción y concienciación con el fin de generar una población consciente del peligro y la realidad territorial que les afecta, todo ello para poder establecer una mayor prevención y reducción de su impacto. En este sentido, este trabajo aboga por abordar esa perspectiva preventiva que puede otorgar la confección de cartografía temática del riesgo, para ver en qué medida puede ser utilizada como verdadero elemento didáctico que facilite los procesos de aprendizaje y concienciación de los riesgos, con la aportación de algunos ejemplos de mapas temáticos del riesgo realizados para la Comunidad Autónoma de Extremadura.

Palabras Clave: Cartografía, riesgos naturales, percepción, educación, Extremadura.

ABSTRACT

Cartography is one of the most important tools for the geographical reality representation. Thematic maps constitute the best way to approach this reality and also knowledge and territorial comprehension. Natural Risks studies have wagered to include perception and awareness process in order to build a territorial conscious population for a better risk prevention and impact reduction. In this way, it will show how the risk thematic mapping can be used as didactic elements for learning process and risk awareness, whit the inclusion of some risk thematic maps made for Extremadura region.

Key Words: Cartography, natural risks, perception, education, Extremadura.

1. ANTECEDENTES

1.1. Sobre el lenguaje cartográfico y el aprendizaje de la realidad geográfica.

El conocimiento de la realidad geográfica es una tarea que se caracteriza por la confluencia de multitud de factores que intervienen en dos vertientes fundamentales, la representación y la comprensión o aprendizaje. La cartografía se ha constituido como la disciplina clave a la hora de efectuar esa tan difícil tarea de modelización o representación de la realidad para llevar este conocimiento a un grado de entendimiento que acerque las variables territoriales a las personas y éstas sean capaces de “leer” su propio territorio.

El territorio ha sido objeto de modelización desde que las inquietudes geográficas del ser humano le han llevado a una mejor ocupación y desarrollo del mismo. Cualquier variable del espacio geográfico puede ser localizable mediante su emplazamiento o posición, y estas variables pueden evolucionar de acuerdo a un conjunto de relaciones (Delgado, 2002). Comprender cómo son y cómo se comportan consolida el proceso de aprendizaje de la realidad territorial, que en definitiva genera beneficios en la relación hombre-medio, entre las personas y su entorno.

Es por ello que el conocimiento espacial es esencial en la búsqueda y consolidación de oportunidades, mejoras y adaptación. El proceso de representación del espacio o “espacialización”, ha sido considerado como uno de los aspectos más antiguo de la conciencia humana, llevado a cabo a través de una esquematización del mundo que rodea a las sociedades y sus individuos y permitiendo el legado de ese conocimiento a través del lenguaje cartográfico (López, 2013).

Autores como J.B Harley, establecen una referencia importante al introducir el concepto conocido como el *discurso cartográfico*. Para él, “*los mapas se constituyen como imágenes retóricas cargadas de imágenes que determinan códigos que podrían ser utilizados como instrumentos de poder o portadores de geometrías subliminales*” (Harley, 2001). La imagen cartográfica puede utilizarse como un simple inventario o como afirma Fernand Joly, como “*manipuladora de información*”. Si bien, este autor resalta el hecho de su poder de integración, lo cual facilita que los procesos de lectura se efectúen de forma instantánea, lo que redundaría en una rápida recepción de información en un mínimo de tiempo (Joly, 1988).

El mapa puede definirse como esa representación selectiva, abstracta, simbólica y reducida de la superficie terrestre en su totalidad o parcialmente. (Marrón et al. 2006). Aunque podríamos añadir que, “*lo que hace que un mapa sea un mapa es su cualidad de representar una situación local; tal vez deberíamos llamarlo imagen de situación o sustituto situacional. La función principal de esa imagen es transmitir información situacional*” (Buisseret cit. por Marrón et al., 2006).

Existen buenos fundamentos que apuntan a la importancia de trabajar con los mapas como un sistema de transferencia de información, entre lo espacial y la comprensión fenomenológica de la naturaleza, principalmente porque la mayor parte de los fenómenos de la vida cotidiana tienen un componente espacial (Luque, 2011). Este mismo autor considera que los contenidos geográficos son inherentes al aprendizaje cuando afirma que “*el pensamiento espacial hace referencia a los procesos a través de los cuales las personas perciben, almacenan, recuerdan, crean, editan y comunican imágenes espaciales*” (Luque, 2011), lo que pone de manifiesto una importante sinergia positiva que parte de la mera observación hacia el análisis de los elementos que configuran el espacio geográfico así como la generalización o síntesis integradora y razonada de los resultados. Es por ello que el lenguaje cartográfico y el uso de mapas va a permitir desarrollar una serie de aptitudes que se resumen en:

- Desarrollar la curiosidad.
- Proponer la solución de problemas espaciales, ambientales y sociales.
- Idear soluciones alternativas
- Relacionar la información cartográfica con la realidad.
- Pensar de forma integradora.
- Localizar la información necesaria para transformarla en conocimiento útil, crítico, válido y aplicado que pueda ser utilizado en la vida cotidiana.
- Fomentar el desarrollo de valores ambientales y sociales.
- La posibilidad de representar cada uno de los ámbitos temáticos sobre un mismo soporte, lo que facilita un aprendizaje comprensivo.
- La posibilidad de efectuar un análisis geográfico interescalar.

Un mapa temático tiene como objeto el ofrecer, sobre un fondo de referencia y mediante símbolos cualitativos o cuantitativos, una representación convencionalizada de los fenómenos de cualquier naturaleza, mientras éstos sean localizables, así como cada una de sus relaciones. (Joly, 1988). Los mapas temáticos suponen una fuente de representación que va más allá de la más estricta necesidad científica o técnica. Tienen un propósito concreto que se materializa en el acto de la comunicación. La comunicación por tanto, podría considerarse esta característica propia del mapa temático, puesto que la representación geográfica, como se ha apuntado con anterioridad, busca esa comprensión y aprendizaje de las personas y su entorno. Es por ello que en los mapas temáticos el objetivo o el propósito es tan crucial. Es de vital importancia el qué se quiere representar, para qué se quiere representar y a quién va destinado el mensaje (García, 2012).

1.2. El papel de la percepción de los riesgos como agente de prevención.

Durante los últimos años, han proliferado los estudios sociales acerca de la percepción del riesgo. Ello ha demostrado que en materia de prevención, las condiciones psicofísicas y por tanto de comportamiento y análisis de la realidad de las personas, influyen de forma muy directa con la generación de situaciones catastróficas, bien por miedo o desconocimiento. Además hay que añadir que los factores que intervienen en la percepción se relacionan fuertemente con los factores de la vulnerabilidad¹, uno de los elementos fundamentales a la hora de hablar de riesgos.

La toma de conciencia de la dinámica de la construcción del riesgo es algo complejo y prolongado en el tiempo, pero con grandes capacidades para la generación de mecanismos y estrategias de gestión a largo plazo que revisten de importancia para las poblaciones humanas, siendo éstas agentes de cambio con la infinita capacidad de transformación de la realidad hacia mejoras continuas. Se determina pues que son los propios individuos quienes conocen y pueden comprender su entorno, y es por ello que la percepción como herramienta permite que las personas sean capaces de ir a las relaciones causales del riesgo y puedan tomar medidas de gestión y reducción adecuadas (Aguilar y Brenes, 2013).

Como elemento sistémico y funcional, el territorio responde a la interacción de las sociedades que lo habitan. Esto es un apunte importante para la comprensión de que pese a que un territorio está expuesto de forma natural a ciertos peligros, en muchas ocasiones son las trans-

¹ La vulnerabilidad hace referencia a cuán frágil es un territorio y la sociedad que lo habita ante la ocurrencia de un fenómeno natural extraordinario. La vulnerabilidad también alude al “grado de eficacia de un grupo social determinado para adecuar su organización frente a aquellos cambios en el medio natural que incorporan riesgo. La vulnerabilidad aumenta en relación directa con la incapacidad del grupo humano para adaptarse al cambio, y determina la intensidad de los daños que puede producir” (García-Tornel, 1997).

formaciones y actuaciones humanas las que, en última instancia, juegan un papel fundamental en la generación de eventos catastróficos.

En la relación de las personas con su entorno y el espacio que se construye en sociedad, las conductas y actuaciones están determinadas por el resultado de una evaluación interna que la persona hace del entorno y de sus posibles consecuencias (Mechler, 2004). Lo que quiere decir que la conducta se supedita en un momento dado a la evaluación de costes y beneficios, ya que si una persona experimenta mayores beneficios para sí misma y su entorno en relación a los costes asociados al realizar dicha conducta, ésta tiende a mantenerse (Anderson, 1994). Ello determina que la consecuencia primera de no percibir un riesgo sea la propia generación del mismo. Ante la falta de percepción, los individuos se exponen al peligro sin adoptar medidas de precaución o prevención.

Los estudios acerca de la percepción social aplicada a los riesgos naturales (Slovic, 1997), (Weber, 2002), (García, 2005), (Cid-Ortiz et al., 2012), (Ramos, 2013), (Ramos, 2014) ofrecen la posibilidad de incorporar una perspectiva poco o nada conocida en la gestión tradicional de desastres y emergencias. La identificación de las percepciones sobre la peligrosidad natural así como la vulnerabilidad social representa un eje metodológico útil para el establecimiento de una cultura de prevención y una auténtica sociedad del riesgo, ya que permite la integración del conocimiento entorno a las personas, su realidad social y los fenómenos que les rodea (Almaguer Riverón, 2008); y, por tanto, ser el eje en torno al cual se genera nuevos mecanismos y nuevos modelos de gestión de riesgos y desastres.

La percepción social está determinada por el devenir histórico sobre un territorio, asimismo, se constituye como un producto social, un reflejo de lo que individualmente se generaliza. Es fruto de la experiencia personal, la información disponible, los medios de comunicación y el contexto en el que se desenvuelven las personas. Por esta razón, unas de las principales deficiencias que presenta la población está ligada a la falta de información, organización social y los arquetipos y paradigmas imperantes en la mentalidad de los individuos (Corral Verdugo et al., 2003). Y como producto social que es, aboga por desentrañar la manera en la que la población reacciona y participa, fundamentalmente si se orienta en la ardua tarea de gestión de riesgos, desde métodos preventivos, preparatorios, de respuesta y de recuperación.

Ya el autor *Ulrich Beck* en sus estudios acerca de la “sociedad del riesgo” alude a la íntima relación entre la percepción y la realidad de una catástrofe cuando afirma que *“los riesgos en los que se cree son el látigo empleado para mantener el momento presente corriendo al galope. Cuanto más amenazantes sean las sombras que caen sobre el momento presente desde el terrible futuro que asoma en la distancia, más inevitable la conmoción que puede provocarse hoy por la dramatización del riesgo”* (Beck, 1999). Y es que en un contexto global, las catástrofes naturales siempre van a ser una realidad presente, pero que de ningún modo debe condicionar que las percepciones generales de un presente proyectadas ante un catastrófico futuro, condicionen ciertas o todas las actuaciones que un territorio demanda en su propia situación de peligrosidad.

2. OBJETIVOS Y METODOLOGÍA

El objetivo fundamental de este trabajo radica en poner de manifiesto la relación entre la cartografía en general, y la cartografía temática en particular, con los procesos de percepción, concienciación y en su más estricto sentido, aprendizaje y comprensión sobre los riesgos naturales que afectan a la población que habita un territorio.

La importancia de esta relación surge de la necesidad de buscar fuentes alternativas a la gestión tradicional de riesgos y desastres, basadas en estudios técnicos y científicos, que hab-

ían dejado a un lado el propio conocimiento local, siendo éste la base de toda creación del sistema social. Por ello en la actualidad están surgiendo cada vez más, y desde las propias administraciones e instituciones científicas, la consideración de la percepción social de los riesgos como una de las piezas claves que ayuda a funcionar el engranaje de la mitigación y reducción de desastres basados en una perspectiva preventiva o de comprensión-concienciación.

Al igual que se hace con los ya clásicos Atlas Geográficos, un compendio cartográfico pensado por y para la población acerca de cuáles son los fenómenos potenciales por los que puede verse afectado su territorio, puede contribuir a mejorar los procesos de aprendizaje y traduce a un lenguaje didáctico todas aquellas variables y datos alfanuméricos que se esconden detrás de un mapa.

Objetivos específicos

- Búsqueda de antecedentes sobre la relación de la cartografía con los procesos de aprendizaje y la percepción de riesgos naturales.
- La identificación y contextualización de los principales riesgos naturales en Extremadura.
- La representación geográfica y elaboración de cartográfica temática del riesgo para Extremadura.

2.1. Metodología propuesta

En primer lugar, se lleva a cabo una revisión bibliográfica y documental que apoya (a modo de antecedentes o introducción), la temática principal de este trabajo. Se lleva a cabo mediante la consulta de las principales fuentes y estudios que avalan esta relación entre la confección cartográfica y los procesos de aprendizaje del entorno o de la realidad geográfica. Posteriormente, se continua con la revisión del papel de la percepción (o comprensión) de los riesgos naturales como elemento de prevención de riesgos y desastres, con la inclusión de aquellos estudios y publicaciones más relevantes en la materia que permitan ofrecer una visión general de lo importante de este proceso en la gestión tradicional de riesgos y desastres y su papel en la configuración de la vulnerabilidad social.

La identificación y contextualización de los principales riesgos naturales en Extremadura se caracteriza por su carácter mixto. Por un lado se revisan aquellas fuentes documentales que recojan datos sobre alguno de estos fenómenos en la región extremeña (caso de los Planes de Emergencia elaborados para la Comunidad Autónoma de Extremadura) o estudios específicos (Potenciano de las Heras, 2004) (Ayala-Carcedo y Olcina Cantos, 2002). Y por otro lado, se pasa a la obtención de datos cuantitativos de la distribución territorial de los fenómenos a partir de fuentes oficiales de organismos o instituciones como el IGN (Instituto Geográfico Nacional), MAGRAMA (Ministerio de Agricultura, Alimentación y Medio Ambiente), INE (Instituto Nacional de Estadística) o bases de datos de la sede del Plan INFOEX (Incendios Forestales de Extremadura). Ello permite obtener un conjunto de datos seriales que pretende dar a conocer cómo se distribuyen los riesgos naturales en el conjunto de la región y ofrecer una aproximación de su recurrencia.

El apartado metodológico concluye (y de este modo se cumplirá con el objetivo propuesto) con la elaboración de mapas temáticos relativos a la distribución o contextualización de aquellos riesgos de mayor repercusión en el territorio extremeño, tanto por recurrencia como por la necesidad de Planes Especiales de Emergencia. Esto incluye el riesgo sísmico, el riesgo de incendios forestales y el riesgo de inundaciones. Mediante el uso de Sistemas de Información

Geográfica, se podrá traducir al “lenguaje cartográfico” todos aquellos datos obtenidos por el análisis preliminar de identificación y distribución de los fenómenos en la región.

La metodología empleada para la elaboración de la cartografía, responde al trabajo clásico de asignación de datos a las capas vectoriales. Parte de la inserción de tablas de datos con códigos identificables para las capas que permiten facilitar su unión; y finalmente, y como parte fundamental de este trabajo, se le asigna una simbología y representación determinada que facilite la interpretación por parte del observador. Excepción hecha de la metodología a emplear para el caso de las inundaciones, donde se aprovecha el potencial de los Sistemas de Información Geográfica del MAGRAMA y se construye la cartografía mediante conexiones WMS que, de una forma rápida y sencilla, posibilitan la obtención de información espacial acerca del riesgo de inundación con sus múltiples variables.

Todo ello con el fin último de tener disponibles una cartografía temática de riesgos que pretenda ser didáctica, explicativa, y difundida como un elemento más, aunque menos convencional, de la realidad territorial.

3. MARCO GEOGRÁFICO

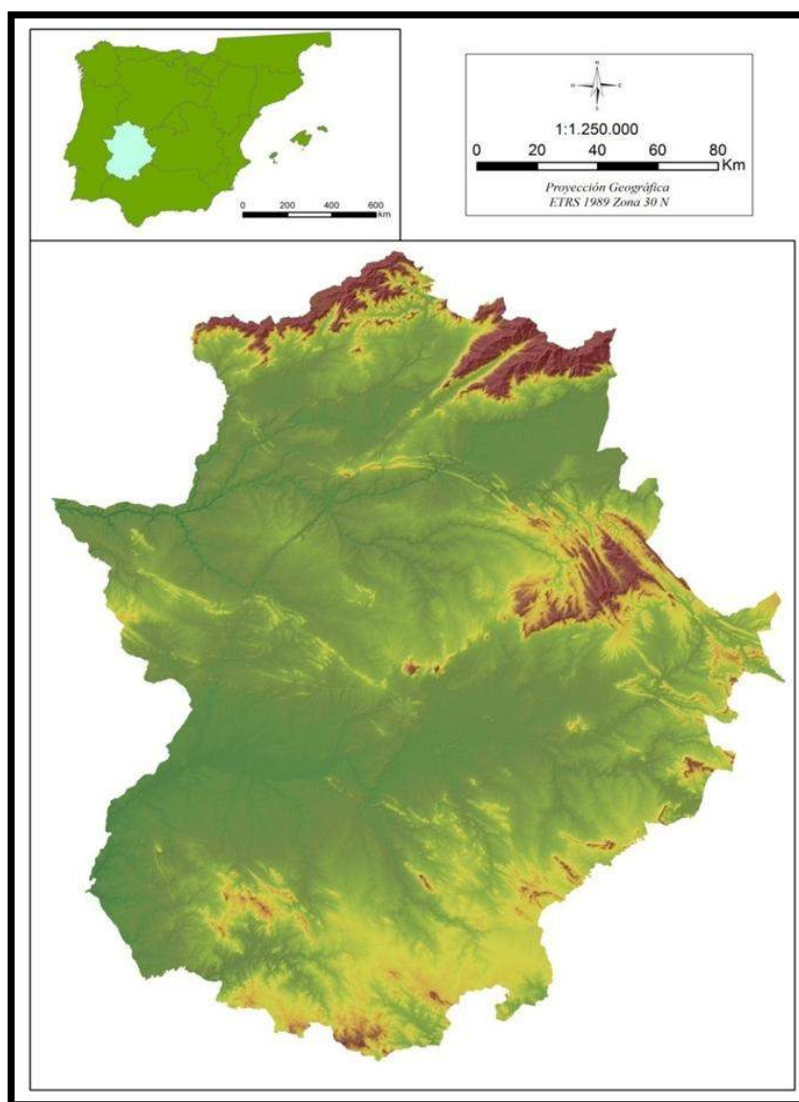


Figura 1. Mapa de la situación geográfica de la Comunidad Autónoma de Extremadura. Elaboración propia.

La Comunidad Autónoma de Extremadura se sitúa al suroeste de la Península Ibérica. Se localiza en uno de los territorios (geológicamente hablando) más antiguos de la misma, y su población, pese a estar lejos de una auténtica presión sobre el medio físico, será fruto de un poblamiento muy antiguo, con lo cual, los factores de peligrosidad pueden verse aumentados por falta de previsión o planeamiento a la hora de establecer los distintos asentamientos que se reparten por el conjunto de la región.

Existen dos cuestiones fundamentales que se plantean para la región, aunque pueden ser extrapolables en el análisis de cualquier sistema territorial: ¿es posible la generación de fenómenos naturales de carácter extraordinario que conlleven un componente de riesgo en Extremadura?, y si es así, ¿es la población consciente de ello así como de los mecanismos que existen para su prevención y mitigación?

Pese a que Extremadura no se sitúa dentro de aquellos territorios de riesgo a escala global, entre sus límites pueden desencadenarse sucesos que, como procesos dinámicos naturales, pueden generar situación de peligro y por tanto de riesgo. Hablar de riesgos naturales no es únicamente aplicable a aquellas zonas que presenten una mayor recurrencia ante eventos de carácter extraordinario. Es algo perfectamente prolongable a cualquier sistema territorial, ya que en mayor o menor medida sufrirá algún tipo de efecto perturbador en el devenir de un sistema tan dinámico y cambiante como es la naturaleza.

Los riesgos naturales en Extremadura son una realidad que como parte integrante del sistema territorial, debiera de ser difundida para una mejor comprensión y conocimiento. Sin embargo el alcance del conocimiento de esta realidad está en muchas ocasiones supeditado a la propia incidencia del fenómeno.

El PLATERCAEX (Plan Territorial de Protección Civil de la Comunidad Autónoma de Extremadura) es uno de los documentos de mayor relevancia para la gestión de situaciones de emergencia en la región extremeña. Dentro de los riesgos naturales que se establecen y categorizan en este documento, destacan los siguientes:

- Riesgos por movimientos del terreno (deslizamiento de laderas, hundimientos y arcillas expansivas).
- Riesgos climáticos y meteorológicos (olas de frío y heladas, olas de calor, sequías, grandes tormentas, nieblas y vientos huracanados).

Existen una serie de riesgos que por sus características o dimensiones, requieren de un Plan Especial bajo el que se desarrolle una metodología específica. Estos son:

- Riesgo Sísmico (PLASISMEX).
- Riesgo de Inundación (INUNCAEX).
- Riesgo de Incendios Forestales (INFOCAEX). A su vez se subdivide en PREIFEX (Prevención) e INFOEX (Extinción).

Cabe destacar también que la sequía, uno de los riesgos meteorológicos y climáticos mencionados en el PLATERCAEX, es uno de los de mayor potencial de incidencia y recurrencia en Extremadura. Aunque su gestión no esté contemplada directamente desde las actuaciones de Protección Civil mediante un Plan específico o Especial, sí queda recogido y gestionado por las Confederaciones Hidrográficas a través de la elaboración y aplicación de un Plan Especial de Sequías en cada una de sus respectivas cuencas y demarcaciones hidrográficas.

4. RESULTADOS

4.1. La distribución del riesgo sísmico en Extremadura.

Pese a que Extremadura se presenta como una zona geográfica en la que la incidencia del suceso sísmico es de baja importancia, no es desestimable este tipo de riesgo en la región. Los datos que presenta el PLASISMEX muestran una clara tendencia y concentración de los seísmos en una franja diagonal abarcando gran parte del suroccidente extremeño, estando dentro de esta franja gran parte del territorio pacense, y tan sólo una pequeña parte del cacereño.

El análisis de distribución de terremotos viene siempre acompañado por el análisis temporal (o histórico) de los mismos ya que de esta manera se puede estimar la recurrencia del fenómeno. Una de las fuentes de mayor fiabilidad para la obtención de los datos sísmicos lo constituye el IGN. Esta entidad, además de contar con un observatorio actualizado de eventos sísmicos en tiempo real, posee una base de datos que puede ser explotada y de esta forma conseguir toda una batería de datos alfanuméricos relativos a todos los terremotos acaecidos, por período temporal, en una zona determinada a seleccionar por el usuario mediante coordenadas geográficas:

Explotación de la Base de Datos
La explotación de los datos se realiza para terremotos comprendidos entre los años 1370 y la actualidad.
Descargar este fichero para consultar terremotos anteriores .
Los valores de longitud y latitud para las Islas Canarias son: latitud mínima 28°, latitud máxima 31°, longitud mínima -30° y longitud máxima 13°

Zona Geográfica: Introducir latitud y longitud en grados decimales y las longitudes OESTE como valores NEGATIVOS

Latitud mínima : 26 Latitud máxima : 45
Longitud mínima : -20 Longitud máxima : 6

Fecha
Inicio Año: 1987 | Mes: 01 | Día: 01 Final Año: 2013 | Mes: 04 | Día: 20

Parámetros para una búsqueda detallada:(1)

Intensidad: Nel Magnitud: Nel
Condición: --
Profundidad (Km): No Lectura de Fases:(2) Si No

Enviar

Figura 2. Captura de la explotación de la bases de datos sísmicos del IGN. Fuente: IGN, <http://www.ign.es/ign/layoutIn/sismoFormularioCatalogo.do>

Para Extremadura, se han seleccionado los datos relativos al periodo 1987-2013. En total, 227 seísmos registrados en la región, la mayor parte de ellos localizados en la provincia de Badajoz. La frecuencia de sismos en este periodo es de al menos un terremoto cada dos años, llegando incluso a dos en el mismo año, con una magnitud media de 2 grados en la escala Richter, siendo el máximo de 4,4 grados y el mínimo de 0,7. En cuanto a la intensidad, al tratarse de una variable con un fuerte componente de subjetividad, no se puede hablar de datos medios para el conjunto, pues cada territorio presenta distintos grados de vulnerabilidad ante estos eventos, lo que sí es destacable mencionar que la mayor parte de los terremotos que se producen en la región se comprenden entre los II y los IV grados de intensidad en la escala EMS-98.

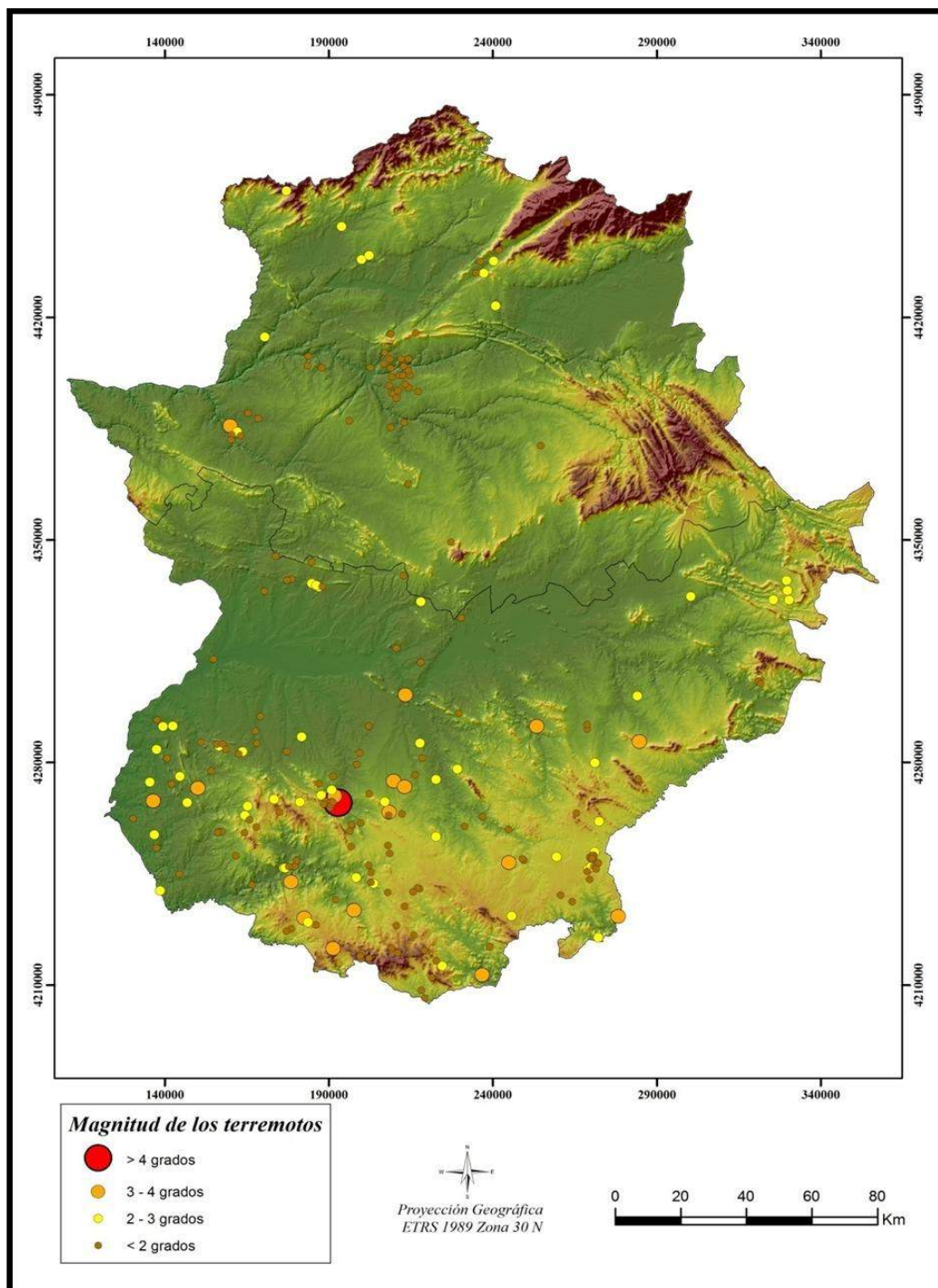


Figura 3. Mapa de la distribución de terremotos en Extremadura. Serie 1987-2013. Elaboración propia a partir de datos del IGN.

La peligrosidad sísmica es una variable que determina por un lado la “agitabilidad” del terreno en un emplazamiento dado como consecuencia de la ocurrencia de futuros terremotos en áreas próximas, y por otro, y en definitiva, las manifestaciones que de él se desprenden siendo peligrosas para el hombre, tales como roturas del terreno, deformación de la superficie, derrumbe de edificios, etc.

En este sentido, el IGN establece una zonificación de peligrosidad para la Península Ibérica para un período de retorno de 500 años, en la cual la mayor parte del territorio extremeño se encuadra dentro de la *isosista* de menor a VI. No obstante, la franja suroccidental de la Comunidad, debido a su alta recurrencia de sismos y variabilidad de magnitudes, quedará comprendida en la franja de igual o superior a VI. Hay que añadir además la mención especial al municipio de *Valencia de Mombuey* en la

provincia de Badajoz, cuya peligrosidad sísmica calculada para un periodo de retorno de 500 años se establece en igual o superior a VII en la escala de intensidad.



Figura 4. Mapa de Peligrosidad Sísmica en España para un periodo de recurrencia de 500 años. Fuente: IGN.

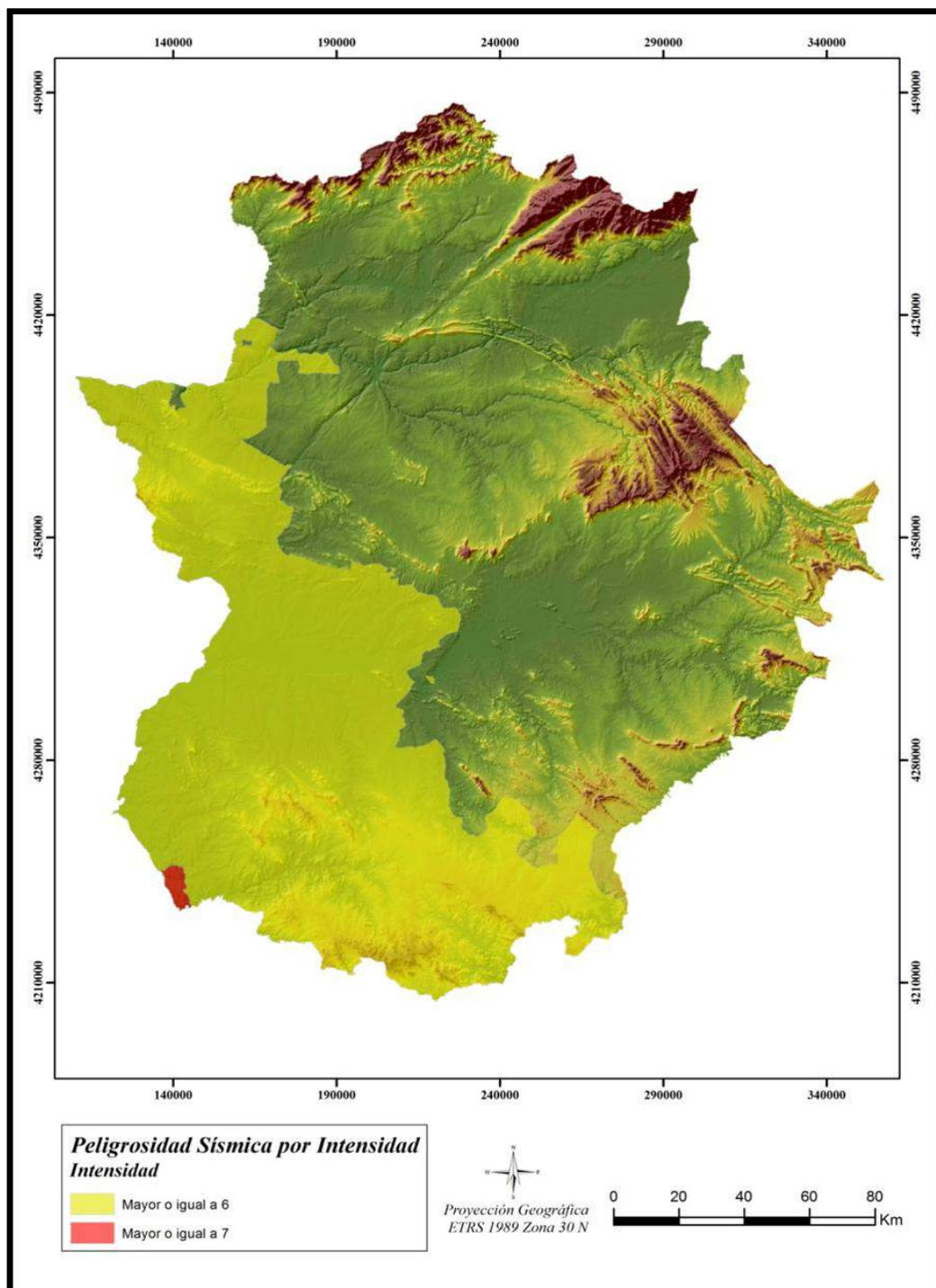


Figura 5. Mapa de Peligrosidad sísmica en Extremadura. Elaboración propia a partir de datos del PLASISMEX.

4.2. La distribución de incendios forestales en Extremadura.

La región extremeña es un territorio con altos niveles de incidencia e impacto de incendios forestales. Sólo en el período comprendido entre 2003-2011 el número de siniestros asciende a un total de 9.071, siendo especialmente destacable el año 2004 en el cual se produjeron 1.623.

La superficie total afectada por incendios en este periodo asciende a más de 100.000 hectáreas en la Comunidad. Cabe destacar si bien, que el año de mayor número de siniestros no corresponde con la fecha de mayor superficie afectada, lo que demuestra que no es necesario muchos incendios para que

el impacto de este tipo de riesgo sea mayor, solo se necesita uno que sea de la magnitud suficiente para que arrase con la mayor parte de la vegetación.

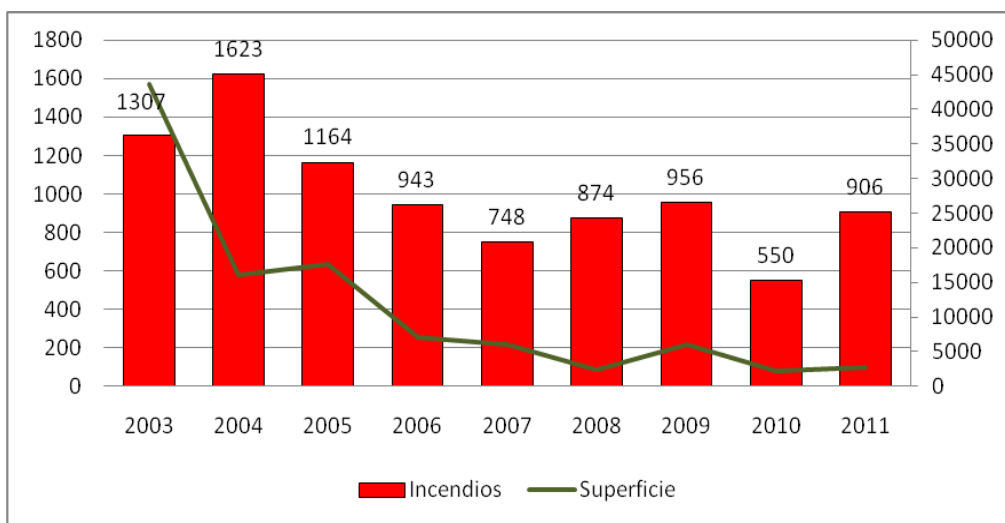


Figura 6. Distribución del número de incendios forestales y superficie afectada (en hectáreas) en Extremadura. Serie 2003-2011. Elaboración propia a partir del INE.

Todos estos datos pueden ser extraídos de fuentes como el INE. Estos datos provienen a su vez de la estadística sobre Incendios Forestales realizada por el MAGRAMA; y son de gran utilidad si se quiere hacer un pequeño análisis a nivel nacional y/o por Comunidades Autónomas.

Sin embargo, para obtener datos con más detalle que puedan ser utilizados para la realización de cartografía de distribución de incendios a nivel local, habría que acudir directamente a las fuentes de origen, como es el MAGRAMA. Para el caso que ocupa este trabajo, los datos relativos al número de incendios por municipio se han obtenido directamente de las bases de datos del Plan INFOEX.

Este mismo Plan, establece una zonificación del territorio extremeño en base a la categorización de Zonas de Alto Riesgo basadas en su susceptibilidad ambiental, dentro de las cuales se sitúan: Sierra de Gata, Las Hurdes, Jerte-Ambroz, Vera-Tiétar, Monfragüe, Villuercas, Los Ibores, Valencia de Alcántara, Sierra de San Pedro, La Siberia, Sierra Siruela-Zarza Capilla, Sierras Centrales de Badajoz, Montánchez y Tentudía.

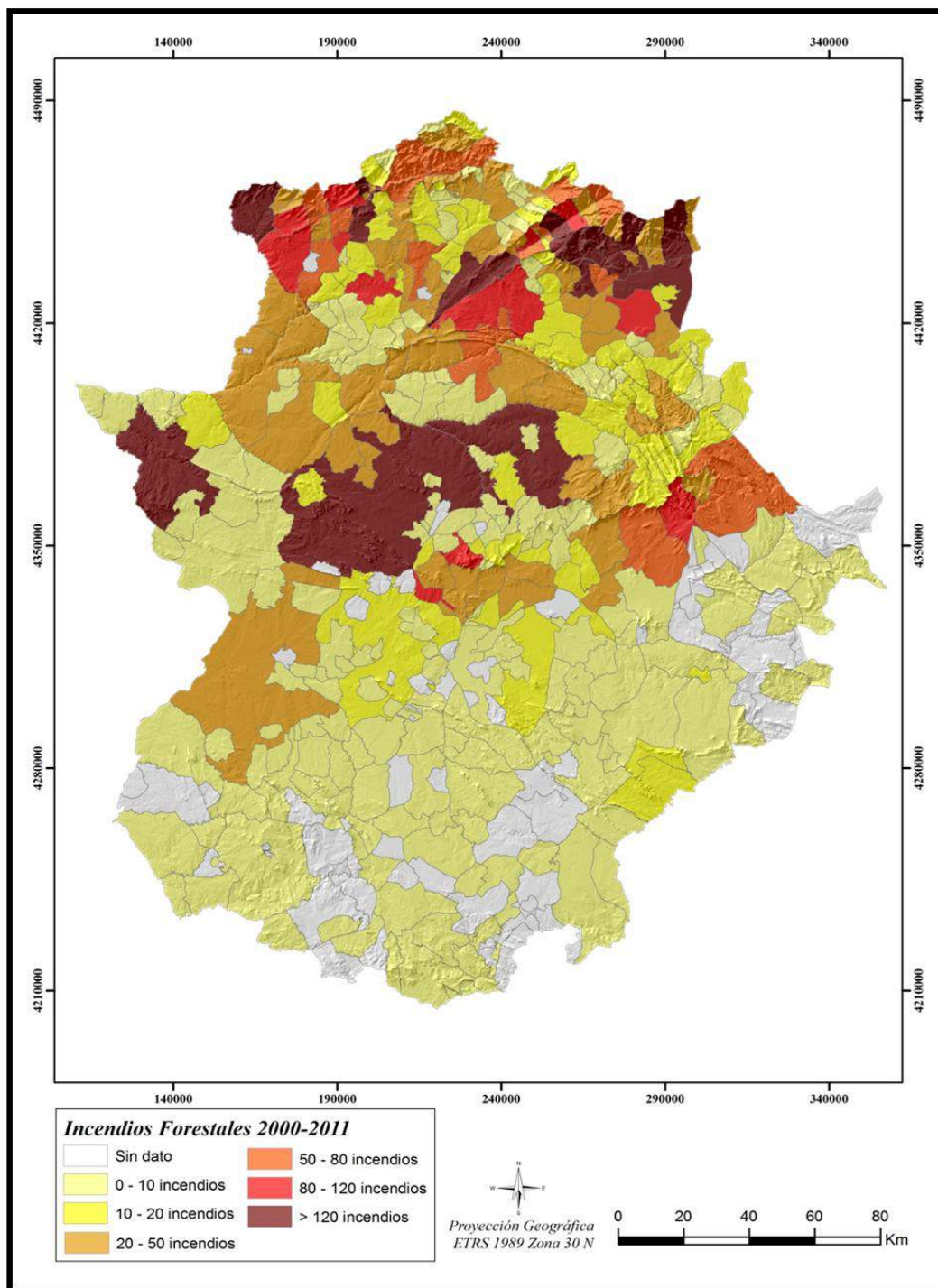


Figura 7. Mapa de la distribución de incendios forestales por municipio en Extremadura. Serie 2000-2011. Elaboración propia a partir de datos del INFOEX.

4.3. La distribución de las inundaciones en Extremadura.

Las inundaciones históricas en la cuenca del Tajo del período 849-1999 determinan que al menos el 73% se han producido en la parte alta de la misma, mientras que la parte baja se ve afectada por tan sólo un 9% de las inundaciones, quedando el resto repartido por toda la cuenca (Potenciano de las Heras, 2004). El reparto de las inundaciones por estaciones se divide en un 58% en invierno (máximo pluviométrico), 20% en otoño, 12% en primavera y 10% en verano. Por lo general, la magnitud de las inundaciones en la cuenca del Tajo es elevada y con

un 21% de magnitud extrema. La génesis de estas inundaciones se debe a un 29% por fuertes lluvias, un 8% por tormentas, un 4% por deshielo y un 2% por roturas de embalses, obstrucción de cauces, etc.

Por su parte la cuenca del Guadiana, el estudio del registro histórico determina que el 42% afecta a la parte baja de la cuenca y el 36% a la parte alta siendo el 22% restante distribuido por toda la cuenca. La distribución estacional arroja los resultados de un 53% en invierno, 23% en otoño, 15% en verano y 9% en primavera. Del mismo modo a lo que ocurre en la cuenca del Tajo, la mayor parte de las inundaciones en la cuenca del Guadiana responden a una alta magnitud siendo únicamente el 10% de magnitud extrema. La génesis de las inundaciones se deben, como en el caso anterior, a una mayoría por lluvias torrenciales y tormentas (56% por causa de altas precipitaciones y 5% por causas estructurales) (Potenciano de las Heras, 2004).

Cuenca	Distribución espacial			Distribución estacional				Magnitud			Causas					Tipos		
	Cuenca alta	Cuenca baja	Toda la cuenca	Oto.	Inv.	Prim.	Ver.	Extr.	Alta	Media	Lluvia	Deshielo	Tormenta	Estructural	Marea	Creceda con desbordamiento	Avenida	Estancamientos
Tajo	73%	9%	18%	20%	58%	12%	10%	21%	57%	22%	29%	4%	8%	2%		51%	34%	15%
Guadiana	36%	42%	22%	23%	53%	9%	15%	10%	48%	42%	56%	1%	14%	5%	4%	31%	38%	31%

Figura 8. Clasificación de las inundaciones históricas en las cuencas del Tajo y Guadiana. Fuente: Potenciano de las Heras, 2002.

El análisis histórico que ofrece el INUNCAEX, recoge 136 eventos de inundación acaecidos en la Comunidad extremeña. Del total de eventos, el Guadiana y sus afluentes aúnan la mayoría de ellos con un 70,58% del total. Asimismo, en el área próxima al Sistema Central se concentran el 65% de todas las inundaciones de la cuenca del Tajo siendo las gargantas de Gredos, Plasencia y Coria, las zonas de mayor concentración. En el caso del Guadiana, la problemática se centra en la zona de las Vegas (Altas y Bajas), donde se han registrado numerosas inundaciones por desbordamiento de ríos como el Rucas, Gargáligas, Zújar y Guadiana.

Para la elaboración de mapas temáticos del riesgo de inundaciones, una de las herramientas fundamentales lo constituyen los servicios WMS del MAGRAMA. Dentro de los servicios de cartografía y SIG se puede encontrar entre varios apartados y servicios, los relativos al agua; y dentro de este apartado, aquellos relacionados con el riesgo. El esquema de lo que puede encontrarse entre los servicios WMS del MAGRAMA relativo al riesgo de inundaciones puede resumirse en http://www.magrama.gob.es/es/cartografia-y-sig/ide/directorio_datos_servicios/agua/wms-inspire-agua.aspx:

- Áreas con riesgo potencial significativo de inundación.
- Mapas de riesgos de inundación fluvial por tiempo de recurrencia a 10, 100 y 500 años (éstos incluyen a su vez las categorías de riesgo para la población, riesgo a las actividades económicas, riesgo en puntos de especial importancia y áreas de importancia medioambiental).
- Cartografía de zonas inundables de origen fluvial con alta probabilidad (T = 10 años), frecuentes (T = 50 años), ocasional (T = 100 años) y baja o excepcional (T = 500 años).

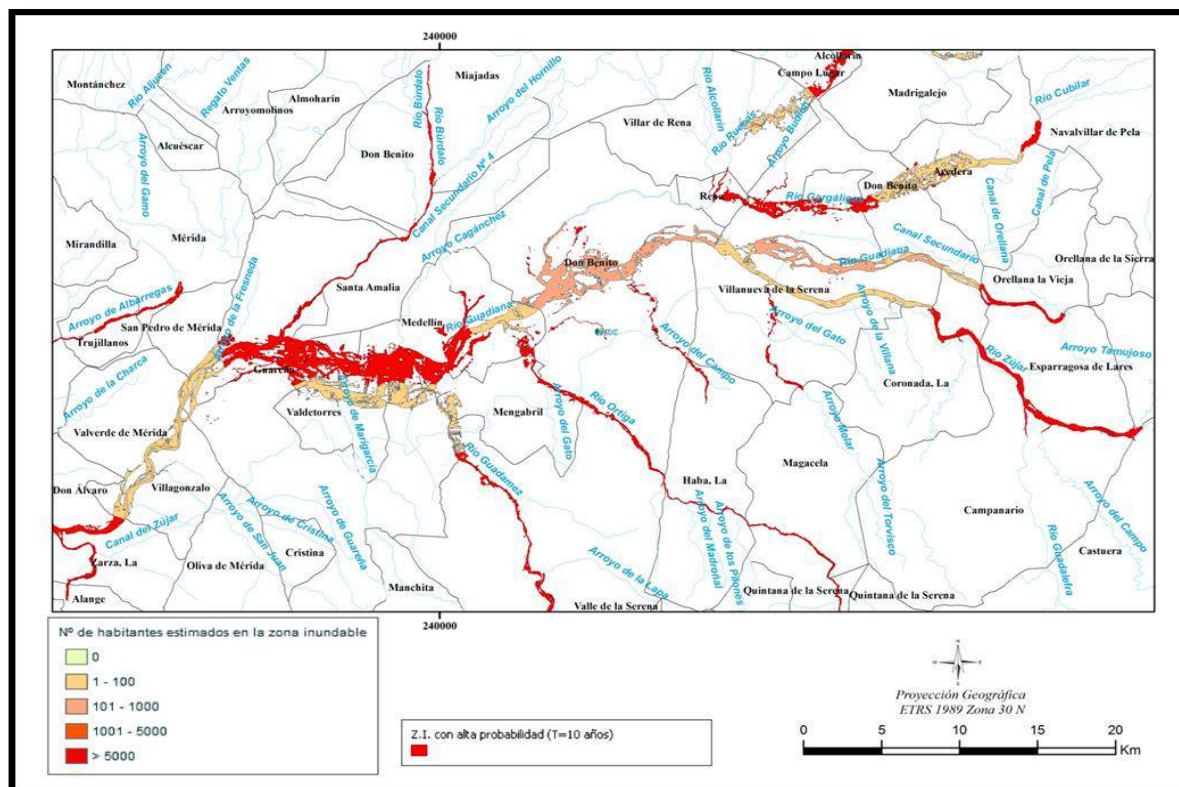


Figura 9. Mapa de zonas inundables de alta probabilidad ($T = 10$ años) y riesgo alto de inundación fluvial con afectación a la población en las Vegas Altas del Guadiana en Extremadura. Elaboración propia a partir de conexiones WMS del MAGRAMA.

5. CONCLUSIONES

La gestión territorial ha contado con la cartografía para sus múltiples facetas, desde la planificación a la ordenación, pasando a la propia contextualización. El proceso de espacialización es fundamental para la comprensión del territorio, así como una buena traducción al lenguaje cartográfico de todo proceso o fenómeno que, con un carácter espacial, puede ser localizado y presentado a través de mapas.

Podría generalizarse que las situaciones catastróficas responden únicamente a la razón de estar en el momento equivocado y en el lugar equivocado, aunque en muchas de estas ocasiones se ha demostrado con suficiente claridad que los episodios catastróficos pueden ser motivados por una mala gestión territorial y una profunda ignorancia en cuanto a los procesos que articulan el espacio natural de un territorio.

Los mapas temáticos del riesgo, aunque en su forma más simple sólo muestren esa localización en el espacio, suponen una pieza clave que ayuda a entender el qué y el cómo de los fenómenos naturales adversos para las comunidades humanas. Estos mapas pueden ser entendibles para la población y difundidos, especialmente entre aquella que posee mayores índices de vulnerabilidad, peligrosidad y riesgo ante ciertos fenómenos de la naturaleza. Para que todo ello les permita conocer un poco mejor su territorio y ser conscientes de todo lo interviniendo en “su” espacio geográfico.

En este trabajo se ha tomado el ejemplo de la contextualización del riesgo en Extremadura, y en especial de aquellos riesgos que requieren de una planificación especial y tienen un fuerte carácter de localización geográfica, como son los terremotos, los incendios y las inundaciones. Pese a que en las estadísticas habituales de regiones-riesgo no figuren territorios como Extremadura, se ha demostrado que la ocurrencia de fenómenos naturales de carácter extraor-

dinario es posible y es un hecho. De ahí que las exigencias normativas hayan permitido la generación de una serie de instrumentos de gestión ante situaciones de emergencia por ocurrencia de dichos fenómenos.

Es por esto que más que el estudio, han de ser la comprensión, la aceptación y la concienciación la respuesta clave del hombre ante los fenómenos de la naturaleza y de cómo éstos pueden ser perturbadores en la consecución de su vida y desarrollo. Todo ello para poder llegar no sólo un territorio en sí mismo, sino una forma de vida en ese territorio que garantice su sostenibilidad y armonía al más largo plazo.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Aguilar Fonseca, M. y Brenes Villalobos, G. (2013): La percepción como herramienta para la gestión del riesgo: aportes para la congestión comunitaria, caso de la comunidad de Sixaola, Limón, Costa Rica. *Revista en torno a la Prevención*. San José. pp. 8-18.

Almaguer Riverón, C. D: (2008): *El riesgo de desastres: una reflexión filosófica*. Tesis Doctoral. Universidad de La Habana. 159 pp.

Anderson, M. B. (1994): ¿Qué cuesta más, la prevención o la recuperación? En *Al Norte del Río Grande*, Lavell, A. (Comp.). La RED. pp. 3-20.

Ayala Carcedo, F. J. y Olcina Cantos, J. (2002): *Riesgos Naturales*. Ariel. Barcelona. 1512 pp.

Beck, U. (1999): *World Risk Society*. Polity Press. Cambridge. 194 pp.

Cid-Ortiz, G. et al. (2012): Percepción del riesgo en relación con capacidades de autoprotección y autogestión como elementos relevantes en la reducción de la vulnerabilidad en la ciudad de La Serena. *Revista Invi*. pp. 105-142.

Cisneros Álvarez, P. (2005): reseña de “La revolución cartográfica en Europa 1400-1800. La representación de los nuevos mundos en la Europa del Renacimiento” de Buisseret, D. *Investigaciones Geográficas*. Universidad de Alicante. Alicante. pp. 133-134.

Corral Verdugo, V. et al. (2003): Percepción de riesgos, conducta proambiental y variables demográficas en una comunidad de Sonora, México. *Región y Sociedad*. pp. 49-72.

Delgado López, E. (2002): El mapa: importante medio de apoyo para la enseñanza de la historia. *Revista Mexicana de Investigación Educativa*. pp. 331-356.

Fischhoff, B. (1995). Risk Perception and Communication Unplugged: Twenty years of process. *Risk Analysis*. pp. 137-145.

García Acosta, V. (2005). El riesgo como construcción social y la construcción social de riesgos. *Desacatos*. pp. 11-24.

García Blanco, Á. (2012): Cartografía y Sociedad: La extensión de la cartografía temática en la actualidad. *Revista Catalana de Geografia*. Santander.

<http://www.rcg.cat/articles.php?id=248>

Harley, J. B. (2001): *The new nature of maps: essays in the history of cartography*. The Johns Hopkins University Press. Baltimore. 331 pp.

Joly, F. (1988): *La cartografía*, OIKOS-TAU SA, Barcelona. 136 pp.

López Parada, E. (2013): La cartografía como relato: intervenir los mapas, narrar las ciudades. *Orbis Tertius*. pp. 158-156. <http://www.orbistertius.unlp.edu.ar/>

Luque Revuelto, R. M. (2011): El uso de la cartografía y la imagen digital como recurso didáctico en la enseñanza secundaria. Algunas precisiones en torno a Google Earth. *Boletín de la Asociación de Geógrafos Españoles*. pp. 183-210.

Marrón Gaité, M. J. et al. (2006): *Cultura Geográfica y Educación Ciudadana*. Servicio de Publicaciones de la Universidad de Castilla la Mancha. Cuenca. 850 pp.

Martínez, A. y Colldeforns, B. (1998): Método interactivo para la enseñanza de la cartografía geológica. *Enseñanzas de Ciencias de la Tierra*. pp. 270-278.

Mechler, R. (2004). *Cost-Benefit Analysis of Natural Disaster Risk Management in Developing countries*. GTZ. 114 pp.

Potenciano de las Heras, Á. (2004): *Estudio de las Inundaciones Históricas del río Amarguillo (Toledo)*. Tesis Doctoral. Universidad Complutense de Madrid. Madrid. 442 pp.

Ramos Ribeiro, R. R. (2013). *Análisis de la Percepción Social de los Riesgos Naturales: estudio comparado en municipios de España y Brasil*. Tesis Doctoral. Universidad de Alicante. Alicante. 240 pp.

Ramos Ribeiro, R. R. et al. (2014). Análisis de la percepción de riesgos naturales en la Universidad de Alicante. *Investigaciones Geográficas*. Alicante. pp. 147-157.

Romera Sáez, C. (2011): Cartografía para la enseñanza en la web del Instituto Geográfico Nacional. *Didáctica Geográfica*. pp. 163-172.

Slovic, P. (1997). Perception of Risk. *Science, New Series*. pp. 280-285.

Souto González, X. M. (2000): La didáctica de la geografía: dudas, certezas y compromiso social de los docentes. *Memorias del XVI Congreso Colombiano de Geografía*. pp. 141-152.

Weber, E. U. (2002). A domain-specific risk-attitude scale: measuring risk perceptions and risk behaviors. *Journal of Behavioral Decision Making*. pp. 263-290.

ENLACES WEB

IGN: <http://www.ign.es/ign/main/index.do>

INE: <http://www.ine.es/>

MAGRAMA: <http://www.magrama.gob.es/es/>

Planes de Emergencia de Extremadura:

PLATERCAEX: <http://www.gobex.es/ddgg004/view/main/index/standardPage.php?id=14>

PLASISMEX:

http://www.gobex.es/filescms/ddgg004/uploaded_files/proteccion_civil/planes_especiales/PL_ASISMEX20080601b_revisado_por_JEX.pdf

INFOCAEX: <http://www.gobex.es/ddgg004/123#infocaex>

INUNCAEX: <http://www.proteccioncivil.org/catalogo/naturales/jornada-normativa-inundaciones-061/planesccaa/extremadura/Plan%20de%20inundaciones%20de%20Extremadura.pdf>

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

José Antonio Mateos Martín¹, Raquel López Hernández², Pablo Sánchez Ramos²

1. Servicio de Ordenación del Territorio. Dirección General de Transportes, Ordenación del Territorio y Urbanismo. Consejería de Fomento, Vivienda, Ordenación del Territorio y Urbanismo. Avda. de las Comunidades, s/n, 06800 Mérida. Correo electrónico: joseantonio.mateosm@gobex.es

2. SIGMATEC Medio Ambiente. C/ Lago Como, 10. 28411 Moralarzal (Madrid) Correo electrónico: rlopez@sigmatec.es; psanchez@sigmatec.es

RESUMEN

El Mapa de Paisaje de Extremadura se enmarca dentro de los trabajos de caracterización paisajística llevados a cabo por la Dirección General de Transportes, Ordenación del Territorio y Urbanismo, orientados hacia el cumplimiento del convenio Europeo del Paisaje (Florencia, 2000). Desde una base de caracterización provincial se propone la integración en una síntesis regional, organizada según una estructura jerárquica de dominios, tipos y unidades.

Palabras clave: paisaje, mapa, Extremadura, España

ABSTRACT

Landscape of Extremadura Map is part of the landscape characterization work conducted by the Dirección General de Transportes, Ordenación del Territorio y Urbanismo, oriented towards the fulfilling of the European Landscape Convention agreement (Florence, 2000). From a base of provincial characterization, integration is proposed into a regional synthesis organized according to a hierarchical structure of domains, types and units.

Key words: landscape, map, Extremadura, Spain

1. INTRODUCCIÓN.

Con el fin de aportar elementos para una activa política de paisaje en Extremadura, y a partir de la idea de paisaje entendido como un complejo de interrelaciones derivadas de las interacciones de los elementos físicos, bióticos y antrópicos, desde la Dirección General de Transportes, Ordenación del Territorio y Urbanismo (en adelante DGTOTU), de la Consejería de Fomento, Vivienda, Ordenación del Territorio y Turismo, se ha realizado un trabajo de análisis, caracterización y cartografía del paisaje de Extremadura (DGTOTU, 2014), tratando de contribuir a facilitar unas pautas básicas para su reconocimiento, claves de integración en las propuestas de gestión y planificación territorial, así como en relación con otras políticas y usos en especial como el turismo, las actividades económicas productivas y las infraestructuras.

Se entiende el paisaje tal como dicho concepto fue definido en el *Convenio Europeo del Paisaje* del Consejo de Europa, hecho en Florencia el 20 de octubre de 2000 y ratificado por España (BOE de 5 de febrero de 2008): *Cualquier parte del territorio, tal como es percibida por las poblaciones, cuyo carácter resulta de la acción de factores naturales y/o humanos y de sus interrelaciones.*

2. OBJETO Y ÁMBITO DE ESTUDIO.

El objetivo del estudio y la cartografía del paisaje es tener una base conceptual adecuada para la valoración del contexto paisajístico del conjunto de las provincias, y por extensión una lectura regional de síntesis, afinando el tratamiento general propio del *Atlas de los Paisajes de España* (Mata Olmo, R. y Sanz Herráiz, C., 2003), así como ensayar el tratamiento del paisaje en marcos espaciales de escalas intermedias, con especial incidencia en la integración en el planeamiento territorial y urbanístico, así como otros procedimientos con incidencia en el territorio.

El trabajo desarrollado se ha enmarcado en el seno de dos proyectos del programa POCTEP (Programa Operativo de Cooperación Transfronteriza España-Portugal), dentro del área de cooperación Centro -Extremadura-Alentejo:

-Tæjo Internacional II (0337_TI_II_4), dentro de su eje II: "*Cooperación y gestión conjunta en medio ambiente, patrimonio y entorno natural*", y

-ADLA (0544_ADLA_4_P), Eje II: "*Cooperación y gestión conjunta en ambiente, patrimonio y prevención de riesgos*".

De acuerdo con la configuración de los proyectos de los que se partía, el planteamiento de estudio se ha organizado en dos ámbitos diferenciados, constituidos por los límites administrativos de sendos conjuntos provinciales de Badajoz y Cáceres. Esta información se ha integrado en una lectura regional de conjunto que presentamos como Mapa de Paisaje de Extremadura.

3. MAPA DE PAISAJE DE EXTREMADURA.

3.1. Antecedentes.

Las primeras aproximaciones al conocimiento fisiográfico del paisaje extremeño podrían atribuirse al celebrado Eduardo Hernández-Pacheco (Lozano, 2004), abundando en el sentido 'cuadro de conjunto' que identifica las grandes claves del relieve y su organización. Con una perspectiva geográfica, en el trabajo de Martínez de Pisón (1977) sobre los paisajes naturales de Cáceres se realiza una caracterización del paisaje desde un componente fisiográfico-descriptivo como soporte identificador. La más reciente caracterización paisajística regional en clave fisiográfica es el trabajo de Garzón (2010), que sintetiza las grandes directrices y conjuntos básicos de la geomorfología y el paisaje extremeño.

3.2. Metodología.

La cartografía de paisaje es una de las principales aportaciones al estudio y sensibilización en torno al paisaje. Es el resultado gráfico de la caracterización de los paisajes desde una perspectiva geosistémica, según la combinación de las variables naturales y antrópicas intervinientes más significativas. Metodológicamente, la caracterización se apoya fundamentalmente en el relieve, la vegetación y los usos del suelo, como variables principales, valoradas según su peso e interrelaciones para aproximarnos a la diversidad del territorio (**Figura 1**).

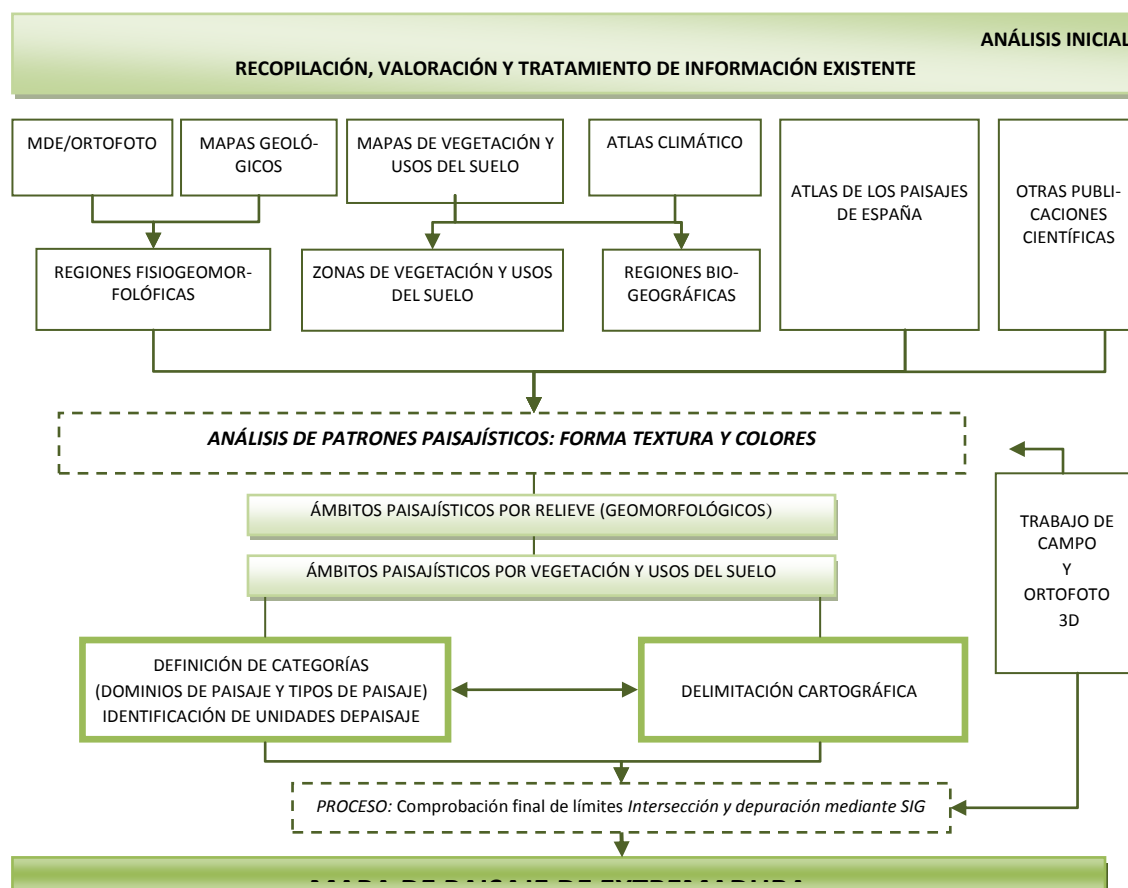


Figura 1. Esquema metodológico general

La base principal para la delimitación es la identificación y determinación de los patrones de configuración general mediante el estudio e interpretación paisajística del territorio actual. Ello conlleva un proceso paralelo y retroactivo entre el trabajo de estudio y gabinete con las campañas de campo o inventario *in situ*. En función del marco espacial regional, se trata de delimitar ámbitos homogéneos en cuanto a la combinación de relieve, formaciones vegetales y usos del suelo. De la extensión espacial de estos ámbitos deriva la escala de reconocimiento de los mismos, por lo que es necesario establecer criterios jerarquizados a la hora de trazar los límites paisajísticos.

Es notable el peso y la aportación de los estudios temáticos y trabajos cartográficos previos (geología, edafología, forestal, usos del suelo, modelos digitales, etc.), integrados y explotados mediante tecnología SIG, si bien la propia dinámica del trabajo ha conllevado la lectura y creación de capas sintéticas específicas, como cartografía geomorfológica de síntesis (Tejedor *et al.*, 2015) dominios fisiográficos y vegetación y usos del suelo.

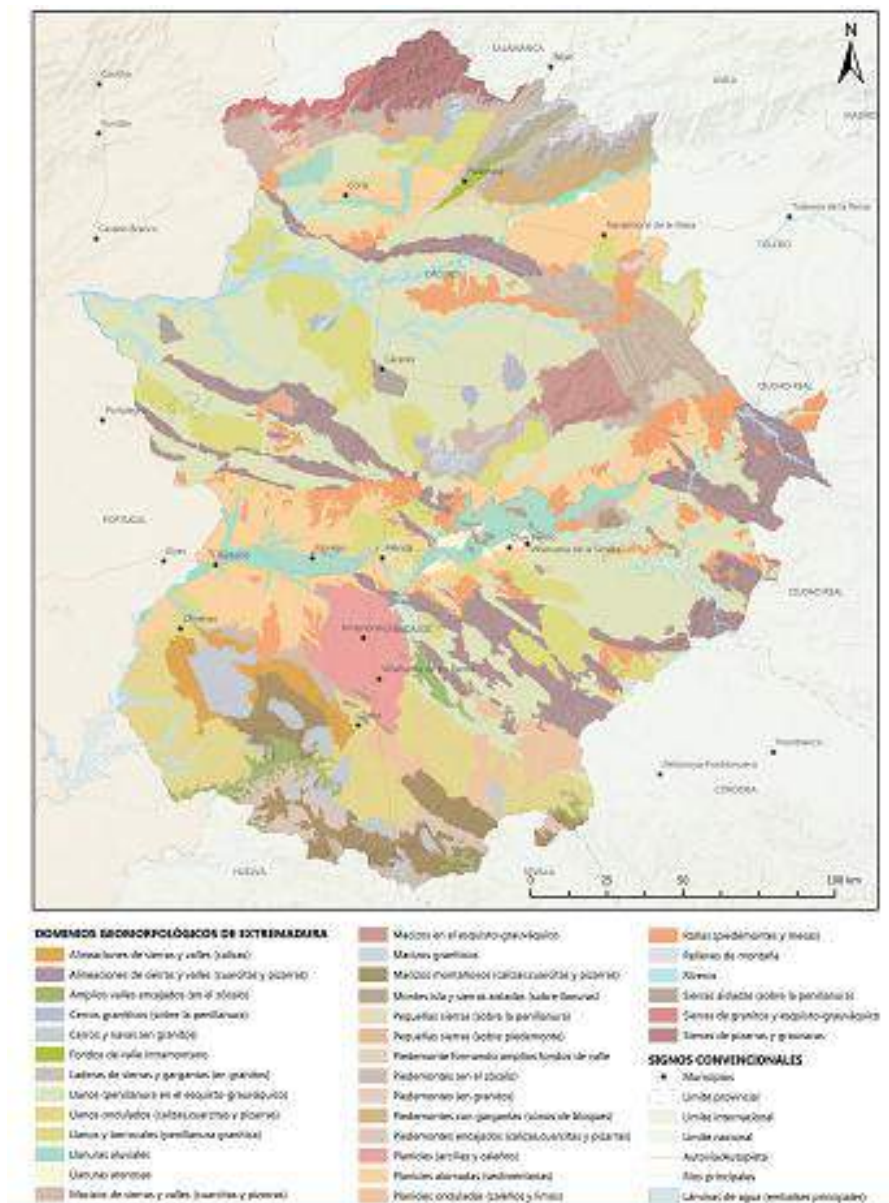


Figura 2. Cartografía geomorfológica de síntesis para el Mapa de Paisaje de Extremadura (Tejedor *et al.*, 2014)

Entre el amplio conjunto de la información merece destacarse la cartografía base del ámbito de actuación, especialmente las escalas 1:10.000, 1: 25.000 y 1:200.000, ortoimágenes y modelos digitales del PNOA, facilitados desde en el Centro de Información Cartográfica y Territorial de Extremadura de la DGTOTU. Para toda la información cartográfica se ha utilizado el sistema de referencia geodésico oficial ETRS89 (*European Terrestrial Reference System* 1989). El sistema de proyección cartográfico de representación plana es la proyección conforme Universal Transversa de Mercator (UTM), huso 29, zona Norte.

La propuesta se ha construido teniendo como claves:

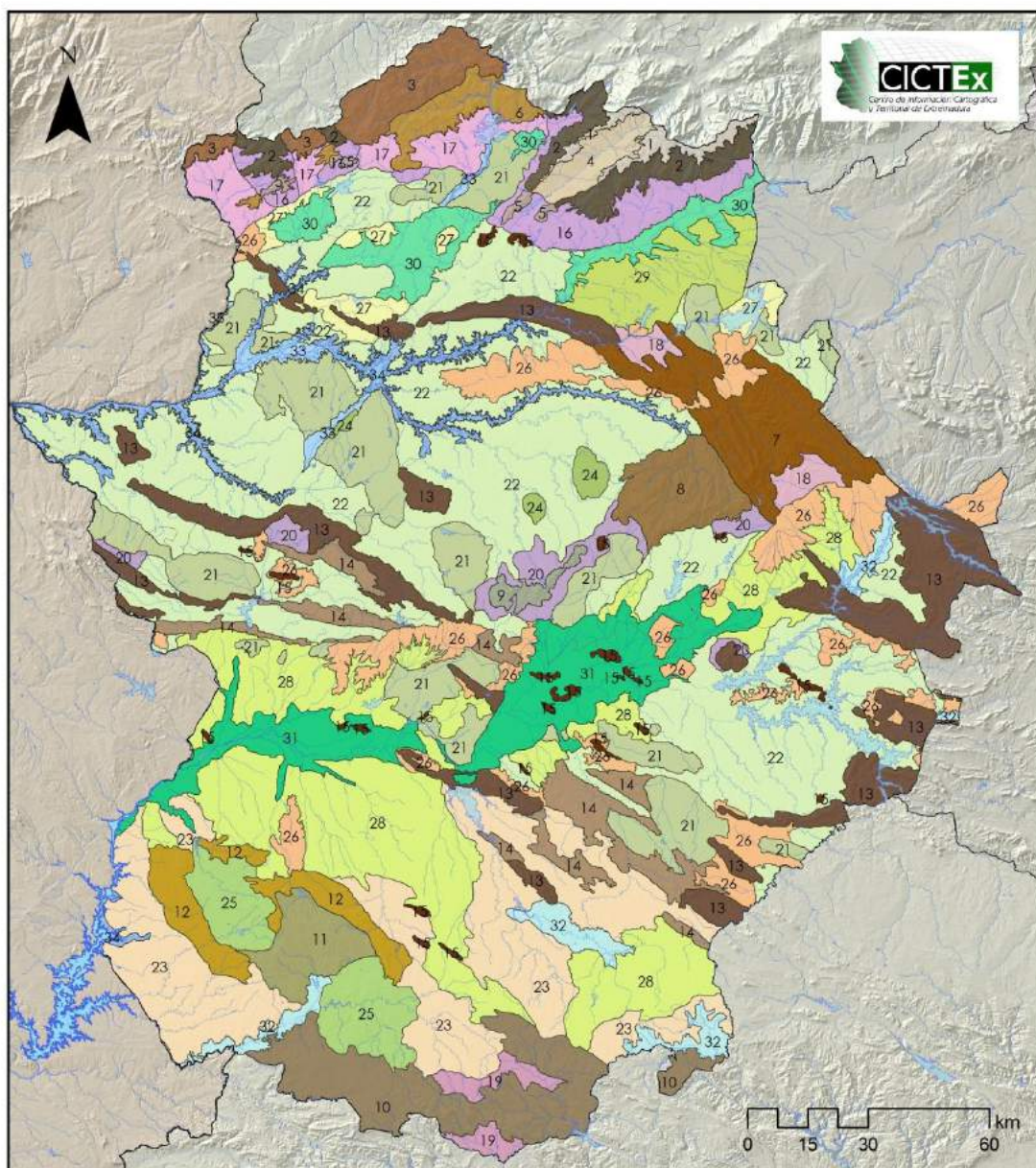
- La cobertura global de todo el territorio, que establece la adscripción del mismo a alguna de las tipologías.
- La expresión cartográfica concreta de sus límites.
- La autonomía de las delimitaciones y su integración jerárquica.

El mapa regional es el resultado gráfico final, a escala 1:300.000, de una tipología que, según la escala espacial de análisis, presenta una taxonomía organizada en 3 categorías que tratan de caracterizar la complejidad del cuadro paisajístico regional:

-**Dominios** de paisaje, son los ámbitos paisajísticos de mayor entidad, identificados a partir de los principales dominios geológicos del amazón geomorfológico-estructural regional y la litología predominante, en los que pueden reconocerse también algunos procesos configuradores físico-ambientales generales.

-**Tipos** de paisaje, son divisiones de las anteriores, conjuntos de paisajes de parecida configuración natural y trazos territoriales similares, como unidades intermedias diferenciadas al aumentar el nivel de detalle y la preeminencia de rasgos o componentes específicos (relieve, geología, edafología, aspectos bioclimáticos...).

-**Unidades** de paisaje, son la categoría de dimensiones espaciales más reducidas, donde pueden reconocerse desde claves físico-ambientales hasta trazas históricas o socioeconómicas que contribuyen a definir el carácter diferenciado de un determinado territorio.



- | | | |
|---|---|---|
| <p>MAPAS TIPOS DE PAISAJE EX</p> <p>MONTAÑAS Y SUS ESTRIBACIONES</p> <ul style="list-style-type: none"> 1: CUMBRES DEL SISTEMA CENTRAL 2: MONTAÑA DEL SISTEMA CENTRAL (GRANITOS) 3: MONTAÑA DEL SISTEMA CENTRAL (PIZARRAS) 4: VALLES DEL SISTEMA CENTRAL 5: ESTRIBACIONES DEL SISTEMA CENTRAL (GRANITOS) 6: ESTRIBACIONES DEL SISTEMA CENTRAL (PIZARRAS) <p>SIERRAS</p> <ul style="list-style-type: none"> 7: SIERRAS Y VALLES DE VILLUERCAS-IBORES (CUARCITAS Y PIZARRAS) 8: MACIZOS Y SIERRAS CENTRALES EXTREMEÑAS (ESQUISTOS) 9: MACIZOS Y SIERRAS CENTRALES EXTREMEÑAS (GRANITOS) 10: SIERRAS DE SIERRA MORENA 11: SIERRAS DEL SUROESTE | <ul style="list-style-type: none"> 12: SIERRAS CALIZAS Y CORREDORES DEL SUROESTE 13: SIERRAS CUARCITICAS Y VALLES 14: SIERRAS CUARCITICAS MENORES 15: MONTES ISLA Y SIERRAS AISLADAS <p>PIEDEMONTES</p> <ul style="list-style-type: none"> 16: PIEDEMONTES DEL SISTEMA CENTRAL (GRANITOS) 17: PIEDEMONTES DEL SISTEMA CENTRAL (ESQUISTOS) 18: BORDES DE VILLUERCAS-IBORES 19: BORDES DE SIERRA MORENA 20: OTROS BORDES SIERRANOS Y PIEDEMONTES <p>LLANOS Y PENILLANURAS</p> <ul style="list-style-type: none"> 21: PENILLANURA EXTREMEÑA (GRANITOS) 22: PENILLANURA EXTREMEÑA (ESQUISTOS) 23: PENILLANURA EXTREMEÑA (ARCILLOSA) | <ul style="list-style-type: none"> 24: CERROS Y RESALTES GRANITICOS 25: CERROS GRANITICOS Y NAVAS <p>CUENCAS SEDIMENTARIAS Y VEGAS</p> <ul style="list-style-type: none"> 26: RAÑAS Y BORDES DETRITICOS 27: BORDES DE CUENCA, MEBAS Y SIERRAS 28: CAMPIÑAS DE LA CUENCA DEL GUADIANA 29: PLANICIES Y LOMAS DE CAMPO ARAÑUELO 30: VEGAS DE LA CUENCA DEL TAJO (TERRAZAS Y LLANURAS ALUVIALES) 31: VEGAS DEL GUADIANA (TERRAZAS Y LLANURAS ALUVIALES) <p>RIVEROS Y VALLES FLUVIALES ENCAJADOS</p> <ul style="list-style-type: none"> 32: VALLES FLUVIALES ENCAJADOS 33: RIVEROS (GRANITOS) 34: RIVEROS (ESQUISTOS) |
|---|---|---|

Figura 3. Mapa de paisaje de Extremadura: dominios y tipos de paisaje

4. MAPA DE PAISAJE DE EXTREMADURA: DOMINIOS Y TIPOS.

El conjunto paisajístico final se resume en un total de 6 dominios, 34 tipos y 314 unidades de paisaje reconocidas.

Tabla 1. Dominios de paisaje de Extremadura: nombre y superficie

DOMINIOS DE PAISAJE DE EXTREMADURA	km²
LLANOS Y PENILLANURAS	17099
CUENCAS SEDIMENTARIAS Y VEGAS	10492
SIERRAS	8191
PIEDEMONTES	2308
MONTAÑAS Y SUS ESTRIBACIONES	2062
RIVEROS Y VALLES FLUVIALES ENCAJADOS	1507

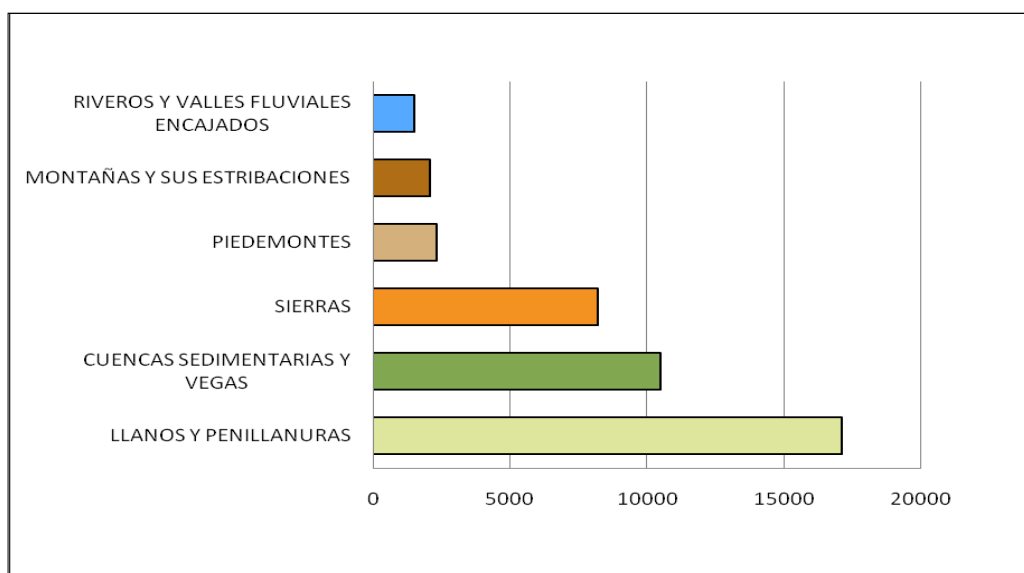


Figura 4. Dominios de paisaje de Extremadura: superficies.

El peso de la configuración general del relieve es definitorio como gran clave explicativa de los paisajes extremeños, por lo que las denominaciones son deudoras de ese componente, bien en clave geomorfológico-estructural (montaña, sierras, penillanura...) bien como formas de modelado y claves litológicas (cerros graníticos, rañas y bordes detríticos...).

Se reconocen 6 dominios si bien a nivel provincial se marca la impronta montañosa del norte cacereño como dominio exclusivo (6 dominios CC, 5 dominios BA). Contribuyendo a la idea general con que se percibe Extremadura, entre “Llanos y penillanuras” y “Cuencas sedimentarias y vegas” suman el 66 % de la superficie regional. Estas proporciones se mantienen en el desglose por provincias, con un ligero incremento en lo que respecta a Badajoz, con más del 70% de superficie en estas categorías.

Si bien predominan las formas de componente horizontal o subhorizontal, dados los pesos espaciales de llanos-penillanuras y cuencas sedimentarias, ese predominio se adereza y articula con el componente vertical que imprimen las formas montañas y serranas, así como sus bordes, y los riberos fluviales. Unos y otros se articulan como estereotipos icónicos, bien por su componente dominante -caso de llanos y penillanuras-, bien por su realce e impronta biogeográfica -como ocurre frecuentemente con sierras y bloques serranos-.

Desagregando la presentación de los datos por provincias, para facilitar la percepción de sus componentes esenciales o “perfil paisajístico”, las distintas superficies y denominaciones de las unidades reconocidas en Badajoz se reflejan en las siguientes tablas y gráficos.

Tabla 2. Dominios de paisaje de Badajoz: nombre y superficie

DOMINIOS BA	km ²
LLANOS Y PENILLANURAS	8593
CUENCAS SEDIMENTARIAS Y VEGAS	6975
SIERRAS	5321
RIVEROS Y VALLES FLUVIALES ENCAJADOS	627
PIEDEMONTES	268

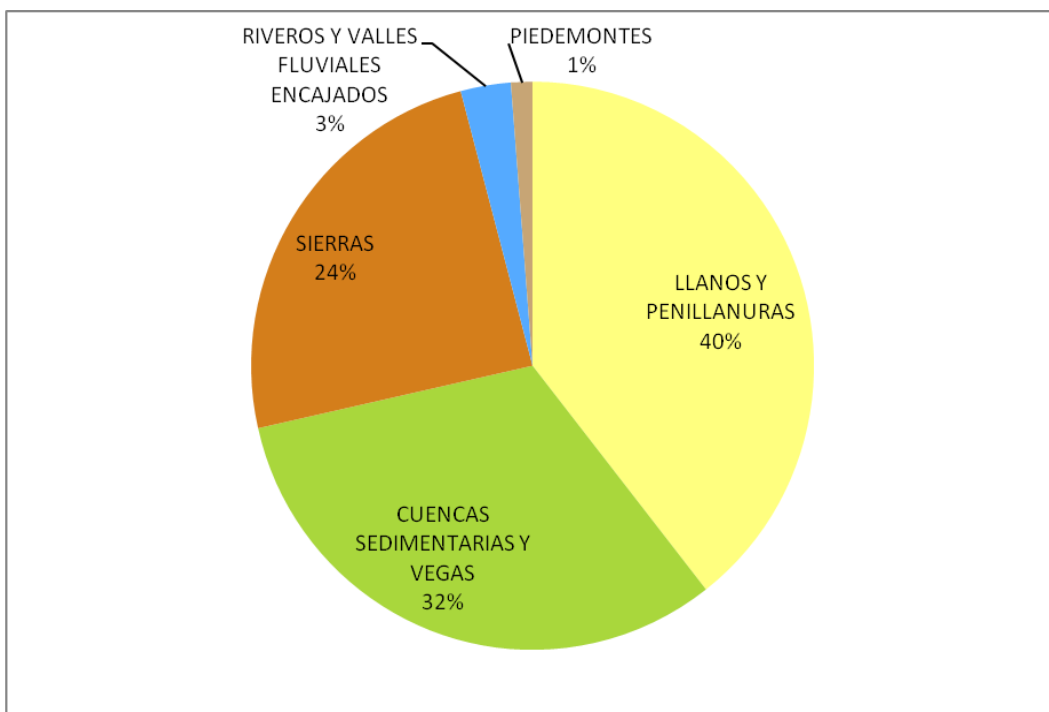


Figura 5. Dominios de paisaje de Badajoz: distribución superficial.

Tabla 3. Dominios y tipos de paisaje de Badajoz: denominación y código.

DOMINIOS BA	TIPOS	Nº
Sierras	SIERRAS DE SIERRA MORENA	10
	SIERRAS DEL SUROESTE	11
	SIERRAS CALIZAS Y CORREDORES DEL SUROESTE	12
	SIERRAS CUARCÍTICAS Y VALLES	13
	SIERRAS CUARCÍTICAS MENORES	14
	MONTES-ISLA Y SIERRAS AISLADAS	15
Piedemontes	BORDES DE SIERRA MORENA	19
	OTROS BORDES SERRANOS Y PIEDEMONTES	20
Llanos y penillanuras	PENILLANURA EXTREMEÑA (GRANITOS)	21
	PENILLANURA EXTREMEÑA (ESQUISTOS)	22
	PENILLANURA EXTREMEÑA (ARCILLAS)	23
	CERROS GRANÍTICOS Y NAVAS	25
Cuencas sedimentarias y vegas	RAÑAS Y BORDES DETRÍTICOS	26
	CAMPIÑAS DE LA CUENCA DEL GUADIANA	28
	VEGAS DEL GUADIANA (TERRAZAS Y LLANURAS ALUVIALES)	31
Riveros y valles fluviales encajados	VALLES FLUVIALES ENCAJADOS	32
	RIVEROS (ESQUISTOS)	34

Los datos relativos a la provincia de Cáceres se exponen a continuación, en forma de tabla sintética de dominios y sus superficies, el gráfico con la expresión porcentual de los mismos y una tabla con los tipos reconocidos en cada dominio.

Tabla 4. Dominios de paisaje de Cáceres: nombre y superficie

DOMINIOS CC	km²
LLANOS Y PENILLANURAS	8506
CUENCAS SEDIMENTARIAS Y VEGAS	3517
SIERRAS	2870
MONTAÑAS Y SUS ESTRIBACIONES	2062
PIEDEMONTES	2040
RIVEROS Y VALLES FLUVIALES ENCAJADOS	881

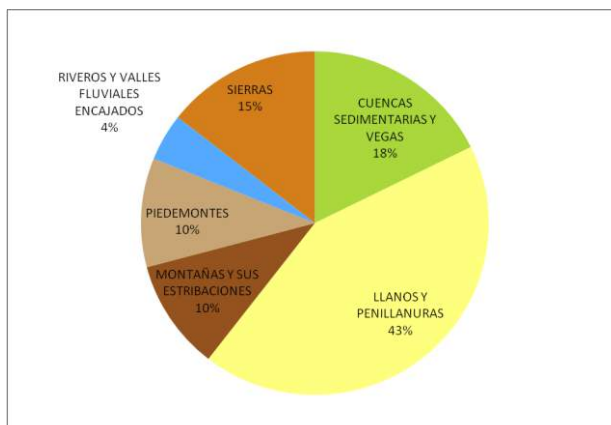


Figura 6. Dominios de paisaje de Cáceres: distribución superficial.

Tabla 5. Dominios y tipos de paisaje de Cáceres: denominación y código.

DOMINIOS	TIPOS	Nº
Montañas y sus estribaciones	CUMBRES DEL SISTEMA CENTRAL	1
	MONTAÑA DEL SISTEMA CENTRAL (GRANITOS)	2
	MONTAÑA DEL SISTEMA CENTRAL (PIZARRAS)	3
	VALLES DEL SISTEMA CENTRAL	4
	ESTRIBACIONES DEL SISTEMA CENTRAL (GRANITOS)	5
	ESTRIBACIONES DEL SISTEMA CENTRAL (PIZARRAS)	6
Sierras	SIERRAS Y VALLES DE VILLUERCAS-IBORES (CUARCITAS Y PIZARRAS)	7
	MACIZOS Y SIERRAS CENTRALES EXTREMEÑAS (ESQUISTOS)	8
	MACIZOS Y SIERRAS CENTRALES EXTREMEÑAS (GRANITOS)	9
	SIERRAS CUARCÍTICAS Y VALLES	13
	SIERRAS CUARCÍTICAS MENORES	14
	MONTES-ISLA Y SIERRAS AISLADAS	15
Piedemontes	PIEDEMONTES DEL SISTEMA CENTRAL (GRANITOS)	16
	PIEDEMONTES DEL SISTEMA CENTRAL (ESQUISTOS)	17
	BORDES DE VILLUERCAS-IBORES	18
	OTROS BORDES SERRANOS Y PIEDEMONTES	20
Llanos y penillanuras	PENILLANURA EXTREMEÑA (GRANITOS)	21
	PENILLANURA EXTREMEÑA (ESQUISTOS)	22
	CERROS Y RESALTES GRANÍTICOS	24
Cuencas sedimentarias y vegas	RAÑAS Y BORDES DETRÍTICOS	26
	BORDES DE CUENCA, MESAS Y SIERRAS	27
	CAMPIÑAS DE LA CUENCA DEL GUADIANA	28
	PLANICIES Y LOMAS DE CAMPO ARAÑUELO	29
	VEGAS DE LA CUENCA DEL TAJO (TERRAZAS Y LLANURAS ALUVIALES)	30
	VEGAS DEL GUADIANA (TERRAZAS Y LLANURAS ALUVIALES)	31
Riveros y valles fluviales encajados	RIVEROS (GRANITOS)	33
	RIVEROS (ESQUISTOS)	34

En las denominaciones del listado conjunto de dominios y tipos regionales, el peso del componente fisiográfico-morfológico es determinante, si bien se modula y matiza con la integración de la naturaleza litológica, planteada como una caracterización sintética pero expresiva de los grandes dominios litológicos regionales. También se incorporan algunas referencias que provienen directamente de la toponimia, bien en forma de delimitaciones territoriales o bien como voces de ámbito local-comarcal ("sierros").

En la tabla nº 6 se expone el listado general de dominios y tipos indicando la especificidad de los mismos en cuanto a presencia provincial o bien el componente regional, en la medida en que sean dominios o tipos compartidos.

Tabla 6. Dominios de paisaje de Extremadura: denominación y localización.

DOMINIOS	TIPOS	Nº	BA	CC
Montañas y sus estribaciones	CUMBRES DEL SISTEMA CENTRAL	1		
	MONTAÑA DEL SISTEMA CENTRAL (GRANITOS)	2		
	MONTAÑA DEL SISTEMA CENTRAL (PIZARRAS)	3		
	VALLES DEL SISTEMA CENTRAL	4		
	ESTRIBACIONES DEL SISTEMA CENTRAL (GRANITOS)	5		
	ESTRIBACIONES DEL SISTEMA CENTRAL (PIZARRAS)	6		
Sierras	SIERRAS Y VALLES DE VILLUERCAS-IBORES (CUARCITAS Y PIZARRAS)	7		
	MACIZOS Y SIERRAS CENTRALES EXTREMEÑAS (ESQUISTOS)	8		
	MACIZOS Y SIERRAS CENTRALES EXTREMEÑAS (GRANITOS)	9		
	SIERRAS DE SIERRA MORENA	10		
	SIERRAS DEL SUROESTE	11		
	SIERRAS CALIZAS Y CORREDORES DEL SUROESTE	12		
	SIERRAS CUARCÍTICAS Y VALLES	13		
	SIERRAS CUARCÍTICAS MENORES	14		
	Montes-Isla y Sierras Aisladas	15		
Piedemontes	PIEDEMONTES DEL SISTEMA CENTRAL (GRANITOS)	16		
	PIEDEMONTES DEL SISTEMA CENTRAL (ESQUISTOS)	17		
	BORDES DE VILLUERCAS-IBORES	18		
	BORDES DE SIERRA MORENA	19		
	OTROS BORDES SERRANOS Y PIEDEMONTES	20		
Llanos y penillanuras	PENILLANURA EXTREMEÑA (GRANITOS)	21		
	PENILLANURA EXTREMEÑA (ESQUISTOS)	22		
	PENILLANURA EXTREMEÑA (ARCILLAS)	23		
	CERROS Y RESALTES GRANÍTICOS	24		
	CERROS GRANÍTICOS Y NAVAS	25		
Cuencas sedimentarias y vegas	RAÑAS Y BORDES DETRÍTICOS	26		
	BORDES DE CUENCA, MESAS Y SIERRAS	27		
	CAMPIÑAS DE LA CUENCA DEL GUADIANA	28		
	PLANICIES Y LOMAS DE CAMPO ARAÑUELO	29		
	VEGAS DE LA CUENCA DEL TAJO (TERRAZAS Y LLANURAS ALUVIALES)	30		
	VEGAS DEL GUADIANA (TERRAZAS Y LLANURAS ALUVIALES)	31		
Riveros y valles fluviales encajados	VALLES FLUVIALES ENCAJADOS	32		
	RIVEROS (GRANITOS)	33		
	RIVEROS (ESQUISTOS)	34		

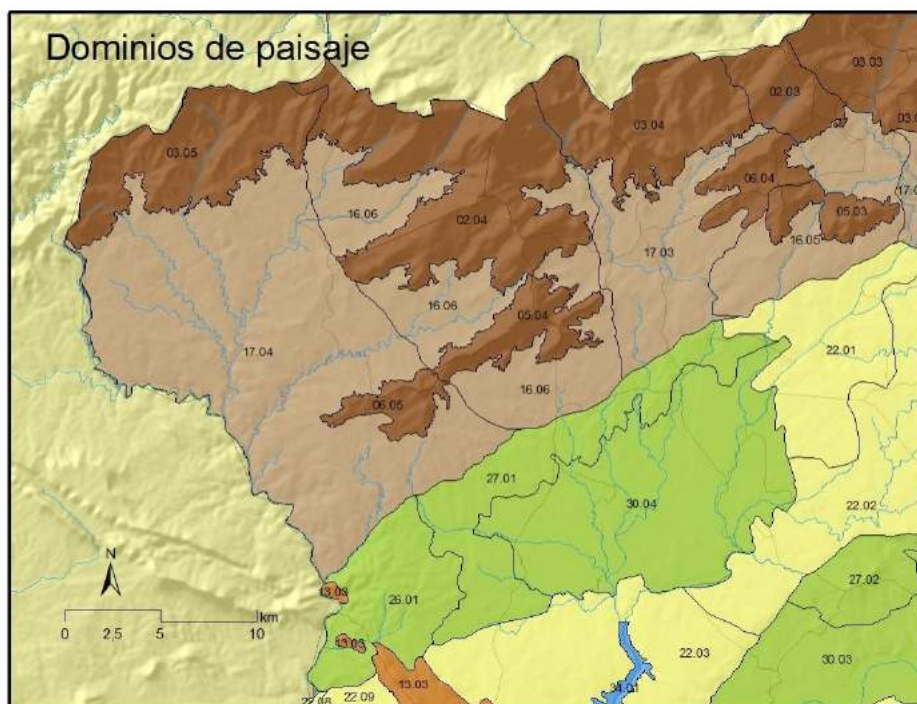


Figura 7. Dominios de paisaje de Extremadura. Detalle.

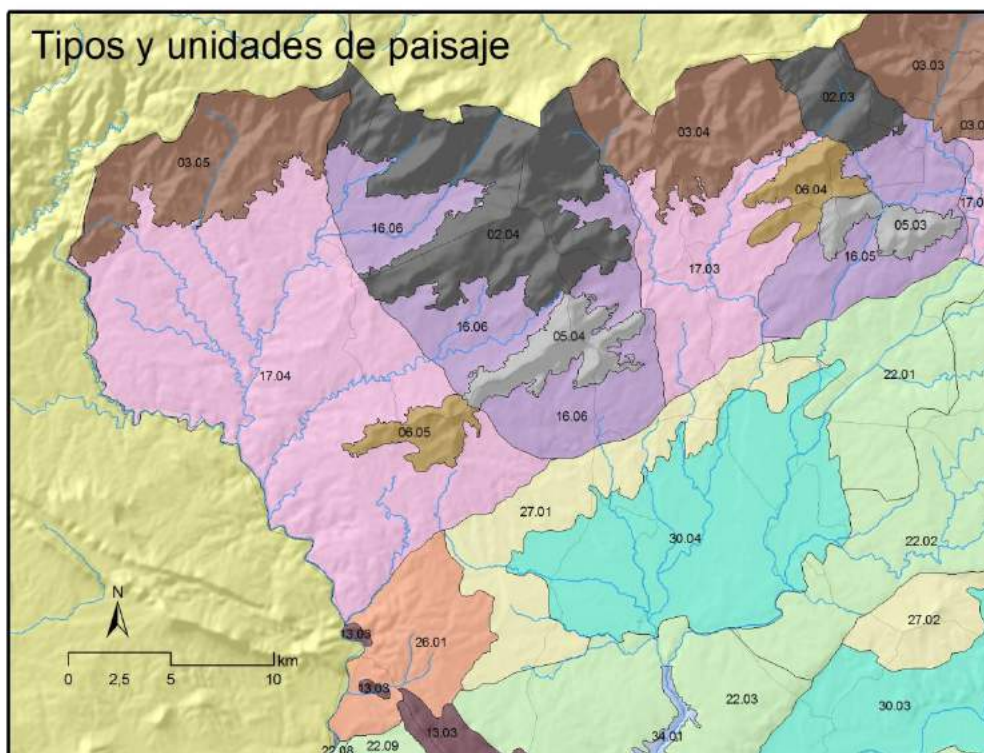


Figura 8. Dominios de paisaje de Extremadura: tipos y de unidades de paisaje. Detalle.

5. EL MAPA DE PAISAJE EN LA IDEEX.

Para facilitar la difusión de los trabajos relacionados con el paisaje, las capas cartográficas relacionadas mismo son accesibles como *Temáticos* en el Visualizador de datos cartográficos de la Infraestructura de Datos Espaciales de Extremadura, (IDEEEx: <http://www.ideextremadura.es/Geoportail/>).

Pueden encontrarse dos carpetas con fechas de referencia distintas:

-*Paisaje 2003*. Contiene la información procedente del Atlas de los Paisajes de España (Mata Olmo, R. y Sanz Herráiz, C., 2003)

-*Paisaje 2014*. Recoge la información del Mapa de Paisaje de Extremadura, ampliando el nivel de detalle y la lectura específica del ámbito extremeño.

Una vez seleccionada y cargada para su visualización la capa correspondiente, Dominios o Tipos de paisaje, mediante la petición de información sobre la capa activa se despliega una pestaña que incluye el vínculo al pdf descriptivo del dominio o tipo de paisaje sobre el que se hace la consulta, archivo derivado de las publicaciones realizadas por la DGTOTU (VV.AA, 2014).



Figura 9. IDEEX. Visor de mapas. Temáticos: Paisaje (Dominios).



Figura 10. IDEEX. Visor de mapas. Temáticos: Paisaje (Dominios). Consulta de información sobre capa activa.



Figura 11. Ventana de la consulta sobre capa

CUENCAS SEDIMENTARIAS Y VEGAS

El Dominio de paisaje de Cuencas sedimentarias y vegas comprende el conjunto de las cuencas terciarias presentes en la provincia. Los Tipos de paisaje que componen este Dominio forman parte, en su mayoría, de la cuenca sedimentaria del Tajo, aunque también hay presencia en Cáceres de Tipos asociados a la del Guadiana.

Se caracterizan por las formas suaves de su relieve sobre materiales sedimentarios, lo que ha motivado su secular aprovechamiento otorgándole un carácter agrícola casi en exclusividad. Presentan, además, variantes que han dado lugar a la identificación de distintos Tipos de paisaje.

Las *Figuras de la meseta del Tago y Faja del Guadiana* se localizan en la zona central de las grandes cuencas terciarias del Tajo y el Guadiana. Se trata de las llanuras aluviales de los ríos principales, que circulan más o menos sinuosos por los fondos de valle, caracterizados por un escaso encajamiento en estas zonas. Se perciben como amplias y suaves planicies, escalonadas, ligeramente incluídas y recubiertas de cantos, sobre las que se desarrollan los extensos regadíos característicos. Si bien están documentados desde la época musulmana, la mayor parte de los que actualmente se aprovechan corresponden a actuaciones realizadas por el régimen franquista entre los años 40 y 70 del pasado siglo. La puesta en marcha de una extensa red de canales, acueductos y otras infraestructuras de riego, la ordenación parcelaria y de la red de caminos, y el establecimiento de nuevas poblaciones (los llamados *peñales de colonización*) generaron cambios paisajísticos que han perdurado hasta la actualidad.

Los Tipos de paisaje *Planicies y Areas de Campo Abiertas*, *Bordes de sierras, zonas y sierras*, y *Campitales de la meseta del Guadiana*, aparecen bordeando las vegas, con aspecto de llanuras y relieves suavemente alomados, sobre sustratos de rocas sedimentarias. Se trata mayoritariamente de antiguas terrazas más o menos erosionadas que, a pesar de su modesta altura, destacan sobre las llanuras aluviales. Una de las diferencias más relevantes con las vegas es que aquí, los regadíos son prácticamente inexistentes y aparecen zonas donde el aprovechamiento agrícola es secundario o, incluso, inexistente.

Completa este Dominio de carácter sedimentario, el Tipo de paisaje *Rutas y bordes de sierras*. Forman amplias superficies de escasa pendiente, con forma de rampas, que se desarrollan principalmente al pie de las sierras. Esas amplias plataformas se expanden, a modo de grandes conos o abanicos aluviales, desde una serie de cortados (*portillos*) que interrumpen las crestas cuarcíticas montañosas, conectando los bordes de las cabeceras con los relieves de sierras próximas.

En otras ocasiones, rellenan antiguos fondos de valles homogeneizando el relieve. Cuando esto último sucede, las rutas se encuentran habitualmente encajadas por la red fluvial actual; es decir, cortadas por barrancos. Quedan por tanto colgadas en el paisaje, originando extensas mesas planas. Las formas de abanicos que salen de los *portillos*, al ser inundadas por los arroyos, producen morfologías dignas muy peculiares. Esta particular fisonomía, el color del suelo y los usos mayoritarios que se aportan, los diferencian claramente del Dominio de paisaje *Platocosta*.

FICHAS DESCRIPTIVAS CUENCAS SEDIMENTARIAS Y VEGAS 45

Figura 12. Ficha (pdf) desplegada de la ventana de consulta

6. CONCLUSIONES.

Desde hace unos años en torno al paisaje se ha suscitado un enorme interés y diferentes acercamientos encaminados hacia su definición y conceptualización. La riqueza y complejidad del concepto es considerable y los acercamientos, asimismo, muy contrastados.

Con las limitaciones derivadas de la escala con que se aborda el reconocimiento de los paisajes, el Mapa de Paisaje de Extremadura permite extraer algunas claves de lectura interpretativa y poder ser usado como base metodológica para lecturas y abordajes temáticos o tipificaciones territoriales más detalladas como estudios comarcales o ambientales.

En todo caso, asumiendo aspectos de la Convenio del Paisaje, desde la Dirección General de Ordenación del Territorio y Urbanismo (DGOTU) se trabaja en la integración del paisaje en la planificación (diversas escalas), así como en políticas regionales e instrumentos sectoriales diversos.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.

-Garzón Heydt, G. (2010): Geomorfología y paisaje extremeño. En: Muñoz Barco, P. y Martínez Flores, E. (Coord.), *Patrimonio Geológico de Extremadura: Geodiversidad y Lugares de Interés Geológico*. Junta de Extremadura, Mérida, pp. 71-95.

-Lozano, J. 2004. *Eduardo Hernández-Pacheco y Estevan (1872-1965). Apuntes biográficos y obra científica*. I.E.S. "Hernández Pacheco". Cáceres, 130 pp.

- Mata Olmo, R. y Sanz Herráiz, C. (2003): *Atlas de los paisajes de España*. Ministerio de Medio Ambiente. Madrid.

-Martínez de Pisón, E. (coord.) 1977. *Los paisajes naturales de Segovia, Ávila, Toledo y Cáceres*. Instituto de Estudios de Administración Local. Madrid, 246 pp.

-Tejedor, M., et al. (2014): La cartografía geomorfológica de síntesis como base para estudios de paisaje en Extremadura. En: Schnabel, S. y Gómez Gutiérrez, A. (Ed.), *Avances de la Geomorfología en España 2012-2014. XIII Reunión Nacional de Geomorfología*. UEX-SEG, Cáceres, pp.389-392.

-VV.AA. (2014): *Dominios paisajísticos de las Tierras del Gran Lago de Alqueva*. Badajoz. Gobierno de Extremadura. Mérida, 150 pp.

-VV.AA. (2014): *Paisajes del ámbito de influencia del Tajo Internacional*. Cáceres. Gobierno de Extremadura. Mérida, 174 pp.

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

Ana Nieto Masot¹, Celeste García Paredes² y Gema Cárdenas Alonso³

¹Universidad de Extremadura, Dpto. de A. y Ciencias del Territorio, Av. de la Universidad, s/n, 10003, Cáceres. ananieto@unex.es

²Universidad de Extremadura, Dpto. de A. y Ciencias del Territorio, Av. de la Universidad, s/n, 10003, Cáceres. celeste@unex.es

³Universidad de Extremadura, Dpto. de A. y Ciencias del Territorio, Av. de la Universidad, s/n, 10003, Cáceres. gemacardenas@unex.es

RESUMEN

En el presente estudio se plantea una metodología de trabajo que tiene como objetivo detectar las áreas más envejecidas de la región de Extremadura a detalle infra-municipal y la organización de los recursos sanitarios y socio-sanitarios con el objetivo de localizar las áreas que presentan una adecuada organización y otras donde su distribución no es tan óptima. Para poder determinar la distribución del envejecimiento demográfico se emplearán los últimos datos demográficos a escala de secciones censales y para la organización de los recursos sanitarios y socio-sanitarios la localización de los hospitales, residencias y centros de día.

Con este planteamiento, se revisará la accesibilidad de la población mayor a estos recursos repartidos por todo el territorio extremeño, se relacionará con el grado de envejecimiento a través de los indicadores más convenientes, la tipología de la oferta de plazas (pública o privada), su grado de ocupación y la zona socio-sanitaria a la que pertenece.

Se utilizarán técnicas de análisis de redes, métodos de interpolación y correlación de variables para comprobar si es adecuada esta distribución y oferta de servicios sanitarios y socio-sanitarios y detectar posibles zonas con conflictos.

Palabras Clave: envejecimiento demográfico; recursos sanitarios y socio-sanitarios; secciones censales; Extremadura.

ABSTRACT

In this study, a methodology that aims to identify the most aged areas of the region of Extremadura to infra-municipal scale and organization of health and socio-health resources in order to locate areas that present raises a proper organization and others where its distribution is not as optimal.

To determine the distribution of demographic aging recent it used the demographic data of census tracts and for the organization of health care resources and social and health the location of hospitals, nursing homes and day centers.

With this approach, it analyze the accessibility of the population to these resources scattered in Extremadura territory, will relate to the degree of aging through the most convenient indicators, the typology of the number of places (public or private), their degree of occupation and socio-sanitary zone to which it belongs.

It used Network analysis techniques, interpolation methods and correlation of variables will be used to check it is appropriate this distribution of health services and social health and identify potential areas of conflict.

Key Words: population aging; health and social resources; census tracts; Extremadura.

1. INTRODUCCIÓN

El aumento de la esperanza de vida, la prolongación de la longevidad y en consecuencia la ampliación de la edad media de los países desarrollados a nivel mundial (Gómez, 1995; Abellán y Pujol, 2015; Casselli y Egidi, 1981; Bourgeois-Pichat, 1985; United Nations, 2013) y si, se le añade además una reducida tasa de natalidad y un aumento de edad en la fecundidad, incide en el incremento del envejecimiento de la estructura poblacional de estas sociedades como ocurre más concretamente, en el caso de la región extremeña (Nieto y Rodríguez, 2015).

Estos cambios son motivos más que suficientes que conducen a tratar de delimitar el envejecimiento y tratar de localizar las áreas urbanas y rurales más afectadas por este proceso demográfico en la región de estudio, en este caso Extremadura. Debido a las necesidades que va a plantear esta población mayor en cuanto a usos de recursos diferentes a una población más joven: atención hospitalaria, residencias y centros de día como lugares de alojamiento. Por ello, el segundo planteamiento de este estudio es analizar la distribución territorial tanto de los hospitales como de las residencias geriátricas y los centros de día.

Se pretende también localizar las áreas de nuestra región más envejecidas y con un predominio de una estructura de la población marcada por una escasa representación del colectivo de menores. Por ello, se mostrará la composición y distribución estructural y espacial de las personas mayores de Extremadura, y se elaborará una cartografía que represente fielmente los distintos grados de envejecimiento y su localización por el territorio extremeño.

En cuanto a la distribución de la población y localización de los núcleos más envejecidos, se parte de la premisa de que son los municipios que están menos poblados y con escaso desarrollo económico los que padecen en la actualidad un fuerte proceso de envejecimiento (Abellán, 2000). Los municipios menos poblados registran unas bajísimas tasas de natalidad y unas tasas de mortalidad que van en ascenso, debido a la concentración del mayor número de defunciones en las edades más avanzadas como consecuencia del propio proceso de envejecimiento demográfico. Estos pequeños municipios no sólo deben afrontar este problema demográfico, sino que deben hacer frente a su débil estructura económica, en muchas ocasiones muy dependiente aún de la agricultura, que se convierte en la principal causa de la emigración de la población joven y activa. Esta precaria situación del medio rural desemboca en la pérdida de representación del grupo de población menor, acelerando aún más el proceso de envejecimiento y contribuyendo al descenso de la población rural (García y Nieto, 2015).

La región extremeña presenta unas ciertas peculiaridades territoriales vinculadas a su gran extensión superficial y al escaso número de habitantes que alberga. Con su millón cien mil personas distribuidas en 385 municipios -según los datos del último Censo de Población de 2011- evidencia una distribución desigual de su población, donde tan solo siete núcleos superan los 20.000 habitantes y albergan a un total de 443.016 individuos, lo que representa el 40 % del total de la población. Es una región con una alta tasa de envejecimiento dentro del contexto nacional (19,2% regional frente al 17,7% medio nacional) y con una densidad muy inferior a la media nacional (26,6 hab/km² en relación con 93,6 hab/km² de la media nacional), presentando además un cierto desajuste interno de la población de manera que la tendencia general, a lo largo del siglo pasado y principios del presente siglo, ha sido el decrecimiento constante del grupo de menores, la estabilización del grupo de adultos y el incremento del colectivo de mayores (Nieto y Rodríguez, 2015).

Esta población envejecida y localizada principalmente en las áreas rurales demanda principalmente tres tipos de recursos: hospitales, residencias y centros de día. En las residencias la población mayor puede tener mayor o menor grado de autonomía, la atención de enfermedades degenerativas, etc., mientras en los centros de día se suele atender a la población mayor con un menor proceso degenerativo, que no necesita tantos cuidados especiales y que utiliza esos recursos para obtener una mejor calidad de vida, como ayuda en la actividad diaria, rechazo a la soledad, cuidados de comida, etc. en ausencia de su entorno familiar. La red de Hospitales también es fundamental porque se ha postulado que el uso de los servicios hospitalarios (García, y Col. 1996) se encuentra relacionado con los niveles de edad de la población, siendo los mayores de edad los que los demandan en mayor proporción. Desde la Administración Autonómica se ha diseñado una red de centros públicos, que se complementarán con la oferta privada para atender a esta demanda. En este estudio se analizarán los centros públicos siguiendo las directrices de la Ley 10/2001, de 28 de junio, de Salud de Extremadura, donde se establecía como un derecho fundamental de nuestro territorio tener un Sistema Sanitario y Socio-Sanitario

eficaz, eficiente y que posibilitara la equidad en el acceso a sus servicios por parte de todos los extremeños.

Los objetivos específicos de este trabajo han sido:

- ✓ Conocer la realidad socio-demográfica regional, a través del análisis de una serie de indicadores representativos de la estructura de la población: esperanza de vida, grupos de edad, distribución de la población, etc.
- ✓ Localizar a la población más envejecida (mayores de 65 años) por ser el grupo poblacional con mayor demanda potencial de este tipo de servicios. En el caso particular de la región extremeña, la mayoría de estas personas suele residir mayoritariamente en los municipios de menor entidad (<2.000 habitantes), mientras que los principales equipamientos de atención sanitaria y socio-sanitaria (residencias y centros de días) se encuentran ubicados en los centros de actividad socioeconómica regional más relevantes (>20.000 habitantes).
- ✓ Realizar un análisis integral entre el envejecimiento demográfico, el desarrollo económico y el diseño de la red de hospitales y centros socio-sanitarios en Extremadura y detectar las posibles deficiencias del mismo.

Todos los datos utilizados proceden de instituciones oficiales españolas. Son el Mapa Oficial de Carreteras de 2013 del Ministerio de Fomento para obtener la accesibilidad a los recursos socio-sanitarios, la localización de los mismos del Portal Mayores del CSIC (<http://sigmayores.csic.es/visor/visor.html>), los datos de ocupación, tipología y oferta de plazas proporcionados por el SEPAD del Gobierno de Extremadura del año 2013, la cartografía de secciones censales del Instituto Nacional de Estadística, los datos del Censo de Población del 2011 y los datos económicos del Atlas Socioeconómico 2014 que edita la Junta de Extremadura. La escala de trabajo será a nivel de sección censal.

Como herramientas de trabajo se utilizó el Sistema de Información Geográfica ArcGis 10.2, sus extensiones de Geostatistical, Spatial Analyst y Network Analyst y las herramientas de procesamiento para la preparación de las fuentes de información cartográfica que se codificaron y los diferentes análisis espaciales y estadísticos.

2. METODOLOGÍA

El primer estrato de información se obtuvo de la cartografía de secciones censales del Instituto Nacional de Estadística. Se decidió realizar el análisis a escala de sección censal debido a las peculiaridades del territorio extremeño, con una presencia destacada de municipios con gran extensión superficial donde coinciden el núcleo principal, las entidades menores de población y las pedanías alejadas en algunas ocasiones por decenas de kilómetros, en comparación con el modelo territorial de otras regiones españolas. Junto con esta cartografía a nivel de detalle, el INE a través de la publicación del último Censo de Población de 2011 ha distribuido una serie de indicadores sociodemográficos a nivel inframunicipal, como el total de la población, la distribución de la población por grandes grupos de población, la nacionalidad, el nivel de estudios, estado civil, tipo de vivienda, tamaño de las viviendas, generaciones por hogares, etc. Algunas de las variables que son de nuestro interés es la distribución de la población por grandes grupos de edad por secciones censales para calcular índices específicos del proceso de envejecimiento, como son: el índice de vejez, de envejecimiento, de dependencia total, y de dependencia de mayores (Abellán, 2000; Pérez, 2006), con el fin de detectar las secciones que presentan un mayor grado de envejecimiento principalmente en los municipios con menos de 2.000 habitantes.

El segundo estrato de información cartográfica lo conforman puntos que representan la localización de los hospitales, residencias y centros de día de Extremadura. Esta información se ha obtenido del Portal de Mayores del CSIC y se ha actualizado con datos del 2013 facilitados por el Servicio Extremeño de Promoción de la Autonomía y Atención a la Dependencia (SEPAD) (se han geo-referenciado nuevas entidades al tener la dirección exacta de estos centros). Se ha asignado a las 969 secciones censales de Extremadura el número de hospitales, residencias y centros de día públicos, el número de plazas, ocupación y procedencia. Para que los centros sanitarios y socio-sanitarios tengan la informa-

ción de la sección censal a la que pertenecen se utiliza la herramienta *Asignar datos por localización espacial*. Después, la capa de secciones censales se agrupa por código de sección, mediante la herramienta *Dissolve*, donde se suman el número de plazas, ocupación, concierto, si son de la localidad, etc. por sección.

La tercera capa de información, se ha obtenido al asignar tres indicadores económicos para completar esta información: PIB, Indicador de Actividad Económica y la Tasa de Paro, que se añade con el Código de Municipio y mediante una unión de tablas por ID común el mismo dato a todas las secciones pertenecientes a un mismo municipio. La Fuente de Información eran los datos del Atlas Socioeconómico 2014.

2.1. Análisis de redes- Accesibilidad a los recursos

Se ha añadido la accesibilidad a los recursos sanitarios y socio-sanitarios utilizando el método de análisis de redes y la teoría de grafos. Es necesario conocer si la distribución de los mismos es homogénea, y si existe una buena red de comunicaciones en el territorio extremeño que permita a la población envejecida un rápido acceso. Los grafos son una colección de nodos, en este estudio los hospitales, las residencias y los centros de día y los respectivos núcleos de población, conectados por aristas, en este caso las diferentes vías de comunicación. Lo esencial es a qué nodo está unida cada una de las aristas, no tanto la forma de las aristas, ni la posición de los nodos (Nieto y Rodríguez, 2015).

Por ello, primero se calculó el tiempo de desplazamiento mínimo desde cada núcleo de población al recurso socio-sanitario más cercano porque la variable “tiempo” ha pasado a ser un elemento de mayor interés para el análisis de la movilidad y el acceso a los servicios, situándose por encima de la “distancia” (Albertos, 2007). El método utilizado para el análisis de redes ha sido *Closest Facility*, como la herramienta más adecuada para calcular el tiempo mínimo de acceso desde un punto a otro (desde los 537 núcleos de población a los distintos recursos sanitarios y socio-sanitarios¹). Es una herramienta que crea una capa de análisis de la instalación más cercana, en concreto una capa lineal de “rutas” que ofrece, para cada núcleo de Extremadura, cuál es el tiempo que se tarda desde los mismos, sobre la red, en acceder al hospital, residencia o centro de día más cercano. Para conocer cuál es el tiempo mínimo de acceso a estos recursos la información alfanumérica ha sido procesada como base de datos, obteniendo una tabla con los núcleos principales extremeños y su tiempo mínimo de acceso a cada recurso.

Para la representación cartográfica de esta información, se ha asignado la misma a la capa de puntos de los núcleos de población de Extremadura, empleando a continuación el método de interpolación *IDW*, con el que se interpola a una superficie raster a partir de puntos utilizando una técnica de distancia inversa ponderada (*Inverse Distance Weight*). Se trata de un método de interpolación determinístico, el cual asigna valores a las ubicaciones basándose en los valores medios circundantes y en fórmulas matemáticas específicas que determinan la suavidad de la superficie resultante. La interpolación mediante distancia inversa ponderada determina los valores de celda a través de una combinación que determina el peso linealmente de un conjunto de puntos de muestra (en este caso, por ejemplo, la capa de puntos con los tiempos mínimos de acceso de los núcleos extremeños a los hospitales). Con este método de interpolación, la variable que se representa cartográficamente disminuye su influencia a mayor distancia desde su localización, es decir, al interpolar la superficie con información de la ubicación de equipamientos sanitarios o educativos, su ubicación más distante tendrá menos influencia puesto que es más probable y lógico que las personas accedan a los más cercanos y a los que menor tiempo conlleven en el desplazamiento, o por el contrario, cuanto más cerca está un punto del centro de la celda que está estimando, más influencia o peso tendrá en el proceso de cálculo del promedio (Watson y Philip, 1985). La fórmula de distancia inversa ponderada es la conocida como “método Shepard” (Shepard, 1968), cuya ecuación es:

$$F(x, y) = \sum_{i=1}^n w_i f_i$$

donde n es el número de puntos de dispersión en el conjunto, f_i son los valores de las funciones establecidas en los puntos de dispersión y w_i son las funciones de ponderación asignados a cada punto de dispersión. La fórmula de peso:

¹ Se incluyen entidades de población principal o cabeceras municipales, entidades locales menores y pedanías.

$$w_i = \frac{h_i^{-p}}{\sum_{j=1}^n h_j^{-p}}$$

donde p es un número real positivo arbitrario llamado parámetro de potencia (típicamente, $p=2$) y h_i es la distancia desde el punto de dispersión para el punto de interpolación o

$$h_i = \sqrt{(x - x_i)^2 + (y - y_i)^2}$$

donde (x,y) son las coordenadas del punto de interpolación y (x_i, y_i) son las coordenadas de cada punto de dispersión. La función de peso varía de un valor de unidad en el punto de dispersión a un valor cercano a cero a medida que la distancia aumenta el punto de dispersión. Las funciones de ponderación se normalizan de modo que la suma de los pesos a la unidad.

El efecto de la función de peso es que la superficie interpola cada punto de dispersión y está influenciada más fuertemente entre los puntos de dispersión por los puntos más cercanos al punto de ser interpolados.

Esta información se obtiene como una capa raster con la distancia de los núcleos de población a cada una de los recursos sanitarios y socio-sanitarios. En el paso siguiente se transforma en valores vectoriales y se añaden por localización espacial a las secciones censales (ver los resultados en la figura 2).

2.2. Análisis estadístico- Análisis de Componentes Principales.

El análisis estadístico empleado ha sido el Análisis de Componentes Principales para estudiar la distribución y oferta de servicios sanitarios, socio-sanitarios, el tamaño de la población, el envejecimiento demográfico y los indicadores económicos de paro, PIB y Actividad Económica y detectar si existe una adecuada organización territorial de estos recursos encaminados a cubrir las necesidades de las personas mayores y sus relaciones espaciales con las diferentes variables de contexto. El análisis multivariante permite descubrir las relaciones causa-efecto, como un método causal y explicativo de unas variables en las que intervienen factores externos (Uriel, E., 1995). Se trata de una técnica cuyo objetivo es obtener nuevas variables, denominadas componentes, como combinación de las variables interrelacionadas entre sí por relaciones de causalidad (Peña, 2002). A través del análisis de componentes principales se pretende determinar el grado de correlación entre estas variables para identificar estructuras territoriales con diferentes comportamientos en cuanto a la gestión de estos recursos.

Para realizar este análisis se han tomado varias decisiones como:

a) las variables de hospitales, residencias y centros de día son variables absolutas, por lo que, y para poder equiparar la oferta de recursos sanitarios y socio-sanitarios en todas las entidades de población, sin tener en cuenta el tamaño del mismo pero sí su grado de envejecimiento, se han codificado en variables por cada 100 mayores de 65 años.

b) se han calculado 48 variables que se introdujeron en el software SPSS 22 para realizar el análisis de componentes principales. De la matriz original, se han ido depurando por su bajo nivel de significación hasta llegar al número definitivo de variables, en total 16 (consultar las variables definitivas en la tabla 2).

c) se eliminan el número total de hospitales, residencias y de centros de día porque el dato que es definitorio en el sistema extremeño es el número de plazas, debido a que existen gran número de centros pero con una oferta mínima de plazas en el caso de los recursos socio-sanitarios y en el extremo opuesto, en el caso de los hospitales (pocos en cantidad donde se acumulan las plazas y recursos más especializados).

d) se han eliminado variables como las plazas de autónomos en residencias y centros de días al estar muy correlacionadas con las plazas de dependientes, las plazas de residentes de otras comarcas o la de la región para poder contemplar el grado de ocupación de residentes de la zona en los recursos socio-sanitarios.

e) se eliminaron las variables que tenían poca explicación como la edad de los residentes, la tasa de paro y el PIB. Se mantuvo el Índice de Actividad Económica porque daba mayor explicación que el

PIB y mantener los dos podría alterar el sistema.

f) se ha introducido el Método KMO, obteniéndose un valor de 0,606 y demostrando la fiabilidad del análisis, la regla de extracción serían las raíces mayores a 1 y se utilizó el método de transformación Ortotran/Varimax.

Las características definitivas del ACP son (Tabla 1):

Tabla 1. Características técnicas del ACP

Número de variables	16
Número de elementos	970 secciones censales
Procedimiento Factor	Análisis de Componentes Principales
Regla de Extracción	Raíces Mayores a 1
Método de Transformación	Ortotran/Varimax
Número de Factores	6

3. RESULTADOS

Los resultados obtenidos se van a analizar en tres grandes apartados, localización del envejecimiento demográfico, accesibilidad a los recursos y la adecuación de la oferta de recursos sanitarios y socio-sanitarios a esta distribución, analizada con el método de Análisis de Componentes Principales.

En la **Figura 1** se obtiene la localización de la población, el índice de envejecimiento y la actividad económica por secciones censales. Se aprecia cómo en las áreas más pobladas los índices de envejecimiento son más bajos, mientras que en los núcleos más rurales estos índices se disparan, concretamente en estas zonas el índice de envejecimiento alcanza valores que superan el 35 % (donde la población anciana supone más de un tercio de la población total). Los resultados obtenidos demuestran cómo el proceso de envejecimiento demográfico está mucho más extendido en la provincia de Cáceres que en la de Badajoz. En la provincia de Cáceres son las áreas de montaña (Villuercas, Montánchez; Sierra de Gata; Sierra de San Pedro y las comarcas del Sistema Central), junto a las áreas limítrofes ubicadas en el Este de la provincia de Badajoz, como La Siberia, La Serena y Campiña Sur son las más envejecidas de Extremadura.

Todos los territorios mencionados de la provincia de Cáceres se encuentran enclavados en zonas montañosas, que son áreas tradicionalmente de expulsión de la población por la falta de oportunidades laborales debido a las malas condiciones agropecuarias y a la inexistencia de una red empresarial. Eso sí gracias a su gran atractivo paisajístico se han convertido en zonas muy demandadas por el turismo de naturaleza, que han aprovechado las ayudas provenientes de los fondos europeos de desarrollo rural para invertir en alojamientos rurales de todo tipo, convirtiéndose en una fuente de ingresos complementaria (Nieto y Gurría, 2008). Las áreas más envejecidas de Badajoz están caracterizadas por su agricultura de secano y por la ganadería ovina y porcina, poco rentables y con escasos beneficios en algunos casos, pero que han encontrado una rama muy productiva como son las industrias de transformación agroalimentarias especializadas en los productos derivados de la leche de oveja, el porcino o el procesado del corcho.

Por grandes zonas los municipios más dinámicos se enclavan en las Vegas Bajas y Altas del Guadiana, en Tierra de Barros y Jerez-Sierra Suroeste en la provincia de Badajoz. En la provincia de Cáceres es en las Vegas del río Alagón y del Tiétar y en los alrededores de las grandes ciudades como Cáceres, Plasencia y Navalmoral de la Mata donde se ubican los municipios que presentan cierta vitalidad demográfica. Se trata de zonas donde la agricultura intensiva de regadío y la industria de transformación agroalimentaria está muy extendida, y que se localizan junto a las grandes ciudades de Extremadura (Badajoz, Cáceres, Mérida, Plasencia, Don Benito, Almendralejo y Villanueva de la Serena) que ejercen de polos centrales de prestación de servicios a la población autóctona. Es donde se sitúan las zonas demográficas y económicas más dinámicas de toda la región. De este grupo también forman parte algunos municipios de las sierras del Norte de la provincia de Cáceres (situados en las comarcas del Valle del Jerte, La Ver y Ambroz, principalmente), que gracias a la especialización del cultivo de cerezas, de tabaco, olivos y productos derivados de la miel, la madera y la piel, junto a un turismo rural

que lleva tras él la creación de nuevos alojamientos están empezando a generar una red empresarial incipiente en estas zonas caracterizadas hasta hace unas décadas por el aislamiento propio de las zonas de montaña (Nieto y Gurría, 2010).

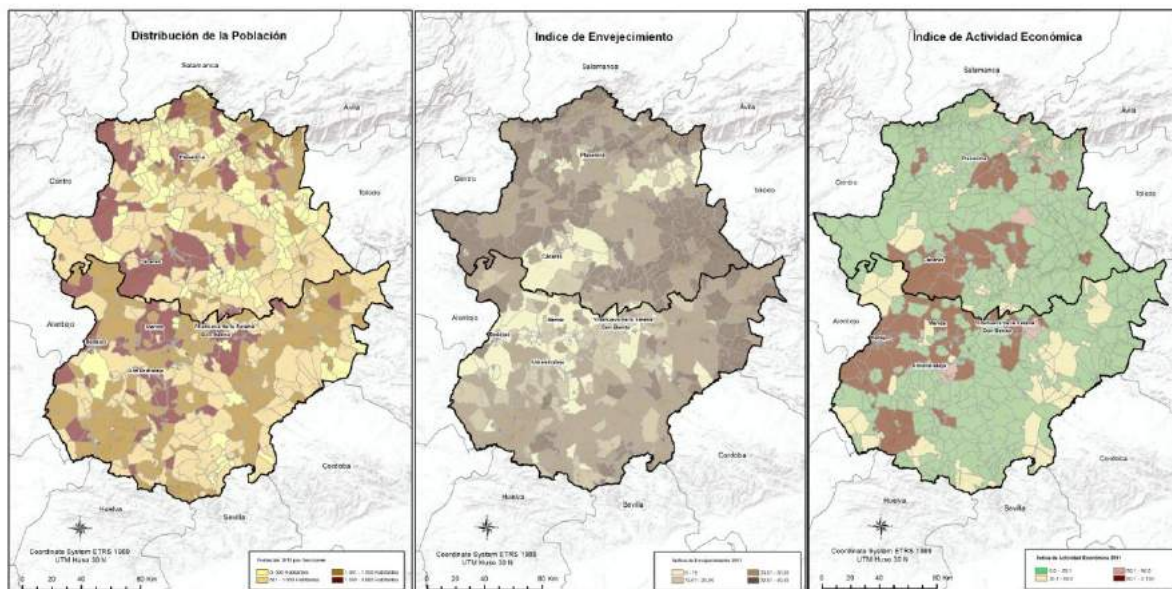


Figura 1. Distribución de la población, del índice de envejecimiento y del índice de actividad económica en Extremadura por secciones censales (2011). Fuente: Elaboración propia.

En el segundo bloque de resultados obtenido con los análisis de redes se comprueban diferencias en la accesibilidad de los tres recursos (Figura 2):

1. El tiempo de acceso a hospitales es el que presenta peores resultados, el 58 % de las secciones se encuentran a una distancia superior a 15 minutos, y de ellas la mitad a distancias superiores a 30 minutos (un 50 y un 16 % respectivamente). Se encuentran divergencias en cuanto a la tipología de estos centros, localizándose cuatro grandes hospitales en los principales núcleos de población (Badajoz, Cáceres, Mérida, Plasencia y Don Benito-Villanueva) y una red menor de los mismos en cabeceras comarcales como Llerena, Navalmoral de la Mata, Zafra, Talarrubias y Almendralejo.

2. El tiempo a las residencias se podría considerar óptimo, donde el 52 % de las secciones se localizan a una distancia menor a 15 minutos (el 82 % de la población extremeña), presentado sólo algunas lagunas en zonas con peor accesibilidad localizadas en zonas de montaña o penillanura y en los extremos de la región y, con todos sus núcleos con menos de 2.000 habitantes. Sin embargo, este análisis es muy simplista debido a que, al comprobar otros elementos del sistema como es la tipología de los centros y el número de plazas que ofertan aparecen deficiencias en la organización territorial socio-sanitaria.

Se comprueba que el tamaño es excesivamente pequeño, existiendo 180 residencias con menos de 50 plazas (de ellas, 110 con menos de 25 plazas). Esta oferta de plazas por zonas deja vacíos en el Este y Sur de la provincia de Badajoz (Campiña Sur, La Serena, y La Siberia), y las Villuercas, las zonas de montaña del Norte y la frontera portuguesa en la provincia de Cáceres, que en su mayoría son escasas para el grado de envejecimiento de estos territorios. Coinciden con los territorios de peor accesibilidad obtenidos con sólo la variable tiempo, siendo los territorios más deprimidos de Extremadura (con menor actividad económica y población más envejecida), núcleos más ruralizados y localizados en las fronteras de la Comunidad Autónoma (Figura 1).

3. En la localización de los 125 centros de día, se obtienen resultados medios, donde el acceso superior a 15 minutos se localiza en el 35 % de las secciones censales (el 56 % de la población). Se amplían las áreas donde existe más dificultad de acceso a los centros de día (si comparamos con el caso anterior, de las residencias), localizándose las de mayor dificultad en la Sierra de San Pedro, Coria y Llanos de Olivenza (los límites de la región con la frontera portuguesa en ambas provincias),

zonas centrales de la penillanura cacereña y la Sierra de Villuercas y en la provincia de Badajoz en La Campiña y La Serena.

También el tamaño de los centros es mínimo, siendo el 60 % centros con menos de 20 plazas (de ellas, 40 con menos de 10 plazas y 26 con menos de cinco plazas) y presentan pocas plazas de Grado II y III de atención a la dependencia (las personas que necesitan mayores cuidados). Por ello, y como en el caso de las residencias la oferta de plazas en centros de día se encuentra escasa en los límites de las fronteras de ambas provincias con Portugal, con Castilla La Mancha y Andalucía, en determinadas áreas de Campiña Sur, La Serena, Badajoz y Tierra de Barros y los núcleos menores de población de las zonas de Cáceres y Mérida.

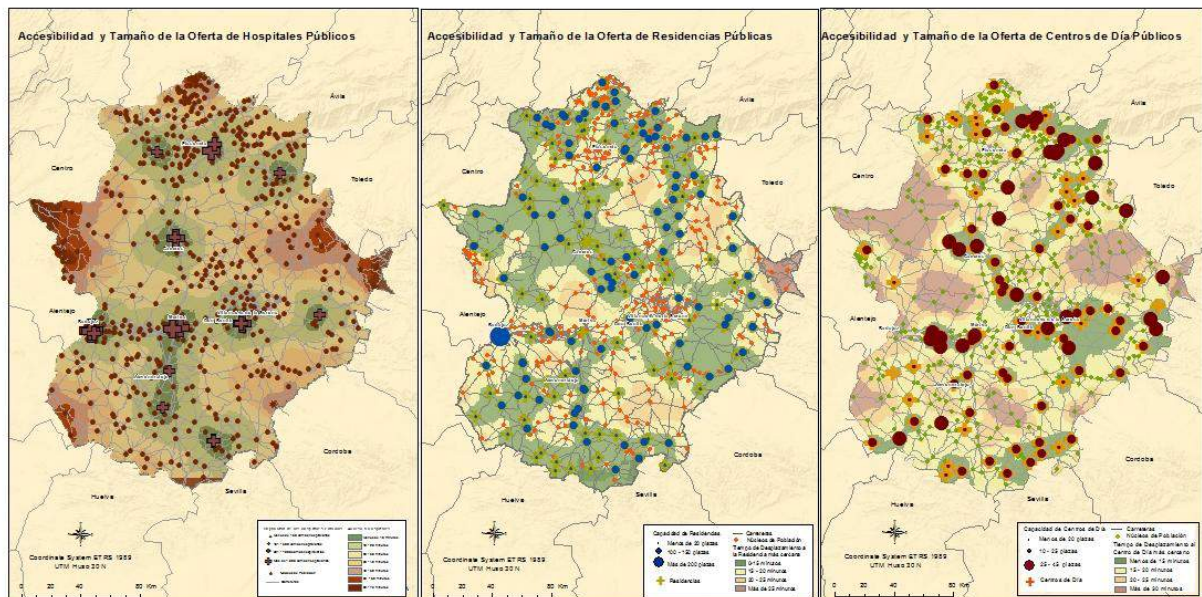


Figura 2. Accesibilidad y tamaño de la oferta de hospitales, residencias y centros de día en Extremadura (2013). Fuente: Elaboración propia.

Por último, en el tercer bloque de resultados, se presenta el análisis de componentes principales donde las variables con mayor factor de explicación están relacionadas con la oferta de plazas y ocupación (más representativas en las residencias que en los centros de día), los índices de Envejecimiento y Dependencia. Sin embargo, ofrecen menor capacidad explicativa las variables de accesibilidad, actividad económica, oferta de plazas de dependientes, oferta de camas de hospitales y el índice de envejecimiento femenino.

Las variables definitivas y su grado de explicación son:

Tabla 2: Variables del ACP y su grado de Extracción (en orden decreciente)

Comunalidades	Extracción
Número de Plazas en Residencias por cada 100 mayores de 65 años	,964
Número de Plazas de Dependientes en Residencias por cada 100 mayores de 65 años	,963
Ocupación de Plazas en Centros de Día por cada 100 mayores de 65 años	,961
Porcentaje de Ocupación de Plazas de Centros e Día de la Localidad	,956
Índice de Envejecimiento	,947
Índice de Dependencia de Mayores	,937
Número de Plazas en Centros de Día por cada 100 mayores de 65 años	,901
Porcentaje de Ocupación de Plazas de Residentes de la Localidad	,863
Ocupación de Plazas en Residencias Privadas por cada 100 mayores de 65 años	,800
Tiempo de acceso en minutos a Centros de Día	,786
Tiempo de acceso en minutos a Hospitales	,763
Tiempo de acceso en minutos a Residencias	,731
Número de Plazas de Dependientes en Centros de Día por cada 100 mayores de 65 años	,715
Índice de Actividad Económica 2013	,689
Número de Camas de Hospitales por cada 100 mayores de 65 años	,665
Índice de Envejecimiento Femenino	,639

Se identifican tres factores que explican el 60 % de la muestra y que están condicionados por las siguientes estructuras (Tabla 3):

Tabla 3: Matriz de Componentes de los tres primeros componentes del Análisis de Componentes Principales de los recursos socio-sanitarios en Extremadura (2013). Elaboración propia.

Matriz de componentes	C1	C2	C3
Índice de Envejecimiento Femenino	,045	,136	-,009
Índice de Envejecimiento	-,347	,690	-,168
Índice de Dependencia de Mayores	-,313	,682	-,157
Índice de Actividad Económica 2013	,183	-,148	,064
Número de Plazas en Residencias por cada 100 mayores de 65 años	,893	,180	-,186
Número de Plazas de Dependientes en Residencias por cada 100 mayores de 65 años	,872	,181	-,149
Ocupación de Plazas en Residencias por cada 100 mayores de 65 años	,737	,068	-,347
Porcentaje de Ocupación de Plazas de Residentes de la Localidad	,649	,069	-,368
Número de Plazas en Centros de Día por cada 100 mayores de 65 años	,836	,251	,319
Número de Plazas de Dependientes en Centros de Día por cada 100 mayores de 65 años	,755	,181	,107
Ocupación de Plazas en Centros de Día por cada 100 mayores de 65 años	,228	,192	,895
Porcentaje de Ocupación de Plazas de Centros de Día de la Localidad	,217	,219	,884
Tiempo de acceso en minutos a Residencias	-,138	,633	,026
Tiempo de acceso en minutos a Centros de Día	-,113	,513	-,077
Tiempo de acceso en minutos a Hospitales	-,193	,788	-,098
Número de Camas de Hospitales por cada 100 mayores de 65 años	,400	-,015	-,242

El componente 1, **mayor oferta y ocupación de recursos socio-sanitarios y sanitarios** presenta

un 31% de la varianza explicada y en sus valores positivos interrelaciona la oferta de plazas, de dependientes y el grado de ocupación de residencias principalmente y, en menor grado, la oferta de plazas y de dependientes en centros de día, y el Índice de Actividad Económica (pero este último con poca explicación). También se correlaciona con el número de camas de hospitales por cada 100 mayores de 65 años. En los valores negativos nos encontramos con los índices demográficos de vejez y el tiempo de acceso.

Localizamos los valores positivos en las secciones censales de los municipios con mayor dinamismo de actividad económica y demográfica y con características urbanas (mayor volumen de población). Los valores superiores se encuentran en las secciones centrales de los municipios de Badajoz, Cáceres, Villanueva de la Serena, Don Benito, Mérida, Almendralejo y Zafra (todos ellos con poblaciones superiores a los 25.000 habitantes, excepto Zafra con 15.000 habitantes y donde se localiza uno de los hospitales de referencia de la región). La oferta de plazas de recursos y su alto grado de ocupación se relaciona con la capacidad económica del municipio y que además sea un núcleo con características urbanas, no que tenga alto grado de envejecimiento, porque esta variable nos aparece en los valores negativos del componente 1, relacionado también con la dificultad de acceso a los mismos. En los valores negativos localizamos las zonas socio-sanitarias de peor accesibilidad y que coinciden con el mayor grado de envejecimiento como son las Villuercas y Zonas de Sierra del Norte de la provincia de Cáceres, La Siberia, Campiña Sur, La Serena y Sierras de San Pedro y Albuquerque en la provincia de Badajoz (Figura 3).

El segundo componente, **zonas con mayor grado de envejecimiento y tiempo de acceso a los recursos sanitarios y socio-sanitarios**, presenta un grado de explicación del 18 %. En los valores positivos aparecen los índices demográficos de envejecimiento y los tiempos de acceso a los recursos socio-sanitarios. En los valores negativos relaciona los índices de actividad económica y oferta de camas de hospitales. Por ello, relaciona en los valores positivos las zonas más envejecidas con las más alejadas a los recursos y en valores negativos una mayor oferta de plazas hospitalarias con el mayor dinamismo económico.

Sus valores positivos tienden a localizarse en las zonas donde lo hacen los negativos del componente 1, con valores más altos en las zonas de Montaña del Norte: Villuercas, Sierra de San Pedro y Montánchez que las zonas de la provincia de Badajoz (La Serena y La Siberia). De la misma manera, los valores negativos se localizan en las zonas más dinámicas de la región, en los núcleos con mayor carácter urbano y mejor accesibilidad (**Figura 3**).

El componente 3, **mayor oferta de plazas y ocupación en centros de día**, muestra un valor de 14,1% de la varianza explicada. En los valores positivos interrelaciona el mayor número de plazas, grado de ocupación y de residentes de la localidad en centros de día, y en menor medida el Índice de Actividad Económica (pero este último con poca explicación). En los valores negativos nos encontramos con los índices demográficos y el tiempo de acceso y, en menor medida otras variables de oferta de plazas de residencias. En este componente tiene mayor peso la oferta de centros de día que de residencias y sigue estando relacionada la oferta de plazas con la capacidad económica y el rango urbano, pero en este caso los valores positivos más altos se localizan en secciones de Badajoz, Almendralejo, Mérida, Cáceres y Villanueva de la Serena. En los valores negativos volvemos a localizar las zonas de peor accesibilidad y de mayor envejecimiento del componente anterior con valores mucho más altos en la provincia de Cáceres que en la de Badajoz (Figura 3).

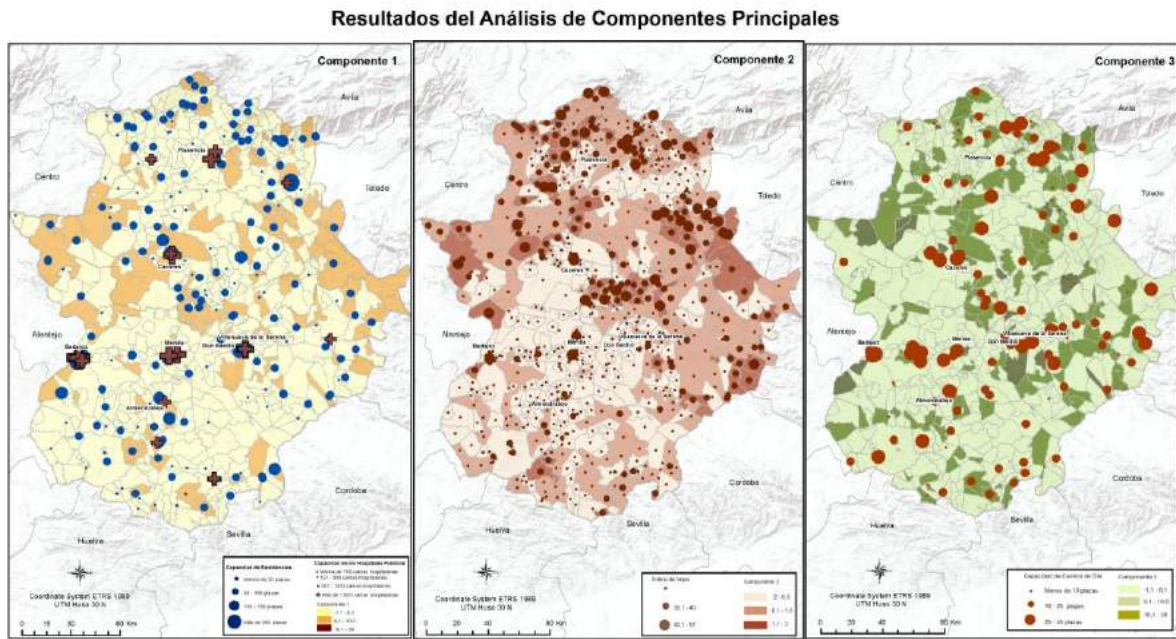


Figura 3. Localización de los tres primeros componentes del Análisis de Componentes Principales de los Recursos sanitarios y socio-sanitarios en Extremadura (2013). Fuente: Elaboración propia.

En la matriz de correlaciones se han detectado las máximas conexiones entre variables, siendo las relacionadas con la localización y oferta de los distintos tipos de recursos sanitarios y socio-sanitarios, por ello, aquellos territorios donde se localizan mayor oferta de plazas de residencias también presentan mayor oferta de plazas de centros de día y de camas hospitalarias (Figura 4). En esta primera correlación hemos cruzado los datos entre la oferta de plazas de residencias por cada 100 mayores de 65 años y la oferta de plazas de centros de día. El resultado es un $R^2 = 0,66$, un dato bastante alto y explicativo teniendo en cuenta que tenemos algunos que provocan distorsiones al sistema, como la secciones censales que no presentan ningún recurso (el 76 % en el caso de las residencias, el 86 % en los centros de día y el 97 % en los hospitales) o aquellas que ofertan un porcentaje superior a la media (secciones centrales de Cáceres y Badajoz donde se localizan las dos residencias principales públicas de Extremadura). Es decir, nuestro modelo tiene una explicación del 66%, cuando aumenta la oferta de plazas en residencias también lo hace en la oferta de los centros de día, se localizan ambas ofertas en las mismas secciones.

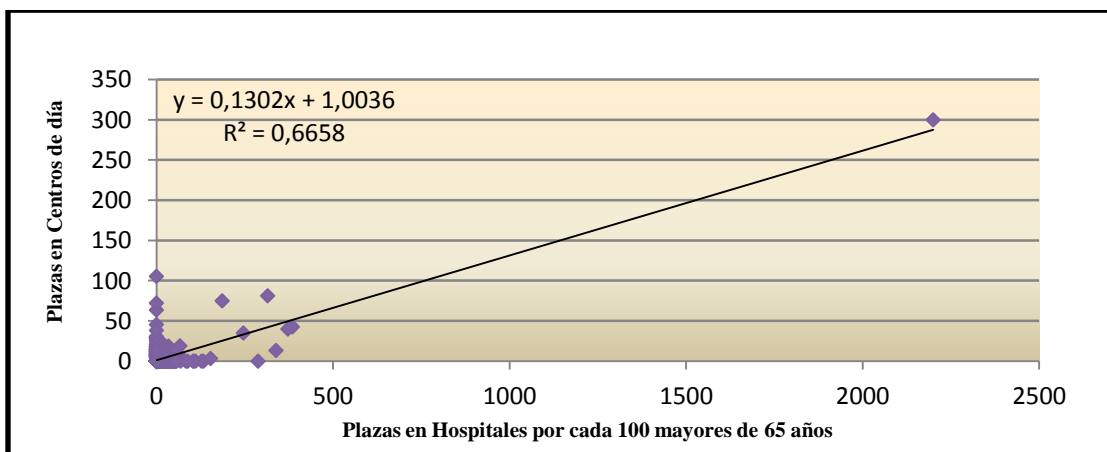


Figura 4: Gráfico de correlación y regresión lineal positiva entre la oferta de plazas de residencias y centros de día en Extremadura. Fuente: Elaboración propia.

Aquellas zonas donde el tiempo de acceso a hospitales es negativo también lo es de acceso a residencias y centros de día, como se puede observar en la Figura 5 con el Gráfico de Correlación entre el acceso a hospitales y residencias. En este modelo el factor de explicación es menor, un 30 %, debido a la diferencia del número de recursos entre una y otra variable (21 Hospitales y 186 residencias).

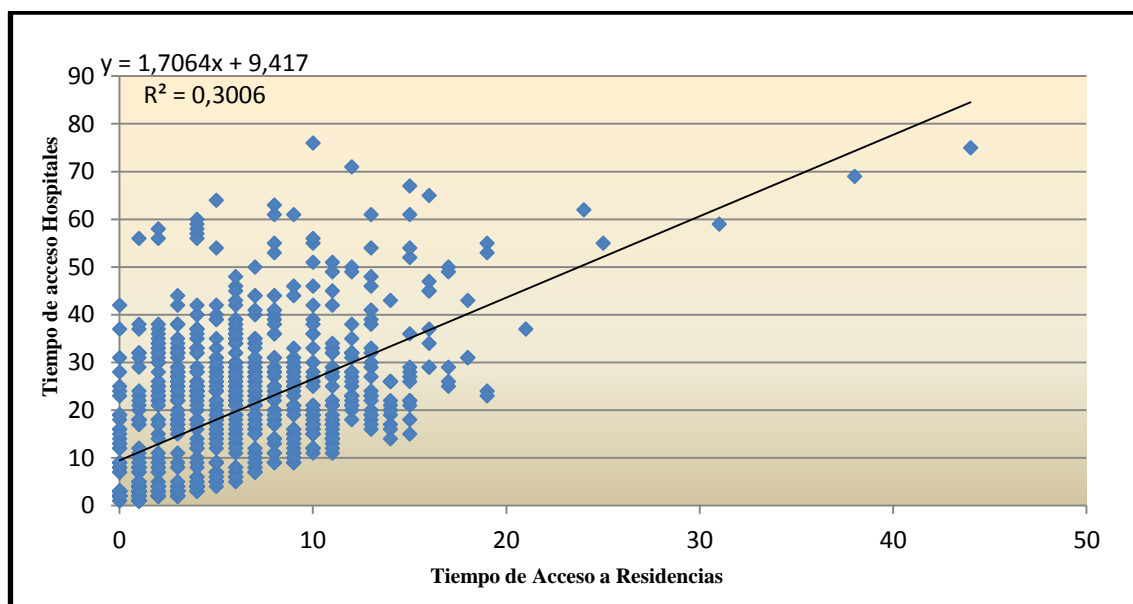


Figura 5: Gráfico de correlación y regresión lineal positiva entre el tiempo de acceso a hospitales y a residencias. Fuente: Elaboración propia.

4. CONCLUSIONES

La metodología de asignación empleada en el presente estudio ha servido para delimitar una cartografía base a escala inframunicipal para toda la región de Extremadura de los recursos sanitarios y socio-sanitarios y sus principales indicadores demográficos y económicos. Se han incluido los indicadores sociodemográficos publicados recientemente por el INE con el último Censo de Población de 2011, lo que nos permitió contar con una información imprescindible a la hora de abordar el envejecimiento demográfico, indicadores económicos del Atlas Socioeconómico de la Junta de Extremadura e indicadores de la localización de los recursos sanitarios y socio-sanitarios y su tipología proporcionados por el SEPAD y el Portal de Mayores del CSIC.

Además, en este trabajo se ha revisado la accesibilidad de la población mayor a los hospitales, residencias geriátricas y los centros de día repartidos por todo el territorio extremeño, utilizando varios análisis de redes mediante las herramientas Closest Facility y el método de interpolación IDW del software SIG ArcGis para determinar el tiempo de acceso al recurso más cercano. Posteriormente con técnicas estadísticas como el Análisis de Componentes Principales y la correlación de todas estas variables se ha analizado la distribución y oferta de servicios para detectar posibles zonas con conflictos y si existe una adecuada organización de estos recursos encaminados a cubrir las necesidades de las personas mayores.

Los resultados obtenidos han permitido fijar los patrones de comportamiento del proceso de envejecimiento demográfico a escala inframunicipal. Son los núcleos más rurales los más afectados por el envejecimiento, ubicándose éstos en las zonas que presentan ciertas limitaciones físicas o agrícolas, como son el norte y noreste de la provincia de Cáceres y el sureste de la provincia de Badajoz. Por el contrario, las áreas con una cierta vitalidad demográfica se localizan en las zonas agrícolas más productivas de cultivo de regadío y secano y, evidentemente en las ciudades más pobladas de nuestra región, que se localizan próximas a las principales vías de comunicación por carretera -de oeste a este:

la Autovía A-5 y de norte a sur: la Autovía Ruta de la Plata- que las convierten en núcleos más accesibles (Nieto y Gurría, 2010).

Se ha comprobado también que sólo en algunas secciones censales de los principales núcleos de población la oferta de plazas se adecua con el grado de envejecimiento y el porcentaje de población mayor residente, sobre todo en Cáceres, Villanueva de la Serena, Don Benito, Mérida y Badajoz. Son secciones que puntúan con altos valores positivos en los componentes 1 y 3, en los que se interrelacionan las variables de oferta de plazas en residencias y centro de día, su grado de ocupación, envejecimiento menor y mayor actividad económica.

Es reseñable destacar el caso de la ciudad de Badajoz: su oferta de plazas residenciales y de centros de día es alta pero la mayoría privadas (80 %) en ambos recursos, pero todavía insuficiente por ser el núcleo con mayor volumen de población de la región (150.000 habitantes). Donde presenta mayor oferta es en el número y entidad de atención hospitalaria. Sus valores son positivos en estos dos componentes pero son menores en comparación con otros territorios extremeños y sobre todo, por el peso que tienen en sus secciones municipales la variable de la actividad económica. En otras secciones de núcleos de población intermedios (entre 5.000 y 20.000 habitantes), como Navalmoral de la Mata, Jaraíz de la Vera, Castuera, Trujillo, Olivenza, Llerena, todos ellos núcleos que actúan como cabeceras comarcales de sus áreas de influencia, la oferta también es óptima pero en menor grado, y sus valores en estos dos componentes se encuentran en el rango entre 0 y 1.

Finalmente, un conjunto de secciones muestran una oferta inadecuada en relación con el envejecimiento de su población y en el análisis de accesibilidad a estos recursos presentando los peores resultados encontrándose núcleos con distancias a centros de día y residencias superiores a 25 minutos y a hospitales a 40 minutos. El grado de adecuación de oferta y demanda en estos municipios es bajo o muy bajo (García y Nieto, 2015). Coinciden con los territorios con mayor grado de envejecimiento como son las Villuercas (dentro de las zonas socio-sanitarias de Campo Arañuelo-Los Ibores y Trujillo), zonas de Sierra del Norte de la provincia de Cáceres, La Siberia, Campiña Sur, La Serena y Sierras de San Pedro y Albuquerque en la provincia de Badajoz. Precisamente por todo ello, son secciones que muestran valores negativos en los tres componentes del ACP.

En definitiva, con el análisis descriptivo y de correlación desarrollado en este trabajo se demuestra la necesidad de plantear una política de ampliación de plazas de titularidad pública tanto en hospitales, como residencias y centros de día en aquellas zonas donde la accesibilidad y la oferta es menor (núcleos de población menores de 2.000 habitantes localizados en zonas de montaña, penillanura y en las fronteras de las provincias de Badajoz y Cáceres), justamente donde la proporción de personas mayores es más alta y donde pueden ser más acuciantes las necesidades a cubrir. Desde un punto de vista organizativo, los recursos analizados deberían estar más eficientemente distribuidos. De la misma manera, una mejora de la oferta de atención geriátrica en algunos núcleos urbanos como Badajoz con excesiva dependencia de la oferta privada parece necesaria a medio plazo.

BIBLIOGRAFÍA

- Abellán García, A. (2000): "El envejecimiento demográfico en España: balance de un siglo", en *Perfiles y Tendencias*, Boletín 1, 6 pp.
- Abellán, A. y Puga, D. (2006): "Las escalas territoriales del envejecimiento", en SEMATA, *Ciencias Sociais e Humanidades*, vol. 18, pp. 121-141.
- Abellán, A. Pujol, R. (2015). Un perfil de las personas mayores en España, 2015. Indicadores estadísticos básicos. Madrid, *Informes Envejecimiento en red no 10*. [Fecha de publicación: 22/01/2015]. <http://envejecimiento.csic.es/documentos/documentos/enred-indicadoresbasicos15.pdf>
- Albertos, J.M. (2007): "Transporte, Movilidad y Sostenibilidad". *Cuadernos de Geografía*, 81-82: 1-6.
- Bourgeois-Pichat, J. (1985): "Recent changes in mortality in industrialized countries". *Health policy, social policy, and mortality prospects*, 41: 507-539.

- Caselli, G. y Egidi, V. (1981): Géographie de la mortalité en Europe: influence de l'environnement et de certains aspects du comportement. Congreso internacional de la población. Ed. Ordina, Manila, pp. 165-204.
- Castro, J.A. y Galindo, M. P. (2000): Estadística multivariante. Análisis de correlaciones. Amarú Ediciones. Salamanca.
- Díaz, P. Vallejo, I. y Ojeda, J. (2012): "Espacialización de datos poblaciones de la provincia de Cádiz a escala de detalle", en XV Congreso Nacional de Tecnología de la Información Geográfica, Madrid, AGE-CSIC, pp. 279-287.
- García Paredes, C. y Nieto Masot, A. (2012): "La situación sociodemográfica actual en el medio rural de Extremadura", en Actas del XIII Congreso de la Población Española: la población en clave territorial: procesos, estructuras y perspectivas, Santander, pp. 249-256.
- García, C. y Nieto, A. (2013): "Distribución y localización de los servicios sociosanitarios en Extremadura: las residencias geriátricas". En Gutiérrez, J.A., Nieto, A., Jaraíz, F.J., Ruíz, E.E., Antón, F.J.: Los Servicios: Dinámicas, Infraestructuras y Cohesión Territorial. Universidad de Extremadura, pp. 181-196.
- García, C. y Nieto, A. (2015): "La organización de la atención sociosanitaria a las personas mayores en Extremadura". Investigaciones Geográficas, 63, pp. 161-178
- Gómez, R. (1995): Vejez prolongada y juventud menguada: tendencias en la evolución de la esperanza de vida de la población española, 1970-1990. Revista española de investigaciones sociológicas, 71-72: 79-108.
- Hair, J., Anderson, R., Tatham, R. y Black, W. (2000): Análisis multivariante. Prentice Hall. Madrid.
- Mateos, P. (2012): "Geovisualización de desigualdades sociodemográficas: nuevas tendencias en la web social", en: La población en clave territorial. Procesos, estructuras y perspectivas de análisis. Actas del XIII Congreso de la Población Española. Santander, Ministerio de Economía y Competitividad, Gobierno de Cantabria, Asociación de Geógrafos Españoles y Universidad de Cantabria, pp. 507-515.
- Mateos, P. (2013): "Geovisualización de la población: nuevas tendencias en la web social", en Investigaciones Geográficas, nº 60, julio-diciembre, pp. 87-100.
- Nieto, A. y Gurría, J.L. (2005): "Análisis de la población de los programas de desarrollo rural en Extremadura mediante sistemas de Información Geográfica", en Cuadernos Geográficos, 36, pp. 479-495.
- Nieto, A. y Gurría, J.L. (2008): "Las políticas rurales europeas y su impacto en Extremadura", en Boletín de la Asociación de Geógrafos Españoles. nº 48, pp. 225-246.
- Nieto, A. y Gurría, J.L. (2010): "El modelo rural y el impacto de los programas LEADER y PRODER en Extremadura (Propuesta metodológica)", en Scripta Nova. Revista Electrónica de Geografía y Ciencias Sociales. Barcelona, nº 340.
- Nieto, A. y García, C. (2014): Análisis del envejecimiento demográfico en Extremadura a escala de detalle: distritos y secciones censales. *XIV Congreso Nacional de Población. Asociación de Geógrafos Españoles*. Universidad de Pablo de Olavide-CSIC- AGE
- Nieto, A. y Rodríguez, V. (2015): "Adecuación de la oferta de recursos socio-sanitarios en Extremadura: Residencias y Centros de Día". *XIV Congreso de la Asociación de Geógrafos XIV*

Congreso de la Asociación de Geógrafos Españoles. Análisis espacial y representación geográfica: innovación y aplicación. Universidad de Zaragoza-AGE.

- Ojeda, J. Zabala, A. y Mañas, B. (2011): “Geocodificación al servicio de Andalucía”, en *Mapping Inter-activo*, 149, 31-36.

-Peña, D. (2002): *Análisis de datos multivariantes.* McGraw-Hill, D.L

-Pérez Díaz, J. (2006): “Demografía y envejecimiento”, en *Informes del Portal Mayores, nº 51, Lecciones de Gerontología, I.*

-Puerto Segura, E., Rodríguez Díaz, V. y Rodríguez Romero, E. (2010): “Procesos de geocodificación en el ámbito sanitario. Una comparativa de resultados”, en Ojeda, J., Pita, M.F. y Vallejo, I. (Eds.), *Tecnologías de la Información Geográfica: La Información Geográfica al servicio de los ciudadanos.* Secretariado de Publicaciones de la Universidad de Sevilla, pp. 337-347.

-Rubiales Pérez, M. (2012): “Las élites en las nuevas ciudades: morfología de la distribución residencial de las clases altas en las regiones metropolitanas de Madrid y Barcelona”, en: *La población en clave territorial. Procesos, estructuras y perspectivas de análisis. Actas del XIII Congreso de la Población Española.* Santander, Ministerio de Economía y Competitividad, Gobierno de Cantabria, Asociación de Geógrafos Españoles y Universidad de Cantabria, pp. 166-174.

-Sánchez, D. (2005): “El proceso de envejecimiento demográfico en Granada y su área metropolitana”, en *Cuadernos Geográficos*, 37 (2005-2), pp. 185-199.

-Sánchez, J.J. (1999): *Manual de Análisis Estadístico de los Datos.* Editorial Alianza, Madrid.

- United Nations, Department of Economic and Social Affairs, Population Division (2013). *World Population Ageing 2013.* ST/ESA/SER.A/348.

- Uriel, E. (1995): *Análisis de datos: series temporales y análisis multivariante.* Editorial AC. Madrid.

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

Ana Nieto Masot ⁽¹⁾, Gema Cárdenas Alonso ⁽²⁾

(1) Departamento de A. y Ciencias del Territorio, Universidad de Extremadura, Facultad de Filosofía y Letras, Avenida de las Letras s/n 10071 Cáceres. ananieto@unex.es

(2) Departamento de A. y Ciencias del Territorio, Universidad de Extremadura, Facultad de Filosofía y Letras, Avenida de las Letras s/n 10071 Cáceres. gemacardenas@unex.es

RESUMEN

Actualmente, las TIG son consideradas herramientas básicas en el campo de la investigación geográfica, en la planificación y en la gestión del territorio, sobre todo de aquellos en los que se trabaja por la búsqueda de su desarrollo. Así, en este trabajo se presentan ejemplos de aplicación de TIG en el análisis de territorios urbanos y rurales, como son los casos de Extremadura y la ciudad de Cáceres, apoyando con esto la gran ventaja que ofrece el empleo de esta tecnología para la recopilación, gestión y análisis de información geográfica.

Palabras Clave: Desarrollo rural, Extremadura, Geoportal, TIG, 3D

ABSTRACT

Nowadays, GIT are considered basic in the field of geographic research, planning and land management, especially those in which we work towards finding their development. In this paper, we present a series of GIT application example in the analysis of urban and rural areas, as in the case of Extremadura and the city of Caceres. With this, we support the great advantage that the use of this technology provides for the collection, management and analysis of geographic information.

Key Words: Rural development, Extremadura, geo-portal, GIT, 3D

INTRODUCCIÓN

Las Tecnologías de la Información Geográfica (TIG) son comúnmente consideradas como una disciplina afín a la Geografía y no propiamente geográfica, a pesar de ser utilizadas frecuentemente por los expertos. Se incluyen en el grupo de las TIG la cartografía o la estadística espacial, y más recientemente los Sistemas de Información Geográfica (SIG), los Sistemas de posicionamiento por satélite y la Teledetección, disciplinas esenciales en la Geografía, tanto desde el punto de vista conceptual como investigador y profesional, e instrumentos claves para una gestión eficiente del territorio. Concretamente, se consideran parte de las TIG a todas aquellas disciplinas que permiten generar, procesar o representar la información geográfica (Bosque, 1999; Goodchild, 1997), con el fin de construir modelos que simplifiquen las relaciones existentes en la realidad y que contribuyan a comprenderla. Por otro lado, por información geográfica se entiende cualquier variable que está geo-referenciada en el espacio, por lo que en las TIG se pueden incluir disciplinas muy variadas, unas tradicionales como la ya citada Cartografía u otras más novedosas como los SIG (Chen & Lee, 2001).

Con las TIG se pretenden desarrollar mejores métodos de análisis de la información geográfica (Bosque, 1999), es decir, métodos de análisis espacial que permitan explorar los diversos componentes de los datos geográficos, tales como el espacial, el temático y el temporal, explorando cada uno por separado y en relación con los demás y con los diversos niveles de escala de observación (global, regional y local) (Anselin, 1999). Además, llevar a cabo análisis que permitan la configuración rigurosa de las hipótesis, teorías y modelos elaborados dentro de los SIG, en general, desarrollar nuevos procedimientos para la mejor visualización, simplificación, análisis de componentes y teorización de la información geográfica, teniendo en cuenta la interacción espacial de los datos geográficos (Fischer, Scholten, & Unwin, 1996) y métodos que faciliten el uso de los SIG y del resto de las tecnologías geográficas que sirvan como herramientas para ayudar en la toma de decisiones espaciales (Armstrong, Densham, & Rushton, 1986).

Pretendemos con este trabajo exponer una serie de ejemplos que avalan la gran ventaja del empleo de las TIG para la recopilación, gestión y análisis de información geográfica, territorial, referente a espacios urbanos y rurales, concretamente casos referidos a la región de Extremadura y a la ciudad de Cáceres. Esto a través del uso de diversas técnicas estadísticas y de la representación de sus resultados en un SIG, de novedosas técnicas de representación en 3D y creación de rutas turísticas (Nieto, Fernández, & García, 2012, Nieto 2015) y de la creación de un geoportal (Nieto & Cárdenas, 2015b) accesible en la web de manera libre y gratuita, en el que se ha puesto a disposición de cualquier usuario información geográfica medioambiental, demográfica, patrimonial, económica, infraestructural y ayudas al Desarrollo Rural en Extremadura.

Con la creación y publicación del geoportal se suple la necesidad de dar a conocer los resultados de los estudios llevados a cabo, con el fin de que los usuarios puedan obtener sus propias conclusiones. En nuestros estudios, el fin es analizar, entre otros campos, la implantación de las ayudas al Desarrollo Rural en Extremadura, obtener un modelo territorial en el que se muestren las relaciones entre todas las variables que consideramos representativas del territorio extremeño y de la manera más gráfica posible, con la finalidad de ofrecer alternativas en el diseño de estrategias territoriales de desarrollo rural.

Además, nuestra pretensión es aprovechar la capacidad que otorgan las TIG integradas con nuevas plataformas de desarrollo tridimensional, incidiendo en la idoneidad de estas herramientas a la hora de recuperar y poner en valor espacios económica y ambientalmente degradados, tomando como ejemplo el corredor ambiental de la Ribera del Marco, en Cáceres, de tal manera que se fomente su mayor aprovechamiento con fines turísticos salvaguardando los usos históricos que conserva el corredor.

ESTUDIO DE CASOS

PUESTA EN VALOR DEL CORREDOR AMBIENTAL DE LA RIBERA DEL MARCO A PARTIR DE RECREACIONES VIRTUALES 3D Y CARTOGRAFÍA TEMÁTICA CON FINES TURÍSTICOS

El objetivo de este proyecto fue desarrollar un sistema de captación de escenarios 3D para su posterior implementación en Centros de Información Turística e Internet, sirviendo como escaparate de multitud de recursos endógenos para el potencial turista de modo realista y posibilitando la interacción del usuario con el producto final. La finalidad del trabajo fue articular estrategias concretas que multiplicasen la base creativa empresarial con ideas provenientes del ámbito académico, entre las cuales:

- Tanto el escenario virtual como los videos realizados sobre la zona de estudio con fines turísticos, recreativos y educativos, así como la cartografía temática elaborada, se pusieron a disposición de los usuarios mediante un espacio web que actúa como referente para aquellos interesados en conocer de primera mano la Ribera del Marco (Campesino y Sánchez, 1999).

- La cartografía elaborada podría plasmarse a modo de carteles informativos a lo largo de la Ribera del Marco. Además, toda la información cartográfica se publicó en un Geoportal ofreciendo así la posibilidad de consultarla.

- Las actividades estaban dirigidas claramente hacia la potencialización y mejora de la percepción turística y espacial de la Ribera mediante el uso de nuevas tecnologías aplicadas.

A través de la creación de distintas capas cartográficas con información demográfica (Censo de Población 2001 y 2011, Padrón de Población 2011) y del trabajo con la Base Topográfica Nacional y Modelos Digitales del Terreno se estudió y analizó el área de estudio, es decir, todo el recorrido y área de influencia de la Ribera del Marco.

Con los principales recursos y servicios de la zona se construyó una cartografía turística (Fig.1), en la que se introdujeron todos los puntos de información y los elementos históricos, culturales y naturales de interés (edificios históricos, zonas de huertas, restos arqueológicos, rutas por la Ribera, etc.). Por ello, se digitalizaron como capas en formato shape los *Puntos de Turismo* (donde se introdujeron recursos patrimoniales históricos como arcos, casas singulares, centros culturales, centros de interpretación, iglesias, monumentos y museos), *Puntos de Interés* (se añadieron recursos de gran riqueza paisajística y ambiental como fuentes, pozos, molinos, jardines, huertas, presas, molinos, ruinas y minas), *Puntos destacables* (con los 10 puntos más representativos de la Ribera), *Rutas* (con 9 recorridos turísticos para realizar por esta zona), *Servicios* (con la oferta de ocio y restauración) y otras capas de interés como fueron *parques, lagos, carreteras y zonas deportivas* (Figura 1). Todo esto sirve como referente en el conocimiento previo a la visita del entorno, consiguiendo una mejora de la percepción turística y espacial del mismo.

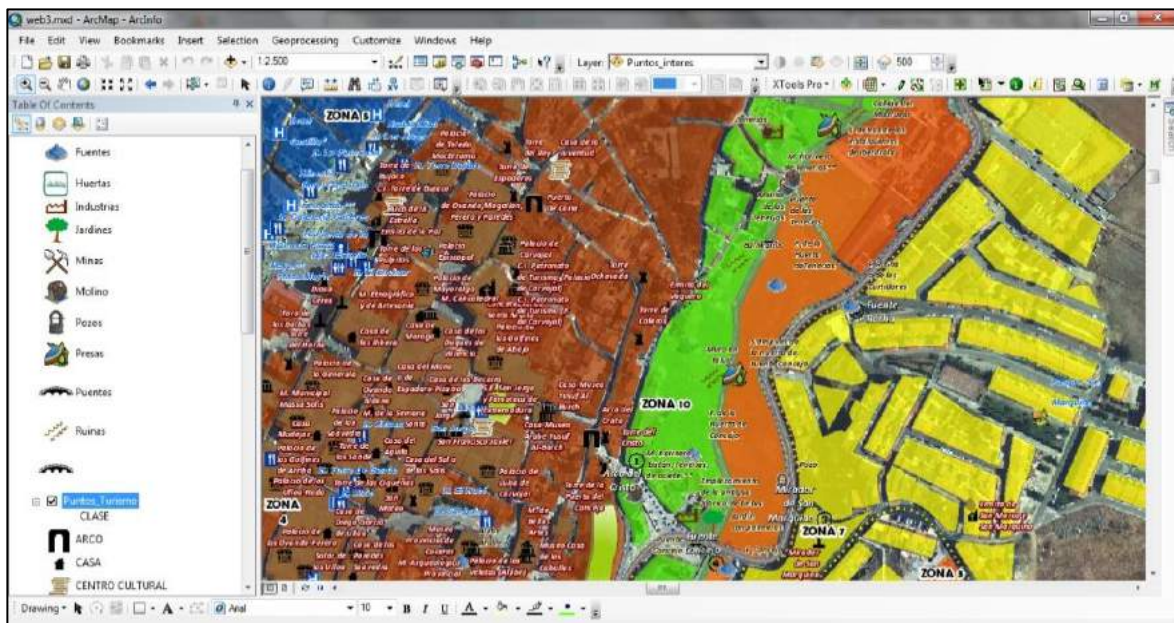


Figura 1. Elaboración de cartografía temática en SIG de escritorio. Fuente: Elaboración Propia.

Posteriormente, con las herramientas Google SketchUp y el software ArcGIS se recreó en tres dimensiones todo el espacio de la Ribera, utilizando fotografías digitales de la zona, modelos de edificios, vegetación y las ortofotos de Google Earth para plasmar con mayor fidelidad este espacio urbano y natural (Figuras 2 y 3).

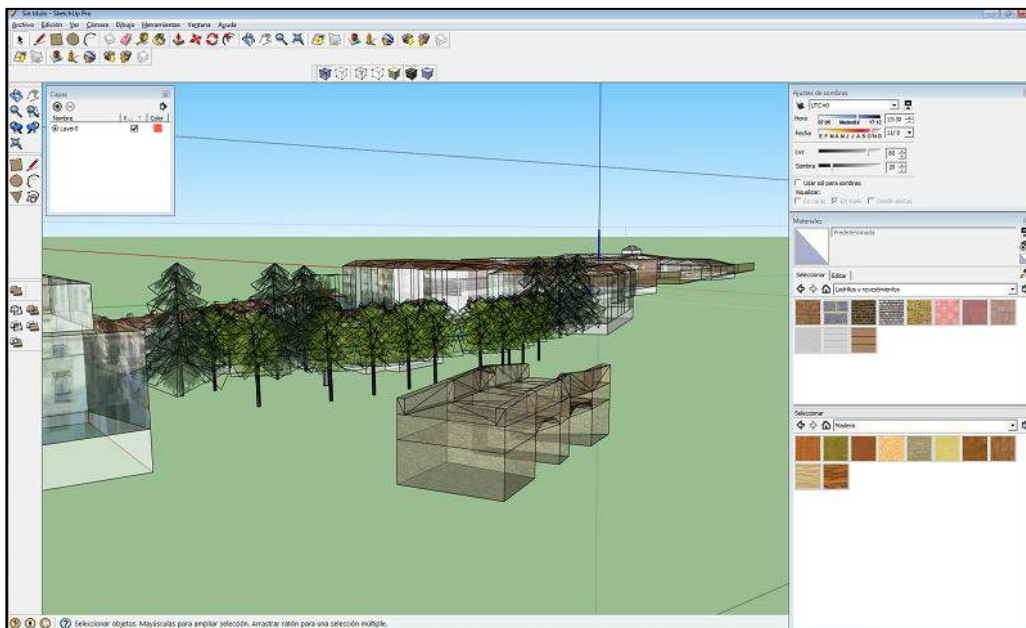


Figura 2. Ejemplo de edición con SketchUp. Fuente: Elaboración Propia.

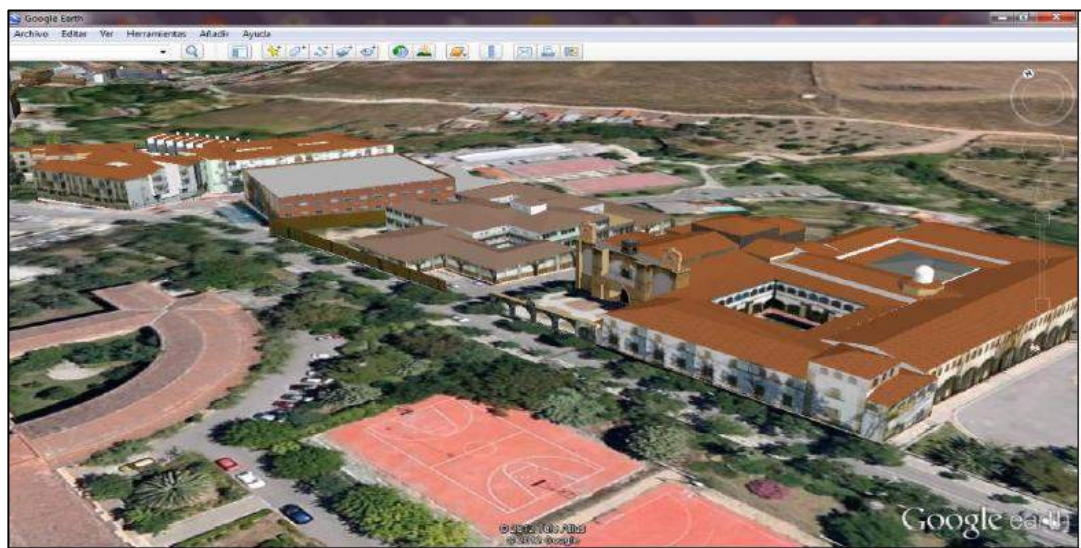


Figura 3. Ejemplo de edición en SketchUp. Fuente: Elaboración Propia.

Se continuó con la creación de videos y por ello, se exportaron estos modelos en 3D a Google Earth (KML). Se realizaron videos de las nueve rutas diseñadas en la Ribera del Marco y el Calerizo, que después se introdujeron tanto en la página web del Proyecto como en Youtube (Figura 4).



Figura 4. Ruta Turística de la Virgen de la Montaña en Youtube Fuente: Elaboración Propia.

Finalmente, se diseñó un portal web con el objetivo de mostrar al usuario toda la información multimedia generada de la Ribera del Marco (Figura 5), facilitando de este modo la interacción entre ambos (<http://imsturex.unex.es/ribera>). En la página principal se puede acceder mediante tres pestañas independientes al Geoportal, a los videos generados de las distintas rutas turísticas y a los paseos virtuales en Google Earth.

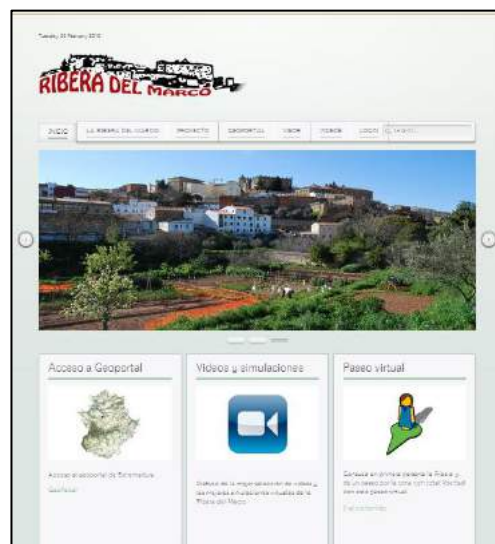


Figura 5. Página principal del portal diseñado. Fuente: Elaboración Propia.

En el *Acceso al Geoportal*, se localizan las capas cartográficas de la Ribera del Marco y está diseñado como un visor cartográfico que pone a disposición todos los datos recogidos de las múltiples variables analizadas, tratadas y estandarizadas del territorio de la Ribera del Marco. Se introdujeron las variables medioambientales, demográficas, económicas y turísticas que se han creado en las fases uno

y dos del proyecto. El visor cartográfico ha sido alojado como servidor web, para que todo aquel que lo desee pueda consultar sus bases de datos. Se ha utilizado ArcGis Server, un Geoportal que cuenta con numerosas herramientas de navegación, visualización y representación de la cartografía, así como la posibilidad de realizar consultas a las bases de datos mediante sentencias de tipo SQL.

Se encuentran herramientas comunes a cualquier geoportal como la visualización y consulta de la información de todas las capas, la opción de imprimir los resultados, buscar localizaciones, medir distancias, dibujar rutas o ir directamente a puntos de interés y añadir cartografías básicas como imágenes de satélite, Open Street Map, imágenes con etiquetas, etc (Figura 6).

Además, se puede ir consultando la información de los registros que se añaden o se identifican en formato de tablas y gráficos con la descripción de los mismos. Como valor añadido se han diseñado dos script, para acceder directamente a las cartografías de los Censos y del Padrón y poder realizar mapas de coropletas con las consultas de las distintas variables (Nieto, 2015).

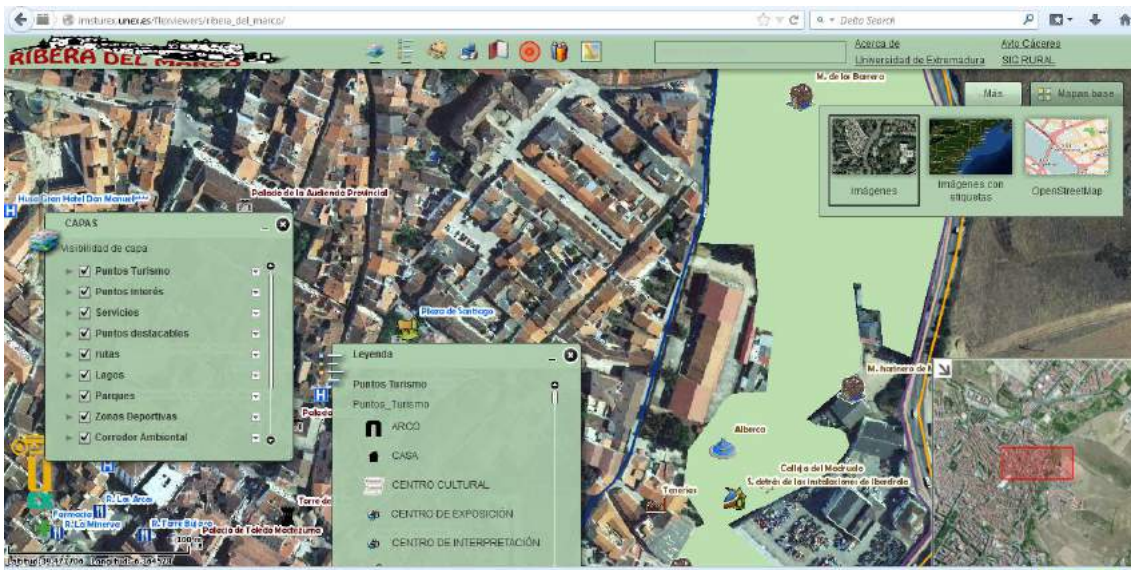


Figura 6. Página principal del portal diseñado. Fuente: Elaboración Propia.

En la pestaña de Videos Virtuales, se pueden descargar videos de las 9 rutas diseñadas en el proyecto. Son videos realizados en Google Earth con los edificios y mobiliario urbano en 3D creados en Google Sketchup. Se les ha añadido textos y audio, y, también pueden ser visualizados en Youtube (ver Figura 4).

Por último, en el acceso a los *Paseos Virtuales* se programó una aplicación basada en la API que ofrece Google Earth, creando el escenario sobre el mundo que ofrece, a partir de la cartografía propia elaborada en el proyecto y de los modelos tridimensionales diseñados. Como ejemplo de estos paseos la Figura 7.



Figura 7. Ejemplo de paseo virtual navegando con Google Earth. Fuente: Elaboración Propia.

Presenta un carácter innovador al introducir Nuevas Tecnologías de la Información Geográfica y Tecnologías de la Información y Comunicación con la explotación de recursos turísticos y la valorización de zonas como el espacio de la Ribera que se caracteriza por ser un área degradada, con serios problemas socioeconómicos, destacando el fuerte envejecimiento al que está sometida la población residente, la degradación ambiental, urbana y social por la emigración de la población joven a los extrarradios de la ciudad de Cáceres, así como, la influencia de la actual crisis económica sobre estas áreas. El desarrollo de un entorno virtual para su libre difusión, va unido a la propuesta de potenciar socioeconómicamente el corredor ambiental de la Ribera del Marco mediante la gestión de planes como el “Proyecto de la Ribera del Marco”, cuyo fin sea integrar y conectar dos nuevos puntos estratégicos para el futuro desarrollo de la ciudad, como es el polo del conocimiento de la Universidad de Extremadura e impulsar la instalación de pequeñas empresas relacionadas con la innovación y la investigación en las nuevas instalaciones de Aldea Moret, como son el Garaje 2.0 y el Edificio Embarcadero. Estas iniciativas intentan revitalizar el corredor, con el fin de hacerlas más atractivas a la población joven, partiendo de la instalación de servicios, nuevas empresas y comercios, que atraiga dicha población a estas áreas, atajando la dispersión de la población joven a áreas nuevas y más alejadas del centro. Se pretende promocionar con estas herramientas la investigación espacial y la innovación en el ámbito geográfico

PUBLICACIÓN DE LOS DATOS DE LOS GRUPOS DE ACCIÓN LOCAL LEADER DE EXTREMADURA EN UN GEOPORTAL

En este proyecto se planteó el introducir TIG, concretamente los SIG y el mundo de los geovisores, como herramientas de análisis de la aplicación del Método LEADER en Extremadura, un modelo de desarrollo rural integrado, endógeno e innovador que se viene aplicando en las zonas rurales más desfavorecidas desde principios de los años 90, con el fin de diversificar su economía a través de la cofinanciación (Fondos Estructurales Europeos, Administración General del Estado y Administración Regional) de una serie de proyectos que ayuden en el desarrollo socioeconómico de estas zonas. Uno de los objetivos de LEADER es la visibilidad y el efecto demostrativo de su labor y de sus resultados, por lo que se consideró interesante e innovador publicar y dar a conocer su implantación en Extremadura a la población con la creación del Geoportal RURURBAN (<http://imsturex.unex.es/rururban>).

Se pueden identificar tres fases en el desarrollo del proyecto:

1. Creación de una base de datos alfanumérica y a partir de ésta cartográfica, referentes al medio físico y de referencia, demografía, actividad económica, infraestructuras, recursos culturales y

oferta turística y Método LEADER. Es decir, variables que se han considerado como representativas de la realidad territorial de la región extremeña y que, por un lado, están influyendo en la distribución de las ayudas al desarrollo rural, y por otro, están siendo condicionadas en su desarrollo (ocupación del suelo, desarrollo demográfico positivo en las zonas con mayores inversiones, diversificación de la actividad económica, aumento de la oferta turística...).

2. Todas las capas vectoriales y raster creadas se publicaron en la web, como servicios WMS, a través de la extensión ArcGIS for Server de ArcGIS, alojados en un repositorio online en el que se pueden estudiar todas sus características. Posteriormente, los servicios publicados, la mayoría con leyendas estáticas establecidas, se asignaron a una serie de “botones” o *Layer Lists* ubicados en el Menú Principal del Geoportal.
3. La configuración y el diseño del visor se llevó a cabo con la API ArcGIS Viewer for Flex, trabajando en un diseño sencillo, intuitivo y manejable en el que se pudiera consultar toda la información puesta a disposición del usuario de la manera más provechosa (Figura 8).

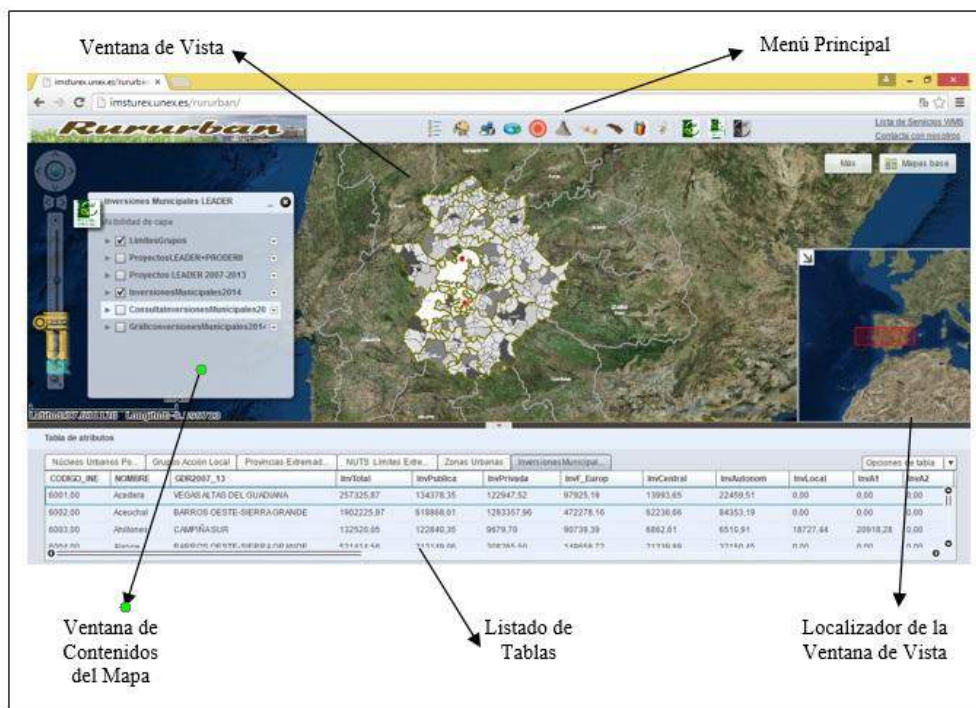


Figura 8. Diseño del Geoportal RURURBAN. Fuente: Elaboración Propia.

Como resultados geotecnológicos se pueden identificar tres tipos de representación de la información geográfica (Nieto & Cárdenas, 2015b):

- Por un lado, los servicios WMS publicados a partir de la cartografía creada que se pueden visualizar en el Geoportal. Se van desplegando los 7 botones que se han diseñado (medio físico y cartografía de referencia, demografía, actividad económica, infraestructuras, recursos culturales y oferta turística, Método LEADER e Inversiones Municipales LEADER) y se pueden consultar las variables físicas, demográficas, económicas y sociales y del método LEADER. También se pueden consultar los datos en formato de tablas que se despliegan en un menú inferior.
- En segundo lugar, los mapas creados por el propio usuario gracias a los dos scripts implementados, uno con el que se pueden construir mapas con gráficos de barras o tartas por Grupo de Acción Local (entidades encargadas de la gestión de las ayudas) con información de datos sobre las inversiones de LEADER y otro que permite realizar mapas de coropletas con las variables que se escojan, también sobre LEADER, a nivel municipal.
- En tercer lugar, los servicios WMS, disponibles en un acceso en el menú del visor, que se pueden descargar en formatos .KMZ, .layer y .ArcGis.map para ser visualizados, por ejemplo, en Google

Earth o en diversos SIG de escritorio, de tal manera que el usuario puede crear sus propios mapas empleando sus capas.

Por otro lado, navegando por RURURBAN se pueden extraer diversas conclusiones en cuanto a la distribución de las ayudas al Desarrollo Rural en Extremadura y comprobar las relaciones entre la tipología de las inversiones (cantidad, inversiones privadas, sector al que van dedicadas, fondos de financiación) y el entorno (características físicas, demográficas, económicas y culturales) (Figura 9).

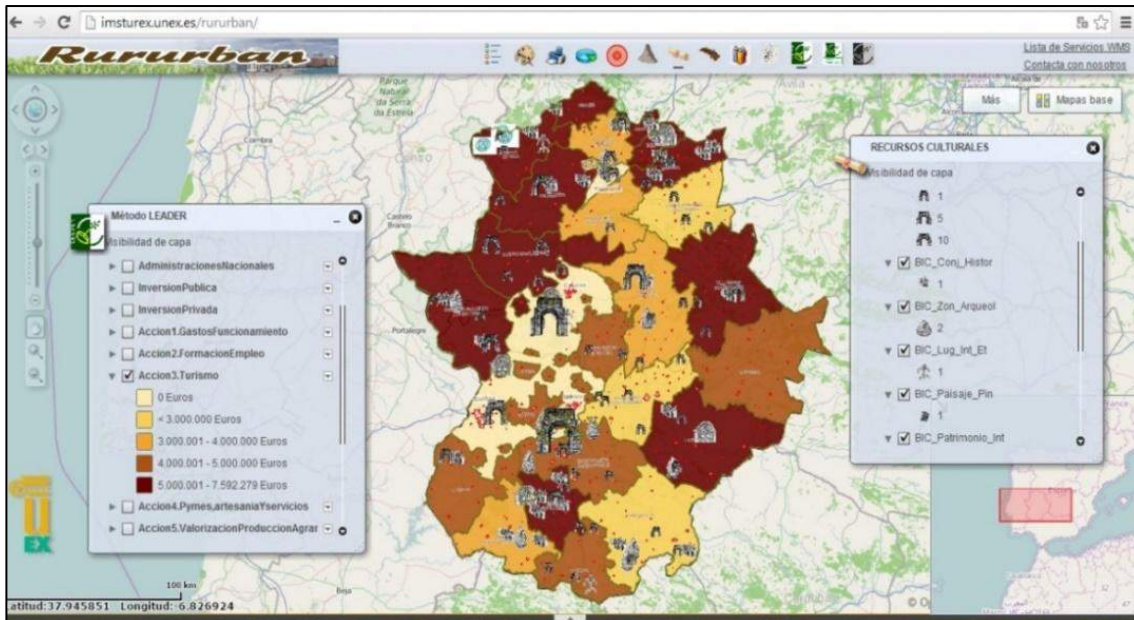


Figura 9. Relación entre Inversión en la Acción 3 (Turismo) y los recursos culturales existentes en la región. Fuente: Elaboración Propia.

ANÁLISIS ESTADÍSTICO DE LAS AYUDAS LEADER EN EXTREMADURA MEDIANTE ANÁLISIS DE COMPONENTES PRINCIPALES Y SIG

Si se tiene en cuenta que LEADER es un modelo basado en el territorio, más concretamente en el capital territorial (Cebrián, 2003), resulta interesante el estudio de su aplicación en una región como la extremeña, la cual presenta una gran variedad de territorios atendiendo a sus características físicas, económicas, sociales y demográficas y que la han condicionado a situarse en una posición retrasada respecto a otras regiones europeas y españolas: su PIB se encuentra por debajo del 75 % de la media europea, siendo considerada región Objetivo Convergencia, con poblamiento muy disperso, concentrado en mayor parte en los grandes núcleos de población coincidentes con las zonas agrarias más productivas (regadío y secano) entorno a las principales vías de comunicación (Autovías A-5 y Vía de la Plata) y donde se concentran las mayores oportunidades de empleo, infraestructuras, equipamientos, servicios y rentas (Nieto & Cárdenas, 2015a). En el resto del territorio existen vacíos demográficos con núcleos poco desarrollados y con características demográficas regresivas, localizados en zonas de montaña y penillanura y la mayoría con un tamaño de población inferior a 2.000 habitantes.

De este modo, el objetivo en esta ocasión fue diagnosticar el territorio extremeño y establecer una serie de variables geográficas a nivel municipal con el fin de medir la correlación existente entre ellas para llevar a cabo el análisis de su estructura socioeconómica y demográfica relacionada con la distribución de ayudas al desarrollo rural en el último periodo de programación del FEADER, 2007-2013. La pretensión era obtener un modelo territorial de la región en el que se representen las distintas subestructuras que la componen, atendiendo sobre todo a su relación con las ayudas bajo el Método LEADER y poder constatar, así, la gran heterogeneidad del territorio extremeño, de los municipios que lo forman y cómo sus comportamientos demográficos evolucionan a la par que sus desarrollos económicos y cómo estos influyen en la recepción de estas ayudas.

Para la extracción de la estructura socioeconómica de los municipios extremeños en los que se está gestionando LEADER se empleó el Análisis de Componentes Principales (ACP), un análisis multivariante que facilita la posibilidad de explicar las relaciones entre las variables sobre inversiones de LEADER y las escogidas como representativas de la realidad extremeña, es decir, variables físicas, demográficas y socioeconómicas a nivel municipal. El análisis multivariante permite descubrir las relaciones causa-efecto, como un método causal y explicativo de unas variables en las que intervienen factores externos (Uriel, 1995). Se trata de una técnica basada en los primeros trabajos de Pearson (1901), junto con adaptaciones específicas al análisis factorial de Hotelling (1933), cuyo objetivo es obtener nuevas variables, denominadas componentes, como combinación de las anteriores interrelacionadas entre sí por relaciones de causalidad (Peña, 2002; Uriel, 1995). Así, el comportamiento homogéneo de estos componentes en distintos municipios permite definir las estructuras territoriales extremeñas.

El ACP y su aplicación en la investigación en ciencias sociales y humanas supone un método apropiado para el estudio de estructuras complejas debido a la reducción de gran cantidad de información, permitiendo estudiar fenómenos que no pueden medir directamente, sino que son el resultado de un conjunto de variables interrelacionadas (Carrasco, 2005; Sánchez, 1999).

Para comprender el fenómeno sobre el que se iba a trabajar, era necesario haber acordado un marco conceptual y metodológico que evidenciara la problemática, disponer de los datos necesarios para abordarlo, sistematizar y procesar los datos en información utilizable y, además, contar con herramientas que permitieran manejar y actualizar en el tiempo y espacio adecuados. Para ello se empleó, en el ACP, el software estadístico SPSS y posteriormente un SIG, una de las herramientas más adecuadas en el manejo de información geográfica alfanumérica, al asociarla a un conjunto de información gráfica en forma de mapas, pudiendo, por lo tanto, visualizar los resultados obtenidos de forma gráfica directamente “sobre el territorio”.

Tras un proceso prospectivo previo, finalmente las variables empleadas en el ACP fueron 23:

- Porcentaje de población media respecto al total de Extremadura (2009-2013).
- Tasa Bruta de Natalidad (2009-2013).
- Tasa de Crecimiento Vegetativo (2009-2013).
- Índice de Vejez (2013).
- Porcentaje de superficie de explotación de viñedo respecto al total municipal (2005).
- Porcentaje de superficie de explotación de olivar respecto al total municipal (2005).
- Índice de Actividad Comercial (2013).
- Índice de Actividad Industrial (2013).
- Índice de Restauración y Bares (2013).
- Índice de Productividad (2013).
- Porcentaje de paro (2013).
- Porcentaje de paro en el sector agrario (2013).
- Porcentaje de paro en el sector servicios (2013).

Respecto a inversiones a través del Método LEADER¹:

- Porcentaje de inversión privada.
- Porcentaje de inversión en turismo.
- Porcentaje de inversión en PYMES, artesanía y servicios.
- Porcentaje de inversión en valorización de la producción agraria.
- Porcentaje de inversión total.

La explicación de cada una de estas variables empleadas en el ACP se lleva a cabo a través de las Comunidades y prácticamente todas presentaron valores superiores al 0,7, hasta al 0,98, lo que viene a mostrar la elevada explicación del conjunto. Por un lado, las variables que aportaron mayor peso son las referentes a la población total y el paro, es decir, son los fenómenos que más caracterizan a los municipios extremeños, seguidas de los índices de actividad comercial y de restauración y bares y las

¹ Porcentajes tanto respecto al total del Grupo de Acción Local (asociación encargada de la gestión de las ayudas al desarrollo rural) como al total regional, durante el periodo de programación 2007-2013 del FEADER.

inversiones totales y privadas respecto al total del GAL, y por otro lado, las variables con menor peso, considerándose más complejas y menos explicadas en el conjunto, fueron las referentes a otras variables demográficas como la natalidad y el crecimiento vegetativo, los índices de productividad e industrial y sobre inversiones, sobre todo los porcentajes totales respecto a la región y no referentes a su Grupo de Acción Local.

Se obtuvieron tres factores que explicaban el 53 % de la muestra, conformando cada uno una subestructura, un porcentaje suficiente para explicar la estructura analizada, aunque no se trate de un valor excesivamente alto, debido a la complejidad del territorio extremeño, con una importante variabilidad demográfica, social, económica y natural, así como en la distribución de ayudas al desarrollo rural.

Las variables relacionadas entre sí por razones de causalidad se agrupan en componentes, representando cada uno una subestructura territorial, de esta manera, toda la información se reduce a un pequeño número de componentes que, sin embargo, aportan una elevada explicación a la varianza original (Nieto & Gurriá, 2010). Al trabajar con un modelo ortogonal, los Componentes Principales y cada variable se pueden combinar entre sí a modo de eje cartesiano, de tal modo que los coeficientes de las variables observadas serían las coordenadas en los ejes X (Componente 1) e Y (Componente 2). En este caso, además, se optó por su representación a través del SIG (Figura 10), resultando cuatro subestructuras territoriales: A (valores positivos en los dos primeros componentes), B (valores negativos en los dos primeros componentes), C (valores positivos en el Componente 1 y negativos en el segundo) y D (valores negativos en el Componente 1 y positivos en el segundo). La subestructura A presenta el mayor desarrollo y la mayor concentración de ayudas al desarrollo rural, y la B, totalmente opuesta, está formada por municipios localizados en áreas de montaña y penillanura muy ruralizados. Por Las subestructuras C y D se caracterizan por una economía agraria de subsistencia en las que, por un lado, existen municipios con un incipiente desarrollo del sector terciario pero aún con influencia de la actividad agraria basada en el regadío y la dehesa (C), y por otro, municipios poco desarrollados y envejecidos que todavía no logran alcanzar el desarrollo esperado a través de las inversiones bajo el Método LEADER (D).

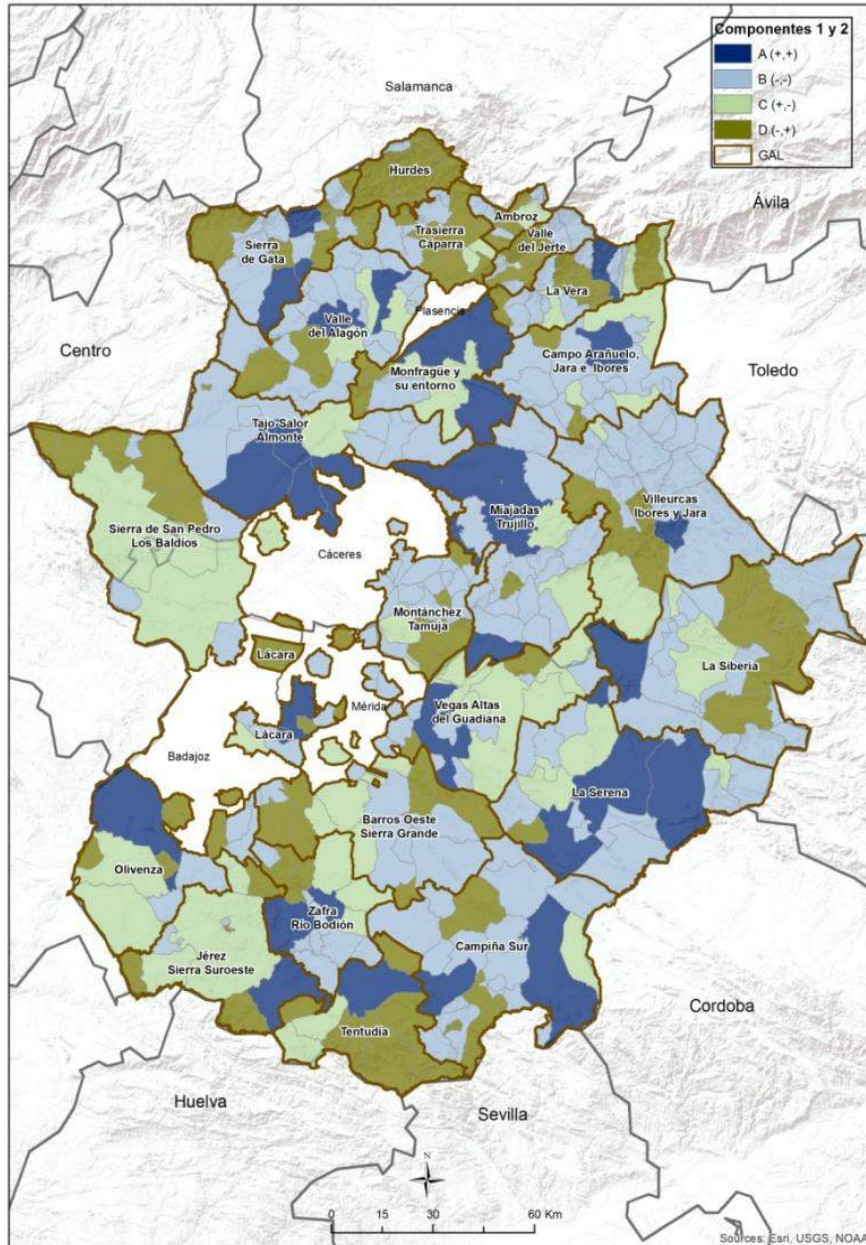


Figura 10. Subestructuras territoriales en Extremadura a partir de los Componentes 1 y 2.
Fuente: Elaboración propia.

Al utilizarse el Análisis de Componentes Principales (ACP) y los Sistemas de Información Geográfica se ha determinado la relación entre variables externas a LEADER (demográficas, territoriales, sociales) y las variables propias de su gestión (inversiones y proyectos en diferentes sectores de actividad económica). Se ha obtenido un modelo rural de base territorial, a través del cual se define, interpreta y clasifican los espacios rurales y su relación con la gestión este Método de Desarrollo Rural, modelo que podría generalizarse y utilizarse en otros ámbitos rurales españoles y europeos con los correspondientes ajustes (Cárdenas & Nieto, 2015).

REFLEXIÓN FINAL

Es indudable que las TIG constituyen un campo en creciente expansión, debido a su versatilidad, con aplicación en ámbitos tan distintos como el medio ambiente y los recursos naturales, la ordenación del territorio, el urbanismo, la planificación del transporte, la gestión y planificación de los servicios

públicos, el geomárketing... y el núcleo de estas tecnologías se encuentra en los SIG, la Teledetección y la Cartografía digital, además del GPS y la Fotogrametría.

Consideramos, además, que las TIG son herramientas básicas en el campo de la investigación geográfica, en la planificación y en la gestión del territorio, sobre todo en territorios en los que se lucha constantemente por su desarrollo y por la búsqueda de estrategias territoriales que contribuyan a ello, y las TIG están demostrando su enorme capacidad para resolver multitud de problemas con componente espacial.

La mayor facilidad de acceso a información geográfica pública, como resultado de políticas diseñadas en el contexto de la normativa INSPIRE, así como de nuevas fuentes de información espacial (VGI (Volunteered Geographic Information), portales web con información geográfica gratuita, etc) en las que el editor público o privado deja paso al ciudadano, supone una expansión de la demanda de aplicaciones TIG basadas en el desarrollo de geoservicios web o en aplicaciones para dispositivos móviles que aumenten las capacidades de participación de los ciudadanos en el gobierno del territorio.

Como geógrafos, apoyamos al máximo una de las razones de ser de la Geografía y de sus raíces históricas, el proporcionar información sobre los lugares (Moreno, 2004), precedido de la labor documental territorial, teniendo en cuenta, además, la creciente demanda de información geográfica en los últimos tiempos y que con nuestros trabajos e investigaciones pretendemos suplir.

AGRADECIMIENTOS

Agradecimientos a la financiación del Proyecto 'RURURBAN - PARTENARIADOS RURALES-URBANOS' en colaboración con la OCDE (Organización para la Cooperación y Desarrollo Económico) y el Gabinete de Iniciativas Transfronterizas del Gobierno de Extremadura y a la Dirección General de Modernización e Innovación Tecnológica del Gobierno de Extremadura, por la concesión de la ayuda para la formación del personal investigador predoctoral, cofinanciada con fondos FSE, con la cual ha sido posible la realización de los trabajos expuestos con anterioridad.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Anselin, L. (1999). Interactive techniques and exploratory spatial data analysis. In P. Longley, M. Goodchild, D. J. Maguire & D. W. Rhind (Eds.), *Geographical Information Systems. Principles and Technical Issues* (pp. 253-266). Nueva York: J. Wiley and Sons.
- Armstrong, M., Densham, P., & Rushton, G. (1986). *Architecture for a micro-computer based decision support systems*. Paper presented at the 2nd International Symposium on Spatial Data Handling, Nueva York.
- Bosque, J. (1999). *La Ciencia de la Información Geográfica y la Geografía* Paper presented at the VII Encuentro de Geógrafos de América latina, San Juan de Puerto Rico.
- Campesino Fernández, A. & Sánchez Martín, J.M. (1999). Comercio y Turismo en el Centro Histórico de Cáceres : Aplicaciones estratégicas de un SIG (Cáceres). *Cámara Oficial de Comercio e Industria de Cáceres*.
- Cárdenas, G. & Nieto, A. (2015). Estudio del Método Leader en Extremadura mediante técnicas SIG y Análisis de Componentes Principales. *XXIV Congreso de la Asociación de Geógrafos Españoles. Universidad de Zaragoza-AGE*.
- Carrasco, S. (2005). *Aproximación de la Estadística desde las Ciencias Sociales*: Universidad de Valencia.
- Cebrián, A. (2003). Génesis, Método y territorio del desarrollo rural con enfoque local. *Papeles de Geografía*(38), 15.

- Chen, Y-Q., & Lee, Y-C. (2001). *Geographical Data Acquisition* (Springer Ed.): Wien.
- Chuvieco, E., Bosque, J., Pons, X., Conesa, C., Santos, J.M., Gutiérrez, J., . . . Prados, M.J. (2005). ¿Son las Tecnologías de la Información Geográfica (TIG) parte del núcleo de la Geografía? *Boletín de la Asociación de Geógrafos Españoles*(40), 20.
- Fischer, M., Scholten, H.J., & Unwin, D. (1996). *Spatial Analytical Perspectives on GIS* Londres: Taylor & Francis.
- Goodchild, M.F. (1997). What is Geographic Information Science? *NCGI Core Curriculum in GIScience*.
- Moreno, A. (2004). Nuevas Tecnologías de la Información y revalorización del conocimiento geográfico. *Scripta Nova. Revista electrónica de Geografía y Ciencias Sociales*, VIII(170).
- Nieto, A. (2015). Sistemas de Información Geográfica para la difusión web del patrimonio ambiental y cultural: el caso de la Ribera del Marco en Cáceres. *Estudios Geográficos. Vol 77, N° 279* .
- Nieto, A., & Cárdenas, G. (2015a). El Método Leader como política de desarrollo rural en Extremadura en los último 20 años (1991-2013). *Boletín de la Asociación de Geógrafos Españoles*(69).
- Nieto, A., & Cárdenas, G. (2015b). Publicación de los datos de los Grupos de Acción Local LEADER en Extremadura en un geoportal. *Geofocus. Revista Internacional de Ciencia y Tecnología de la Información Geográfica*(15), 29.
- Nieto, A., Fernández, A., & García, C. (2012). *Puesta en valor de espacios degradados mediante TIG: El corredor de la Ribera del Marco (Cáceres)*. Paper presented at the XV Congreso Nacional de Tecnologías de la Información Geográfica, Madrid.
- Nieto, A., & Gurría, J.L. (2010). El modelo rural y el impacto de los programas LEADER y PRODER en Extremadura (Propuesta metodológica). *Scripta Nova. Revista electrónica de Geografía y Ciencias Sociales*, 14(340).
- Peña, D. (2002). *Análisis de datos multivariantes*: McGraw-Hill. D.L.
- Sánchez, J.J. (1999). *Manual de Análisis Estadístico de los Datos*. Madrid: Editorial Alianza.
- Uriel, E. (1995). *Análisis de datos: series temporales y análisis multivariante*. Madrid: Editorial AC.

LOS SIG EN LA GESTIÓN DEL REGADÍO. CANAL DE ORELLANA, BADAJOZ.

*Isabel Pérez Rebollo*¹

¹ TRAGSA, 'Empresa de Transformación Agraria, S.A.', Villanueva de la Serena, BADAJOZ,
isabelperezrebollo@gmail.com

RESUMEN

En la actualidad, realizar una adecuada gestión del agua y de los sistemas de riego crea la necesidad de establecer un método de control que ayude a la toma de decisiones, la planificación y al uso eficiente de los recursos hídricos. Los Sistemas de Información Geográfica (SIG) permiten la gestión de dichos recursos utilizando las herramientas que permiten calcular, gestionar y modificar datos en todo momento de una forma rápida y precisa. Por consiguiente, los principales objetivos a desarrollar son: el inventariado de los elementos que integran la red de acequias y la revisión catastral. Una vez conseguido esto, existe la posibilidad de volcar todos los datos a un programa de gestión, que facilite el proceso de facturación y cobro de agua.

Palabras Clave: SIG, sistemas de riego, recursos hídricos, revisión catastral.

ABSTRACT

Now, an efficient water and irrigation systems management need to establish a control method to support the decision making process, the overall planning and the adequate use of water resources. Geographic Information Systems (GIS) led the management of these resources by using calculation, management and modification tools anytime in fast and precise way. Thus, the main objectives developed are: the inventory of the open channel irrigation components and the cadastral review. Once the objectives are made, dumping data into a management programme to provide the water invoice and payment processes is possible.

Key Words: GIS, irrigation systems, water resources, cadastral review.

INTRODUCCIÓN

La correcta gestión de los recursos hídricos, requiere de un modelo de planificación y gestión en el que, las nuevas tecnologías, hace que aumenten las posibilidades y la diversificación de enfoques, ante un mismo problema, algo que parecía impensable hace algunos años. Dichas tecnologías, en el mundo del riego, hace que la gestión de regadíos sea más eficiente y, si partimos de la aplicación de los sistemas de información geográfica y la teledetección, el resultado es mayor ya que permite disponer de información, a tiempo real, de los cultivos y los propietarios, gestionar la cantidad de agua necesita cada cultivo, calcular la superficie regada para que el cobro del agua sea lo más exacto posible, planificar actuaciones de mejora en la red de acequias y desagües, etc.

Para conseguir todos estos objetivos, es necesario establecer una metodología concisa que permita integrar en el SIG toda la información obtenida de las diversas fuentes, que a continuación se explicarán, y en diferentes formatos para obtener unos buenos resultados ya que el objetivo principal que se busca, es que pase a ser la herramienta básica de gestión una vez que se haya volcado toda la información. Se deben de incluir algoritmos de cálculo, bases de datos, modelos predeterminados que ayuden a la planificación y otros programas informáticos que ayuden a la toma de decisiones a partir de la información disponible.

ZONA DE ESTUDIO

La Comunidad de Regantes del Canal de Orellana, ubicada en la zona de las Vegas Altas del Guadiana (Figura 1), se constituye en octubre de 1976 con el fin principal de regular el aprovechamiento y el disfrute de la red de acequias y desagües. Cuenta con una extensión dedicada al regadío de aproximadamente 40.000 hectáreas entre los veintiséis sectores de riego, un total de 5.186 comuneros y 16 términos municipales cuya gestión, es realizada por dicha comunidad, con una superficie media de 7 hectáreas por parcela.

En esta superficie, el sistema de riego implantado es por gravedad a través de una red de acequias y tuberías, repartidas entre los distintos sectores, que suman un total de 1.200 kilómetros junto a una red de drenaje, de 800 kilómetros de longitud.

La situación actual que presenta la Comunidad hay que enfocarla desde diferentes ámbitos, como es la dispersión de la información básica y elemental, obtenidas de las diversas fuentes como la Confederación Hidrográfica del Guadiana, Catastro, los propios comuneros, fotografías aéreas antiguas, los primeros planos del IRYDA que se cartografiaron cuando se inició el plan de regadíos de la zona en los años 60 en papel; cartografía y datos en diferentes formatos y programas que, a menudo, se hace difícil contrastar en las diversas fuentes; información insuficiente; la superficie de las parcelas declarada por los comuneros para el cobro del agua, en la mayoría de los casos, no coincide con la superficie real de las parcelas.

Los objetivos de la implementación de los datos al Sistema de Información Geográfica (SIG) es conseguir la actualización de los mismos; aumentar la eficacia en la gestión administrativa, técnica y de mantenimiento de la red de riego; diseños de informes y obtención de datos de una forma sencilla que les facilite el trabajo consultando una sola fuente de información; sin límites de aplicación en regadíos con un gran potencial de utilización.

Plano detalle de la ubicación de los Sectores
de la Comunidad de Regantes del Canal de Orellana

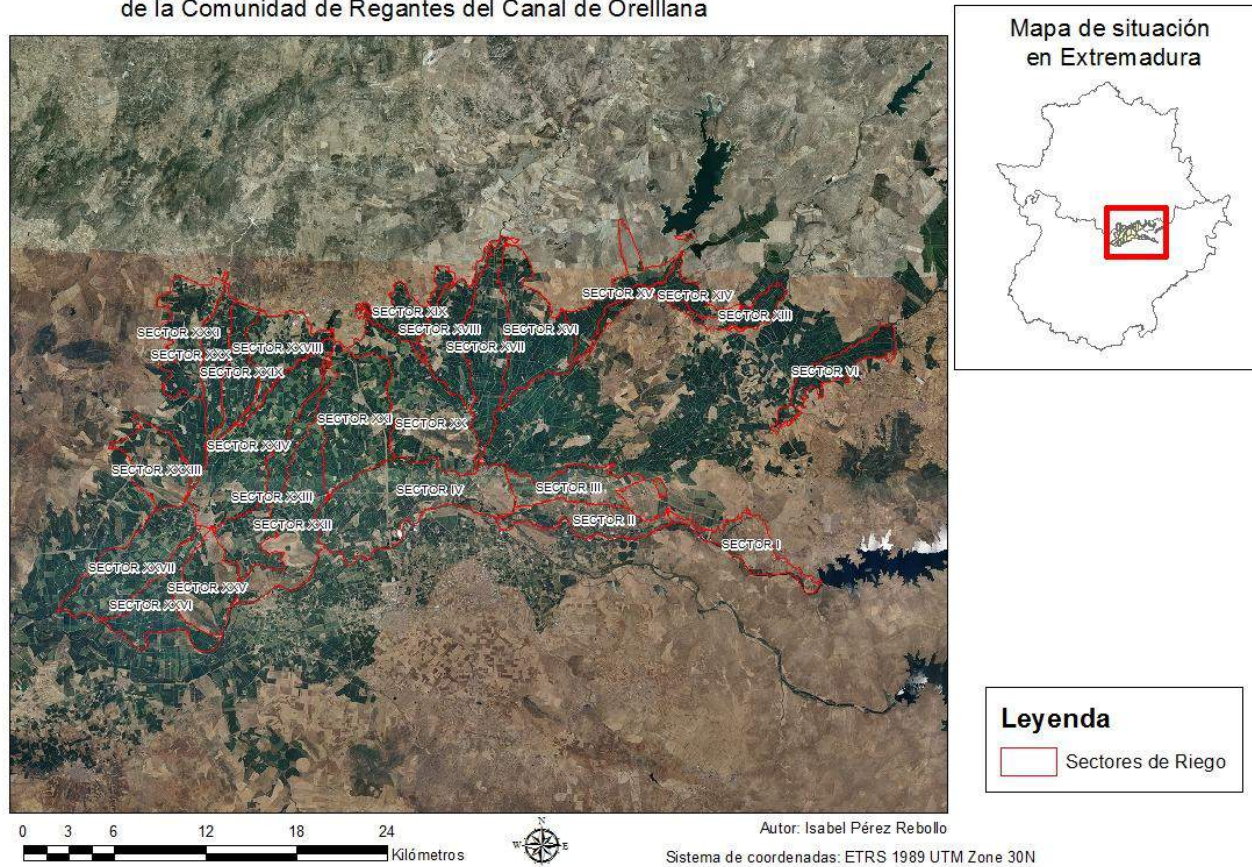


Figura 1: Plano de ubicación de la Comunidad de Regantes del Canal de Orellana

METODOLOGÍA

Para realizar una buena gestión, tanto de la información como de los recursos hídricos, es necesario que haya un intercambio de información constante y de participación entre todos los agentes implicados, así como de la información procedente de las diversas fuentes. Este SIG será el resultado de la unificación y actualización de la información. La metodología utilizada contempla varias partes diferenciadas pero conectadas entre sí:

- Trabajos topográficos. Estos trabajos consistirán en la distribución en campo de una serie de bases, que cubran todo el área de los sectores de la Comunidad, para su posterior observación planimétrica y altimétrica, mediante técnicas GPS, realizando un ajuste del primero a la red geodésica nacional y altimétrico a la red del Canal de Orellana. Dicha red de bases se utilizará, posteriormente, para realizar los levantamientos topográficos de toda la red de canales, acequias y desagües que integra la Comunidad.
- Sistema de Información Geográfica. La tarea previa para la confección del SIG de riego comienza por la recopilación de información de las distintas fuentes y formatos, como son:
 - Ortofotos del PNOA, de julio de 2013 en formato .ecw, de la zona donde se localizan los sectores de riego (Figura 2).
 - Capas de las provincias, sectores de riego y términos municipales en formato .shp y en base de datos (Figura 3).
 - Parcelario catastral rústico de los términos municipales a los que se abastece desde la Comunidad de Regantes, en formato .shp (Figura 4).

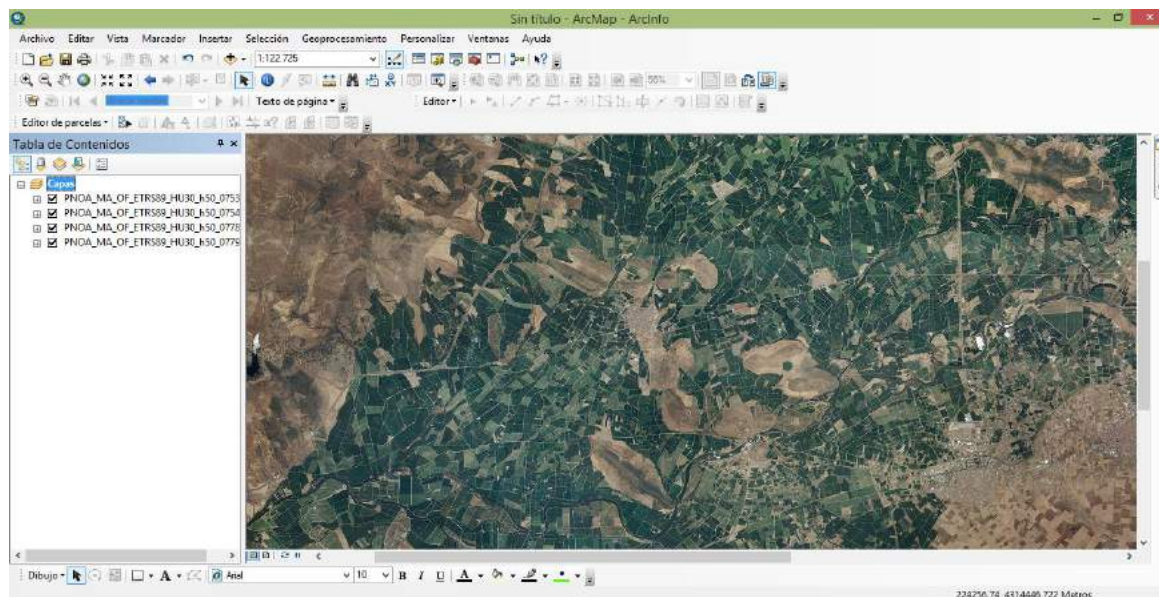


Figura 2: Ortofotos del PNOA de la zona de estudio

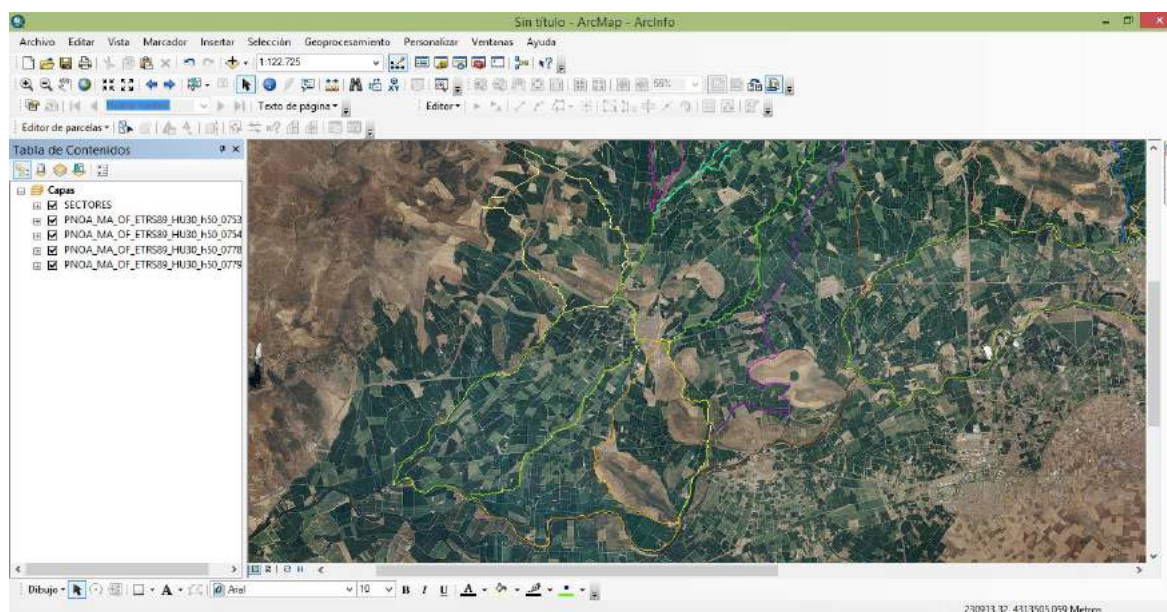


Figura 3: Parte de los sectores de riego de la zona

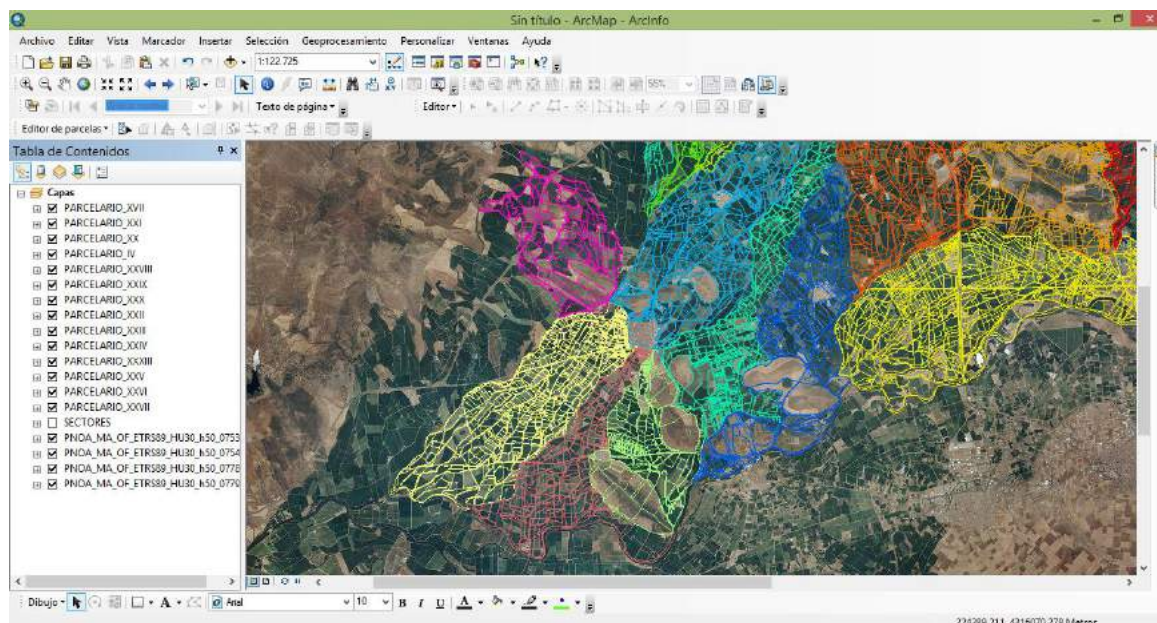


Figura 4: Capas del parcelario

La captura de datos se puede clasificar en dos formas, por un lado la captura analógica por digitalización y escaneado y, por otro lado, la captura de datos digitales a través de los obtenidos en campos, el levantamiento topográfico y los datos de GPS. Una vez recopilados, habrá que georreferenciarlos y transformar los elementos a un mismo sistema de coordenadas, ETRS 1989 UTM Zona 30, para obtener una coherencia representativa.

Hecho esto, se procede a la creación de la topología, que se realizará durante el proceso de creación de las coberturas y a la modificación de incoherencias, con el fin de corregir/reducir el número de posibles errores posteriores como polígonos no cerrados y líneas discontinuas. Será a partir de entonces, cuando la base de datos gráfica de riegos estará completa y deberá a comenzarse a trabajar la base de datos alfanumérica. Ésta, almacenará la información de todos y cada uno de los elementos estructuradores de las acequias, de forma individual, que serán los campos colocados en columnas y las filas, serán cada uno de los registros de entrada, representando así una entidad individual de tipo vectorial (Tabla 1).

Tabla 1: Capas de cada uno de los sectores y características

CAPA POR SECTOR	TIPO VECTORIAL	DESCRIPCIÓN
ACEQUIAS	Línea	Contendrá toda la red de acequias de riego, clasificadas por sectores, a partir del Canal de Orellana
ALIVIADERO	Punto	Abertura que permite canalizar el agua sobrante de la acequia
ARENERO	Punto	Pequeña oquedad instalada en la acequia que permite depositar las partículas solididad del agua
ARQUETA	Punto	Depósito para recibir el agua y distribuirla, bien en otra acequia derivada o en una toma de riego
COMPUERTA DE RETENCIÓN	Punto	Portón móvil que se coloca en el ancho de la acequia para graduar o cortar el paso del agua
COTA DE RIEGO	Punto	Punto tomado para localizar la altimetría a la que se riega la parcela
DERIVADAS	Punto	Acequia que nace de otra principal
DESAGÜES	Línea	Red de drenaje de las acequias
HIDRANTES	Punto	Sistema de válvulas que suministra agua a una parcela
MÓDULOS	Punto	Elemento regulador de agua por litros en función de la capacidad de la acequia
PARCELARIO	Polígono	División de la tierra correspondiente a cada uno de los propietarios
PASOS SOBRE ACEQUIAS	Punto	Tramos de acequias cubiertas que permiten el acceso peatonal o con vehículo a una parcela
PICO DE PATO	Punto	Estructura de regulación de acequias
RETENCIÓN	Punto	Obra de fábrica utilizada como sistema de graduación del agua
SALTOS	Punto	Construcción de un pequeño salto en la acequia para reducir la velocidad del agua
SECCIONES	Punto	Medida del ancho y fondo de una acequia para calcular la capacidad máxima de agua
SECTOR	Polígono	Contorno del parcelario
SIFONES	Punto	Canal cerrado o tubería que permite pasar el agua a una altura menor que la acequia
TOMA DE RIEGO	Punto	Elemento que proporciona agua a una parcela
VÁLVULAS	Punto	Controla el paso del agua en la tubería
VENTOSAS	Punto	Respiradero instalado en las acequias en tubería para que salga el aire acumulado y no dificulte la circulación

Así mismo, cada una de las capas generadas contiene información relativa a cada elemento representativo como con las coordenadas X, Y, Z, acequia a la que pertenece la entrada, id del elemento dentro de la propia acequia, longitud, sección, cotas de entrada y salida, dimensión, cota del salto inicial y cota del final, etc.

- Revisión catastral. Se realizará a partir de la capa de parcelario, suministrada y también consultada a través del servicio WMS (Web MapService) que ofrece la web de Catastro. Teniendo como base el servicio catastral y los datos de cada uno de los propietarios cedidos por la Comunidad, se procede, con ayuda de los acequeros y capataces de cada uno de los sectores, a revisar y asignar cada una de las parcelas a su propietario, con el fin de obtener información relativa a éste, al número de las parcelas totales y superficies de las mismas, el tipo de cultivo, si parte de la parcela es de secano o se riega desde pozo, datos personales, etc. La tabla del parcelario consta de una serie de campos como la superficie, el perímetro, coordenadas y datos relativos a cada una de las parcelas como el sector, la provincia, el polígono al que pertenecen, etc., creando un código de expediente que será el nexo de unión con los datos de los propietarios (Tabla 2).

Tabla 2: Campos de la tabla de parcelario

SUPERFICIE	PERIMETRO	SEC	PROV	MUN	POL	PAR	EXPED	OBSE RV	APELLIDOS	NOMBRE	EXP	N REG
0,773455705	433,2319802	26	06	120	002	005557	2606120002005557		XXXXXXXX XXXXXXXXX	XXXXXXXX	00000	00000

En definitiva, lo que se plantea desde un principio es que una vez entregados el resultado del procesamiento, sea la propia Comunidad la administradora de los datos y la encargada de realizar modificaciones en los mismos, así como de obtener información visual rápida que les ayude a solucionar problemas, u otras formas de obtener información más compleja a través de relaciones entre las distintas tablas de la base de datos (Figura 4).

RESULTADOS

El SIG, como soporte, ofrecerá a la Comunidad de Regantes del Canal de Orellana tres funciones principales: consulta, análisis y modelización.

- La función de consulta consistirá en realizar un estudio a partir de la información ya existente, sin la necesidad de crear ningún tipo de información adicional, mostrándose el SIG como una herramienta de consulta, bien de forma gráfica o en tablas.
- El análisis se llevará a cabo elaborando nuevas coberturas a partir de las existentes, haciendo uso de las distintas herramientas analíticas de las que se dispone en el programa y la intersección de coberturas.
- Por último, la función de modelización o simulación se basará en la aplicación de metodologías más complejas, como son la programación informática, que permita realizar operaciones más complejas.

El resultado del procesamiento de toda la información serán consultas como las siguientes que, a modo de ejemplo, se ha tomado como referencia solamente un sector, el XXVI. La información que se puede llegar a obtener es muy diversa, como por ejemplo la visualización y localización de los distintos elementos de las acequias (Figura 5), dando la posibilidad de planificar obras.

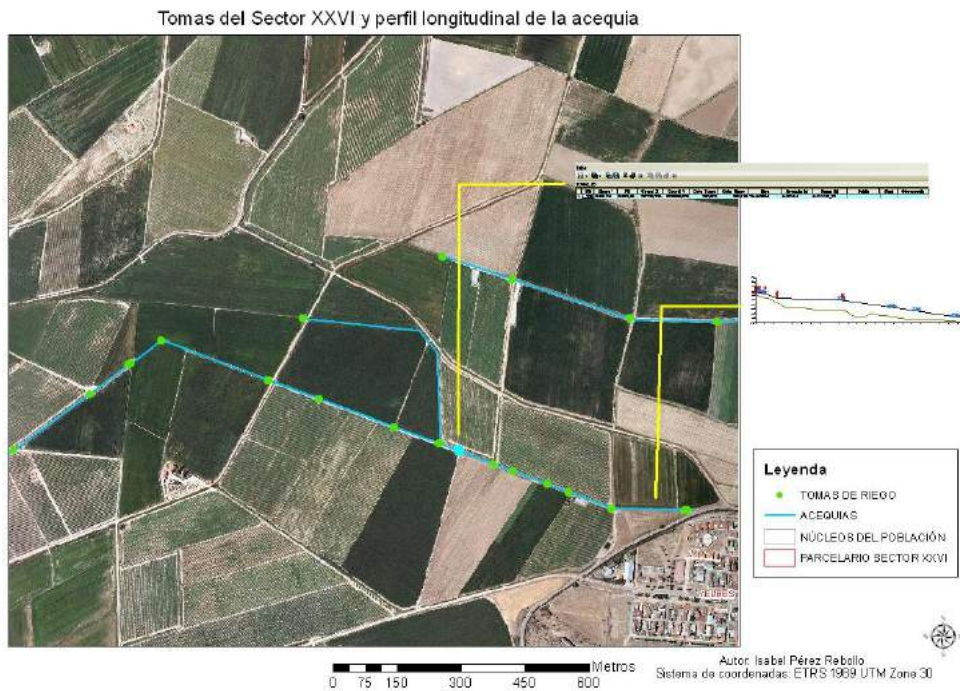


Figura 5: Elementos de las acequias

Consultas de los cultivos que tienen cada una de las parcelas, pudiendo así programar la cantidad de agua que necesita cada uno y la época de riego entre otras (Figura 6).

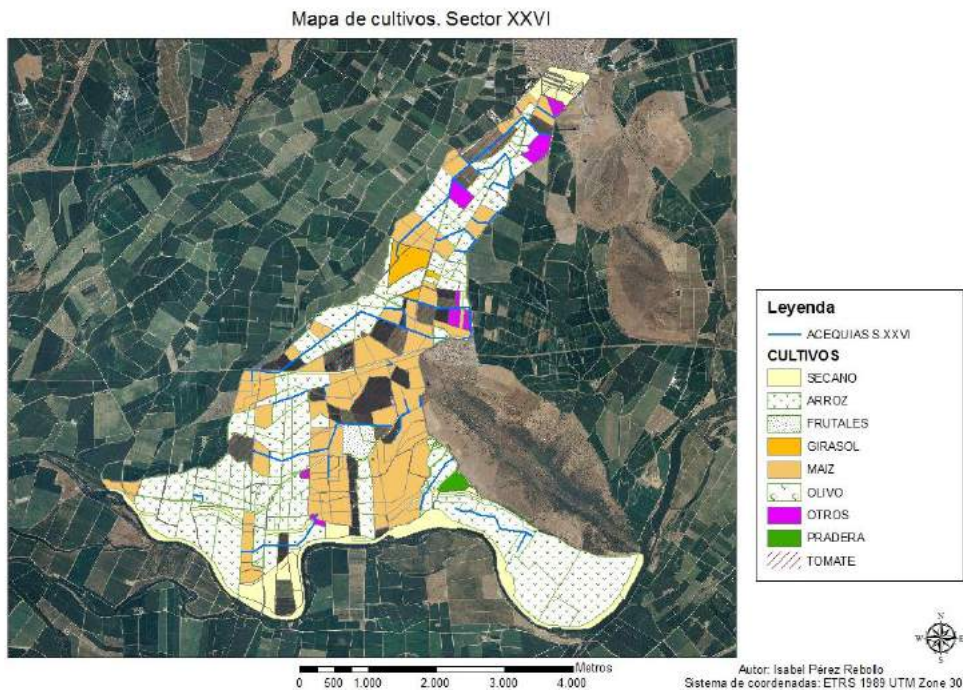


Figura 6: Mapa de cultivos

Consultas sobre el parcelario, aportando información personal, superficie regada, elementos que riegan la acequia, etc. (Figura 7).

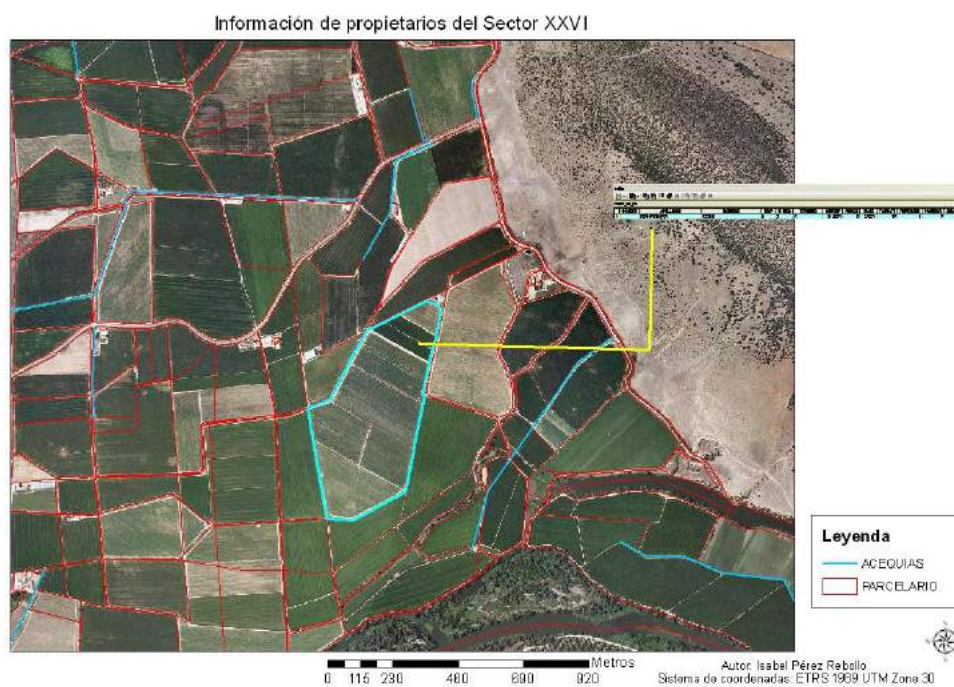


Figura 7: Modelo de información de propietarios

Finalmente, toda la información obtenida puede ser volcada a un programa de gestión con el fin de calcular y gestionar el cobro anual del agua a cada uno de los regantes. Este programa debe de estar "conectado" con la base de datos para que se actualicen continuamente los datos.

CONCLUSIONES

La implementación al SIG de los datos como sistema de soporte, permite conseguir una gestión del riego más eficiente, uno de los objetivos principales de este trabajo. Las conclusiones generales son las siguientes:

- Actualizar y renovar una cartografía antigua y unificar toda la información en una sola fuente.
- La cooperación e intercambio de datos entre las partes intervinientes en este proyecto ha sido constante, requisito indispensable para conseguir una correcta recopilación de los mismos.
- La metodología de trabajo utilizada no es cerrada o estática, lo que es de gran utilidad ya que permite estar modificando los datos de las diferentes fases del trabajo, que se han visto anteriormente, y adecuar el sistema a otras variables externas, como la disponibilidad de acequeros y capataces para la revisión catastral.

AGRADECIMIENTOS

Agradecer a todas las partes intervinientes, TRAGSA, SEIASA y Comunidad de Regantes del Canal de Orellana, que han permitido el uso de los datos y el acceso al proyecto enmarcado en la obra "*Red de Monitorización de la Comunidad de Regantes del Canal de Orellana (Segunda Fase)*".

BIBLIOGRAFÍA

- Ayuga, E. (2008): *Proyecto SIG, Fases de realización I. Sistemas de Información Geográfica: Técnicas Cuantitativas para Gestión de Datos*. Departamento de Economía y Gestión Forestal. E.T.S.I. Montes. Universidad Politécnica de Madrid. Consulta en [<http://ocw.upm.es/proyectos-de-ingenieria/sistemas-de-informacion-geografica-tecnicas-cuantitativas-para-gestion-de-datos/>].
- Guzmán Álvarez, J.R. (2010): *Vocabulario del Agua*. Consejería de Medio Ambiente y Ordenación del Territorio. Junta de Andalucía. Consulta en [http://www.juntadeandalucia.es/medioambiente/portal_web/servicios_generales/doc_tecnicos/2010/agua_domesticada/parte_3/EAD59.pdf].
- Jiménez Bello, M.A., Martínez Alzamora, F., Balbastre Peralta, L., Arviza Valverde, J. y Manzano Juárez, J.: *Modelización de una comunidad de riego localizado a presión en un entorno SIG, para su gestión agronómica e hidráulica*. XXII Congreso Nacional de Riegos. Asociación Española de Riegos y Drenajes. Logroño 15-17 Junio de 2004
- Jiménez Bello, M.A. (2008): *Integración de los procesos agronómicos e hidráulicos del riego a presión de un entorno SIG para la gestión eficiente de Comunidades de Regantes*. Tesis Doctoral. Departamento de Ingeniería Hidráulica y Medio Ambiente. Universidad Politécnica de Valencia.
- Martínez, V. y Hernández, J. (2003): *Sistemas de información geográfica: aplicaciones en ingeniería y medio ambiente con Arcview*, Editorial Moralea. Albacete
- Ministerio de Agricultura, Pesca y Alimentación. 1998. *Plan nacional de regadíos. Horizonte 2008*. Madrid.
- TRAGSA (2011), "*Proyecto Red de Monitorización de la Comunidad General de Regantes del Canal de Orellana (segunda fase)*".

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

Luís Quinta-Nova¹, Paulo Fernandez¹, Natália Roque¹, Suzete Cabaceira¹, José Cabezas², Luis Fernández-Pozo², Beatriz Ramírez²

¹Instituto Politécnico de Castelo Branco - Escola Superior Agrária, Quinta da Senhora de Mércules, Apartado 119, 6001-909 Castelo Branco. PORTUGAL

²Grupo Análisis de Recursos Ambientales (ARAM), Universidad de Extremadura. Avda. de Elvas s/n, 06006. Badajoz. ESPAÑA.

RESUMO

É consensual que a escolha dos usos mais adequados às aptidões edafo-climáticas, complementada com critérios socioeconómicos, promove uma utilização sustentável dos espaços rurais. Existem, no entanto, diferentes metodologias utilizadas para a definição da capacidade e potencialidade do solo para a implementação de usos agroflorestais ou manutenção de ecossistemas naturais e seminaturais, nomeadamente culturas agrícolas, povoamentos florestais, territórios agro-silvo-pastoris, áreas prioritárias para a conservação da natureza. Muitas dessas metodologias recorrem a sistemas de apoio à decisão, baseados na análise espacial multicritério.

Neste estudo pretendeu-se determinar os diferentes níveis de aptidão para a utilização agroflorestal no território transfronteiriço OTALEX C (Alentejo-Extremadura-Centro), para o efeito recorreu-se a um conjunto de variáveis edáficas e topográficas. Foram igualmente incorporadas as condicionantes legais e a ocupação do solo. A avaliação da aptidão foi efetuada com recurso ao método de análise espacial multicritério Analytic Hierarchy Process (AHP).

O resultado obtido com esta metodologia, confrontado com a matriz de uso existente, permite identificar as áreas onde a ocupação e gestão está de acordo com a aptidão do espaço, bem como as áreas onde o uso deverá ser alvo de uma reconversão ou apenas a uma alteração de modo de gestão.

Palavras-chave: análise multicritério, Analytic Hierarchy Process, aptidão agroflorestal, sistemas de informação geográfica

ABSTRACT

It's generally agreed that the choice of the most suitable uses based in soil and climatic factors, complemented with socio-economic criteria, promotes sustainable use of rural land. There are, however, different methodologies for defining the soil suitability to agro-forestry systems or natural and semi-natural ecosystems, including agricultural uses, forest plantations, agro-forestry areas and priority areas for nature conservation. Many of these methods rely on decision support systems based on multicriteria spatial analysis.

In this study we intended to determine the different levels of suitability for agro-forestry use in the cross-border territory OTALEX C (Alentejo-Extremadura-Centro), to the effect we used a set of soil and topographic variables. The legal constraints and land cover were also included. The suitability evaluation was performed using the Analytic Hierarchy Process (AHP).

The results obtained with this methodology, faced with the existing land use matrix, allow to identify areas where the use and management it's in accordance with their suitability, as well as areas where the use must be subject to a conversion or at least to a change of management mode.

Keywords: agro-forestal suitability, Analytic Hierarchy Process, geographic information systems, multicriteria analysis

1. INTRODUÇÃO

O projeto OTALEX C, cofinanciado pelo Programa Operacional de Cooperação Transfronteiriça Espanha Portugal (POCTEP), vem na sequência de uma série de projetos de cooperação transfronteiriça cujo objetivo principal tem sido a permuta de informação sobre estes territórios numa perspetiva de planeamento e gestão territorial concertados entre administrações locais, regionais e nacionais dos dois países. Neste contexto criou-se, em 2007, a primeira Infraestrutura de Dados Espaciais transfronteiriça entre Portugal e Espanha, a IDE-OTALEX(www.ideotalex.eu), que constituiu o Observatório Territorial e Ambiental Alentejo e Extremadura, ao qual em 2011 se incorporou a região Centro de Portugal.

Com a constituição da IDE-OTALEX criou-se um sistema de indicadores para a monitorização do desenvolvimento nessa área, que no total das três regiões abrange cerca de 92500 km² (Figura 1).

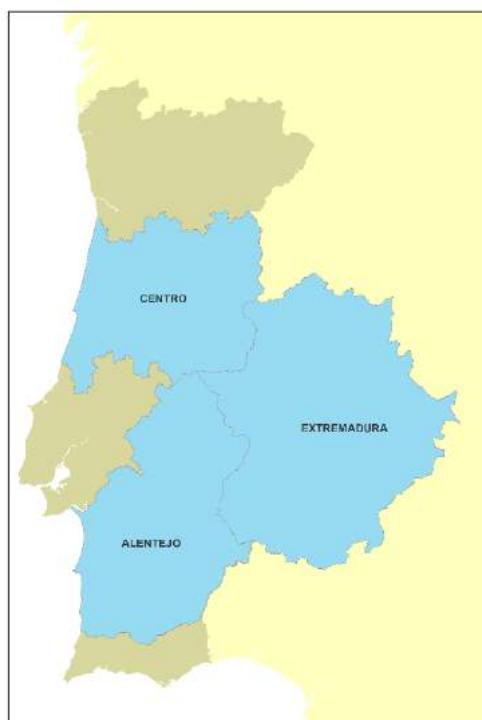


Figura 1. Área em estudo: OTALEX C.

O ordenamento do espaço agroflorestal constitui um instrumento necessário para que as várias entidades o utilizem de acordo com as suas aptidões, contribuindo para um aproveitamento integrado e economicamente sustentável do espaço rural. Considerando-se que a aptidão natural do território para um determinado uso resulta da conjunção de fatores relacionados com a capacidade intrínseca desse território no que respeita aos fatores ambientais, com as potencialidades que advêm da transformação do território pelo homem.

Segundo Roy (1996) a análise multicritério é uma ferramenta matemática que permite comparar diferentes alternativas (ou cenários), fundamentada em vários critérios, com o objetivo de apoiar a tomada de decisão. A análise multicritério tem sido aplicada em vários estudos no âmbito do planeamento ambiental e territorial (Malczewski, 2004; Collins, Steiner e Rushman, 2001).

2. MATERIAL E MÉTODOS

Na Figura 2 é apresentada a metodologia utilizada para a determinação das aptidões para as utilizações agro-florestais, designadamente para Floresta de produção, para Áreas agrícolas em regime intensivo e para Áreas agrícolas em regime extensivo/ Áreas de uso múltiplo.

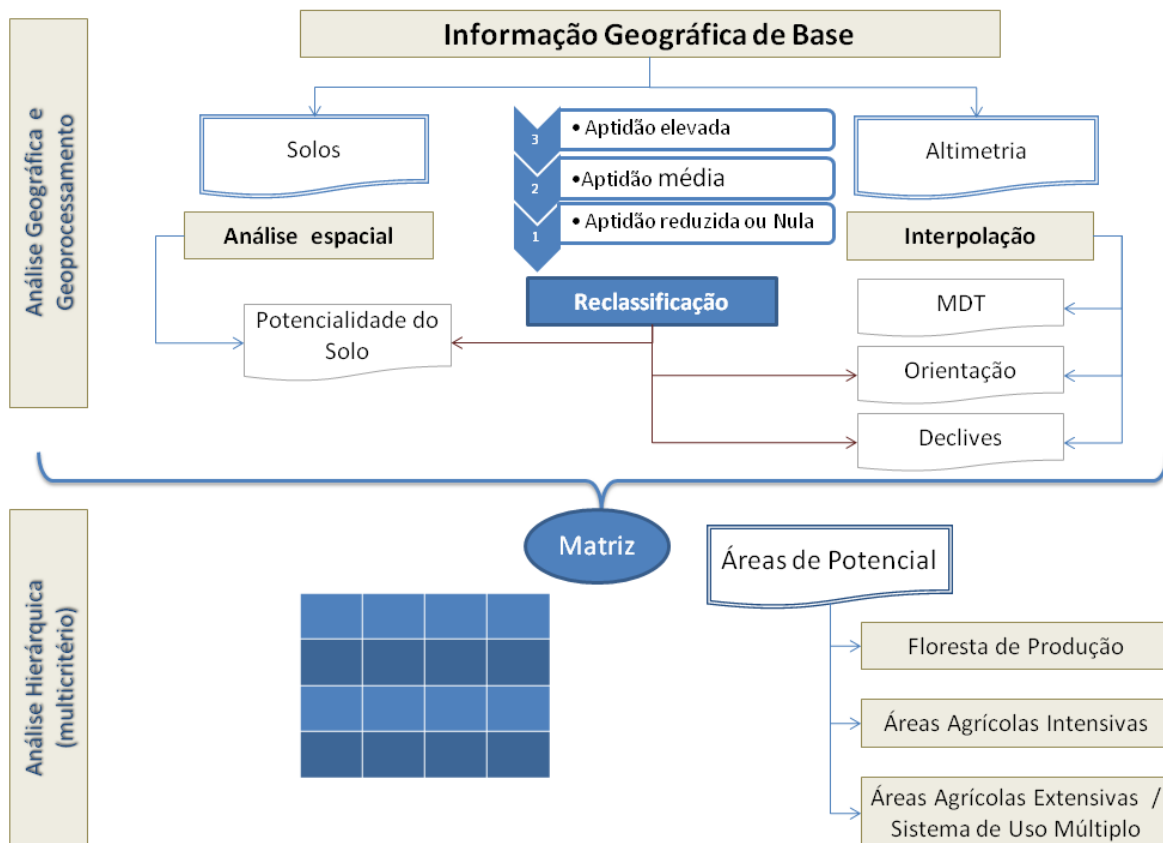


Figura 2. Modelo metodológico.

A identificação das aptidões agro-florestais foi efetuada com base na integração de um conjunto de fatores biofísicos com recurso ao programa ArcGIS 10.2, tendo por base as exigências edafoclimáticas das espécies cultivadas e as condições ótimas de exploração associadas aos diferentes usos, tendo sido utilizada como cartografia vetorial de base, a altimetria, os solos e ocupação do solo.

Para a determinação das potencialidades do solo procedeu-se à edição da tabela de atributos do tema solos, reclassificando-se os solos nas suas potencialidades genéricas de acordo com a Tabela 1.

Tabela 1. Potencialidades genéricas do solo.

Classe de potencialidade	Características dos solos	Uso potencial
I	Solos muito variados que apresentam severas ou muito severas limitações a um uso produtivo direto devido a problemas de espessura efetiva, riscos de erosão ou pedregosidade. Com fertilidade muito baixa.	Mata e matos com funções essencialmente de proteção e recuperação. Em alguns casos mais favoráveis, pastagem permanente melhorada e integrada no sistema montado.
II	Solos de textura grosseira, sem problemas graves de erosão, em geral de fertilidade muito baixa a baixa.	Sistemas florestais (pinhal e montado de sobro), pastagens, vinha, suscetíveis de utilização arvensa ou hortícola intensiva dispondo-se de água e matéria orgânica.
III	Solos mediterrâneos sem problemas graves de erosão. Fertilidade baixa a mediana.	Sistemas culturais arvenses cerealíferos, hortícolas ou frutícolas e até pratenses e florestais apropriados, pouco intensivos.
IV	Solos mediterrâneos para-barros e solos calcários sem problemas de erosão. Fertilidade mediana a boa.	Sistemas culturais arvenses cerealíferos intensivos, frutícolas, pratenses, montados ou florestais. Particularmente aptos para olival e proteaginosas se de reação alcalina.
V	Apresentam uma fertilidade elevada.	Suscetíveis de usos diferenciados consoante a drenagem, textura e disponibilidade de água de rega: Sistemas de regadio e Sistemas de sequeiro. Sistemas florestais intensivos.
Massas de água	-	Sem aptidão

A agregação dos solos em classes representativas da sua potencialidade baseia-se nas suas propriedades, designadamente: textura, estrutura, capacidade utilizável, reserva mineral, matéria orgânica, natureza dos minerais de argila, capacidade de troca catiónica, grau de saturação, pH entre outros, bem como nos fatores de formação do solo, processos gerais de pedogénese, que representam aspetos relevantes na avaliação das características definidoras do potencial de fertilidade, a que se associa a aptidão do solo para produzir ao longo do tempo (UNESUL, 1996).

Com base nos dados altimétricos foi gerado um modelo digital de terreno (MDT). A partir do MDT foram produzidos os temas de exposições e de declives. Estes últimos foram reclassificados de acordo com a sua importância como fatores condicionantes à utilização agroflorestal do território. O declive corresponde a um fator limitante à utilização do solo, influenciando no acesso da maquinaria e na suscetibilidade à erosão do solo. Já a exposição das encostas determina a quantidade de radiação solar incidente, influenciando o microclima.

Os diferentes temas foram classificados em três níveis de aptidão: reduzida ou nula (1), moderada (2) e elevada (3). Com base nos temas resultantes da reclassificação em níveis de aptidão, calculou-se a aptidão mediante a aplicação de um método de análise espacial multicritério - o *Analytic Hierarchy Process* (AHP) ou Processo Analítico Hierárquico (Saaty, 1980).

Segundo o processo analítico hierárquico os pesos e prioridades a atribuir aos critérios resultam de um conjunto de julgamentos subjetivos realizados por participantes envolvidos no processo. São desenvolvidas matrizes de comparação par a par, utilizando uma escala de nove níveis. A comparação par a par, entre os n critérios, é realizada a partir de uma matriz quadrada $n \times n$, onde os critérios estão dispostos na mesma ordem ao longo das linhas e das colunas.

O desenvolvimento das comparações par a par de critérios exige a adoção de uma escala que expresse e possibilite a normalização dos julgamentos efetuados. Neste trabalho adotou-se a escala proposta por Saaty (1980), composta por nove níveis numéricos, apresentados na Tabela 2.

Tabela 2. Escala de comparação de critérios.

1/9	1/7	1/5	1/3	1	3	5	7	9
Extremamente	Bastante	Muito	Pouco	Igual	Pouco	Muito	Bastante	Extremamente
Menos importante				Mais importante				

Fonte: Saaty (1980).

Como corolário, procedeu-se a uma análise espacial que visou confrontar o uso atual no território em estudo com as potencialidades do solo identificada. Para o efeito recorreu-se à operação *combine* que permite gerar combinações de valores associados aos dois temas. A partir do tema gerado verificou-se o grau de adequação dos usos às características dos solos (Tabela 3).

Tabela 3. Ranking dos critérios.

Critérios	Classes	Aptidão		
		Floresta de Produção	Áreas agrícolas em regime intensivo	Áreas agrícolas em regime extensivo/ Sistemas de uso múltiplo
Potencialidade do solo	Classe I	1	1	2
	Classe II	3	2	3
	Classe III	3	2	3
	Classe IV	2	3	2
	Classe V	2	3	2
	Massas de água	1	1	1
Declives	0 - 10%	3	3	3
	10% - 20%	2	2	3
	20% - 30%	2	2	2
	Superior a 30%	1	1	1
Exposições	Áreas planas	3	2	2
	Encostas quentes	3	2	2
	Encostas temperadas	3	3	3
	Encostas frias	3	2	2

3. RESULTADOS

Com base nas operações de modelação da altimetria obtiveram-se os temas de declives e exposições, representados nas Figuras 3 e 4, respetivamente.

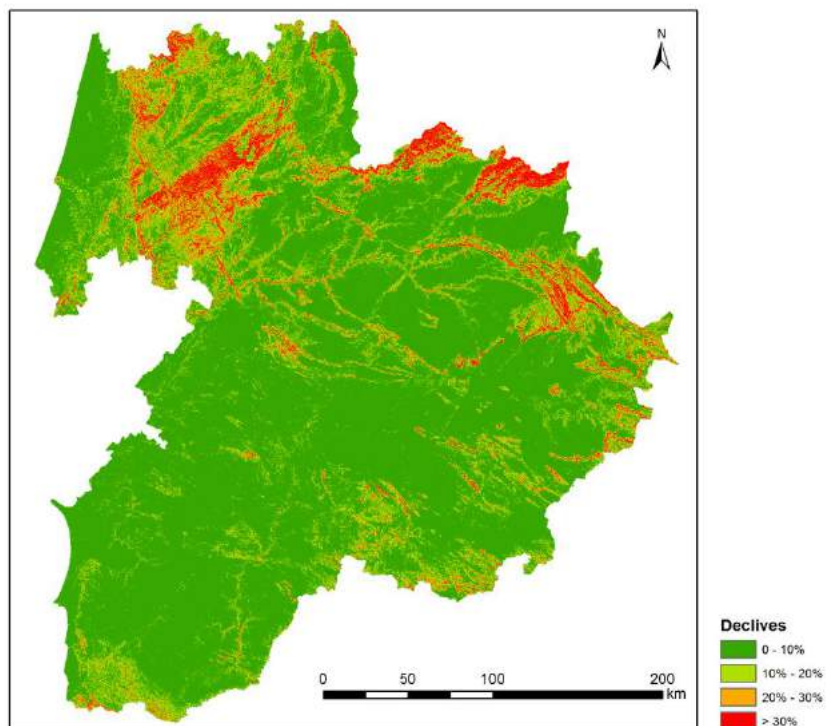


Figura 3. Declives.

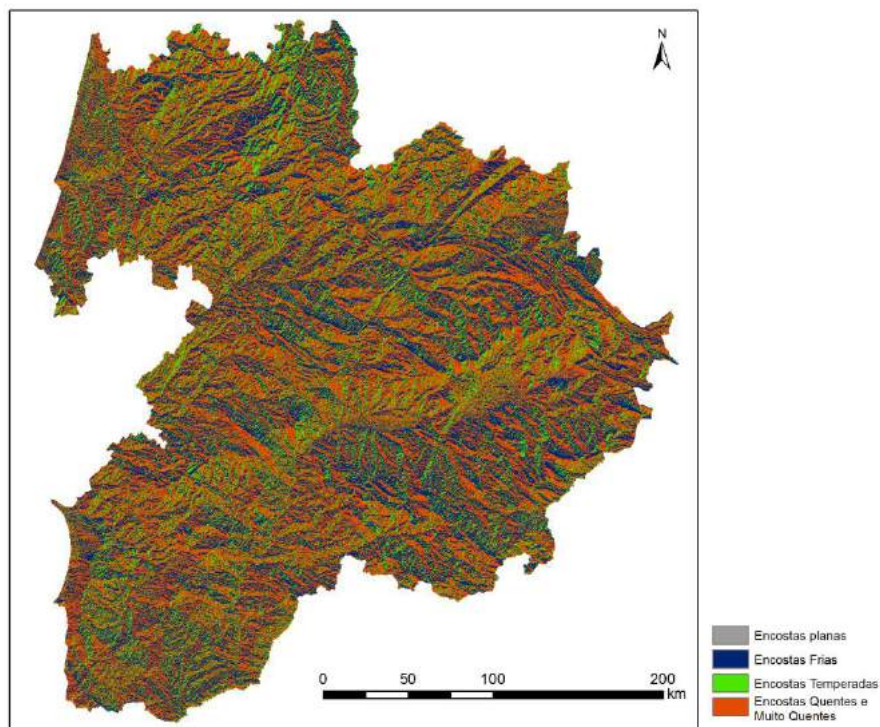


Figura 4. Exposições.

A partir da reclassificação do tema Solos obteve-se o tema referente à sua potencialidade (Figura 5), que permite identificar os usos agrícolas e florestais mais adequados às diferentes unidades edáficas, bem como as áreas sem interesse produtivo.

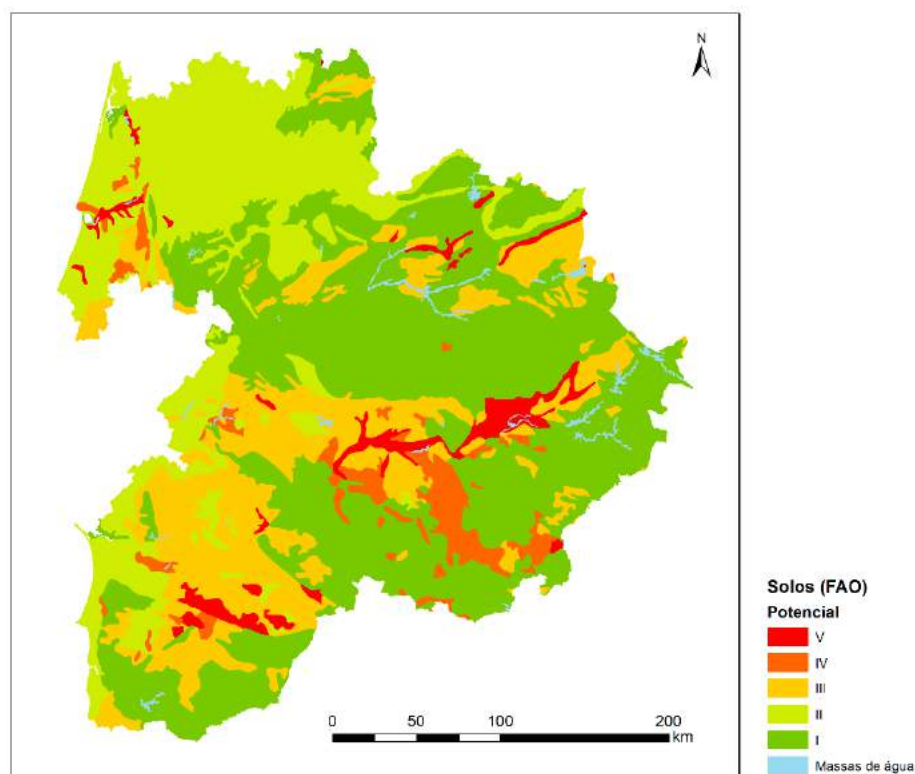


Figura 5. Potencialidade do solo.

O processo analítico hierárquico teve por base os valores apresentados na matriz da Tabela 4, em conjugação com a ponderação obtida para todos os parâmetros (Tabela 5).

Tabela 4. Resultado da análise multicritério.

Critérios	Potencialidade do solo	Declives	Exposições
Potencialidade do solo	1	7	9
Declives	1/7	1	3
Exposições	1/9	1/3	1

Tabela 5. Ponderação dos critérios.

Critérios	Valor Próprio	Vetor próprio	Ponderação
Potencialidade do solo	3.080	0.979	78,54%
Declives	-0.040	0.186	14,88%
Exposições	-0.040	0.082	6,58%

Rácio de Consistência: 0.077

Nos cartogramas seguintes são apresentados os resultados da análise hierárquica (Figuras 6, 7 e 8).

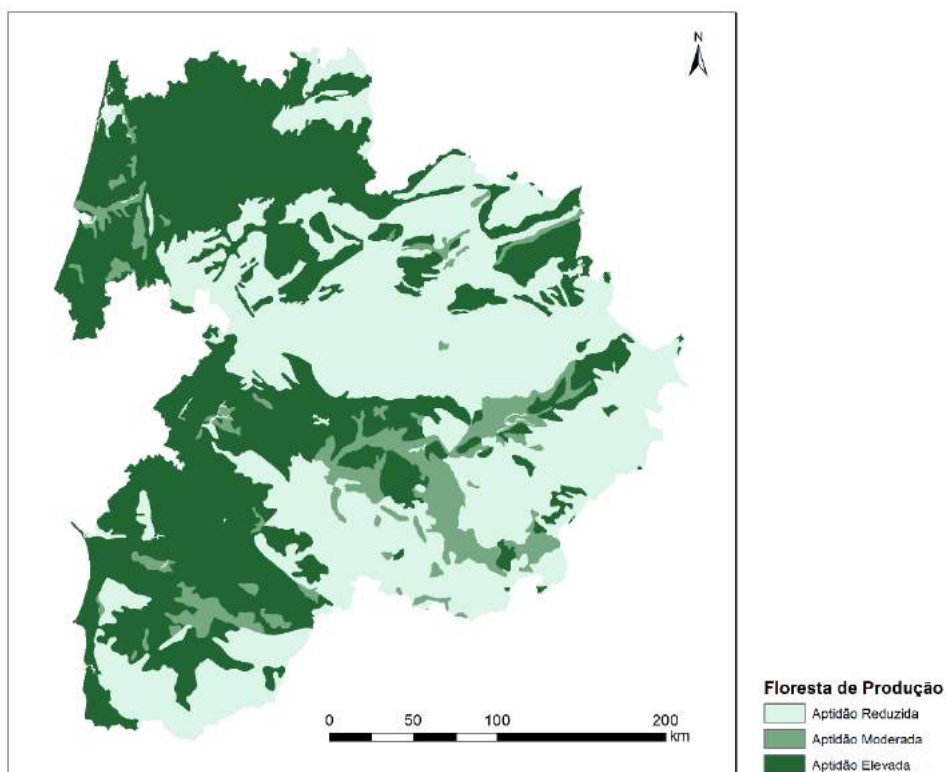


Figura 6. Áreas com aptidão para a Floresta de Produção.

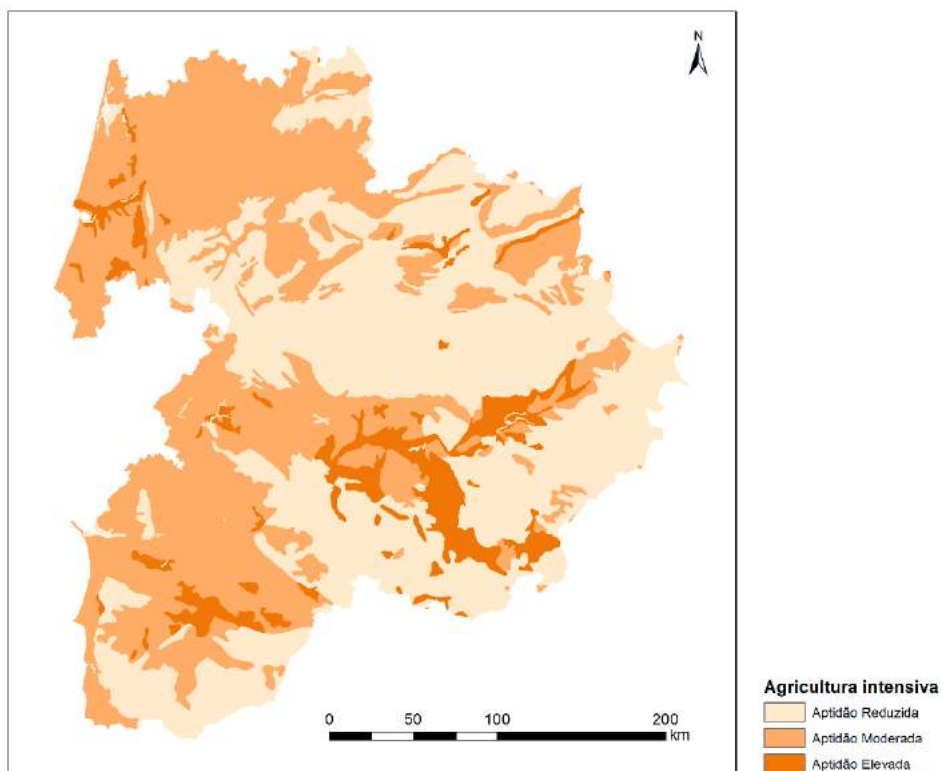


Figura 7. Áreas com aptidão para a Agricultura em regime intensivo.

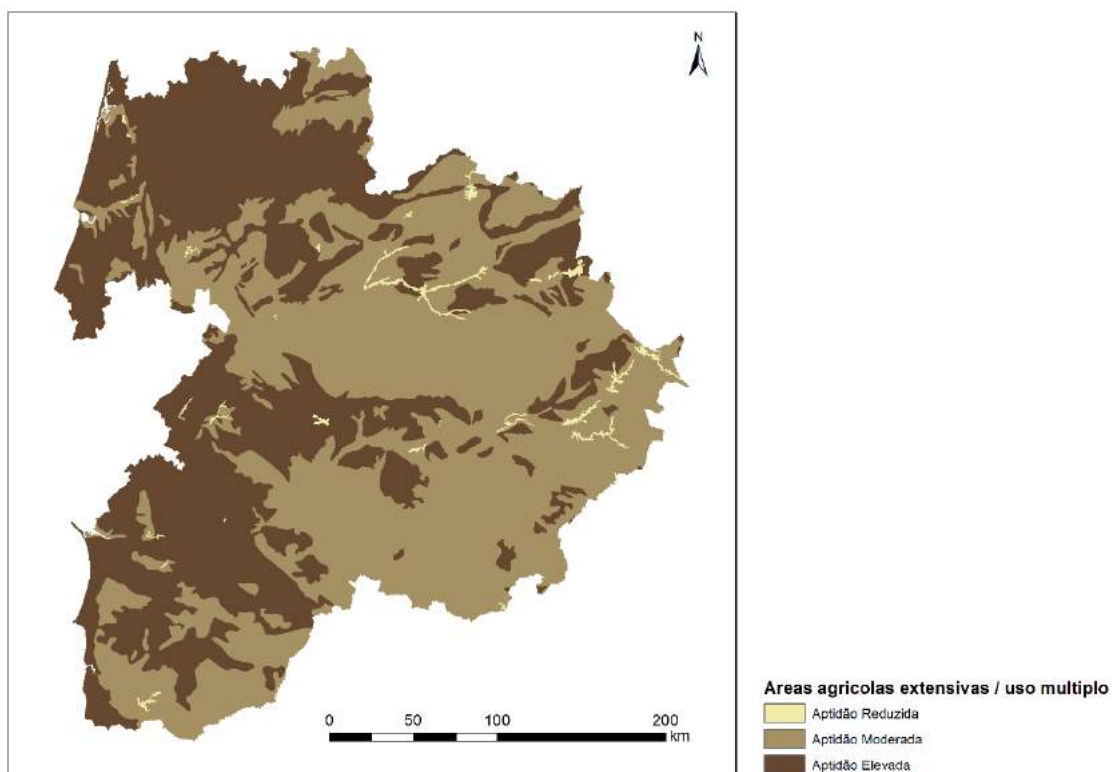


Figura 8. Áreas com aptidão para a Agricultura em regime extensivo / Sistema de uso múltiplo.

Na Figura 9 pode verificar-se o grau de adequação dos usos à aptidão potencial dos solos.

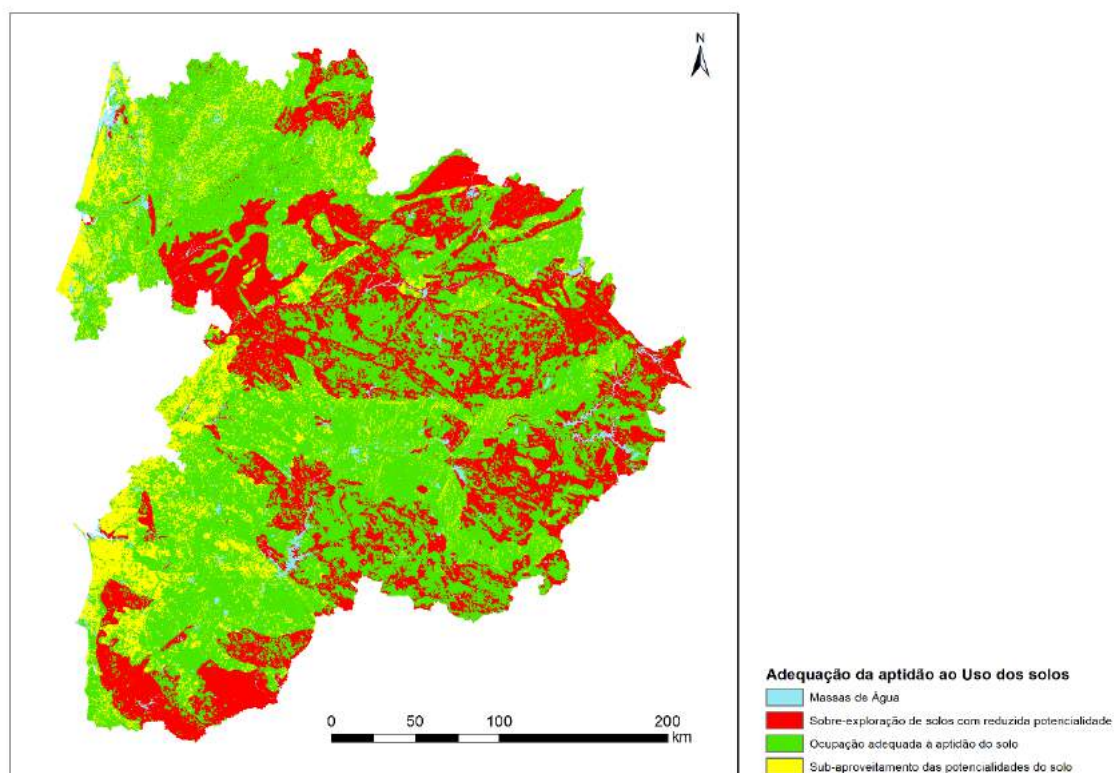


Figura 9. Adequação da ocupação agroflorestal na área OTALEX C.

Da análise efetuada verifica-se que 56% do território OTALEX C se encontra com ocupação adequada à aptidão do solo; 29% encontra-se em sobre-exploração de solos com reduzida potencialidade; e 12% do território está a ser subaproveitado, tendo em consideração as potencialidades do solo. Os restantes 3% estão afetos às massas de água.

4. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Neste estudo, desenvolveu-se um modelo de avaliação espacial multicritério em ambiente SIG para a determinação da aptidão natural do território OTALEX C para utilizações agroflorestais, designadamente para floresta de produção, áreas agrícolas em regime intensivo e áreas agrícolas em regime extensivo/Áreas de uso múltiplo.

Esta metodologia permite a exploração da aptidão natural do território, com base num conjunto de fatores biofísicos, contribuindo para uma reflexão sobre a adequação das ocupações atuais e futuras face à capacidade de carga do meio.

Numa abordagem posterior, serão incorporados fatores bioclimáticos no sentido de determinar as aptidões para diferentes povoamentos florestais e culturas agrícolas.

Do ponto de vista instrumental a exploração da metodologia pode assumir um interesse como auxiliar para os agentes da administração pública com funções na área do planeamento e gestão do território.

AGRADECIMENTOS

Este trabalho foi desenvolvido no âmbito do programa POCTEP. “Observatório Territorial e Ambiental Alentejo-Extremadura-Centro” (Ref.^a 0345_OTALEX_C_4_E).

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Collins, M. G., Steiner, F. R., Rushman, M. J. (2001) “Land-use suitability analysis in the United States: historical development and promising technological achievements”. *Environment Management*. v. 28, n. 5, pp. 611-621.
- Direção Geral do Território (2006) Corine Land Cover (CLC), Série cartográfica de ocupação do solo, à escala 1:100 000.
- For ESDB v2.0: The European Soil Database distribution version 2.0, European Commission and the European Soil Bureau Network, CD-ROM, EUR 19945 EN, 2004".
- Infraestrutura de dados espaciais OTALEX C. <http://www.ideotalex.eu/OtalexC/>
- Malczewski, J. (2004), “GIS - based land-use suitability analysis: a critical overview”, *Progress in Planning*, v. 62, n. 1, pp. 3-65.
- Panagos Panos. The European soil database (2006) *GEO: connexion*, 5 (7), pp. 32-33.
- Panagos P., Van Liedekerke M., Jones A., Montanarella L. European Soil Data Centre: Response to European policy support and public data requirements. (2012) *Land Use Policy*, 29 (2), pp. 329-338. doi:10.1016/j.landusepol.2011.07.003
- Roy, B. (1996), *Multicriteria methodology for decision aiding*. Dordrecht. Kluwer Academic.
- Saaty, T.L. (1980), *The Analytical Hierarchy Process: Planning, Priority Setting, Resource Allocation*. 1st Ed., McGraw-Hill, New York.
- UNESUL (1996), *Análise da evolução de uma área da Península de Setúbal na sequência de um processo de alteração de uso - Relatório final do projecto 16/94 do Programa estímulo à investigação no domínio do Ordenamento do território e do Desenvolvimento Urbano*, Associação Universidade-Empresa do Sul, Évora.

APLICACIÓN DE SIG PARA LA OBTENCIÓN DE UNIDADES EDA-FOAMBIENTALES EN EL SUROESTE DE LA PENÍNSULA IBÉRICA

Ramírez, Beatriz ¹; Fernández, Luis ¹; Cabezas, José ¹; Ramos, Victoriano ¹; Mendes, Paula ²; Pinto-Gomes, Carlos ²; Batista, Teresa ³

1 Grupo Análisis de Recursos Ambientales (ARAM). Universidad de Extremadura, España, beraro@unex.es

2 Departamento de Paisagem, Ambiente e Ordenamento, Universidad de Évora, Portugal.

3 Instituto de Ciências Agrárias e Ambientais Mediterrânicas (ICAAM). Universidad de Évora, Portugal.

RESUMEN

El desarrollo de sistemas de información geográfica (SIG) y su aplicación en diversas disciplinas, entre ellas la ecología y las ciencias ambientales, ha supuesto la generación de mapas temáticos y coberturas, los cuales pueden combinarse con el fin de analizar posibles interacciones entre diversas variables. Nuestra área de estudio se sitúa en el suroeste de la Península Ibérica, EUROACE, agrupación integrada por las regiones de Alentejo y Centro (Portugal) y la Comunidad Autónoma de Extremadura (España) con una extensión de 92.532Km². Para la elaboración de las unidades edafoambientales se partió de información litológica, de pendientes y vegetación (Corine Land Cover, CLC). Se establecieron como categorías litológicas: aluviales y coluviales, calizas, cuarcitas, dunas, granitos, pizarras y rocas plutónicas e ígneas. El CLC ha sido reclasificado en 10 categorías: dehesa, coníferas, humedales, matorral, otros bosques, prados y pastizales, secoano, regadío, otros cultivos y vegetación costera. En cuanto al relieve, se clasifican en 6 categorías, desde "llano" a "escarpado". Utilizando SIG se combinaron los mapas elaborados de litología, vegetación y pendiente para obtener unidades edafoambientales con el objetivo de realizar un análisis detallado del territorio. Como resultado se han obtenido 251 unidades edafoambientales de las máximas posibles, fragmentadas en un total de 52.783 polígonos.

Palabras Clave: EUROACE, suelo, unidades edafoambientales, SIG.

ABSTRACT

The development of geographic information systems (GIS) and their application in various disciplines, including ecology and environmental science, has led to the generation of thematic maps and hedges, which can be combined in order to analyze possible interactions between different variables. Our study area is located in the southwest of the Iberian Peninsula, EUROACE, comprising the regions of Alentejo and Centro (Portugal) and Extremadura (Spain) with an extension of 92.532Km². For the preparation of the edapho-environmental units were started from lithological information, slope and vegetation (Corine Land Cover, CLC). They were established as lithological categories: alluvial and colluvial, limestone, quartzites, dunes, granite, slate and plutonic and igneous rocks. The CLC has been reclassified into 10 categories: montado, conifers, wetlands, scrub, other forests, meadows and pastizle, dryland, irrigated crops and other coastal vegetation. As for the relief, they are classified into 6 categories, from "flat" a "steep". GIS maps produced using lithology, vegetation and slope for edapho-environmental units in order to perform a detailed analysis of the area combined. As a result were obtained 251 edapho-environmental units maximum possible units, fragmented in a total of 52,783 polygons.

Keywords: EUROACE, soil, edapho-environmental, GIS.

INTRODUCCIÓN

El desarrollo de sistemas de información geográfica (SIG) y su aplicación en diversas disciplinas, entre ellas la ecología y las ciencias ambientales, ha supuesto la generación de mapas temáticos y coberturas, los cuales pueden combinarse con el fin de analizar posibles interacciones entre diversas variables.

La cartografía integrada del medio natural es una adaptación simplificada de The Land System Approach (Gunn et al., 1988). Está basada en la toma en consideración de factores del medio: relieve, litología, hidrología, clima y suelo, y en el análisis simultáneo de los mismos (Almorox et al., 2001). Este procedimiento permite definir y transcribir las diferentes tierras según un sistema de tres categorías: Territorio, Ámbito y Tierra. El empleo de diversas técnicas de estudio permite identificar los factores ecológicos relevantes en relación a los gradientes edáficos. Entre los más significativos se cuentan los climáticos así como los relacionados con la topografía del terreno y el material original del suelo, cuya influencia resulta especialmente importante en las primeras etapas de formación del suelo.

Los factores formadores clásicos (Jenny, 1941) son la roca madre o material original, el clima, los organismos vivos, la geomorfología y el tiempo. Su acción determina la dirección, velocidad y duración de los procesos formadores (Simonson, 1959), ya que son los agentes más importantes de la edafogénesis (Porta et. al., 2003). Estos factores son la base para la elaboración de unidades edafoambientales, puestas de manifiesto por la elevada diversidad de los ecosistemas mediterráneos y sus singulares características fisiográficas y geoestructurales. La integración espacial de estas, así como las interacciones entre las comunidades, hacen que la dinámica ecológica adquiera un papel destacado en cuanto al mantenimiento de estos ecosistemas. Por consiguiente, el desarrollo de metodologías que permitan la obtención y discriminación de estas unidades edafoambientales, así como el estudio detallado de las mismas en aras de un mejor conocimiento del funcionamiento de los ecosistemas mediterráneos es de capital relevancia.

La presencia o abundancia de muchas especies está íntimamente correlacionada con el tamaño de los elementos del paisaje (Robbins et al., 1989). Así, éstos pueden ser simples y compactos o irregulares y complejos. La forma de estos elementos es un atributo espacial difícil de medir en un indicador debido a la gran cantidad de posibles configuraciones que pueden adoptar. Las medidas más comunes de la complejidad de la forma de los elementos del paisaje están basadas en la relación que existe entre el perímetro y su área. El área de los elementos del paisaje es la información más útil e importante que contiene el paisaje desde el punto ecológico. El significado de la forma se relaciona con el “efecto borde”: un elemento del paisaje con un perímetro grande está más amenazado por factores externos que otro con menor perímetro si ambos tienen la misma superficie, de tal modo que la relación perímetro / área cuantifica la complejidad de la forma de los elementos del paisaje. Cuanto mayor sea esta relación, mayor es la complejidad de los elementos del paisaje y mayor es la fragmentación (Martín et. al., 2006).

Carcavilla et al., 2007 establecieron el Grado de fragmentación (Gf) para estudiar la distribución de los elementos del paisaje en el área, indicando valores bajos, cierta homogeneidad en la distribución de los elementos de paisaje en el territorio.

ZONA DE ESTUDIO

El área de estudio se localiza en la eurrregión EUROACE, agrupación integrada por las regiones de Alentejo y Centro (Portugal) y la Comunidad Autónoma de Extremadura (España), ubicada en el suroeste de la Península Ibérica con una extensión de 92.532 Km², y una población próxima a 4.200.000 hab. (INE España y Portugal, 2013) (Figura 1). El territorio EUROACE equivale casi a la sexta parte de la Península Ibérica, si bien pese a su enorme potencial territorial, posee una escasa densidad media de población (45 hab/ Km²). Su estructura territorial cuenta con una buena red de ciudades medias y pequeñas, con una adecuada dotación de servicios y con fácil accesibilidad.



Figura 1. Área de Estudio

METODOLOGÍA

Los trabajos realizados para la obtención de unidades edafoambientales en nuestra área de estudio se centraron inicialmente en la recopilación de antecedentes y material de base. Para ello se ha utilizado el Software ArcGIS 9.2 - ArcMap y ArcCatalog y como extensiones Spatial Analyst y 3D Analyst (ESRI, 2006).

Para el estudio del relieve se utilizó un modelo digital de elevaciones. (IGN-IGP, 2007-2010). El estudio de la litología se basó en los mapas geológicos de Extremadura y de Portugal (IGME, 1987; LNEG, 1982). Para el establecimiento de las categorías de vegetación/ usos del suelo se ha utilizado el Corine Land Cover 2006 a Nivel 3 (EEA, 2006).

Utilizando el software mencionado anteriormente, las **unidades edafoambientales** se elaboraron por superposición de las capas de litología, vegetación/ usos del suelo y relieve mediante una integración y unión de las mismas.

Debido al gran número de categorías de cada capa se procedió a la reclasificación de los mapas de referencia, reduciéndose a 7 el número de clases litológicas, 10 las de vegetación/ usos del suelo y 6 las de relieve. Estas últimas siguiendo la clasificación propuesta por FAO (FAO, 2009). En la tabla 1 se recogen las agrupaciones establecidas para cada capa.

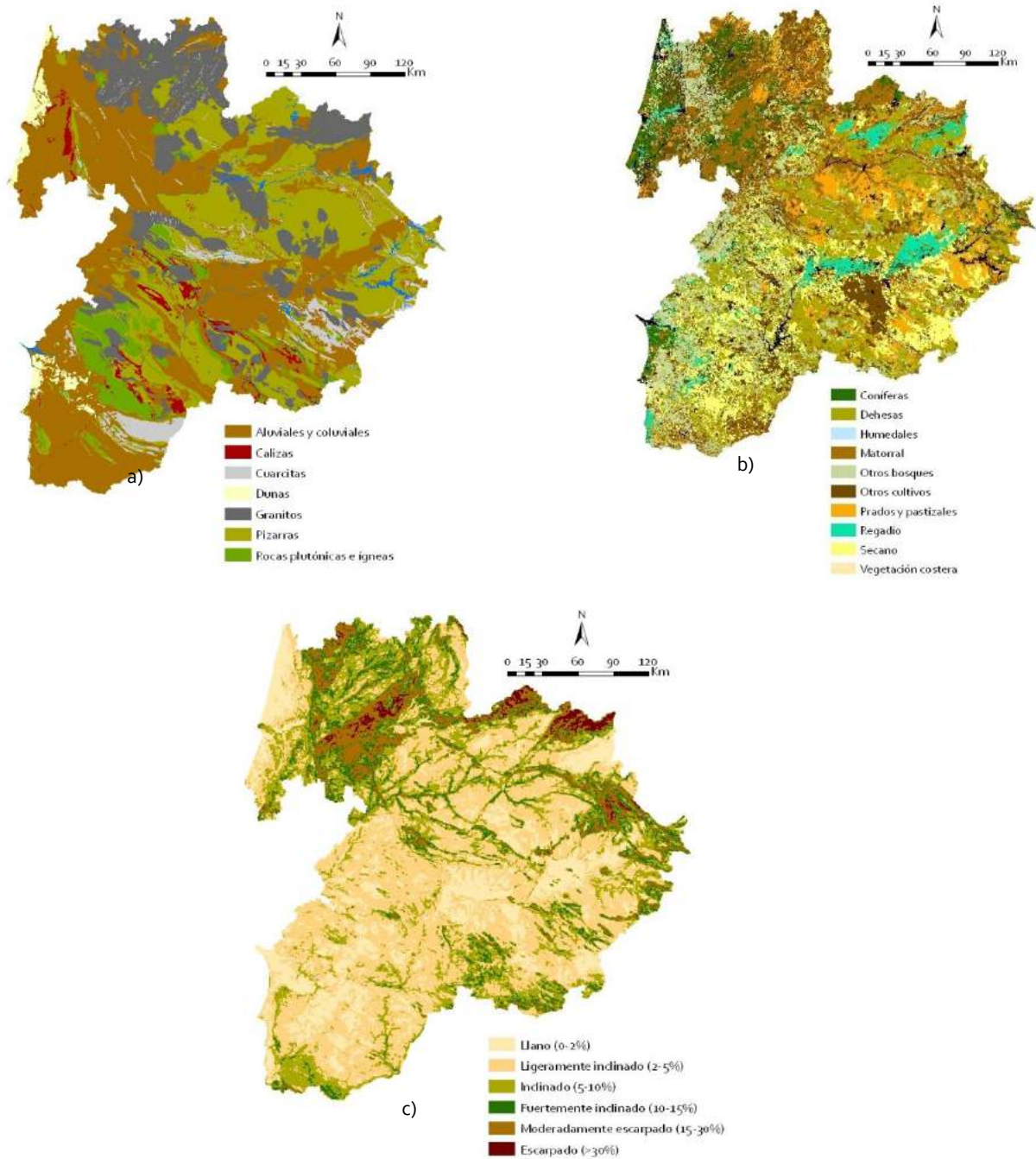
Aplicando la metodología de Carcavilla et al., (2007), se obtuvo el grado de fragmentación de las diferentes categorías litológicas, de vegetación/ usos del suelo, relieve y de las unidades edafoambientales.

Tabla 1.- Categorías establecidas y sus correspondientes descriptores.

LITOLOGÍA		VEGETACIÓN / USOS DEL SUELO		RELIEVE	
CATEGORÍAS	DESCRIPTORES	CATEGORÍAS	DESCRIPTORES	CATEGORÍAS	DESCRIPTORES
Aluviales y/o coluviales	Terrazas, arenas, gravas, turbiditos, arcosas, argilas, depósitos marinos costeros, de abanicos aluviales, coluviales, conglomerados, calcáreos dolomíticos, fluviolacustres con carbón, rañas y sedimentos de relleno de valle y marinos de plataforma	Dehesa	Sistemas agroforestales	Llano	Terrenos con gradiente de pendiente entre 0-2%
Calizas	Calizas, marga, mármoles, rocas percalinas, tufos básicos	Coníferas	Bosques de coníferas	Ligeramente inclinado	Superficies con gradiente de pendiente comprendido entre 2-5%
Cuarcitas	Cuarzo y cuarzo carbonatado, cuarcitas ferruginosas, cuarcitas, cuarcita armoricana, micaesquistos	Humedales	Humedales y zonas pantanosas	Inclinado	Terrenos entre el 5-10% de gradiente de pendiente
Dunas	Arenas de dunas de playa	Matorral	Áreas forestales degradadas, landas, matorrales, vegetación esclerófila, matorrales mesofilos, esclerófilos y matorral boscoso de transición	Fuertemente inclinado	Se describen terrenos con gradiente de pendiente entre 10-15%
Granitos	Granitos biotíticos porfídicos, granitos, granitoides, dioritas, tonalitas, granodioritas	Otros bosques	Bosques de frondosas y mixtos	Moderadamente escarpado	Superficies comprendidas entre el 15 y el 30% de gradiente de pendiente
Pizarras	Esquistos negros, liditas, ampelitas, pizarras, grauwacas, complejo esquisto-grauwáquico, gneises y anfibolitas y esquistos grafitosos	Prados y pastizales	Prados y praderas, pastizales naturales, roquedo, vegetación escasa y zonas quemadas	Escarpado	Terrenos superiores al >30% de gradiente de pendiente
Rocas plutónicas y/o ígneas	Vulcanitos básicos, vulcanismo bimodal alcalino, vulcanitos ácidos, diabasas, basaltos, peridotitos, tonalitas y gabros	Secano	Labor de secano		
		Regadío	Zonas regables y arrozales		
		Otros cultivos	Cultivos y enclaves naturales, asociados, complejos, olivares, viñedos, mosaicos de cultivos, frutales		
		Vegetación costera	Playas, dunas y arenales, marismas		

RESULTADOS

Los resultados obtenidos tras aplicar la reclasificación de las capas de litología, vegetación /usos del suelo y relieve citadas anteriormente, aparecen reflejados en las figuras 2a, 2b y 2c.



Figuras 2. a) Litología; b) Vegetación/Usos del suelo; c) Relieve

En la tabla 2 aparecen los resultados obtenidos:

Tabla 2.- Resultados categorías establecidas. NP (Número de polígonos), A (Superficie en ha), P (Perímetro medio en km), S (% Superficie), Gf (Grado de fragmentación en km²).

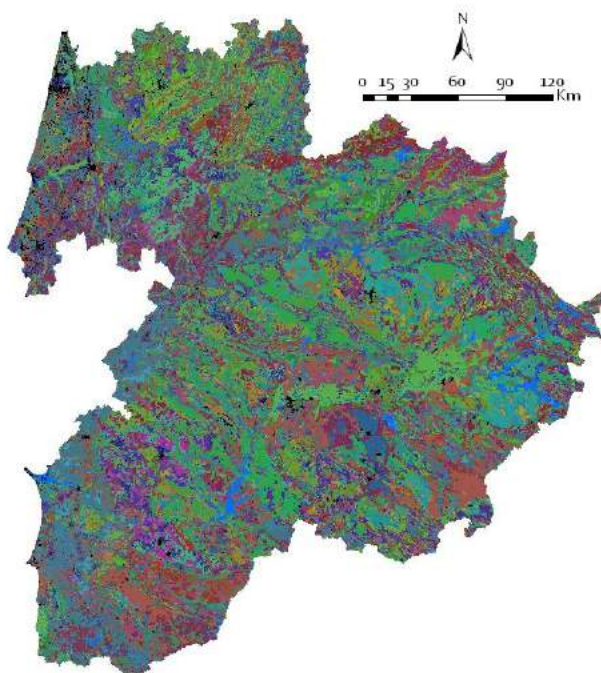
Categorías		NP	A	P	S	Gf
LITOLOGÍA	Aluviales y coluviales	797	3684853	32219	41.54	0.02
	Calizas	237	163832	16207	1.85	0.14
	Cuarcitas	507	404786	19218	4.56	0.13
	Dunas	58	157865	29893	1.78	0.04
	Granitos	274	1588504	40255	17.91	0.02
	Pizarras	558	2342329	36682	26.41	0.02
	Rocas plutónicas y rocas ígneas	538	528580	14596	5.96	0.10
	TOTAL	2969	8870751	27438	100.00	0.03
VEGETACIÓN/USOS DEL SUELO	Coníferas	1724	442304	10623	4.99	0.39
	Dehesas	2543	1631409	16499	18.39	0.16
	Humedales	7	626	6329	0.01	1.12
	Matorral	4594	1741674	13272	19.63	0.26
	Otros bosques	3423	1133893	12325	12.78	0.30
	Otros cultivos	4828	1381912	11626	15.58	0.35
	Prados y pastizales	1987	821360	12838	9.26	0.24
	Regadío	851	384377	11850	4.33	0.22
	Secano	2973	1320466	13738	14.89	0.23
	Vegetación costera	53	12729	14802	0.14	0.42
	TOTAL	22983	8870751	12915	100.00	0.26
RELIEVE	Llano (0-2%)	1275	1434442	13570	16.17	0.09
	Ligeramente inclinado (2-5%)	1063	3790039	39088	42.73	0.03
	Inclinado (5-10%)	1251	2063578	31274	23.26	0.06
	Fuertemente inclinado (10-15%)	1337	739508	17705	8.34	0.18
	Moderadamente escarpado (15-30%)	577	724065	20757	8.16	0.08
	Escarpado (>30%)	201	119119	11279	1.34	0.17
	TOTAL	5704	8870751	2824	100.00	0.06

En nuestra área de estudio predominan las formaciones litológicas de “aluviales y coluviales” ocupando el 42% del territorio. En relación a los usos del suelo/clases de vegetación, son las formaciones vegetales de “matorral” las más abundantes, dominando entorno al 20% la eorregión EUROACE. El relieve de nuestra área de estudio es ligeramente inclinado, entre 2-5% de pendiente, ocupando aproximadamente el 43% del territorio.

La formación más abundante de “aluviales y coluviales” presenta un grado de fragmentación bajo, mientras que las “caliza” son las menos abundantes y están más fragmentadas. En relación a la vegetación, son los “Humedales” los más fragmentados, mientras que las formaciones de “Dehesa” presentan baja fragmentación. En cuanto al relieve, el tipo “ligeramente inclinado” es el menos fragmentado y el “fuertemente inclinado” el más fragmentado.

Combinando la cartografía elaborada de litología, vegetación/ usos del suelo y relieve, se han obtenido 251 unidades edafoambientales de las 420 posibles. (Figura 3.)

En la tabla 3 aparecen los resultados de las unidades edafoambientales más destacadas:



Figuras 3. Unidades Edafoambientales

Tabla 3.- Resultados Unidades edafoambientales más destacadas. NP (Número de polígonos), A (Superficie en ha), P (Perímetro medio en km), S (% Superficie), Gf (Grado de fragmentación en km²).

Unidades Edafoambientales	NP	A	P	S	Gf
Cuarcitas - Secano – 10-15%	20	1013	5225	0.01	1.97
Aluviales y coluviales - Regadío - 0-2%	344	217432	13100	2.45	0.16
Pizarras - Dehesas - 2-5%	1037	419729	11490	4.73	0.25
TOTAL: 251 Unidades	52783	8870751	7505	100.00	0.60

Con respecto a las 251 unidades edafoambientales, la más abundante es “Pizarra sobre dehesa en relieve ligeramente inclinado” ocupando entorno al 5% del territorio.

Las unidades que presentan mayor fragmentación son las formaciones “Cuarcitas sobre secano en relieve fuertemente inclinado”, al contrario son las formaciones de “Aluviales y coluviales sobre regadío en relieve llano”, las menos fragmentadas.

DISCUSIÓN

Según los resultados obtenidos, existen unidades edafoambientales que no se han generado al combinar las capas de litología, vegetación/ usos del suelo y relieve. Formación litológica de dunas no aparecen en pendientes superiores al 15%, al igual que las formaciones vegetales asociadas a vegetación costera. Las formaciones vegetales de coníferas no aparecen en terrenos calizos de pendiente elevada. Tampoco en formaciones litológicas de granitos de baja pendiente, ni en dunas en pendientes superiores al 15%. Hemos de tener en cuenta que muchas de las coníferas presentes en el eurasorregión EUROACE son repoblaciones, de ahí que se presenten en zonas de media o elevada alcalinidad. Las unidades de paisaje en las que se produce intervención antrópica (cultivos y dehesas) no se localizan en

terrenos escarpados, como es lógico puesto que esas zonas no son apropiadas para actividades humanas.

CONCLUSIONES

Siguiendo el Manual de la Oficina Europea del Suelo (ESB 1999) y la Norma Técnica para la realización de la Cartografía de Suelos a escala 1:50.000 de la Sociedad Española de la Ciencia del Suelo (Sánchez Díaz. et al., 2002), a estas agrupaciones lógicas cartografiables nosotros las hemos denominado “unidades edafoambientales”, teniendo también en cuenta que groseramente corresponden al concepto tradicional de unidad cartográfica. Así queremos dejar claro que la cartografía elaborada a partir de un sistema de información geográfica (SIG) es un mapa de unidades edafoambientales, considerándolas como una porción de la edafosfera que agrupa cuerpos edáficos.

Tras la aplicación de un sistema de información geográfica en nuestra área de estudio para obtener cartografía de litología, vegetación/ usos del suelo y relieve, y en su combinación unidades edafoambientales, los resultados nos muestran que son las formaciones vegetales las que presentan mayor fragmentación del territorio puesto que es la capa cuyos polígonos son más abundantes y complejos. Igualmente, ocurre lo mismo en las unidades edafoambientales, siendo en este caso aún mayor la fragmentación al combinarse las tres capas.

AGRADECIMIENTOS

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

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Almororox, J., Hontoria, Ch., Gallardo, J., (2001). *Análisis Edafoambiental para el Desarrollo Sostenible de Áreas Rurales*. Escuela Técnica Superior de Ingenieros Agrónomos. Universidad Politécnica de Madrid.

Carcavilla Uquí. L., Martínez López. J., Valsero Durán. J.J, (2007). *Patrimonio geológico y diversidad: investigación, conservación, gestión y relación con los espacios naturales protegidos*. MEC y IGME.

EEA (2006). *Corine Land Cover 2006 Nivel 3*. European Environmental Agency. Commission of the European Communities.

ESB (1999). Una Base de Datos de Suelos Georreferenciada para Europa. Manual de Procedimientos. Comité Científico del ESB, JRC, *European Comission*, 208 p.

ESRI. ArcGIS 9.2, (2006). <http://www.esri.com>.

EUROACE, (2009). Eurorregión Alentejo- Centro- Extremadura. <http://www.euro-ace.eu/>.

FAO, (2009). *Guía para la descripción de suelos. Cuarta Edición*. Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación. Roma.

Gunn, R.H., J. A Beattie, R.E Reid., R.H. M Graaff (eds). (1988). *Australian Soil and Land Survey Handbook: Guidelines for Conducting Surveys*. Inkata Press. Melbourne.

- IGME, (1987). Instituto Geológico Minero de España. Mapa Geológico de España.
- IGN, (2007-2010). Instituto Geográfico Nacional. Modelo Digital del Terreno de España.
- IGP, (2007-2010). Instituto Geográfico Portugués. Modelo Digital del Terreno de Portugal.
- INE España y Portugal, (2013). Insituto Nacional de Estadística. Censo poblacional, 2011.
- Jenny, H., (1941). *Factors of soil Formation*, 1941 McGraw-Hill, 281 pp.
- LNEG, (1982). Laboratorio Nacional de Energía e Geología. Mapa Geológico Portugal.
- Martín, B., Oteros. I., Macebo. S., Ortega. E., (2006). *Estudio sobre la fragmentación del hábitat de la Red Natura 2000 afectados por el Plan Estratégico de Infraestructuras y Transporte (PEIT)*. Proyecto Fin de Carrera. Escuela Técnica Superior de Ingenieros de Montes. Universidad Politécnica de Madrid.
- Porta, J., López-Acevedo, M., Roquero, C., (2003). *Edafología para la Agricultura y el Medio Ambiente*. 3ª Edición revisada y ampliada. Ediciones Mundi-Prensa.
- Robbins, C. S., D. K. Dawson, B. A. Dowell. (1989). *Habitat area requirements of breeding forest birds of the middle Atlantic states*. Wildl. Monogr. 103. 34 pp.
- Sánchez Díaz, J., Aguilar, J., Arbelo, C.D., Boixadera, J., Colomer, J. C., Ibañez, J.J., Macías, F., Ortiz, R., Rodriguez Rodríguez, A., Sánchez Garrido, J. A. (2002). *Norma Técnica para la elaboración de la cartografía de suelos*.

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

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

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

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

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

RESUMEN

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

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

ABSTRACT

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

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

METODOLOGÍA

La cartografía Corine

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

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

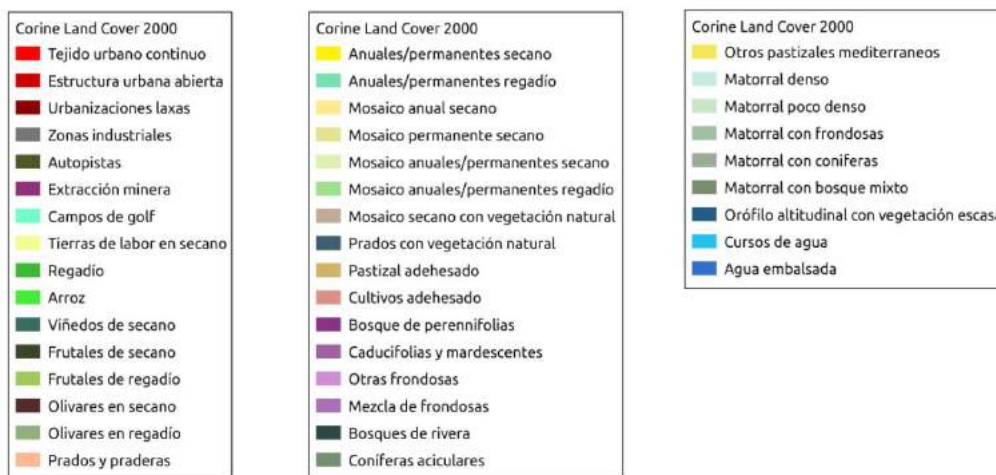
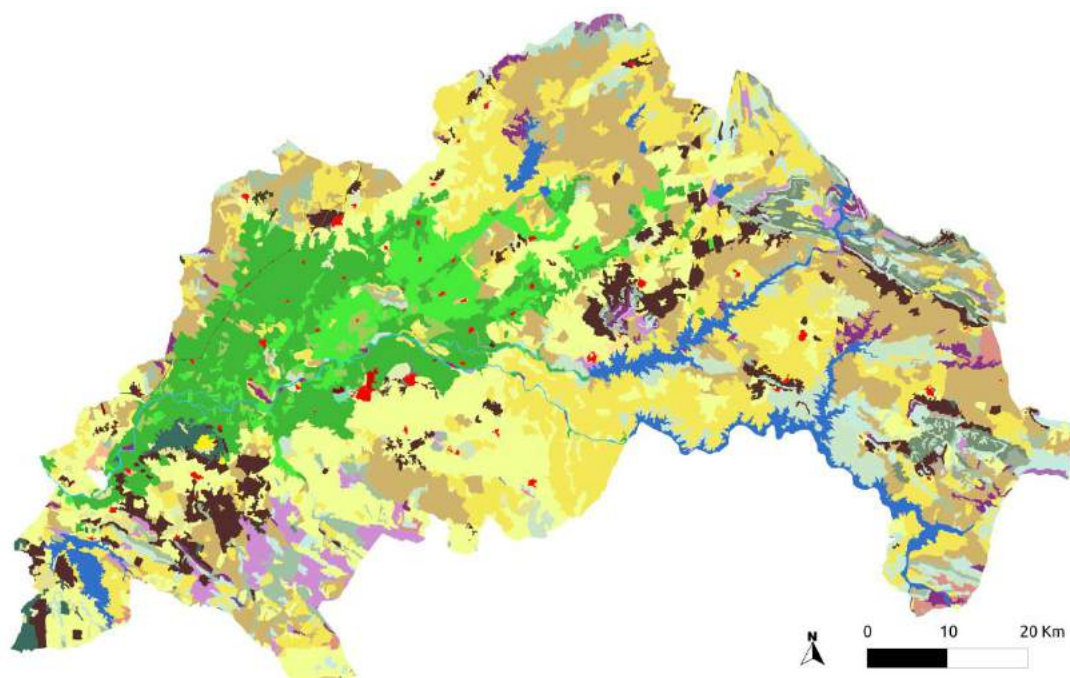


Figura 2. Cartografía de usos Corine 2000 para la zona de estudio

Imágenes Landsat

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

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

1. Operaciones de recorte para la extracción de la zona de estudio de las imágenes originales Landsat. Estas imágenes se utilizarán en las clasificaciones supervisadas.
2. Extracción de una zona mucho más reducida y representativa de la evolución de la región, como área piloto para clasificaciones automatizadas.
3. Composiciones en falso color de todos los recortes. Para ello se utilizó la composición que mejor facilita la determinación de estos usos (Lyon et al., 1998) y que incluye las bandas del Verde, Rojo e Infrarrojo Cercano.

Algoritmos O.B.I.A.

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

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

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

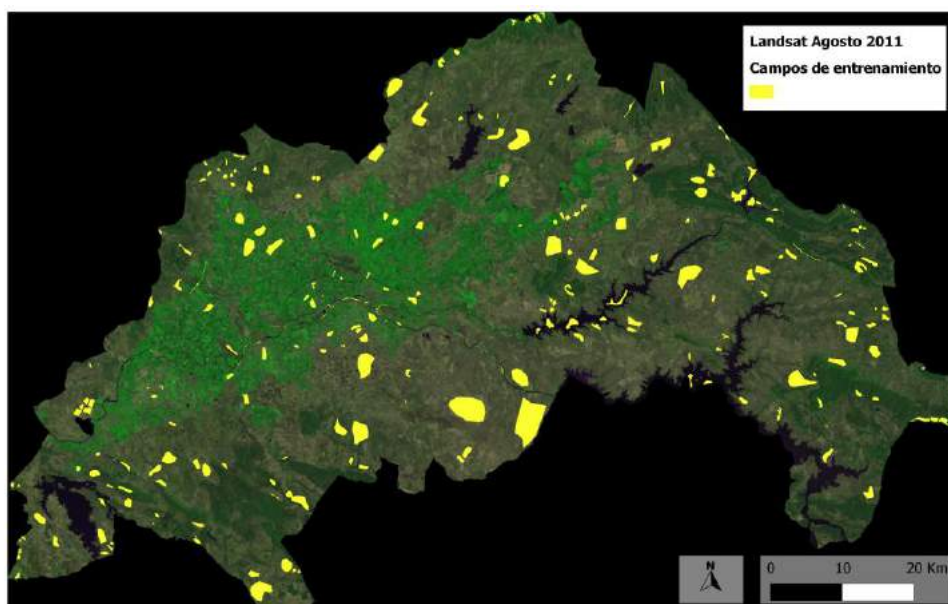


Figura 3: Campos de entrenamiento seleccionados

2. Clasificación supervisada: Se asignan valores a los tres parámetros indicados en el software ENVI, utilizando los campos de entrenamiento como base para la identificación de usos. El resultado es una cartografía vectorial con el territorio segmentado en parcelas clasificadas en categorías Corine. Su fiabilidad dependerá de la combinación de parámetros utilizados. Para valorar la mejor combinación, se realizaron 56 cartografías, cada una correspondiente a distintos valores de escala, fusión y textura. Previamente a esta fase se realizaron 9 cartografías exploratorias que determinaron que los valores de fusión sólo ofrecían resultados manejables con valores superiores al 90%. Lo mismo ocurría con texturas mayores de 9 píxeles de lado. Además, se comprobó que el valor de escala debía ser siempre inferior al 25%, ya que valores superiores proporcionaban cartografías aberrantes y que por debajo de ese valor, las diferencias no eran significativas.

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

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

RESULTADOS

Corine Land Cover

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

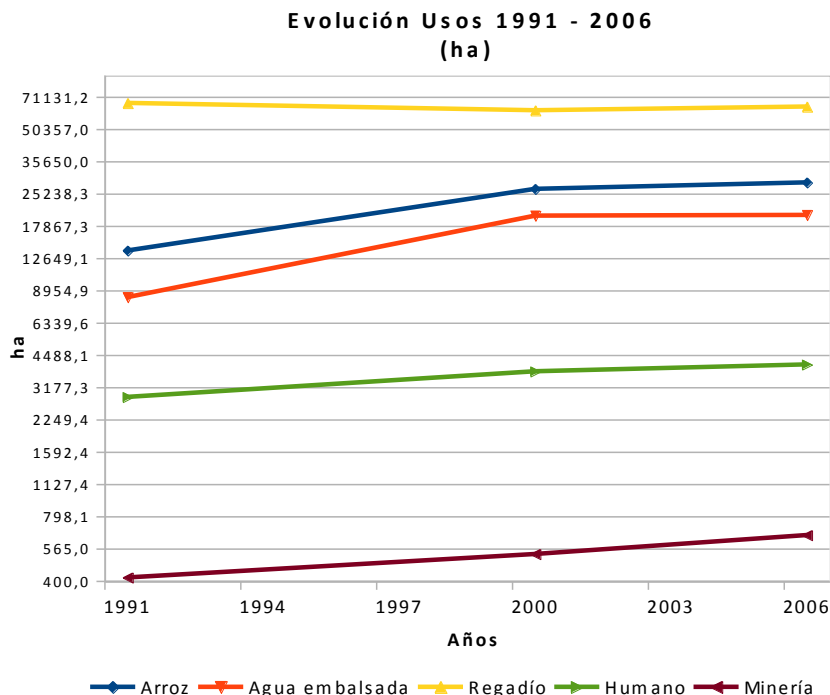


Figura 4: Evolución de usos en los mapas de uso Corine.

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

Clasificación supervisada

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

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

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

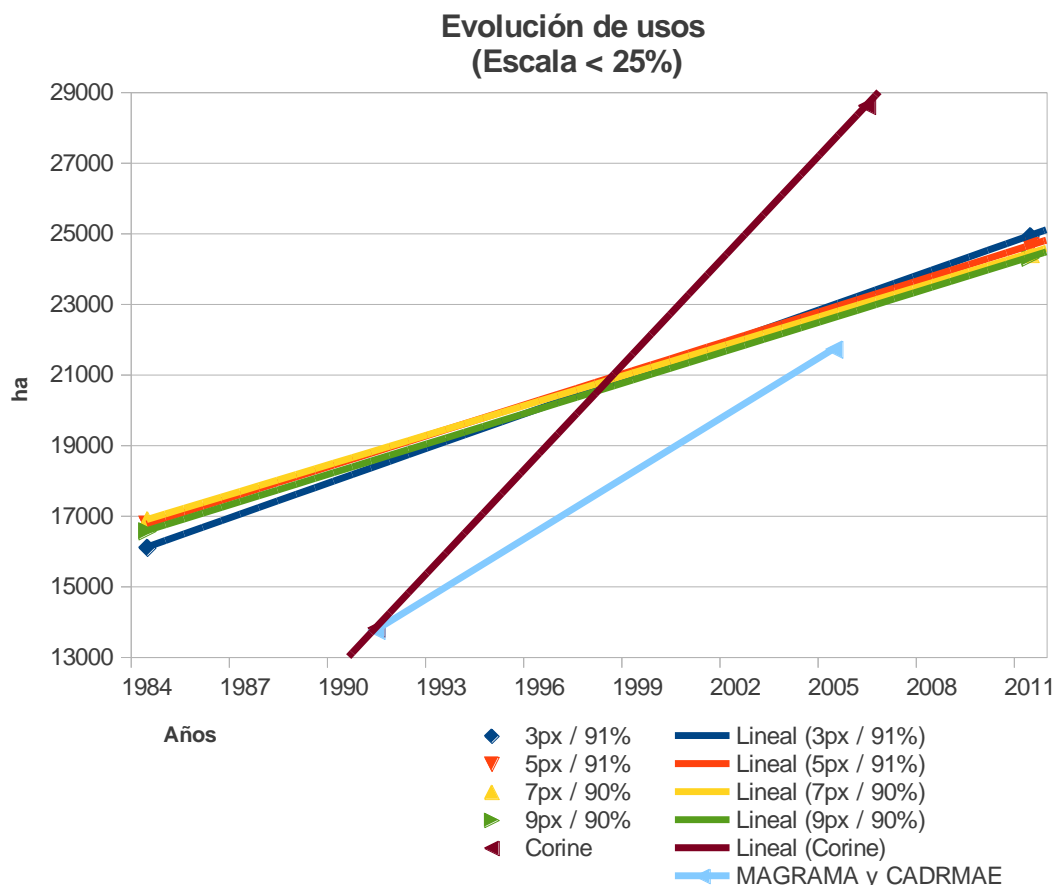


Figura 5: Superficies (ha) de arroz para las mejores combinaciones de fusión y textura.

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

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

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

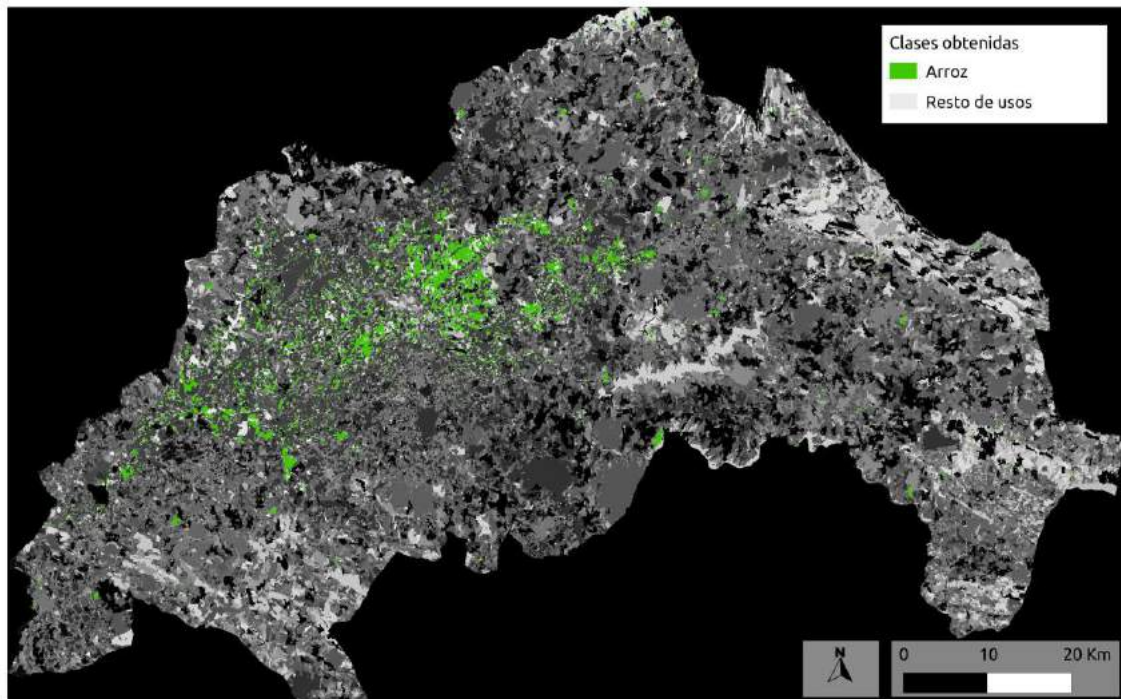


Figura 6: Mejor cartografía obtenida para la identificación de parcelas de arroz.

Clasificación automatizada

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

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

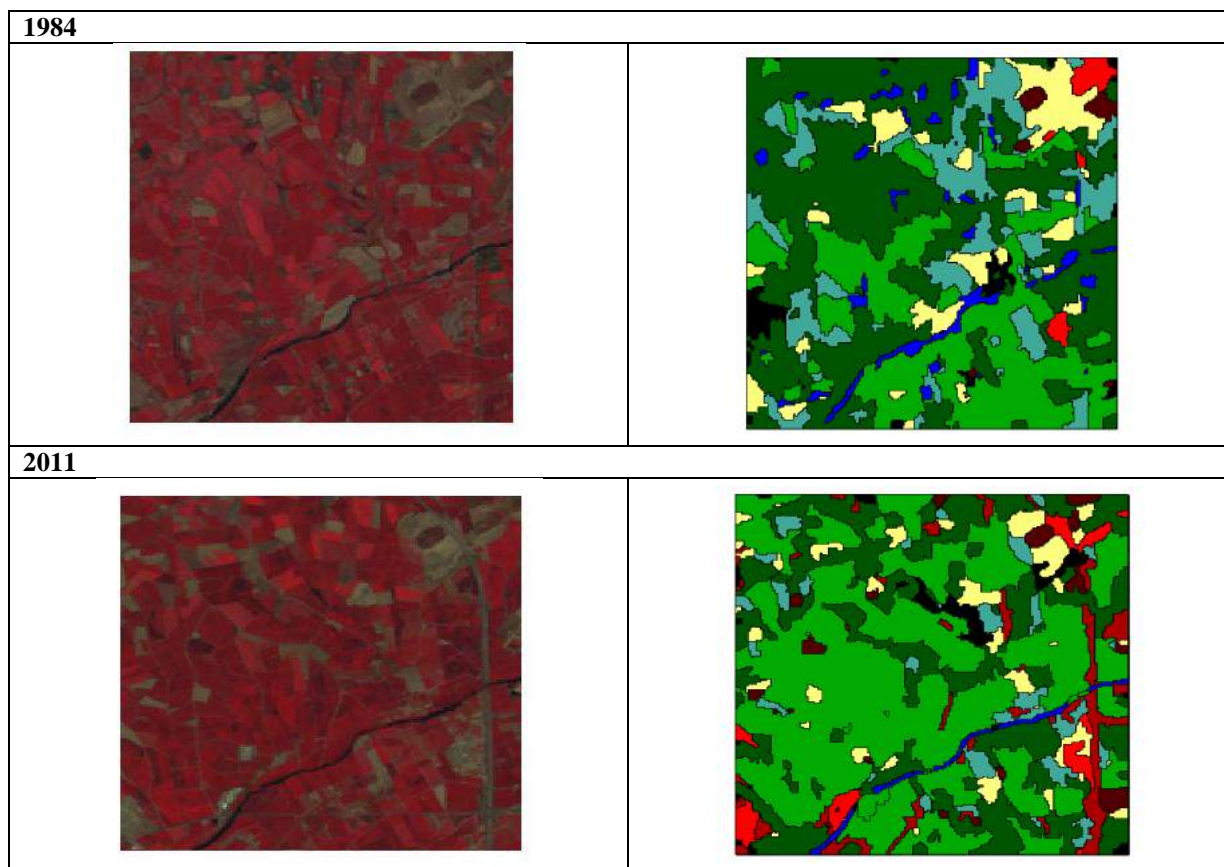


Figura 7. Imágenes en falso color del área piloto y cartografías supervisadas obtenidas.

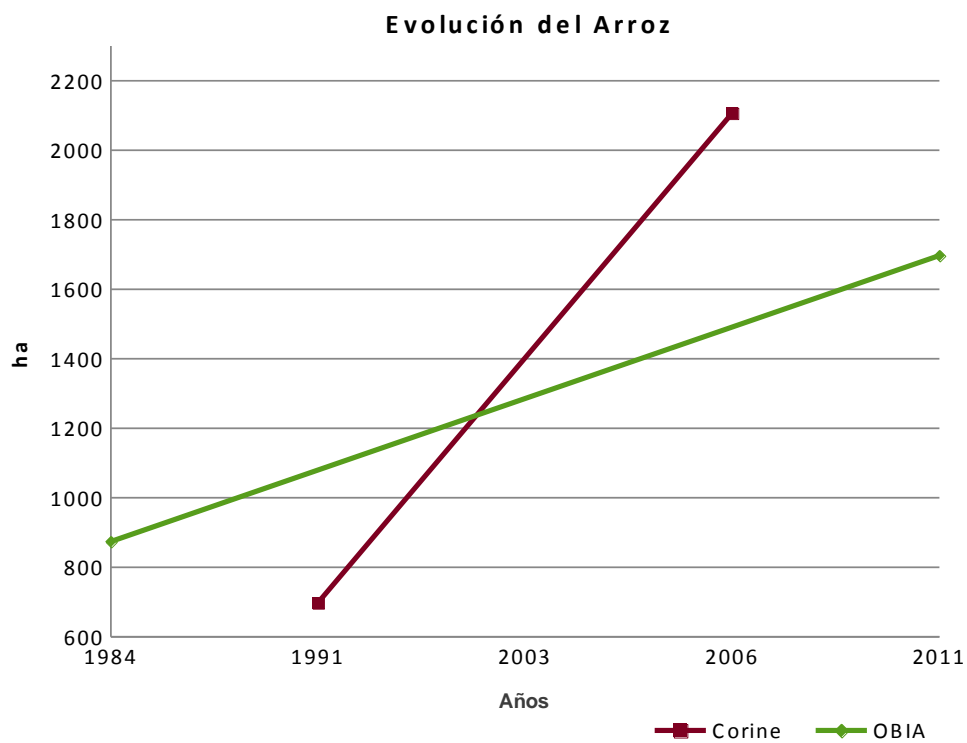


Figura 8. Evolución del arroz en el área piloto.

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

Cartografía/Año	1984	2011
OBIA	874	1697

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

Cartografía/Año	1991	2006
Corine Land Cover	698	2107

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

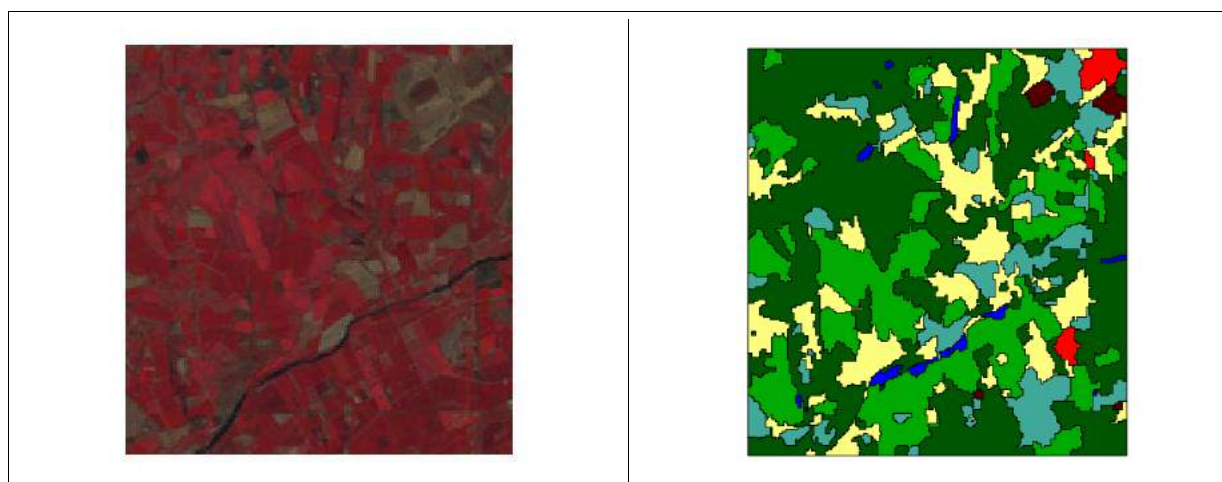


Figura 9.Imagen en falso color del área piloto y cartografía automática obtenida para el año 1984

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

DISCUSIÓN

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

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

CONCLUSIONES

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

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

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

AGRADECIMIENTOS

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

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Adams, J. B., D. E. Sabol, V. Kapos, R. Almeida, D. A. Roberts, M. O. Smith, and A. R. Gillespie. (1995): Classification of multispectral images based on fractions of endmembers – Application to Land-Cover change in the Brazilian Amazon. *Remote Sensing of Environment*52:137-154.

Blaschke, T. (2010): Object based image analysis for remote sensing. *Isprs Journal of Photogrammetry and Remote Sensing*65:2-16.

Coletto Martínez, J. M., Muslera Pardo, E., González Blanco, R., Pulido García, F. (2006). *La agricultura y la ganadería extremeñas. Informe 2005 y análisis de una década. 1996-2005*. Caja de Ahorros de Badajoz. Badajoz.

Dekker, A. G., R. J. Vos, and S. W. M. Peters (2001): Comparison of remote sensing data, model results and in situ data for total suspended matter (TSM) in the southern Frisian lakes. *Science of the Total Environment*268:197-214.

Desclee, B., P. Bogaert, and P. Defourny. (2006): Forest change detection by statistical object-based method. *Remote Sensing of Environment*102:1-11.

Hansen, M. C., D. P. Roy, E. Lindquist, B. Adusei, C. O. Justice, and A. Altstatt. (2008): A method for integrating MODIS and Landsat data for systematic monitoring of forest cover and change in the

Congo Basin. *Remote Sensing of Environment* 112:2495-2513.

Hu, H., W. Liu, and M. Cao. (2008): Impact of land use and land cover changes on ecosystem services in Menglun, Xishuangbanna, Southwest China. *Environmental Monitoring and Assessment* 146:147-156.

Jaraíz Cabanillas, Fco Javier. (2011): *Nuevas dinámicas territoriales y sus repercusiones sobre los cambios de uso del suelo en la Raya Central Ibérica.*

Lyon, J. G., D. Yuan, R. S. Lunetta, and C. D. Elvidge. (1998): A change detection experiment using vegetation indices. *Photogrammetric Engineering and Remote Sensing* 64:143-150.

Mladinich, C. S. (2010): An Evaluation of Object Oriented Image Analysis Techniques to Identify Motorized Vehicle Effects in Semi-arid to Arid Ecosystems of the American West. *Giscience & Remote Sensing* 47:53-77.

Vieira, M. A., A. R. Formaggio, C. D. Renno, C. Atzberger, D. A. Aguiar, and M. P. Mello. (2012): Object Based Image Analysis and Data Mining applied to a remotely sensed Landsat time-series to map sugarcane over large areas. *Remote Sensing of Environment* 123:553-562.

ESTUDIO DEL USO DEL TRANSPORTE PÚBLICO COMO MODO DE ACCESO AL CAMPUS UNIVERSITARIO DE CÁCERES

Manuel Sánchez Fernández¹, José Antonio Gutiérrez Gallego² y Elia Quirós Rosado³

¹Graduado en Ingeniería Civil. Grupo de Investigación GETECO, Universidad de Extremadura. msanchezd-te@alumnos.unex.es

²Ingeniero en Geodesia y Cartografía. Grupo de Investigación Desarrollo Sostenible y Planificación Territorial, Universidad de Extremadura. jagutier@unex.es

³Ingeniero en Geodesia y Cartografía. Grupo de Investigación KRAKEN, Universidad de Extremadura. equiros@unex.es

RESUMEN.

En la actualidad, un 10% de la población de Cáceres se encuentra vinculada en alguna medida con la Universidad de Extremadura (UEx). El campus universitario de Cáceres está situado a sus afueras. El uso del transporte público para el acceso al campus resulta fundamental, puesto que en torno un 41% de los usuarios de la UEx en Cáceres utilizan este medio para acceder. Con este trabajo se pretende determinar el uso del transporte público como modo de acceso al campus universitario en función del domicilio de los usuarios. Para ello, a partir de diversas fuentes de información y de una encuesta específica se ha aplicado un modelo de transporte a dos posibles escenarios. En el primero se ha contemplado la parada más próxima a encuestas y portales. En el segundo, se ha considerado la distancia más próxima de encuestas y portales sólo a las dos paradas que dan servicio a la mayor parte de los encuestados. El resultado para primer escenario muestra una situación poco real, sin embargo el segundo escenario se ajusta a la realidad, concentrando prácticamente a la totalidad de los usuarios en la zona centro de la ciudad. A partir de este trabajo sería posible estudiar medidas de mejora y optimización de la explotación del transporte público.

Palabras Clave: estudio de accesibilidad, distancia de decaimiento, función Tanner, modelos de transporte,.

ABSTRACT

Nowadays, 10percent of Caceres population is linked, to some extent, with the University of Extremadura (UEx). The university campus of Cáceres is located on the outskirts. The use of public transport to access to the campus is critical, due to, approximately 41 percent of the UEx users uses this public service to access. With this work it is intended to define the utilization of public transport as a way of access to the university campus in relation with the users' place of residence. In this way, a transport model has been applied to a pair of possible scenes based on a variety of information sources and a specific survey. In the first scene the closest bus stop to surveys and the main entries have been considered. In the second one, the closest distance to surveys and main entries from only the two main bus stops those provide service to the substantial majority of the survey respondent. The obtained result for the first scene shows an unusual situation, nevertheless, the second one reflects the reality, concentrating almost the whole users in the city center. From this study it could be possible to study potential improvements and optimizations of the public transport use.

Key Words:accessibility study, decay distance, Tanner function, transports models.

INTRODUCCIÓN

La ciudad de Cáceres tiene 95.048 habitantes, según el padrón de habitantes del 2.014 publicado por el Instituto Nacional de Estadística (INE). Un 10% de su población se encuentra vinculada en alguna medida con la Universidad de Extremadura. Esta universidad se encuentra distribuida en 4 campus dentro de la Comunidad Autónoma de Extremadura. Uno de los principales campus de esta universidad es el campus universitario de Cáceres.

Cáceres comienza a ser una ciudad universitaria en los años 70. La universidad, en sus inicios se sitúa en edificaciones históricas del casco antiguo, fusionándose con la ciudad. Con esta integración se busca dar dinamismo y vida a la ciudad. A medida que se pluralizan los estudios universitarios, los edificios históricos dónde se emplazan la Universidad comienzan a quedarse pequeños (Campesino Fernández & Salcedo Hernández, 2007).

El actual campus universitario de Cáceres está situado en una de las salidas de la ciudad, a unos 4,5 km del centro urbano (Gutiérrez Gallego & Jaraíz Cabanillas, 2013). Es necesario también considerar el desnivel que existe en entre el centro de la ciudad y el campus universitario (entre 70 y 80 m). Estos dos aspectos dificultan la accesibilidad de los residentes de la ciudad al citado campus.

Las líneas de autobús urbano acceden al campus por la N-521, vía principal de entrada al mismo. Existen tres líneas que prestan servicio al campus: las líneas campus (LC) y refuerzo campus (RC), exclusivas para dar servicio al campus y la línea 3 (L3) cuyo servicio no es exclusivo del mismo.

El uso del transporte público para el acceso al campus resulta fundamental, puesto que en torno un 41% de los usuarios de la Universidad de Extremadura (UEX) en Cáceres utilizan este medio para acceder (Gutiérrez Gallego & Jaraíz Cabanillas, 2013). Según la Unidad Técnica de Evaluación y Calidad (UTEC) hay 10.281 personas vinculadas directamente con el campus universitario de Cáceres. Teniendo en cuenta los estudios previos citados, aproximadamente 4.200 personas acceden diariamente en autobús urbano.

Por tanto, resulta pertinente analizar cómo se realiza el acceso de ese volumen de personas al campus universitario, atendiendo a diversos factores como: la proximidad del domicilio de los usuarios a las paradas de las líneas del servicio de autobús urbano al campus, la vinculación de los usuarios con la UEX y la caracterización de los mismos.

Uno de los aspectos fundamentales contemplados en este trabajo es la proximidad del domicilio de los usuarios a las paradas. Como es sabido, existe una relación entre la proximidad y el uso de los servicios. Dentro de la bibliográfica que analiza la interacción espacial, se define el concepto de distancia de decaimiento (*distance decay*) como la relación entre la probabilidad de uso del servicio y la distancia al mismo.

La distancia de decaimiento se puede utilizar para determinar el área de influencia de las paradas, como puede evidenciarse en multitud de estudios (García-Palomares, Gutiérrez, & Cardozo, 2013; Martínez & Viegas, 2013; Puebla, Cardozo, & García, 2008).

Con este trabajo se pretende determinar el uso del transporte público como modo de acceso al campus universitario en función del domicilio de los usuarios. Es decir, establecer la distancia de decaimiento de las paradas de las líneas de autobús que dan servicio al campus universitario.

MATERIALES Y MÉTODOS

Para la realización de este trabajo se han utilizado las siguientes fuentes de información:

- Padrón continuo por unidad poblacional del INE¹
- Datos de la Unidad Técnica de Evaluación y Calidad de la Universidad de Extremadura² Observatorio de Indicadores OBIN 2015).
- Información cartográfica de Carto-Ciudad³ (portales y viales de Cáceres)

¹<http://www.ine.es/>

²<http://www.unex.es/organizacion/servicios-universitarios/unidades/utec>

³<http://www.cartociudad.es/portal/web/guest/que-es-cartociudad>

⁴<http://sig.caceres.es/>

- Información cartográfica del SIG de Cáceres⁴ (líneas y paradas del servicio del autobús urbano que da acceso al campus universitario)
- Encuesta realizada a los usuarios del servicio.
- Datos de viajes reales realizados en las líneas de autobús estudiadas. Facilitadas por la empresa gestora del servicio **SUBUS**.

El padrón municipal de habitantes del año 2.014, publicado por el INE, establece en 94.048 los habitantes empadronados en la ciudad de Cáceres. Estos datos provienen del registro administrativo donde constan los vecinos del municipio, sus datos constituyen una prueba de residencia en el municipio y del domicilio habitual en el mismo.

Por otro lado, la UEx cuenta con una Unidad Técnica de Evaluación y Calidad que publica anualmente indicadores para evaluar el desarrollo de la institución. En este sentido, a través del OBIN se puede determinar las personas vinculadas directamente con la UEx en cada campus. Además, es necesario considerar la movilidad de otras personas vinculadas con la universidad de forma indirecta sea el caso de personal de los centros de INSA, INTROMAC y SAFYDE, ubicados en el campus universitario de Cáceres. En la **Tabla 1** se muestra un resumen del OBIN de los usuarios del campus de Cáceres, agrupados según su vinculación con la UEx.

Tabla 1. Personal del Campus de Cáceres en el curso académico 2.014/15.
Datos del Observatorio de Indicadores de Calidad de la Universidad de Extremadura (OBIN)

Personal	<i>Hombres</i>	<i>Mujeres</i>	<i>Total</i>	<i>% representación</i>
Grado	3.808	4.476	8.284	80,85
Máster	327	419	746	7,26
PAS	112	102	214	2,08
PDI	475	279	754	7,33
Otros	141	142	283	2,75
Total	4.863	5.418	10.281	
Total %	47,30%	52,70%		

Los datos cartográficos se han obtenido de las aplicaciones web Carto-Ciudad y SIG de Cáceres. Carto-Ciudad es un proyecto colaborativo de producción y publicación mediante servicios web de datos espaciales de cobertura nacional. El SIG de Cáceres es un proyecto local que recopila datos cartográficos de la ciudad y los pone al servicio del ciudadano mediante una aplicación web.

SUBUS, que es la empresa concesionaria del servicio de autobús urbano de Cáceres, ha facilitado los datos de billetes vendidos por día y línea de autobús.

Para este trabajo, se ha elaborado una encuesta específica a los usuarios del transporte del servicio de autobús urbano que da acceso al campus universitario. En primer lugar, se ha determinado el tamaño muestral, partiendo de los siguientes supuestos: población total sobre la que se realiza la encuesta (4.200 personas), intervalo de confianza establecido para el estudio en 95% y error máximo admitido 5%. Considerando estos factores descritos, el tamaño muestral ha de ser mayor o igual a 352 encuestas.

El diseño de la encuesta se ha realizado atendiendo a la caracterización del usuario y a la determinación de la movilidad de éste. En la caracterización, se han establecido los siguientes ítems: género, edad, si están o no empadronados en Cáceres, vinculación con la universidad (alumno grado/máster, PDI, PAS, otros) y centro.

Para el estudio de movilidad, principalmente, nos interesa conocer la distancia desde su domicilio y por qué parada accede al servicio del autobús urbano. Por tanto, es necesario conocer a través de la encuesta la calle y número del domicilio y la parada que habitualmente utiliza el usuario.

Otro dato a tener en cuenta, para establecer o determinar la fidelización del usuario con el servicio, es el tipo de billete que utiliza, existiendo tres modalidades: individual, bono recargable de 10 viajes y abono mensual. Así mismo, puede resultar relevante conocer la forma de acceso a la parada: andando

o mediante transbordo, que a su vez, puede ser desde un vehículo privado o desde de otro autobús, bien urbano o bien de ruta.

Modelo de transporte.

El modelo de transporte empleado en este estudio se basa en la localización de las paradas del autobús urbano del servicio del campus como destino de los desplazamientos, el domicilio de los usuarios como origen de los mismos y el entramado urbano de viales como red de conexión. A través de estos elementos, podemos determinar la matriz origen-destino (OD) entre el domicilio y la parada.

La locación del domicilio de las personas encuestadas ha sido realizada en base a los datos cartográficos obtenidos de Carto-Ciudad. En dicha cartografía, los portales están representados espacialmente y definidos por un código de tramo y un identificador de portal. Para representar todos los portales de los usuarios encuestados se ha tenido que introducir manualmente algunos que no existían en la información cartográfica descargada.

Las líneas y paradas del servicio del autobús urbano que da acceso al campus universitario han sido descargadas del servicio SIG del ayuntamiento de Cáceres (capa KMZ “Bus urbano de Cáceres”).

Para realizar los cálculos de distancias entre orígenes y destinos se ha generado una red topológica, basada en los viales del entramado urbano de la ciudad.

Se han generado dos matrices OD: una de las paradas a los domicilios de los encuestados y otra de las paradas a todos los portales de la ciudad. En la segunda matriz, se ha limitado el cálculo a distancias menores de 2.500 m.

Para la generación del modelo de transporte se ha dispuesto de una tabla formada por parte de los datos de las matrices OD y la información cartográfica obtenida de los datos de las encuestas. En la primera columna se han establecido los intervalos de distancias, en la segunda y tercera columna se han contabilizado el número de viajes y población situados en el intervalo de distancia establecido y en la cuarta columna se ha calculado el ratio (viajes/población), es el cociente entre las columnas 2 y 3, **Tabla 2.**

Para la determinación de los viajes se han extrapolado las encuestas en función del número de viajes reales facilitado por la empresa SUBUS, obteniéndose el valor de 4.013 viajes (valor medio de los viajes de lunes a jueves)

La población residente de cada portal ha sido estimada repartiendo de forma equitativa el número de habitantes de Cáceres entre el total de portales, obteniéndose un valor por portal de 8,7 personas.

Tabla 2. Tabla de resultados.
Elaboración propia.

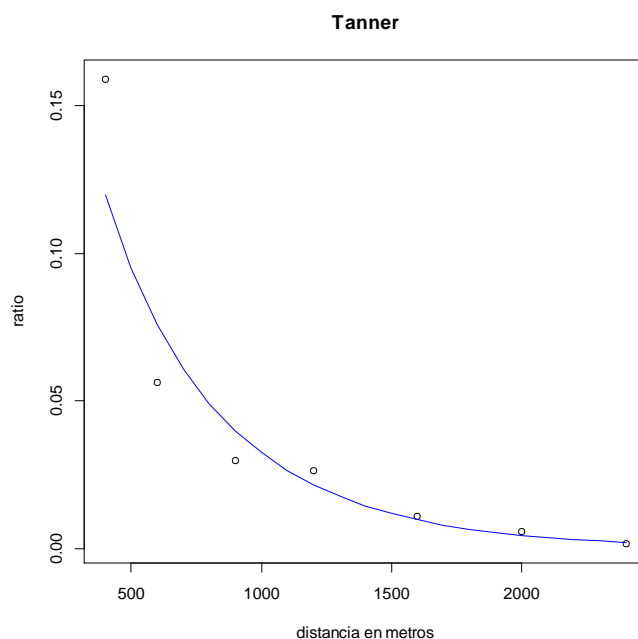
Distancia	Viajes	Población	Ratio
0 – 100	31	61	...
100 – 200	73	208	...
....

La distancia de decaimiento al servicio (**Figura 1**) se ha obtenido mediante a un ajuste por mínimos cuadrados basado en la función *Tanner* (Martínez & Viegas, 2013), partiendo de las columnas 1 y 4 de la tabla de resultados de la **Tabla 2.**

La expresión general de la función Tanner es la siguiente:

$$y = x^{a_1} * e^{x*a_2}$$

Siendo: “x” la distancia; “y” el ratio, es decir, la probabilidad que tiene una persona ubicada en un portal de utilizar el servicio;



**Figura 1. Representación de nube de puntos con curva de *Tanner* ajustada.
Datos de encuestas realizadas
Elaboración propia.**

Este proceso se ha aplicado a dos posibles escenarios. En el primero se ha contemplado la parada más próxima a encuestas y portales. En el segundo, se ha considerado la distancia más próxima de encuestas y portales solo a dos paradas, que son las que dan servicio a 82% de los usuarios encuestados.

Aplicando la función de *Tanner*, con los parámetros obtenidos del ajuste, a los dos escenarios descritos, se ha asignado el valor del ratio a cada uno de los portales de la ciudad de Cáceres. De esta forma, se ha conseguido determinar la probabilidad que tiene un habitante de un portal en concreto de utilizar el servicio. Teniendo esta información referida espacialmente a escala de portal, se ha generado un mapa de probabilidad de uso del servicio. A través de este mapa, se puede analizar la variable de probabilidad de uso del servicio de forma continua sobre en toda la ciudad.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Existe una correlación relativamente buena en la estratificación de las encuestas en función de las características de los usuarios encuestados. Se puede reseñar que únicamente hay dos factores que muestran cierta divergencia, como: la distribución por centros y la relación con la universidad. Al mismo tiempo, también es relevante que sólo el 22% de los encuestados están empadronados en la ciudad de Cáceres.

En la **Figura 2** se observa que los valores recogidos en la encuesta en función al género de los usuarios son sensiblemente similares a la distribución por géneros de la población universitaria en general (+/- 2,15%).

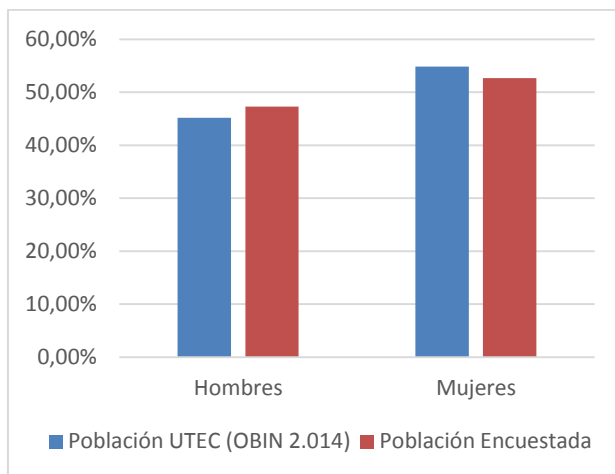


Figura 2. Distribución por géneros.
Fuente: OBIN 2.014 / Encuestas realizadas
Elaboración Propia.

Otro dato relevante en la caracterización es que el 93% de los usuarios encuestados son estudiantes frente al 88% de representación que tienen éstos según la UTEC.

Por otro lado, la distribución por centros (**Figura 3**), muestra una clara divergencia entre la población y las encuestas. En el caso de la Escuela Politécnica se hace evidente, puesto que representa solo el 18% mientras que en las encuestas se corresponde con el 29%. Esta diferencia puede ser debida a la facilidad de encuestación que supuso la parada del citado centro. En el caso contrario, se encuentra el Facultad de Formación del Profesorado, que tan solo representa el 13% de las encuestas, mientras que se corresponde con el 20% de la población total.

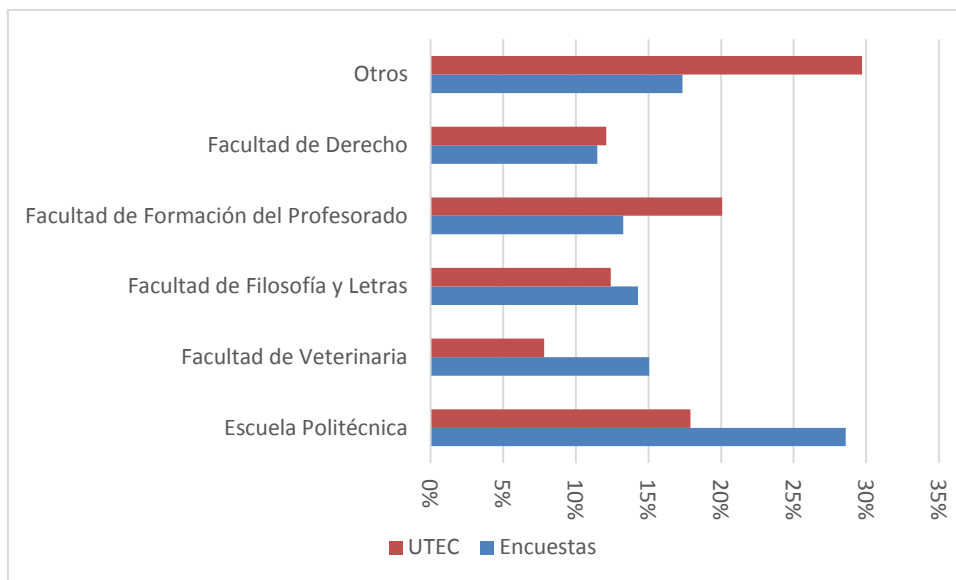


Figura 3. Distribución del según el centro que se ubica.
Fuente: OBIN 2.014 / Encuestas realizadas.
Elaboración propia.

Es relevante, además, que sólo el 22% de los encuestados están empadronados en la ciudad de Cáceres (**Figura 4**). Este factor puede incidir en la densidad de población asignada a cada portal.

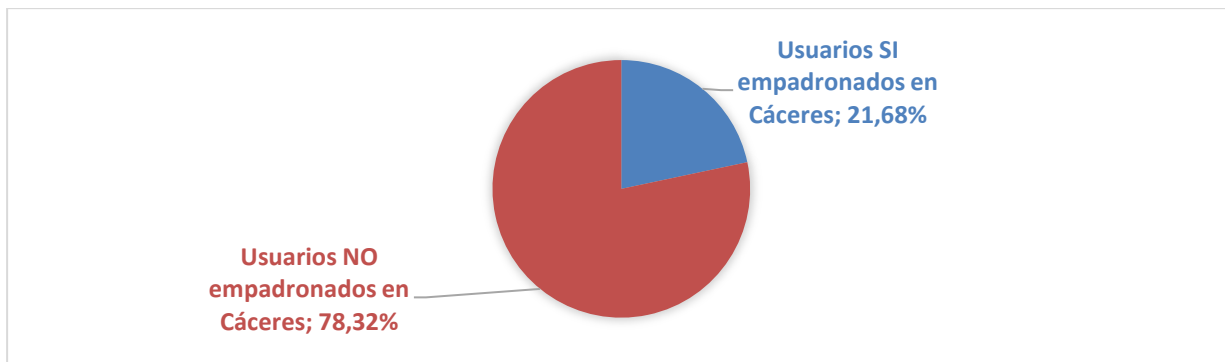


Figura 4. Usuarios del autobús empadronados en Cáceres.
 Datos de encuesta realizada.
 Elaboración propia.

Las paradas “Plaza de América” y “Av. General Primo de Rivera” acogen al 82% de los usuarios. Esta posición de relevancia con respecto al número de usuarios podría ser consecuencia de su emplazamiento en el entramado urbano de la ciudad de Cáceres.

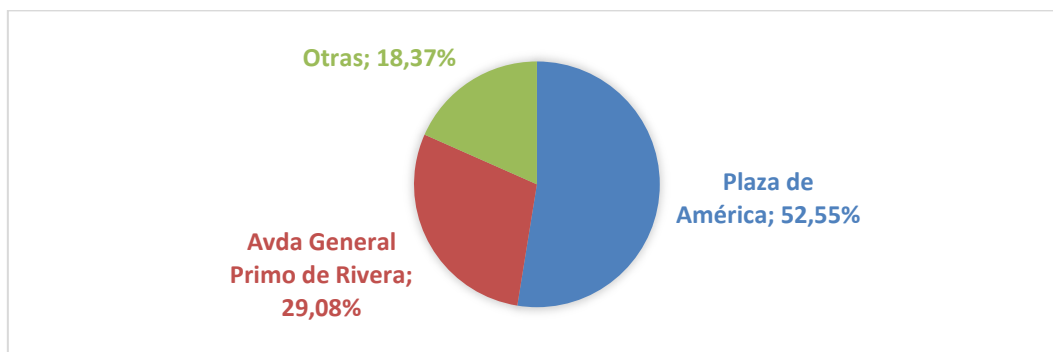


Figura 5. Distribución de uso de paradas en las líneas estudiadas.
 Datos de encuesta realizada
 Elaboración propia.

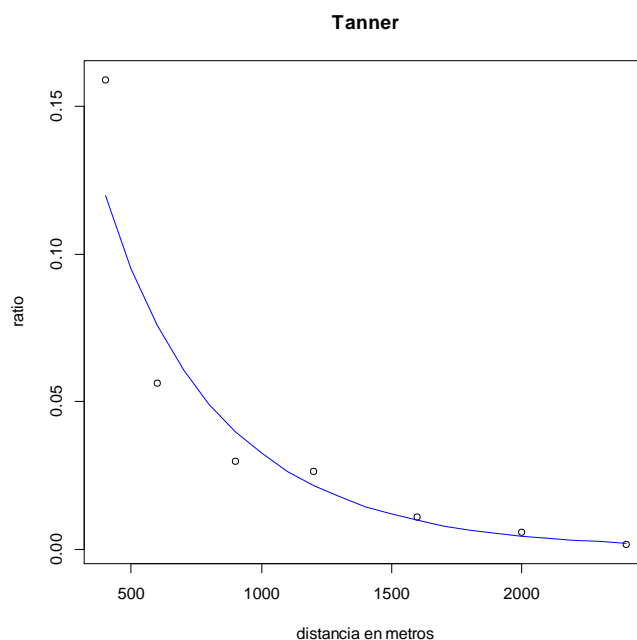
Sobre el modelo de transporte desarrollado, se estudian dos escenarios posibles. En el primer escenario se contempla la distancia de la parada más próxima al domicilio de los encuestados y portales de Cáceres. A través del domicilio de los encuestados se obtienen los viajes potenciales que se representan en la columna dos (**Tabla 3**). La columna tres representa la estimación de la población para cada uno de los intervalos. En la columna cuatro se muestra el ratio viajes/población, que representa la probabilidad de uso del servicio. Se puede observar que el ratio disminuye bruscamente a partir del primer intervalo (0-400 m). Por otra parte, el ratio tiende a cero cuando se superan los 2.000 m.

**Tabla 3. Tabla de resultado del Escenario 1.
Elaboración propia.**

Distancias (m)	Viajes	Población	Ratio
0 - 400	2.299,545	14.463,064	0,159
400 - 600	739,139	13.157,797	0,056
600 - 900	503,025	16.810,794	0,030
900 - 1.200	266,911	10.153,054	0,026
1.200 - 1.600	102,658	9364,637	0,011
1.600 - 2.000	71,861	12.553,344	0,006
2.000 - 2.400	30,797	18.545,310	0,002

Cuando un ajuste por mínimos cuadrados a la función de *Tanner* podemos extender el valor del ratio al conjunto de la población. En la **Figura 6**, se observa que el ajuste realizado se adapta mejor a los intervalos de portales situados a partir de 200 m. El ajuste por mínimos cuadrados realizado presenta un error medio cuadrático (EMC) $r^2 = 0,01713847$.

En el ajuste del escenario 1 se observa que los habitantes que se encuentran a menos de 400 m tiene tres veces más probabilidades de usar el servicio que el resto de los usuarios. A partir de 1.600 m, el uso es prácticamente inexistente.



**Figura 6. Ajuste de mínimos cuadrados mediante la función de *Tanner* para el escenario 1.
Elaboración propia.**

En el mapa generado para el escenario 1 (Figura7), se observa que los residentes que tiene mayor probabilidad de utilizar el servicio del autobús urbano que da acceso al campus universitario, son los más cercanos a la trayectoria del servicio que recorre las siguientes vías: Av. Isabel de Moctezuma – Av. de España – Av. General Primo de Rivera – Av. Hernán Cortés – Av. de las Delicias. Sin embargo, en la parada de la Avenida Hernán Cortés 32 se observa que los residentes del parque del príncipe presentan una probabilidad de 0,023 – 0,141 de ser usuarios de las líneas del campus del autobús urbano de Cáceres, hecho que no parece del todo correcto.

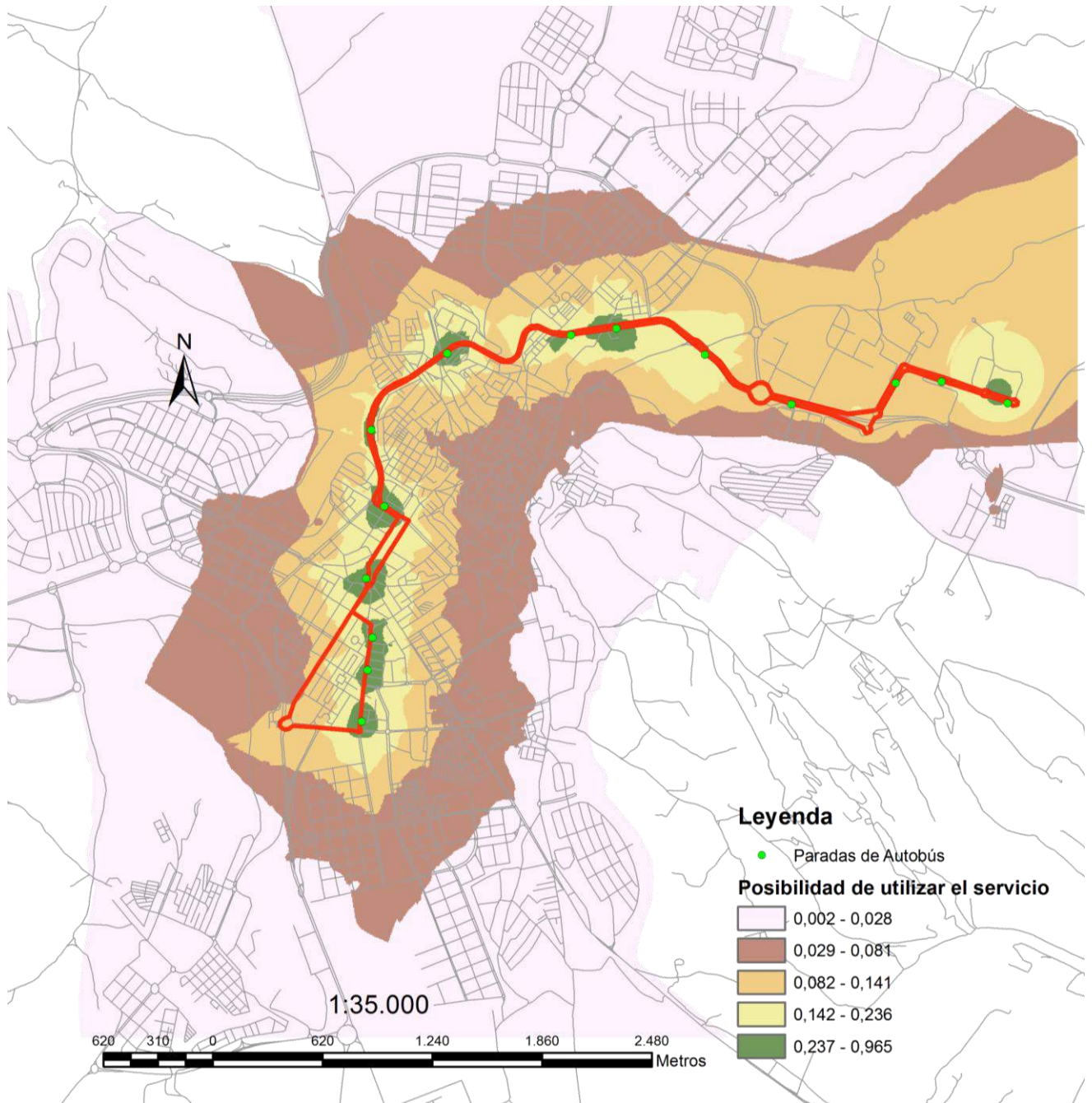


Figura 7. Escenario del 1 modelo de transporte.
 Elaboración propia.

En el segundo escenario se considera la distancia más próxima de encuestas y portales sólo a dos paradas, que son las que dan servicio a 82% de los usuarios encuestados (**Tabla 4**). El ratio disminuye bruscamente a partir del primer intervalo (0 - 200 m), reduciéndose casi a la mitad en el segundo intervalo (200 – 400 m). Se observa que a excepción del cuarto tramo de distancias (600-900 m) el ratio disminuye de forma continua con la distancia.

Tabla 4. Tabla de resultados del escenario del 2 modelo de transporte. Elaboración propia.

Distancias (m)	Nº Encuestas	Nº Portales	Ratio
0 - 200	230,981	1.114,594	0,207
200 - 400	580,019	4.775,461	0,121
400 - 600	667,279	6.735,609	0,099
600 - 900	1.237,032	11.933,847	0,104
900 – 1.200	780,203	11.808,936	0,066
1.200 – 1.600	246,380	17.593,296	0,014
1.600 – 2.400	272,044	41.086,256	0,007

Obrando del mismo modo, al escenario 2, se le aplica un ajuste por mínimos cuadrados a la función de Tanner con el que extender el valor del ratio al conjunto de la población. En la **Figura 8** se observa que el ajuste realizado se adapta correctamente a los tres primeros y dos últimos intervalos de distancias. El ajuste por mínimos cuadrados realizado presenta un EMC $r^2 = 0,02527162$.

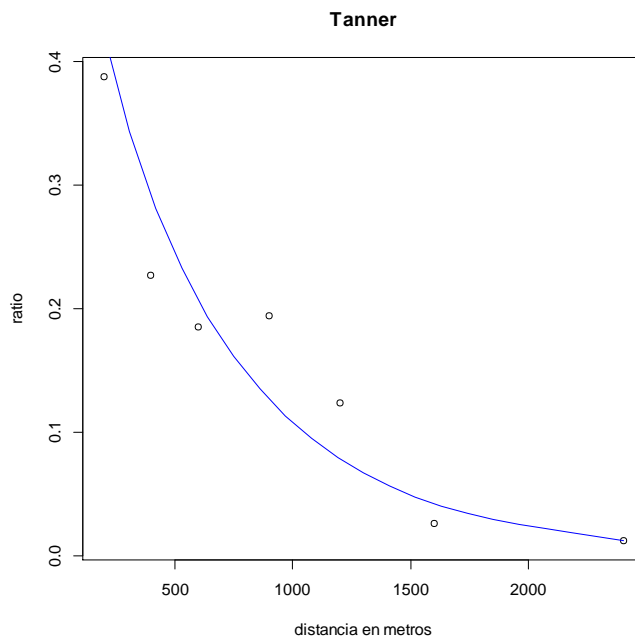


Figura 8. Ajuste de mínimos cuadrados mediante la función de Tanner para el escenario 2. Elaboración propia.

En la **Figura 9** se observa que la máxima probabilidad de que un ciudadano utilice el servicio de autobús del campus se centra en torno al Parque de Cánovas, por su ubicación entre las dos paradas estudiadas. Este escenario ordena de forma concéntrica la probabilidad de utilizar el servicio de autobús, englobando la mayor parte de la zona centro del núcleo urbano de Cáceres.

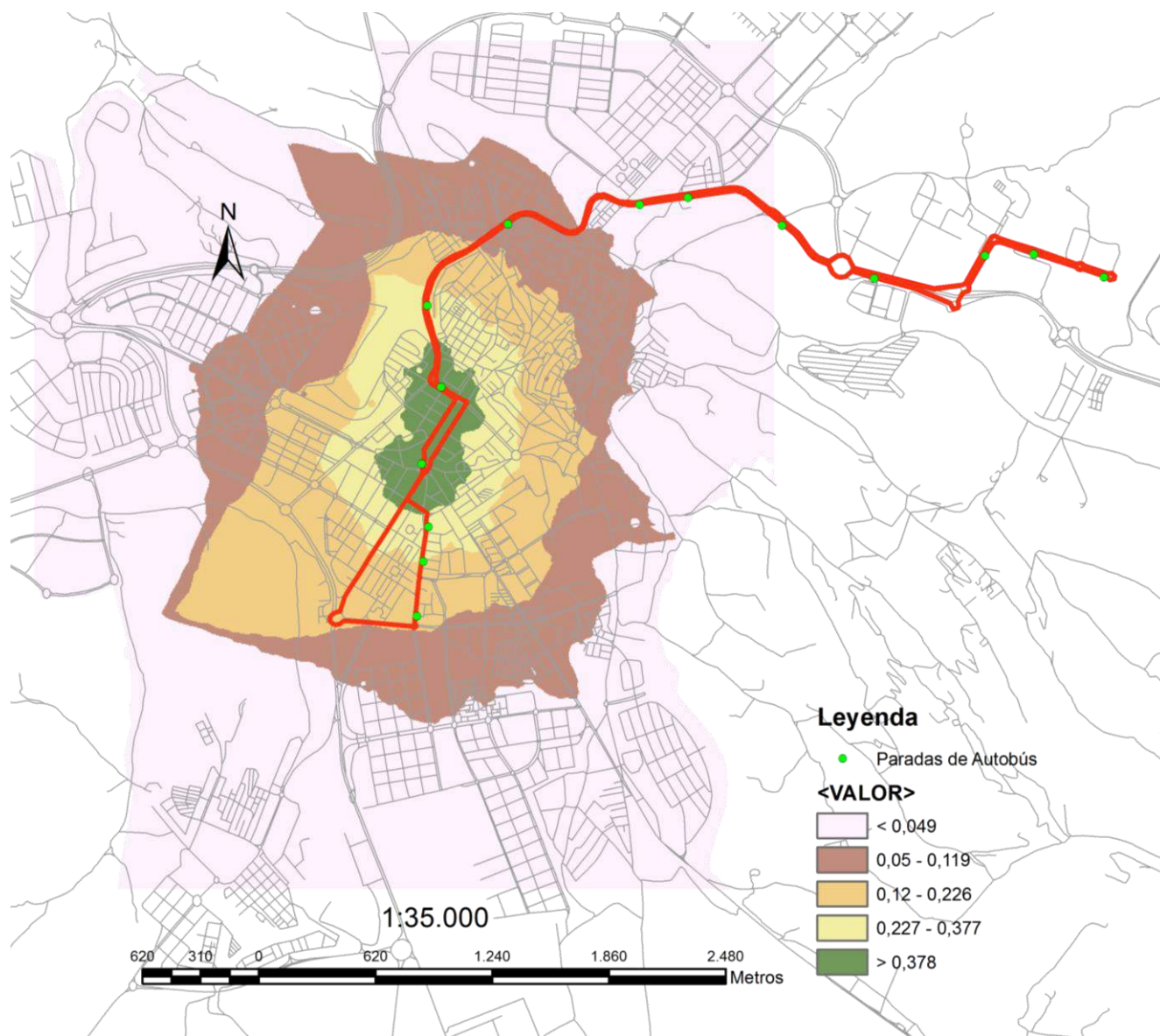


Figura 9. Escenario del 2 modelo de transporte. Elaboración propia.

El segundo escenario representa una tendencia radial de probabilidad de uso del servicio a partir de las dos paradas estudiadas. Ésta probabilidad disminuye conforme se aleja del centro del escenario establecido, que en este caso, es el centro de gravedad del entorno urbano de la ciudad, el parque de Cánovas. En este segundo escenario aparece una zona más compacta en el primer intervalo (0 - 200 m).

CONCLUSIONES

En este trabajo se ha estudiado el uso del transporte público como modo de acceso al campus universitario en función del domicilio de los usuarios, estableciendo la distancia de decaimiento de las paradas de las líneas de autobús que dan servicio al campus universitario.

Se han analizado dos escenarios, observándose que el primer escenario no parece muy real atendiendo a los resultados obtenidos. Se aprecia que a partir de la parada de la Av. de las Delicias frente al Temis continúa una alta probabilidad de uso del servicio a pesar de que las encuestas no corroboran este hecho. Sin embargo, el segundo escenario representa una situación más real, de tal forma que las dos paradas estudiadas acogen al 82% de los usuarios según las encuestas.

Cabe pensar que, existiendo un 78% de usuarios del servicio no empadronados en la ciudad, la oferta de viviendas en alquiler ha de estar en sintonía con la zona de afección del servicio de autobús del campus. Este hecho, hace que el segundo escenario represente una situación más realista, puesto que parece lógico que los usuarios del autobús, estudiantes no empadronados, opten por buscar una vivienda en la zona centro de la ciudad.

Por otro lado, a partir de este trabajo sería posible estudiar medidas de mejora y optimización de la explotación del transporte público. Se podrían plantear otras alternativas de trayecto o incluso la incorporación de nuevas líneas para aumentar la utilización del servicio de autobús urbano que da acceso al campus universitario y así fomentar más la utilización del transporte público como alternativa al vehículo privado.

AGRADECIMIENTOS

A la empresa SUBUS por haber facilitado los datos para la elaboración de este estudio.

A los compañeros y profesores de la asignatura Iniciación a la investigación en Expresión Gráfica en Ingeniería del MUI en Ingeniería y Arquitectura – Expresión Gráfica y Construcción, curso académico 2.014/15, por haber colaborado en el proyecto y en la toma de encuestas.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Campesino Fernández, A. J., & Salcedo Hernández, J. C. (2007). Campus universitarios en ciudades patrimoniales: contrastes entre Cáceres y Toledo. *CIAN-Revista de Historia de las Universidades*, 17(1), 101-137.

- García-Palomares, J. C., Gutiérrez, J., & Cardozo, O. D. (2013). Walking accessibility to public transport: an analysis based on microdata and GIS. *Environment and Planning B: Planning and Design*, 40(6), 1087-1102.

- Gutiérrez Gallego, J. A., & Jaraíz Cabanillas, F. J. (2013). Aproximación al Plan de Movilidad Sostenible del Campus Universitario de Cáceres de la UEX. *CICLO DE JORNADAS SOBRE PREVENCIÓN DE RIESGOS LABORALES*. Expresión Gráfica. Universidad de Extremadura Universidad de Extremadura.

- Martínez, L. M., & Viegas, J. M. (2013). A new approach to modelling distance-decay functions for accessibility assessment in transport studies. *Journal of Transport Geography*, 26, 87-96.

- Puebla, J. G., Cardozo, O. D., & García, J. C. (2008). Modelos de demanda potencial de viajeros en redes de transporte público: aplicaciones en el Metro de Madrid. *IV Seminario de Ordenación Territorial*, 1-Nº4.