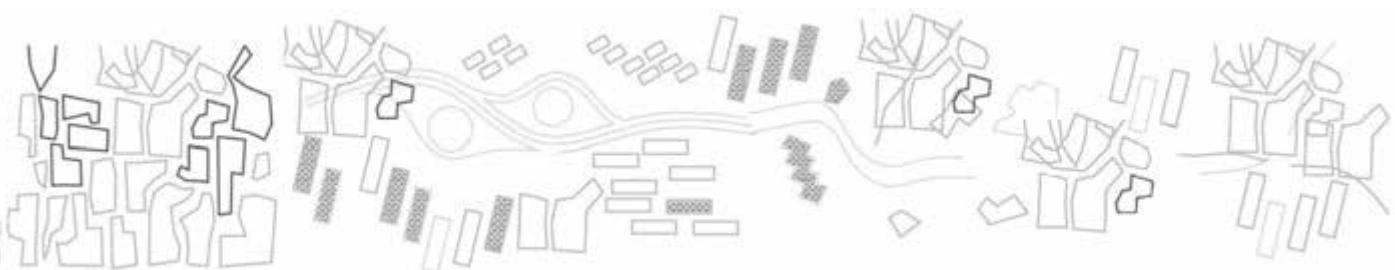


# CIUDAD Y TERRITORIO ESTUDIOS TERRITORIALES CyT ET



Vol. XLII. Cuarta época **Nº 165-166** otoño-invierno 2010

Tecnologías de la Información Geográfica  
para la Gestión Territorial y Urbana

Índices de la Revista de los números 163-166



**Director**

Rafael MATA OLMO

**Subdirector**

Jorge OLCINA CANTOS

**Secretaria**

Paloma POZUELO GUILLÓ

**Comité de redacción**

Rafael MATA OLMO  
Jorge OLCINA CANTOS  
Omar Bouazza ARIÑO  
Graziella TROVATO  
Luis Ángel COLLADO CUETO

**Consejo asesor científico**

Josefina GÓMEZ MENDOZA  
Laureano LÁZARO ARAUJO  
Jesús LEAL MALDONADO  
Ángel MENÉNDEZ REXACH  
Luis MOYA GONZÁLEZ  
Luciano PAREJO ALFONSO  
Fernando PARRA SUPERVÍA  
Josep ROCA CLADERA  
Fernando ROCH PEÑA  
Fernando DE TERÁN TROYANO  
Antonio VÁZQUEZ BARQUERO

**Corresponsales**

Nora CLICHEVSKY  
Laurent COUDROY DE LILLE  
Fania FRIDMAN  
Willem KORTHALS  
Benoit LEFÈVRE  
Francesco LO PICOLO  
Sara LUZÓN  
Demetrio MUÑOZ  
Vincent NADIN  
Federico OLIVA  
Rubén PESCI

# Índice

## Presentación

Tecnologías de la Información Geográfica para el buen gobierno de la ciudad y el territorio J. GUTIÉRREZ PUEBLA & R. MATA OLMO .....	421
---	-----

## Estudios

### Las tecnologías de la información geográfica en la planificación urbana y la ordenación del territorio

Las tecnologías de la información geográfica en la planificación urbana y la ordenación del territorio: viejos retos, nuevas direcciones J. GUTIÉRREZ PUEBLA .....	431
Geovisualización: espacio, tiempo y territorio J. OJEDA ZÚJAR .....	445
Los modelos de localización óptima como herramientas para la planificación territorial y urbana de instalaciones y equipamientos A. MORENO JIMÉNEZ & J. BOSQUE SENDRA .....	461
Instrumentos de simulación prospectiva del crecimiento urbano F. AGUILERA BENAVENTE & M. GÓMEZ DELGADO & C.C. CANTERGIANI .....	481
Detección de clusters y otras estructuras regionales y urbanas con técnicas de econometría espacial C. CHASCO YRIGOYEN .....	497
Los Sistemas de Información Geográfica aplicados a la Evaluación Ambiental en la planificación de infraestructuras de transporte R. M. ARCE RUIZ & E. ORTEGA PÉREZ & I. OTERO PASTOR .....	513
Las aplicaciones de los Sistemas de Información Geográfica al estudio de riesgos naturales asociados al retroceso de glaciares y a los desprendimientos N. ANDRÉS DE PABLO & L. M. TANARRO GARCÍA & D. PALACIOS ESTREMERA .....	529
Avances en teledetección: instrumentos y aplicaciones M. P. MARTÍN ISABEL & M. GARCÍA ALONSO & F. J. MARTÍNEZ VEGA .....	551

### Experiencias y buenas prácticas de las administraciones públicas

Breve presentación de los sistemas nacionales y autonómicos M. D. AGUADO FERNÁNDEZ .....	565
El Sistema de Información Urbana E. LÓPEZ ROMERO & M. BAIGET LLOMPART & M. I. MADURGA CHORNET .....	571
La Sede Electrónica del Catastro I. DURÁN BOO .....	585

## Índice

El SIGPAC: "Hoy las ciencias adelantan..." F. MONTERO LABERTI .....	597
Estrategias para implantar las TIC en el urbanismo: la experiencia en Castilla y León A. GONZÁLEZ MONSALVE .....	607
Herramienta de diseño de planeamiento urbanístico y territorial de Extremadura F. CEBALLOS-ZÚÑIGA RODRÍGUEZ .....	615
Sistematización Informática del Planeamiento Urbanístico de Canarias M. BLANCO BAUTISTA & J. M. BARBERO FRANCISCO .....	629
UDALPLAN. Un Sistema de Información Geográfico al servicio de la ordenación del territorio del País Vasco J. M. ERQUICIA OLACIREGUI & E. IBÁÑEZ PÉREZ DE ARENAZA & Á. ARROYO DÍAZ .....	635

### ABSTRACTS

J. POWNALL .....	649
------------------	-----

## Observatorio Inmobiliario

2010. Lenta recuperación del mercado de vivienda. Mejoran las ventas J. RODRÍGUEZ LÓPEZ .....	657
--	-----

## Documentación:

Crónica Jurídica O. BOUANZA .....	675
Normativa estatal y autonómica F. PICAZO .....	679
Planeamiento en Municipios de más de 20.000 habitantes .....	688

## Libros y Revistas

Recensiones y reseñas de libros recibidos .....	699
Índices de CIUDAD Y TERRITORIO Estudios Territoriales. Vol XLII. 2010 .....	701

# Presentación

## Tecnologías de la Información Geográfica para el buen gobierno de la ciudad y el territorio

Las Tecnologías de la Información Geográfica (TIG) han experimentado un gran desarrollo en los últimos decenios, impregnando ámbitos temáticos muy distintos y convirtiéndose en algo cotidiano en nuestra vida. En realidad la mayor parte de las empresas e instituciones requieren el uso y el tratamiento de información geográfica para llevar a cabo sus actividades, por lo que en todos los niveles de la administración (central, autonómica y local) y en la mayor parte de las empresas de un cierto tamaño el uso de las TIG es una realidad desde hace algún tiempo. Pero, además, recientemente la información geográfica se ha popularizado enormemente entre la gente, que accede cada vez con más frecuencia a este tipo de información a través de Internet mediante herramientas tan populares como Google Maps, o de dispositivos GPS en el navegador del automóvil o en los teléfonos móviles. Se habla de una auténtica "revolución" de la información geográfica porque la unión de las TIG e Internet ha producido sinergias con efectos que pocos se hubieran atrevido a pronosticar hace tan sólo una década.

En el campo de los estudios urbanos y de la ordenación del territorio la difusión de las TIG está ampliamente extendida desde hace bastantes años. No se trata sólo ya de la utilización de herramientas CAD para el manejo de cartografía digital en la planificación urbanística y territorial, sino sobre todo de las nuevas posibilidades que brindan los Sistemas de Información Geográfica para la planificación, suministrando información de gran utilidad para la toma de decisiones y aportando al mismo tiempo objetividad y transparencia a los procesos de análisis, diagnóstico y propuesta. Por otro lado, la popularización del acceso a la información geográfica a través de Internet abre nuevas posibilidades para potenciar la participación ciudadana en los procesos de planificación y progresar en el camino de la gobernanza.

El término de TIG se utiliza para hacer referencia a un conjunto de tecnologías diseñadas para la captura, almacenamiento, tratamiento, análisis y presentación de la información geográfica, como son los Sistemas de Información Geográfica (SIG), el software para la producción de cartografía (particularmente el CAD, diseño asistido por ordenador), la teledetección espacial (tratamiento de imágenes de la tierra), el GPS y la fotogrametría. Son tecnologías que nacieron separadamente, pero que han tendido a confluir con el tiempo, cumpliendo funciones distintas pero complementarias.

En este contexto los Sistemas de Información Geográfica aparecen como sistemas integradores de tecnologías, ocupando un lugar central en este ámbito al fundir información tratada previamente con otras tecnologías de la información geográfica. Los SIG son también tecnologías integradoras de información desde una perspectiva temática, en tanto que la componente geográfica permite relacionar informaciones provenientes de muy distintos ámbitos y cuya única referencia común es su localización en el espacio. En función de esa localización los SIG pueden analizar y combinar capas temáticas que no podrían ser tratadas de forma conjunta por otros sistemas informáticos: la clave es la G, es decir, el carácter geográfico de esa información y del software SIG, diseñado especialmente para trabajar con información georreferenciada.

Este número monográfico de CyTET, dedicado a las Tecnologías de la Información Geográfica (TIG), pretende aportar un estado de la cuestión sobre la materia, incidiendo en sus aplicaciones a la planificación y gestión urbanística, territorial y ambiental. Lo hace justamente en el año de aprobación de la Ley 14/2010, de 5 de julio, sobre las infraestructuras y los servicios de información geográfica en España, que ha incorporado al ordenamiento jurídico español la Directiva 2007/2/CE, de 14 de marzo de 2007. La citada norma tiene como objetivo la creación de una Infraestructura de Datos Espaciales en Europa, siguiendo las recomendaciones de la iniciativa de la Comisión Europea INSPIRE (*Infrastructure for Spatial Information in Europe*).

## Presentación

Si bien la información urbanística no se menciona explícitamente en los tipos de datos geográficos de los Anexos de la Directiva, las categorías “Uso del suelo” y “Zonas sujetas a ordenación” constituyen un marco idóneo para la inclusión de los datos de carácter urbanístico. Por eso, con buen criterio, desde el Ministerio de Vivienda se formularon diversas modificaciones al entonces Proyecto de la ley citada, que fueron aceptadas en su totalidad e incluidas en sus ANEXOS II (Datos Temáticos Fundamentales) y III (Datos Temáticos Generales). Dentro del capítulo de usos del suelo, se incluye, por ejemplo, la consideración tanto de la clasificación y categorización urbanística como de los diferentes regímenes de utilización del suelo (residencial, industrial, comercial, agrario, forestal, recreativo) e intensidades de uso, así como las zonas sujetas a ordenación, a restricciones o reglamentaciones y unidades de notificación. En el Anexo III se ha incorporado la mención a la información georreferenciada contenida en los instrumentos de ordenación urbanística y territorial, e instrumentos de desarrollo, incluyendo el conjunto de disposiciones y determinaciones estructurantes y pormenorizadas que afecten a un determinado ámbito, así como las relaciones entre ellas.

Los artículos que integran este número se distribuyen en dos grandes bloques: el primero, compuesto por contribuciones del mundo académico, pretende dar a conocer el estado de la cuestión de las aplicaciones de las TIG a distintos campos de los estudios urbanos y de la planificación territorial y ambiental. Evidentemente no es posible cubrir en una publicación como ésta todas las áreas de interés para los lectores de CyTET, habiéndose optado por seleccionar algunos asuntos y planteamientos especialmente significativos y novedosos. El segundo bloque está dedicado a la presentación de experiencias y buenas prácticas de las administraciones públicas —central y autonómica— en materia de sistemas de información urbanística y territorial, con Infraestructuras de Datos Espaciales (IDE) que facilitan información relevante para urbanistas, planificadores y para cualquier ciudadano interesado en cuestiones territoriales.

Abre el primer bloque el artículo de Javier GUTIÉRREZ PUEBLA titulado *Las Tecnologías de la Información Geográfica en la planificación urbana y la ordenación del territorio: viejo retos, nuevas perspectivas*. Este artículo, de carácter general, trata de presentar la evolución reciente en el mundo de las Tecnologías de la Información Geográfica desde una doble perspectiva:

la del usuario ocasional y la del experto que trabaja en tareas de análisis y planificación. Desde la primera perspectiva, se revisan las nuevas herramientas para el acceso a la información geográfica (geovisores, infraestructuras de datos espaciales) y las perspectivas que abren desde el punto de vista de la participación pública en la planificación; desde la segunda, la atención se centra en la implementación en los SIG de metodologías multicriterio para la planificación urbanística y territorial, el análisis de la accesibilidad a los equipamientos y servicios y, por último, el seguimiento de los procesos urbanos espacio-temporales y la simulación del crecimiento urbano.

En un segundo artículo, *Geovisualización: espacio, tiempo y territorio*, José OJEDA ZÚJAR se centra en la geovisualización y su poder para la transmisión de información. Se destacan las representaciones 2D, hoy más difundidas que nunca debido a la masiva producción de datos digitales sobre el territorio, la potencia de programas con funcionalidades 3D (SIG, CAD, etc.) y la popularización de visores 3D en Internet (globos y ciudades virtuales). El artículo se ocupa de las denominadas representaciones en 4D, es decir, aquéllas que también incorporan la dimensión temporal, cada vez más extendidas, en un contexto de producción creciente de datos multitemporales.

La localización de equipamientos e instalaciones es una cuestión de larga tradición en los estudios urbanos y territoriales. Superado el enfoque clásico de los estándares urbanísticos, la atención de los expertos se centra en los procedimientos para la localización óptima de equipamientos e instalaciones, generadores de externalidades positivas y negativas. El artículo de Joaquín BOSQUE y Antonio MORENO, titulado *Los modelos de localización óptima como herramientas para la planificación territorial y urbana de instalaciones y equipamientos*, hace una revisión de los modelos de localización óptima más reconocidos, profundizando en las técnicas y programas disponibles para su cálculo. Además presenta numerosas aplicaciones en el terreno educativo, sanitario, de emergencias, instalaciones no deseables, etc., lo que permite que el lector disponga de ejemplos relevantes y de una amplia y actualizada bibliografía sobre el tema.

Sin duda uno de los campos de mayor desarrollo en el software SIG en los últimos años es el de la implementación de modelos dinámicos, capaces de simular el crecimiento urbano sobre la base de la formulación de diferentes escenarios futuros. Los profesores AGUILERA,

GÓMEZ DELGADO y CANTERGIANI, en el artículo titulado *Instrumentos de simulación prospectiva del crecimiento urbano*, presentan algunas de las herramientas de modelación existentes. Dedican una especial atención a los modelos basados en Autómatas Celulares (AC) y en Multiagentes, como instrumentos para explorar la evolución del crecimiento en diferentes escenarios posibles, así como las técnicas de Evaluación Multicriterio (EMC), adecuadas para la definición de escenarios normativos o deseables, que inspiren y guíen el proceso planificador.

Las Tecnologías de la Información Geográfica también permiten visualizar y descubrir estructuras espaciales presentes en el territorio, a todas las escalas de análisis. En el artículo de la profesora Coro CHASCO, *Detección de clusters y otras estructuras regionales y urbanas con técnicas de econometría espacial*, se presentan los métodos del Análisis Exploratorio de Datos Espaciales (AEDE) propios de la econometría espacial utilizados para la exploración de clusters geográficos, de carácter regional y urbano, en la población y la actividad económica. Se presenta una selección de herramientas para la detección de tendencias espaciales, agrupamientos, puntos atípicos y fenómenos de difusión, con ejemplos concretos que ayudan a entender el funcionamiento de estas técnicas y su valor en los estudios urbanos y regionales.

Uno de los campos en los que los SIG se han utilizado con más profusión en los últimos años es el de los estudios de impacto ambiental, que cada vez cobran más relevancia en el urbanismo y la ordenación territorial. El artículo *Los Sistemas de Información Geográfica aplicados a la Evaluación Ambiental en la planificación de infraestructuras de transporte*, de Rosa ARCE, Emilio ORTEGA e Isabel OTERO, se refiere particularmente al impacto ambiental de las infraestructuras de transporte. Adoptando un enfoque multiescalar, muestra la utilidad de los SIG en la evaluación de impactos ambientales de las infraestructuras de transporte, comenzando en la Evaluación Ambiental Estratégica (EAE) y aumentando la escala para analizar las fases en las que se emplean en la Evaluación de Impacto Ambiental (EIA): preselección de corredores, análisis territorial, evaluación de impactos, comparación de alternativas, participación pública y seguimiento y control.

Un tema al que se presta cada vez más atención en la planificación urbanística y la ordenación del territorio es el de la prevención de

riesgos antrópicos y naturales. Sobre este último aspecto se centra el artículo *Las aplicaciones de los Sistemas de Información Geográfica al análisis y prevención de riesgos naturales: los casos de los desprendimientos y los flujos hidrovolcánicos*, de David PALACIOS, Luis Miguel TANARRO y Nuria DE ANDRÉS, que, tras una contextualización inicial, presenta ejemplos concretos que ayudan a conocer cómo estas tecnologías contribuyen al mejor conocimiento de los riesgos naturales.

Este bloque de trabajos académicos se cierra con un artículo sobre los *Avances en teledetección: instrumentos y aplicaciones*, a cargo de Pilar MARTÍN, Mariano GARCÍA ALONSO y Javier MARTÍNEZ VEGA. En esta contribución se revisa la evolución y las tendencias futuras de las principales misiones de teledetección, analizando las principales características de los sensores y haciendo especial hincapié en los avances en teledetección hiperespectral y LiDAR. Se incluye además una revisión de aplicaciones recientes que demuestran la operatividad de la teledetección en la ordenación del territorio a diversas escalas.

El segundo bloque de este número monográfico recoge, como se ha dicho, diversas contribuciones de técnicos y responsables de distintas Infraestructuras de Datos Espaciales de la Administración Central de Estado y de las comunidades autónomas. Como subraya Dolores AGUADO en su introducción, los esfuerzos por la innovación, la eficacia y la cooperación entre distintas administraciones públicas para conseguir unas IDE actualizadas, dinámicas y rigurosas en materia urbanística y territorial, están en la base del Marco de Actuación para el Desarrollo Urbano Sostenible de la Unión Europea y de los principios y objetivos que preconiza el Manifiesto por una Nueva Cultura del Territorio, en su alegato por más y mejor política territorial a todas las escalas.

La tradición y evolución de los trabajos que el Ministerio de Vivienda ha venido impulsando, especialmente el Atlas Estadístico de Áreas Urbanas, han llevado a enfocar el diseño del prototipo del Sistema de Información Urbana (SIU), establecido en la Disposición Adicional Primera de la Ley 8/2007, de 28 de mayo, de Suelo, teniendo muy presente la participación del ciudadano en la toma de decisiones en relación con el urbanismo, y por tanto la facilidad y accesibilidad de la herramienta; la necesidad de un modelo que permita análisis supramunicipales; y la garantía de compatibilidad tecnológica y temática, dado que el Sistema nacional necesita la colaboración de las administracio-

nes territoriales competentes en materia de urbanismo. Los objetivos, estructura organizativa, contenidos y metodología aplicada en el SIU se recogen en el artículo firmado por Emilio LÓPEZ ROMERO, Miguel BAIGET LLOMPART y María Isabel MADURGA CHORNET.

El *Libro Blanco de la Sostenibilidad en el Planeamiento Urbanístico Español*, recientemente publicado, señala que el SIU "puede resultar un instrumento eficaz para permitir el diagnóstico y el seguimiento integrado de las calidades y usos del territorio y la edificación, así como del funcionamiento y las servidumbres de la ciudad y de los problemas de sus habitantes". Como dicen los autores citados, desde esta amplia perspectiva, el SIU puede y debe realizar una aportación al debate sobre la sostenibilidad abordando los aspectos más directamente relacionados con las materias que le son propias: el suelo y el urbanismo.

Muy notables han sido los avances del Catastro en este campo, como pone de manifiesto el texto de Ignacio DURÁN Boo. La Sede Electrónica del Catastro es hoy la plataforma tecnológica sobre la que interactúan decenas de miles de personas diariamente, con más de 20,8 millones de visitas en el año 2009. Se trata de la herramienta para la aplicación de la administración electrónica catastral, pero también del canal a través del que se facilita a ciudadanos y empresas el acceso y la reutilización de toda la información contenida en la base de datos catastral, incluida la llamada cuarta dimensión, es decir, el tiempo, con lo que no sólo se puede saber cómo son las parcelas y las edificaciones en un determinado momento, sino también conocer cómo fueron en el pasado y cómo ha ido evolucionando el territorio.

Importante es también la contribución del Sistema de Identificación Geográfica de Parcelas Agrícolas Español (SIGPAC), nacido hace apenas cinco años, al conocimiento actualizado del territorio. Aunque su origen y razón de ser radican en la concesión de ayudas por superficie que la Política Agraria Común destina al sector agrario español, los beneficios no se limitan al sector agrario, como señala Francisco MONTERO ALBERTI en el artículo dedicado al SIGPAC, sino que se extienden a millones de usuarios, entre ellos los profesionales de la planificación urbanística, territorial y ambiental. El texto sintetiza los fundamentos del SIGPAC, sus bases técnicas y funcionamiento, y su actualización permanente.

Completan la segunda parte del monográfico una serie de artículos sobre la implantación de

las tecnologías de la información geográfica en la escala autonómica. No se pretende con ello ofrecer un repertorio exhaustivo, sino presentar tan sólo algunos casos de buenas prácticas como ejemplo de los esfuerzos que vienen realizando las comunidades autónomas en la mejora de la información y gestión urbanística y territorial a través de las TIG. La experiencia en Castilla y León, expuesta por Javier GONZÁLEZ MONSALVE, pone de manifiesto los importantes avances realizados en la región, sin vuelta atrás a juicio del autor, pero también la necesidad de resolver dos cuestiones importantes extensibles al resto de las administraciones: conceder validez jurídica a las bases de datos, e implantar el uso de herramientas de elaboración y gestión del planeamiento entre los técnicos redactores y los técnicos municipales.

Los trabajos llevados a cabo por la Comunidad Autónoma de Extremadura, presentados en el texto de Fernando CEBALLOS-ZÚÑIGA RODRÍGUEZ, pretenden sistematizar los contenidos del planeamiento urbanístico y territorial redactado en su ámbito territorial, así como las herramientas utilizadas para ello, con el fin último de lograr su difusión a través de la web (<http://sitex.juntaex.es>) y en especial de la IDE Extremadura ([www.ideex.es](http://www.ideex.es)). Por su parte, el artículo titulado *Sistematización Informática del Planeamiento Urbanístico de Canarias*, a cargo de Manuel BLANCO BAUTISTA y Juan Miguel BARBERO FRANCISCO, resume el trabajo realizado en Canarias en los últimos años con objeto de modernizar la gestión del territorio. Se describe para ello el Sistema de Información de Planeamiento que se integra en el Sistema de Información Territorial de Canarias (SIT-CAN), presentando los trabajos de normalización y sistematización del planeamiento, producción, control de calidad, mantenimiento actualizado de la Base de Datos de Planeamiento, y explotación de la misma para dotarla de valor añadido y difusión de los productos obtenidos.

Por último, UDALPLAN, el Sistema de Información Geográfica surgido hace ya años en la Comunidad Autónoma del País Vasco como instrumento de apoyo a la ordenación del territorio, recoge anualmente, como se señala en el artículo de Jesús María ERQUICIA, Enrique IBÁÑEZ y Álvaro ARROYO, la información del planeamiento vigente en cada municipio y, en concreto, la Estructura General y Orgánica y la Clasificación del Suelo así como su Clasificación, ofreciendo además una útil base de datos alfanumérica que refleja por municipio el grado de ejecución de cada área definida en el

planeamiento. Esta base se completa con una serie de cuadros resumen con la información por Áreas Funcionales, Provincias o Territorios Históricos y Comunidad Autónoma. Dentro de UDALPLAN se están llevando a cabo los trabajos necesarios para cumplir con la directiva europea INSPIRE.

Esperamos que este número monográfico de CyTET sobre Tecnologías de la Información Geográfica para la gestión territorial y urbana aporte información útil a cuantos trabajan en este ámbito, desde el mundo académico, profesional y de la administración pública. No está sólo en juego la calidad, la actualización y la disponibilidad de información territorial geográficamente referenciada, siendo esto muy importante. Lo que subyace a las iniciativas de investigación sobre infraestructuras de datos espaciales, y a su implementación y uso por parte de las administraciones públicas, los profesionales y el público en general, es la necesidad de un gobierno del territorio más transparente y participativo, comprometido con los valores de equidad y de prudencia en el uso de los recursos territoriales.

\* \* \*

**El Observatorio Inmobiliario** lleva en esta ocasión el título 2010. *Lenta recuperación del mercado de vivienda. Mejoran las ventas.* Tras presentar la evolución de la economía mundial y española, el texto del Dr. Julio RODRÍGUEZ analiza la dinámica del mercado de vivienda en España en la primera parte de 2010, comenta los datos más representativos de su financiación y resume, para finalizar, algunos de los cambios más significativos de la política de vivienda en un contexto de lucha contra el déficit y de ajuste presupuestario. La reactivación relativa de las ventas de viviendas tiene lugar en el marco de un débil crecimiento de la economía española durante el primer semestre del año, sensiblemente más corto que el de las economías de su entorno, impulsado por las exportaciones y por un comportamiento menos deprimido del consumo de los hogares. Ante el moderado descenso sufrido por los precios de la vivienda entre 2007 y 2010, Julio RODRÍGUEZ concluye que el ajuste del mercado de vivienda derivado de la crisis ha descansado en España de forma abrumadora en la oferta de nuevas viviendas. El nivel de estas últimas ha disminuido de forma espectacular en el primer semestre respecto de los ejercicios precedentes, situándose así por debajo de los niveles correspondientes a los años iniciales de la fase expansiva situada del periodo 1997-2007. Por otra parte, el cambio de la política econó-

mica del gobierno, anticíclica hasta mayo de 2010, y desde entonces de carácter claramente estabilizador, orientada sobre todo a la reducción del déficit de las administraciones públicas, tendrá seguramente repercusiones en el mercado de viviendas. Las restricciones del gasto público en 2010 van a afectar ya al alcance de las ayudas incluidas en el vigente Plan Estatal de Vivienda y Rehabilitación 2009-2013, regulado por el Real Decreto 2066/2008, de 12 de diciembre. En el verano de 2010 en el Ministerio de Vivienda se ha trabajado en un borrador de Real Decreto que entraría en vigor el 1º de enero de 2011, por el que se recortarían algunas de las ayudas contempladas en lo relativo a la cuantía de las ayudas a recibir por parte de promotores de viviendas de alquiler y adquirentes de las nuevas viviendas protegidas destinadas a la venta.

La **Crónica Jurídica**, a cargo del profesor Omar BOUAZZA ARIÑO, ofrece en este número un comentario de las últimas novedades legislativas en el ámbito estatal y autonómico. En primer lugar, se da cuenta de la aprobación de tres leyes de las Cortes Generales que son, en realidad, transposición de Derecho comunitario europeo. La primera de ellas es la *Ley 6/2010, de 24 de marzo, de modificación de del Texto Refundido de la Ley de Evaluación de Impacto Ambiental de proyectos, aprobado por el Real Decreto Legislativo 1/2008, de 11 de enero*, que obedece a la necesidad de adaptar la evaluación de impacto ambiental a un marco temporal preciso y determinado, que aumente la eficacia de este instrumento de preservación de los recursos naturales y el medio ambiente, de acuerdo con las exigencias que la actividad económica. La segunda norma es la *Ley 1/2005, de 9 de marzo, por la que se regula el régimen del comercio de derechos de emisión de gases de efecto invernadero*, incorporando así al ordenamiento jurídico español la Directiva 2003/87/CE del Parlamento Europeo y del Consejo, de 13 de octubre de 2003, por la que se establece un régimen para el comercio de derechos de emisión de gases de efecto invernadero en la Comunidad y por la que se modifica la Directiva 96/61/CE. Por último, las Cortes Generales han transpuesto la Directiva 2007/2/CE, de 14 de marzo de 2007, por la que se establece una infraestructura de información espacial en la Comunidad Europea (Inspire), a través de la *Ley 14/2010, de 5 de julio, sobre las infraestructuras y los servicios de información geográfica en España*, que ha sido ya objeto de comentario en esta presentación en relación con las Infraestructuras de Datos Espaciales y el contenido de algunos artículos de este número monográfico. En segundo lugar,

## Presentación

se destacan las leyes y reglamentos aprobados por los Parlamentos y Gobiernos autonómicos en materia de ordenación del territorio, urbanismo, vivienda, comercio, construcción e incendios y organización administrativa, una buena muestra, en definitiva, del estado actual de la legislación española que afecta al territorio y lo urbano.

Concluye el número con los habituales apartados de Normativa Estatal y Autonómica, la Si-

tuación del Planeamiento en municipios de más de 20.000 habitantes, la Sección de Libros y Revistas, y el índice acumulado de los cuatro números del año 2010.

Javier GUTIÉRREZ PUEBLA  
Coordinador del número monográfico

Rafael MATA OLMO  
Director de Cytet

# Las tecnologías de la información geográfica en la planificación urbana y la ordenación del territorio: viejos retos, nuevas direcciones

J. GUTIÉRREZ PUEBLA

Catedrático de Geografía Humana. Universidad Complutense de Madrid

**RESUMEN:** El presente artículo indaga sobre los cambios recientes en el acceso a la información geográfica y en el uso de sus tecnologías, fundamentalmente desde la perspectiva de los estudios urbanos y la ordenación del territorio. Analiza las mejoras en el acceso a la información geográfica a través de Internet (geovisores e infraestructuras de datos espaciales) y su importancia desde el punto de vista de la planificación (democratización en el acceso a la información y nuevas posibilidades de participación pública). Ofrece, así mismo, algunos ejemplos sobre las posibilidades de las Tecnologías de la Información Geográfica en la planificación urbana y la ordenación territorial, centrándose la atención en la implementación de metodologías multicriterio y su aplicación en modelos de aptitud e impacto, el análisis de la accesibilidad a los equipamientos y servicios y, por último, el seguimiento y simulación de los procesos urbanos espacio-temporales.

**DESCRIPTORES:** Tecnologías de la información geográfica. Información geográfica en Internet. Análisis multicriterio. Análisis de accesibilidad a los servicios. Simulación de procesos espacio-temporales.

## 1. Introducción

**E**n los últimos años se ha producido un crecimiento espectacular de la producción y el uso de la información geográfica. Más allá de la tradicional utilización de esta información por parte de los especialistas, muchos ciudadanos se han convertido también en usuarios, debido entre otras razones a la popularización de los navegadores para automóviles o de herramientas web como Google Earth o Google Maps. Se puede

consultar información de cualquier parte del planeta en 2D o 3D para planificar viajes, obtener rutas óptimas, buscar hoteles o direcciones postales. La información geográfica es más accesible que nunca y se puede acceder a ella con interfaces amigables.

Por otra parte, empresas e instituciones hacen un uso cada vez más intensivo de la información geográfica. En algunos casos se trata de aplicaciones sencillas, orientadas básicamente a realizar consultas por parte de

usuarios ocasionales; en otros esta utilización está orientada a realizar tareas de análisis complejas, llevadas a cabo por especialistas en Sistemas de Información Geográfica (SIG).

Para llegar a esta situación de uso cada vez más generalizado y diverso de la información geográfica se ha producido la confluencia de un conjunto de hechos:

- La potencia de los ordenadores se multiplica de forma exponencial a la vez que su precio es cada vez más bajo. De hecho la mayor parte de los usuarios utilizan ordenadores con capacidades excesivas para el uso real que hacen de ellos.
- Internet se ha convertido en una herramienta de uso habitual que constantemente ofrece posibilidades nuevas para el acceso y el análisis de la información geográfica (CRA-GLIA & al., 2008). Los visores de información geográfica y las infraestructuras de datos espaciales permiten una democratización y popularización del uso de la información geográfica inimaginable hace sólo unas décadas.
- Han aparecido nuevos sensores remotos (GOWARD, 2007) a la vez que se ha generalizado el uso del GPS y los teléfonos móviles, creando una densa red de sensores móviles en tierra (GOODCHILD, 2007; NIJKAMP, 2009).
- El software comercial para el manejo de la información geográfica ha evolucionado hacia una mayor diversificación para adaptarse a las necesidades de los distintos tipos de clientes, desde el usuario ocasional hasta el especialista que requiere funcionalidades analíticas de complejidad creciente.
- El software SIG libre de código abierto, con funcionalidades crecientes, como GRASS o gvSIG, ha permitido que numerosos usuarios se adentren en la tecnología sin tener que pagar por ello (STENINGER & BOCHER, en prensa).
- Y, en fin, la producción de información geográfica ha crecido a un ritmo antes insospechado, no sólo con las aportaciones de instituciones y empresas, sino también con las de voluntarios.

Las Tecnologías de la Información Geográfica (TIG) permiten realizar operaciones de captura, edición, visualización, consulta, análisis y presentación de la información geográfica. Hoy resultan imprescindibles en el urbanismo y la ordenación del territorio, no sólo en lo que se refiere a tareas de visualización y consulta, sino también de análisis y de elaboración y

discusión de propuestas. Ayuntamientos, comunidades autónomas y administración central ponen cada vez más información a disposición del ciudadano a través de sus páginas web y sus infraestructuras de datos espaciales (IDE). Pero además las TIG se utilizan o se pueden utilizar para multitud de tareas: propuestas para la clasificación y calificación del suelo en la revisión de los planes de urbanismo, trazado de infraestructuras, evaluación de impacto ambiental de planes de urbanismo y de proyectos de infraestructuras, localización óptima de equipamientos y servicios, análisis de externalidades de instalaciones y equipamientos, establecimiento de rutas óptimas para los servicios municipales (por ejemplo, recogida de basuras), planificación y gestión de los servicios de emergencias (como bomberos o ambulancias), análisis de riesgos naturales y antrópicos, etc.

El presente artículo, que abre este número monográfico sobre tecnologías de la información geográfica, tiene forzosamente un carácter general. Su objetivo es analizar los cambios recientes en el acceso a la información geográfica y en el uso de sus tecnologías, fundamentalmente desde la perspectiva de los estudios urbanos y la ordenación del territorio. Tras esta breve introducción, el apartado 2 está dedicado a las mejoras en el acceso a la información geográfica a través de Internet (geovisores e infraestructuras de datos espaciales) y su importancia desde el punto de vista de la planificación (democratización en el acceso a la información y nuevas posibilidades de participación pública). El apartado 3 ofrece algunos ejemplos sobre las posibilidades del análisis espacial y los Sistemas de Información Geográfica en la planificación urbana y la ordenación territorial, centrando la atención en la aplicación de metodologías multicriterio, la accesibilidad a los equipamientos y servicios y, por último, los procesos espacio-temporales y su simulación. Finalmente, en el apartado 4 se presentan unas breves consideraciones finales. Los contenidos de este artículo se complementan o desarrollan con más amplitud en los demás trabajos de este número monográfico, dedicados a las infraestructuras de datos espaciales de la administración pública española, la geovisualización, los avances recientes en teledetección, la localización óptima de instalaciones y equipamientos, la simulación del crecimiento urbano, la detección de clústeres de actividad económica, la evaluación ambiental en la planificación del transporte y el análisis y prevención de riesgos naturales.

## 2. Visores de información geográfica, infraestructuras de datos espaciales, democratización y gobernanza

Posiblemente el desarrollo más palpable desde el punto de vista social en los últimos años es el de los visores de información geográfica (*geobrowsers*). La industria de los geovisores se dirige a un público muy amplio y permite la visualización de una enorme cantidad de información geográfica y la realización de algunas tareas elementales de medición o análisis. Este sector ha sido desarrollado básicamente por la empresa privada, aunque en los últimos años se han añadido también iniciativas de voluntarios al estilo de la Wikipedia (GOODCHILD, 2007).

Sin duda el producto más exitoso han sido *Google Earth* y *Google Maps*, de cobertura global, con cartografía de calles y carreteras, imágenes de satélite, vistas en 3D, vuelos virtuales, tráfico de las carreteras en tiempo real (en algunos países como Francia, Reino Unido o Estados Unidos), búsqueda de localizaciones de empresas y cálculos de rutas óptimas. Por su parte, *Street View* ofrece imágenes a pie de calle, que complementan la visión vertical del territorio ofrecida por *Google Maps*. Aunque en principio fueron diseñados para que el público general pudiera acceder a la información geográfica, también los científicos y técnicos —con frecuencia reñentes a utilizar software SIG— han encontrado en *Google Maps* y *Google Earth* una herramienta útil para una gama tan amplia de tareas como rastrear la disminución del tamaño de los casquitos polares, situar escenarios de crímenes, o monitorear volcanes. Poco tiempo después de que el huracán Katrina golpeara tierra firme en EEUU, *Google Earth* añadió 8.000 fotografías aéreas postdesastre de las áreas inundadas, ayudando a los encargados de gestionar el desastre a localizar carreteras que todavía podían utilizarse y otros datos esenciales para proveer la asistencia necesaria (METTERNICH, 2006). Empresas e instituciones utilizan esta plataforma para la visualización de sus datos. Es el caso, por ejemplo, de la Dirección General del Catastro, que ha desarrollado una herramienta para poder visualizar y consultar toda la cartografía catastral española sobre *Google Earth* ([http://www.catastro.meh.es/servicios/wms/wms.htm#\\_Buscar\\_parcelas\\_en\\_Google\\_Earth](http://www.catastro.meh.es/servicios/wms/wms.htm#_Buscar_parcelas_en_Google_Earth)). El éxito de *Google Earth* ha llevado a otras compañías a adentrarse en este mercado con productos alternativos, como es el

caso de *Bing Maps* (<http://www.bing.com/maps>), de Microsoft, con especial énfasis en la cartografía 3D en áreas urbanas.

Por otro lado, en los últimos tiempos hemos asistido a un rápido proceso de difusión de las infraestructuras de datos espaciales (IDE), protagonizado por las administraciones públicas. Las IDE más recientes ponen especial énfasis en los datos y procesos distribuidos, y en la interoperabilidad de servicios para descubrir, visualizar, acceder e integrar información espacial (CRAGLIA & al., 2008). En Europa el paso más importante que se ha dado en este campo ha sido la adopción de la iniciativa INSPIRE para el establecimiento de unos estándares para una infraestructura distribuida de información geográfica.

Dentro de nuestro país el Consejo Superior Geográfico está liderando la creación de la Infraestructura de Datos Espacial de España (IDEE) (<http://www.idee.es>). Desde el portal de la IDEE se puede acceder a distintas iniciativas de ámbito nacional, regional y local, entre las que se puede destacar CARTOCIUDAD (<http://www.cartociudad.es/visor/>), de alcance nacional, que integra información del callejero, secciones censales, códigos postales y catastro, con interesantes funcionalidades de geocodificación, cálculo de rutas, trazado de polígonos por proximidad (en línea recta o a través de la red viaria) y selecciones por localización. De particular interés en el campo del urbanismo es el SIU (Sistema de Información Urbanístico), del Ministerio de Vivienda, integrado en la IDEE (<http://siu.vivienda.es>). En cuanto a las IDE de las comunidades autónomas, ofrecen servicios WMS (Web Map Service) para observar, comparar, buscar y realizar algunas operaciones de análisis, así como descargar información. Esta última funcionalidad ofrece posibilidades muy variables según comunidades autónomas y en algunas de ellas, como la de La Rioja, se puede descargar una gran cantidad de información en formato SIG (como el difundido formato *shape*, de ESRI). Esta es una cuestión clave para aquellos usuarios avanzados que no se conforman con visualizar la información y hacer consultas simples, sino que quieren realizar tareas de análisis orientadas hacia la resolución de problemas territoriales.

La disponibilidad de volúmenes ingentes de información geográfica a través de Internet, de forma rápida y sencilla, ha resultado decisiva para la popularización del uso de este tipo de información. Sin embargo la mayor parte de la información a la que se accede libremente en

realidad tiene restricciones legales o técnicas para su utilización de forma creativa y productiva. De ahí que hayan surgido iniciativas por parte de los usuarios para crear información libre y sin restricciones de uso, con la que poder desarrollar nuevos productos. *Open Street Map* (<http://wiki.openstreetmap.org>) crea y ofrece información libre de callejeros digitales producida por miles de voluntarios de todo el mundo (FIG. 1). Esta cartografía puede ser editada por el usuario y se le puede incorporar trazados obtenidos con dispositivos GPS. Otra iniciativa de interés es *Open Route Service* (<http://www.openrouteservice.org>), de cobertura europea, que permite geocodificar direcciones, calcular rutas óptimas y obtener el área accesible en un cierto límite de distancia o tiempo (FIG. 2). Otro servicio interesante es *Wikimapia* ([www.wikimapia.org](http://www.wikimapia.org)), donde voluntarios incluyen la descripción geográfica de millones de lugares de todo el globo. La comunidad de usuarios deja así de ser un mero sujeto receptor de información geográfica para convertirse también en productor de información y creador de servicios.

En el campo de la planificación urbana y territorial, la democratización en el acceso y uso de la información geográfica facilita los procesos de participación pública y se afianza como una herramienta para la gobernanza. Ésta implica que las instituciones, los actores públicos y privados, participan y cooperan en la formulación y la aplicación de políticas públicas. Participar y cooperar sólo es posible compartiendo la información: de hecho el primer escollo a salvar para garantizar la participación de los ciudadanos en la planificación es precisamente el del acceso a la información. Mejorar el acceso a una mayor cantidad y calidad de información geográfica es reforzar el papel de las comunidades locales (TALEN, 1999). Los ciudadanos deben tener garantizado no sólo el acceso a la información, sino también que su manejo y análisis sea fácil, al alcance del público general. De hecho se ha criticado con frecuencia que los Sistemas de Información Geográfica, por su precio y su difícil manejo, son una tecnología elitista que, en vez de favorecer la participación, refuerza las estructuras de poder existentes (DUNN, 2007).

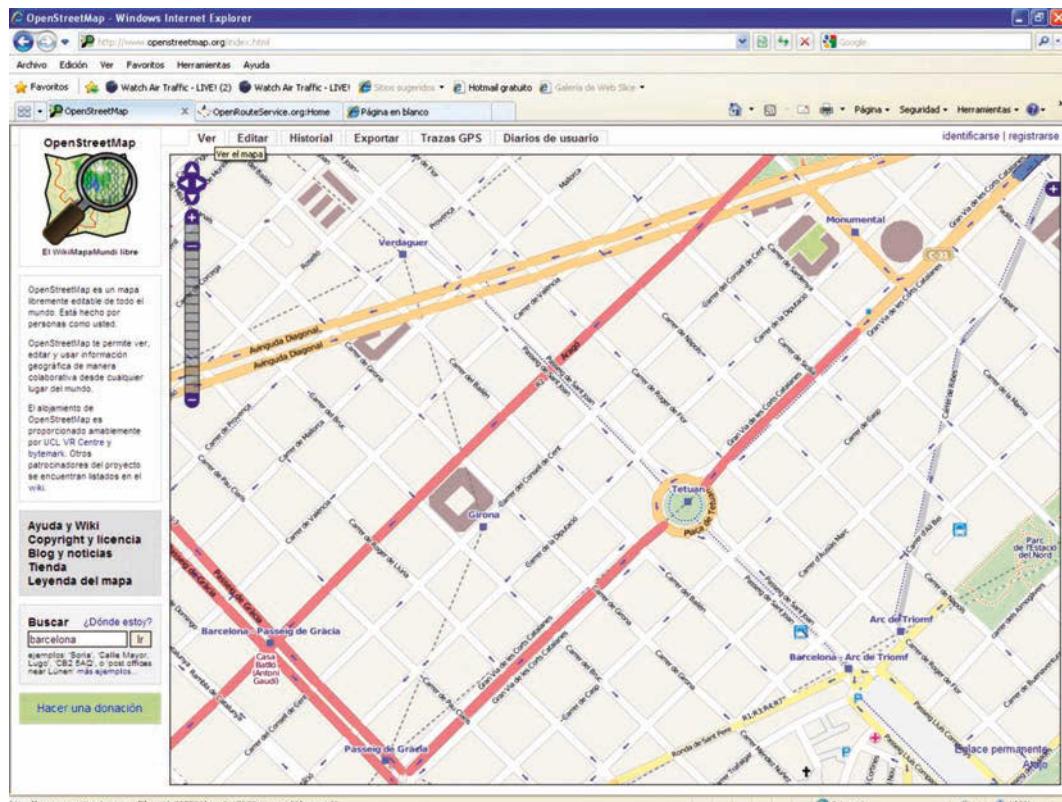


FIG. 1/ *Open Street Map*. Detalle de la cartografía del centro de Barcelona

Fuente: <http://wiki.openstreetmap.org>

Los nuevos desarrollos a través de Internet deben orientarse a crear Sistemas de Información Geográfica participativos, que promuevan la participación pública en los procesos de planificación, constituyendo un punto de encuentro entre los ciudadanos y las autoridades para discutir propuestas de actuación (CARVER, 2001). El poder visualizar la información da transparencia al proceso y a las propuestas, a la vez que facilita la participación pública. El caso de la evaluación de impacto ambiental de planes generales o de infraestructuras de transporte constituye un claro ejemplo al respecto: las alegaciones de asociaciones y ciudadanos podrán estar mejor fundamentadas si éstos pueden acceder y manejar la información geográfica digital relativa a los planes o proyectos sujetos a evaluación. Otro ejemplo interesante es el de las Agendas 21, en cuya ejecución los Sistemas de Información Geográfica juegan siempre un papel relevante, pero frecuentemente con un enfoque de arriba a abajo (los técnicos manejan la información y presentan los resultados a los ciudadanos), cuando lo que

se debería fomentar es un enfoque participativo, de abajo a arriba. Las capacidades de visualización y representación de la información geográfica deben ser la base para generar debates constructivos en los foros de las Agendas 21.

### 3. El análisis espacial y los SIG en la planificación urbana y la ordenación del territorio: algunos ejemplos

Como se ha visto anteriormente, la información geográfica es utilizada por muchos usuarios que requieren funcionalidades muy simples, básicamente de visualización y consulta. Pero además existen multitud de aplicaciones en el campo del urbanismo y la ordenación del territorio que exigen el trabajo de expertos en Sistemas de Información Geográfica. Los SIG incorporan multitud de operaciones que permiten realizar tareas de análisis y modelización espacial para resolver proble-

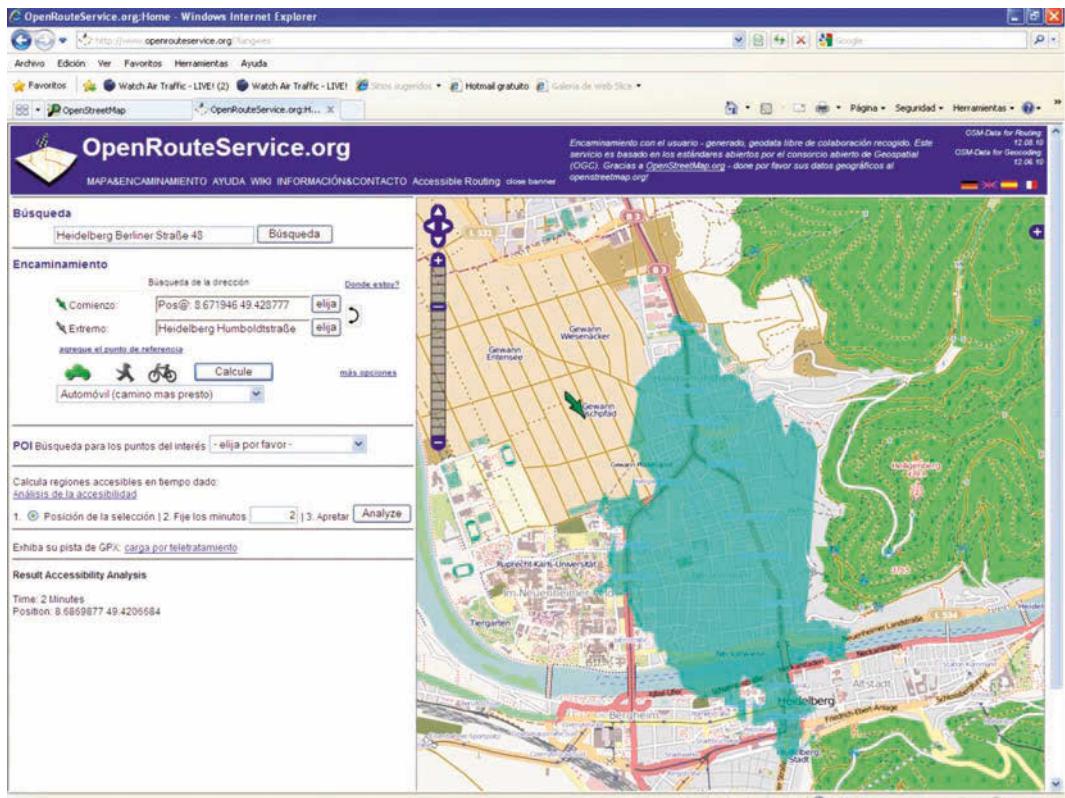


FIG. 2/ *Open Route Service*: área cubierta en un tiempo de viaje dado

Fuente: <http://www.openrouteservice.org>

mas territoriales. ¿Qué áreas deben canalizar los nuevos desarrollos urbanísticos de una ciudad? ¿Qué espacios deben ser preservados por su especial valor ambiental? ¿Dónde localizar nuevos equipamientos? ¿Cuál es el impacto ambiental de las distintas alternativas de trazado de una nueva infraestructura? Estas y otras muchas son cuestiones a las que un SIG debe dar respuesta a partir de un proceso que normalmente requiere realizar análisis de proximidad, operaciones de superposición de capas, cálculos sobre modelos digitales del terreno, análisis de redes, etc. Las posibilidades de los SIG en el análisis y la planificación del territorio son prácticamente ilimitadas. A continuación se muestran algunos ejemplos de aplicaciones, referidas a algunos aspectos concretos, ilustrativos de distintas formas de utilización de los SIG en temáticas diferentes.

### 3.1. Análisis multicriterio y SIG

El trabajo con los SIG en el campo de la planificación urbana y la ordenación del territorio con frecuencia supone la consideración de varios criterios, es decir, la implementación de una metodología multicriterio. Así, por ejemplo, para determinar los terrenos que deben albergar nuevos desarrollos residenciales de viviendas multifamiliares se pueden elegir terrenos que sean llanos, localizados fuera de la llanura de inundación de los ríos, próximos al espacio urbano ya construido, con escaso valor medioambiental, etc. Se puede trabajar capa por capa para determinar el cumplimiento de cada criterio (por ejemplo, para el primer criterio se debe construir un modelo digital del terreno, calcular pendientes y seleccionar las celdas que tienen un valor inferior a un determinado umbral). Una vez que se han obtenido los resultados parciales para cada criterio, se superponen todas las capas obtenidas para ver qué celdas cumplen todos los criterios y por lo tanto satisfacen las condiciones prefijadas. La principal ventaja de esta metodología es que obedece a criterios objetivos y que es plenamente transparente, lo que resulta clave desde el punto de vista de la gobernanza: se puede visualizar cada variable considerada, los resultados parciales para cada criterio y el resultado final como síntesis de esos resultados previos.

El ejemplo anterior presenta la metodología multicriterio más simple, basada en mapas binarios, que muestran dónde se cumple o no se cumple cada una de las condiciones estableci-

das (GUTIÉRREZ PUEBLA & GOULD, 1994; BOSQUE, 1999). En la práctica se puede trabajar con métodos multicriterio algo más complejos, que pueden incorporar tanto factores como restricciones (SANTOS, 1997). Los primeros son variables transformadas a una escala de medida homogénea que expresan el grado de acercamiento a un objetivo (por ejemplo, aptitud o impacto); las segundas son mapas binarios que reflejan la existencia de restricciones legales o técnicas (en términos de "se puede" o "no se puede"). Factores y restricciones se combinan utilizando distintos tipos de modelos que básicamente se pueden clasificar de la siguiente forma (MALCZEWSKI, 1999; GÓMEZ & BARREDO, 2005):

- **Compensatorios.** En estos modelos se produce una compensación entre los valores de unos y otros factores. Es el caso de la combinación lineal ponderada, una media ponderada de los factores (se da más peso a los factores más importantes, de acuerdo con la decisión de los expertos consultados, por ejemplo a través del método Delphi) con exclusión de los territorios sujetos a restricciones.
- **No compensatorios.** Valores altos en unos factores no se compensan con valores bajos en otros. Esto ocurre cuando de la superposición de varios factores el valor resultante es el máximo para cada celda. Esta aproximación se utiliza con frecuencia en estudios ambientales. La lógica subyacente es que basta con que exista un valor alto en uno sólo de los criterios considerados para que ese territorio merezca ser conservado.
- **Flexibles.** Un tercer tipo de modelos asumen un cierto nivel de compensación, por lo que se sitúan en un nivel intermedio entre los compensatorios y los plenamente no compensatorios. Es el caso de las medias ponderadas ordenadas, con un sistema de pesos diferente para cada celda: se asigna el mayor peso al factor que registra un mayor valor en esa celda, el segundo peso mayor al factor que registre el segundo valor, etc. También puede ser clasificado dentro de este grupo el método de la distancia al punto ideal.

Las metodologías multicriterio en el entorno SIG han sido utilizadas en multitud de aplicaciones en la planificación urbana y la ordenación del territorio, como por ejemplo la localización de instalaciones no deseables (BOSQUE & al, 1999) o la valoración ambiental del territorio a efectos de su protección (FIG. 3).

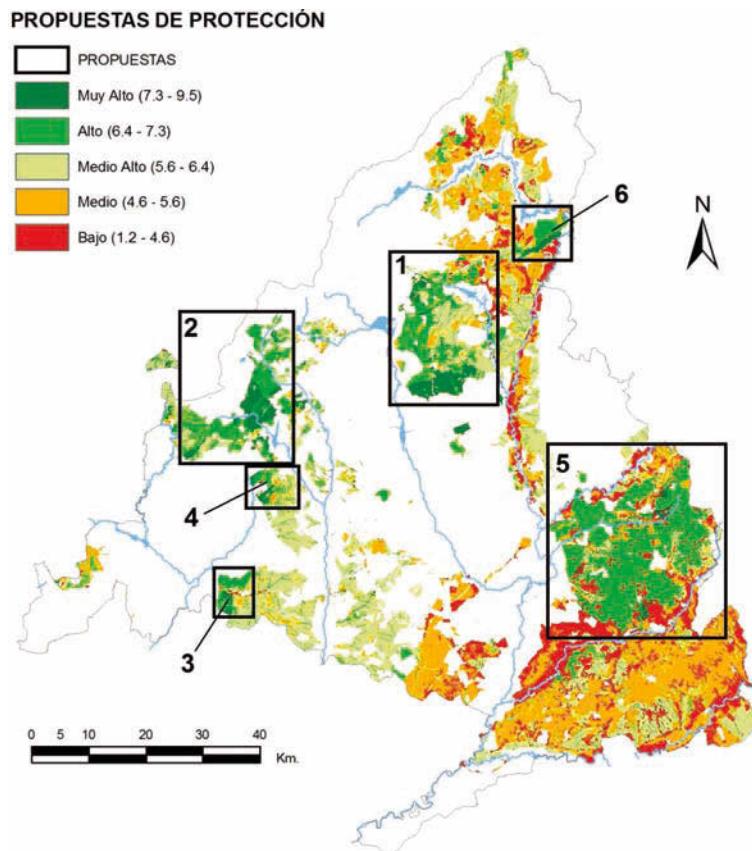


FIG. 3/ Territorios no protegidos de la Comunidad de Madrid con una alta valoración ambiental y propuesta de nuevas áreas a proteger

Fuente: VÍA, 2010

### 3.2. Cobertura y áreas de influencia de los equipamientos

La accesibilidad a los equipamientos y servicios constituye un elemento clave desde el punto de vista del bienestar social y la equidad. En la planificación urbana y regional con frecuencia se analiza mediante los denominados análisis de cobertura. Se trata de contabilizar la cantidad de población que queda dentro de un determinado límite de distancia o tiempo respecto a uno o varios lugares de oferta (equipamientos) para obtener así la cantidad de población residente (demanda potencial) en su entorno próximo. El análisis de la cobertura tiene distintas aplicaciones en la planificación, tanto en la fase de diagnóstico (identificar los espacios mal cubiertos por la red de equipamientos) como en la de evaluación de alternativas (comparar la demanda potencial de cada una de las posibles localizaciones de los nue-

vos equipamientos) y de planes (evaluar, en términos de población cubierta, los cambios derivados de un plan de ampliación de una red de equipamientos públicos) (GUTIÉRREZ & GARCÍA-PALOMARES, 2008).

La práctica habitual en el análisis de cobertura en un SIG es calcular distancias en línea recta (*buffers*) en torno a los equipamientos (FIG. 4) y contabilizar la cantidad de población residente dentro de dichos umbrales de distancia (MURRAY & *al.*, 1998; GUTIÉRREZ PUEBLA & *al.*, 2000 y 2002; MURRAY, 2001). En el caso de que se quieran ofrecer datos a nivel de equipamiento se utilizan también polígonos de Thiessen en los espacios donde se superponen las áreas de cobertura de los equipamientos, de forma que la población del área solapada sea repartida entre esos puntos de oferta en función de su menor distancia a uno u otro. El procedimiento de cálculo de distancias euclidianas tiene la ventaja de su simplici-

dad, pero resulta bastante impreciso, ya que en la realidad se sigue el trazado de la red viaria (calles o carreteras) para acceder a los equipamientos y no la línea recta. La consecuencia es que la línea recta tiende a sobreestimar la cantidad de población cubierta (MORENO & PRIETO, 2003), de forma asistemática, en función de factores como el diseño urbano, la existencia de barreras, la proximidad entre los equipamientos, el radio de distancia elegido y la distribución de la población en el área de influencia (GUTIÉRREZ & GARCÍA-PALOMARES, 2008).



FIG. 4/ Cálculo de distancia en línea recta (circunferencia en color blanco y a través de la red (polígono interno sombreado): distancia de 600 metros desde el equipamiento)

Fuente: Elaboración propia

Para evitar la sobreestimación del procedimiento anterior es posible trabajar con distancias calculadas a través de la red viaria. En estos casos, el área de influencia resultante no es un círculo, sino un polígono irregular que envuelve todos los tramos de calle que se encuentran a menos de esa distancia por la red viaria y las áreas de influencia de los equipamientos no quedan delimitadas por polígonos de Thiessen sino por distancias a través de la red. Varios trabajos han analizado el efecto del tipo de distancia utilizada (línea recta o a través de la red) y de la forma de representar la población (puntos o polígonos) (por ejemplo, O'NEILL & *al.*, 1992; HSIAO & *al.*, 1997). Tanto MORENO & PRIETO (2003) como HORNER & MURRAY (2004) llegan a la conclusión de que es mejor utilizar distancias a través de la red que en línea recta y representar la población por medio de puntos (portales) que por medio de áreas (secciones censales). El problema en la práctica diaria es que no siempre se cuenta con callejeros digitales con

plena conectividad ni muchos menos con información poblacional a nivel de portal (secreto estadístico).

El análisis de accesibilidad a los equipamientos tiene interés tanto desde el punto de vista de la eficiencia como de la equidad: desde el punto de vista de la eficiencia, porque cuanta más población resida cerca de los equipamientos, mayor uso se hará de ellos (MURRAY & *al.*, 1998); desde la perspectiva de la equidad, porque los poderes públicos deben favorecer la igualdad de oportunidades de los ciudadanos en el acceso a los equipamientos y por lo tanto intentar que en la mayor proporción posible dispongan de un fácil acceso a los mismos (TALEN & ANSELIN, 1998). No debe extrañar, por tanto, que este tipo de análisis se lleve a cabo en tareas tan distintas como el *geomarketing* (asegurar la mayor demanda posible en los nuevos equipamientos) como en las Agendas 21 (aumentar el bienestar de los ciudadanos facilitando su acceso a los servicios de forma equitativa). El *geomarketing* utiliza franjas de cobertura o modelos probabilísticos para estimar la demanda en cada uno de los potenciales emplazamientos de nuevos equipamientos (O'KELLY & MILLAR, 1989; MORENO, 2002). Por su parte, las Agendas 21 utilizan *buffers* y superposiciones para obtener indicadores de facilidad de acceso a equipamientos educativos, sanitarios, zonas verdes, etc.

Los análisis de cobertura permiten obtener una primera aproximación a la población servida por la red de equipamientos en su conjunto y por cada uno de ellos en particular. Sin embargo tienen el inconveniente de utilizar una función de todo o nada: la población comprendida dentro del área de cobertura se considera como servida y la que queda fuera de ella se califica de no servida. Algo parecido ocurre cuando se calculan varios anillos de proximidad dentro de cada uno de ellos. Esta simplificación es sin duda útil, no sólo porque facilita los cálculos, sino también porque sus resultados son de fácil comprensión para la opinión pública. Pero asume que dentro del área de cobertura toda la población presenta unos niveles semejantes de accesibilidad y que fuera de la misma la accesibilidad es nula. Sin embargo, los estudios de demanda de los equipamientos según distancias demuestran que esto no es así y que la demanda tiende a caer a medida que aumenta la distancia al equipamiento. Para superar la simplificación de utilizar funciones de todo o nada se pueden obtener indicadores de calidad de acceso a partir de las funciones de caída de la demanda con la distancia (ZHAO & *al.*, 2003).

### 3.3. El análisis y la simulación de los procesos espacio-temporales

El desarrollo tecnológico y la producción de información geográfica ha estado centrada tradicionalmente en las componentes espacial (dónde están las cosas) y temática (cómo son las cosas), dejando en un segundo plano la componente temporal (cómo cambian las cosas a lo largo del tiempo). Sin embargo la componente temporal es fundamental para entender el espacio que nos rodea y la forma en que éste evoluciona. Esto incluye tanto los ritmos temporales repetitivos (por ejemplo, los desplazamientos de población en las ciudades a lo largo del día o la evolución del grado de humedad del suelo a lo largo del año) como la propia evolución de los elementos del espacio (por ejemplo, los cambios en el uso del suelo o la dinámica litoral).

#### 3.3.1. *El análisis de los ritmos temporales*

En el espacio se observan ritmos temporales repetitivos (diarios, semanales, anuales). Estos cambios son especialmente marcados en el interior de ciudades y áreas metropolitanas, donde la población varía de posición a lo largo del día de acuerdo con unas rutinas repetitivas: los barrios residenciales se vacían a primera hora de la mañana a medida que la población se va concentrando en las áreas centrales, para volver en la noche a las pautas iniciales. La georreferenciación de la población y de sus viajes en las encuestas de movilidad brinda nuevas posibilidades para conocer los ritmos de las ciudades, de forma que se puede saber dónde se encuentra la población encuestada a cada hora del día y representar las pautas espaciales mediante herramientas de geovisualización 3D (BULIUNG & MORENCY, 2010). La idea de procesar este tipo de información no es nueva. De hecho hace ya bastante tiempo, antes de que existieran SIG comerciales, JANELLE & GOODCHILD (1983) desarrollaron análisis en esta línea, pero con los medios de entonces, mucho más limitados.

Los resultados obtenidos en este tipo de estudios no sólo ayudan a entender los ritmos espacio-temporales de las ciudades, sino que además resultan de gran utilidad en la gestión de los servicios públicos y privados. Habitualmente se asocia la demanda al lugar dónde la población reside y los mapas de densidades

muestran las distribuciones espaciales en la noche, cuando la población duerme, pero el hecho de que las densidades de población sean cambiantes a lo largo del día debe ser tenido en cuenta en la gestión y planificación de los servicios (por ejemplo, en la evacuación de la población en caso de catástrofes en ámbitos urbanos o en la localización de equipamientos). De hecho los ritmos de frecuentación de los servicios a lo largo del día están estrechamente relacionados con los cambios en la localización espacial de la demanda. CHEN & *al.*, (2009) han relacionado las curvas temporales de entrada de viajeros en las estaciones de metro de Nueva York con el carácter de sus entornos: estaciones localizadas en espacios residenciales presentaban puntas de entradas en la primera hora de la mañana, mientras que las del CBD concentraban sus entradas en la primera mitad de la tarde. Sólo con una mezcla adecuada de usos del suelo se favorece una demanda bidireccional y equilibrada a lo largo del día y se consigue que los servicios de transporte público funcionen de forma eficiente (CERVELO, 2007).

A las fuentes de información tradicionales sobre el movimiento de personas o mercancías (como las ya citadas encuestas de movilidad) hay que añadir las generadas por dispositivos electrónicos que pueden trazar, con mayor o menor grado de precisión, las rutas individuales seguidas por los elementos que están en movimiento (camiones, contenedores, taxis, vehículos privados, peatones) y que constituyen una densa red de sensores móviles que aportan información en tiempo real sobre el tráfico y la utilización del espacio. Estas trayectorias espacio-temporales pueden ser representadas de forma individual mediante animaciones (ORELLANA & RENSO, 2010) o agregadas para derivar información colectiva sobre el uso del espacio. El seguimiento de vehículos es algo que está ya asumido en el campo de los transportes (aéreos, marítimos, militares, ambulancias, repartidores, flotas, etc.), pero el asunto adquiere una dimensión nueva cuando se vislumbra su aplicación al campo de las personas (MORENO, 2004).

En un primer momento fue la tecnología GPS la que supuso una auténtica revolución en este ámbito, por ejemplo con el registro de todos los movimientos realizados por la flota de taxis de una compañía a lo largo de cada jornada; en los últimos tiempos han comenzado a explotarse las nuevas posibilidades que brinda la telefonía móvil. Es posible conocer en tiempo

real cuál es la antena a la que está conectado cada teléfono móvil en cada momento y, a partir de esa información, trazar las rutas seguidas por cada terminal. Esta información, facilitada preservando el anonimato de los clientes de las operadoras, abre expectativas nuevas en las investigaciones que entroncan directamente con la Geografía del Tiempo y en general en todo lo relativo al análisis del movimiento, con la gran ventaja de que se dispone de datos individuales. Los datos recolectados a partir de los teléfonos móviles se pueden tratar para generar matrices origen-destino (CÁCERES & al., 2007), estimar velocidades y tiempos de viaje (BAR-GERA 2007), analizar patrones de la estructura urbana (READES & al., 2009), estudiar la intensidad de las redes sociales (EAGLE & al., 2009) o simplemente cartografiar la densidad de llamadas a distintas horas del día como un indicador de la evolución espacio-temporal de la intensidad de actividades en la ciudad (RATTI & al., 2006) (ver <http://www.envplan.com/ep/misc/b32047/b3204710.jpg>).

### 3.3.2. *La simulación de procesos espacio-temporales*

La evolución de los fenómenos espaciales a lo largo del tiempo ha suscitado siempre el interés de técnicos e investigadores. Las herramientas disponibles en el software SIG permitían realizar análisis de la evolución en el pasado (por ejemplo, cambios en los usos del suelo por medio de la superposición de capas), pero no realizar simulaciones para explorar escenarios futuros. La relativamente reciente implementación de los autómatas celulares en el software SIG (IDRISI fue pionero) permite realizar simulaciones de procesos espacio-temporales que antes resultaban impensables.

Los autómatas celulares se pueden entender como sistemas espaciales dinámicos muy simples en los que el estado de cada celda depende de los estados previos de las celdas vecinas, de acuerdo con un conjunto de reglas de transición (AGUILERA, 2006). Se basan en la conocida como primera Ley de la Geografía, enunciada por Tobler:

*"all things in space are related to each other, but nearby things are more related than distant things".*

Este principio subraya la autocorrelación y la interacción espacial: los elementos próximos

interaccionan y se influyen mutuamente. Si se descubren los factores que rigen los cambios en el pasado en un proceso determinado, como el crecimiento urbano, éstos pueden ser incorporados en la modelización para conocer el futuro. La simulación se lleva a cabo en intervalos de tiempo, de forma que la configuración que se obtiene en cada momento influye en la resultante en el momento siguiente. O dicho de un modo más técnico, el estado de cada elemento depende del estado previo de los elementos vecinos, según un conjunto de reglas de transición. Visualizando de forma sucesiva los distintos momentos temporales de la simulación se obtiene una imagen en movimiento, una película, que refleja la evolución modelizada.

Los autómatas celulares constituyen una potente herramienta en la simulación de los cambios en los usos del suelo y particularmente del crecimiento urbano (BATTY & al., 1999) (FIG. 5). Cambiando las reglas se pueden explorar escenarios de crecimientos futuros que responden a la adopción de distintas políticas urbanísticas en una determinada ciudad (BARREDO & al., 2006). Estos modelos pueden incorporar la construcción de infraestructuras en momentos concretos del futuro, lo que hace que también reflejen cambios derivados de las políticas de transporte. Sin embargo los autómatas celulares no son capaces de modelizar por sí solos de forma adecuada la interacción transporte-uso del suelo, lo que ha llevado al desarrollo de software específicamente diseñado para la integración del modelo de transporte clásico (de cuatro etapas: generación, distribución, asignación y elección modal) con los autómatas celulares (*Moland Transport Model*).

## 4. Consideraciones finales

Los avances en las tecnologías de la información geográfica, más evolutivos que revolucionarios, han ido desplazando el foco de interés a lo largo de las décadas, desde la cartografía automática en los años setenta al diseño y la gestión de bases de datos espaciales en los ochenta, el análisis espacial y la modelización en los noventa y el acceso a la información geográfica a través de Internet en la primera década del presente siglo. Estos cambios no implican el abandono de los focos de interés precedentes, de hecho en la última década se ha producido un incremento importante en las funcionalidades de análisis y modelización a la vez que se acometían nuevos desarrollos en el

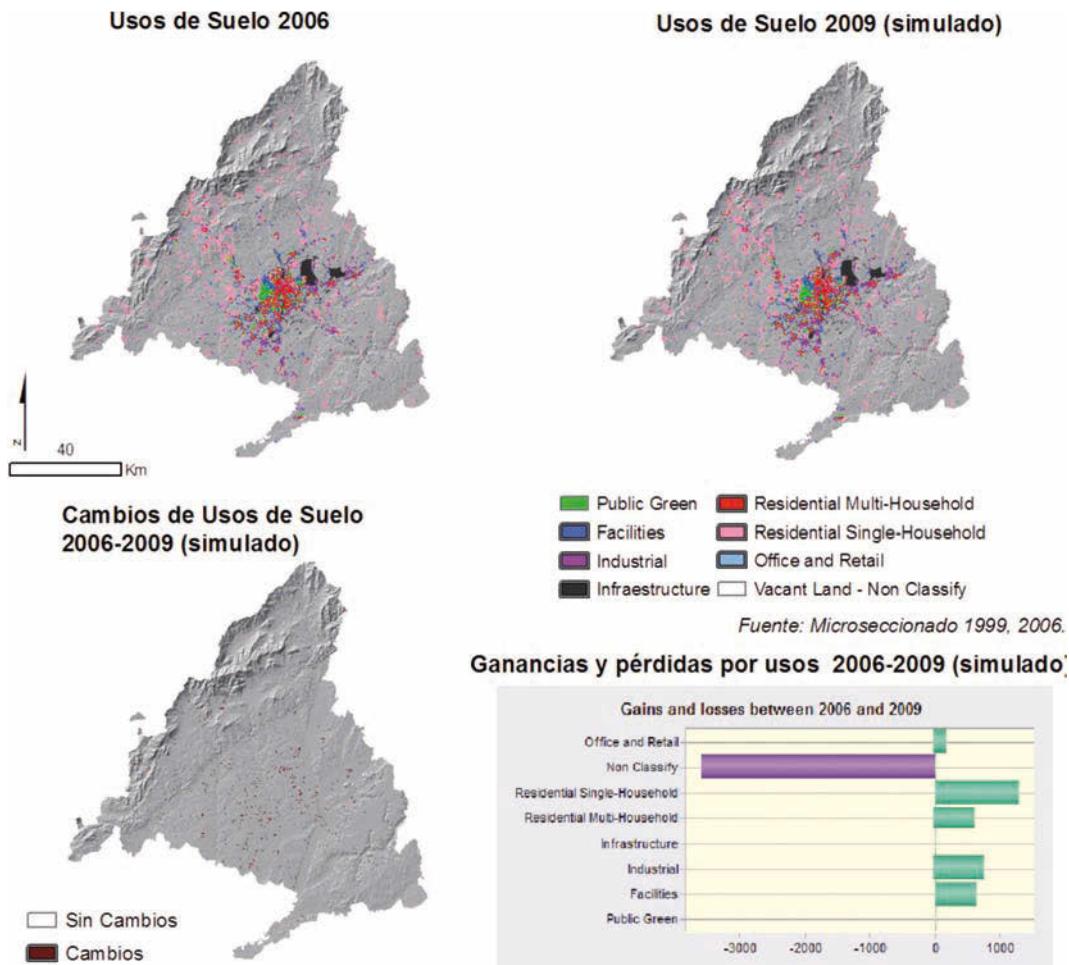


FIG. 5/ Mapas de usos de suelo de la Comunidad de Madrid y cambios generados entre 2006 y 2009 (mapa simulado). En el gráfico se muestran las ganancias y pérdidas para cada uso de suelo

Fuente: DÍAZ PACHECO, 2010

acceso a la información geográfica a través de Internet. Con todo ello se han ido ampliando las oportunidades disponibles en el campo de las tecnologías de la información geográfica y ha crecido de forma espectacular el número de usuarios.

En los últimos años la demanda de información geográfica digital se multiplica, a la vez que ésta se difunde y populariza de forma extraordinaria. Hace unos años era un relativamente reducido grupo de usuarios avanzados en empresas e instituciones el que hacía uso de esta información. Hoy la comunidad de usuarios es mucho numerosa y diversa. Dispositivos GPS, servicios web y particularmente las IDE están familiarizando al ciudadano con este tipo de información y con su uso. Por otro

lado los usuarios avanzados de las tecnologías de la información geográfica, particularmente de SIG, encuentran un software cada vez más amigable pero que incorpora funcionalidades de análisis espacial con complejidad creciente, lo que repercute favorablemente en las tareas de investigación y planificación. Las tecnologías de la información geográfica emergen hasta situarse en un lugar prioritario dentro de las nuevas tecnologías, con gran impacto social. Hasta tal punto que el Departamento de Empleo de los Estados Unidos ha calificado a las tecnologías de la información geográfica como una de las tres "megatecnologías" del siglo XXI, junto con la nanotecnología y la biotecnología. Los viejos retos todavía siguen vigentes a la espera de nuevos desarrollos e iniciativas.

## 5. Bibliografía

- AGUILERA BENAVENTE, F. (2006): "Predicción del crecimiento urbano mediante sistemas de información geográfica y modelos basados en autómatas celulares". *GeoFocus*, 6: 81-112.
- AHAS, R. & A. AASA & U. MARK & T. PAE & T. KULL (2006): "Seasonal tourism spaces in estonia: case study with mobile positioning data". *Tourism Management*, 28, (3): 898-910.
- BAR-GERA, H. (2007): "Evaluation of a Cellular Phone-based System for Measurements of Traffic Speeds and Travel Times: A Case Study from Israel", *Transportation Research Part C: Emerging Technologies*, 15(6): 380-391.
- BARREDO, J. I. & M. KASANKO & N. MCCORMICK & C. LAVALLE (2006): "Modelling dynamic spatial processes: simulation of urban future scenarios through cellular automata". *Landscape and Urban Planning*, 64, 145-160.
- BATTY, M. & Y. XIE & Z. SUN (1999): "Modeling urban dynamics through GIS-based cellular automata". *Computers, Environment and Urban Systems*, 23, 205-233.
- BOSQUE SENDRA, J. (1999): Sistemas de Información Geográfica. Madrid, Rialp.
- M. GÓMEZ & V. RODRÍGUEZ & M. DÍAZ & A. RODRÍGUEZ & VELA, A. (1999): "Localización de centros de tratamiento de residuos: una propuesta metodológica basada en un SIG". *Anales de Geografía de la Universidad Complutense*, 19, 295-323.
- BULIUNG, R. N. & C. MORENCY (2010): "Seeing Is Believing: exploring opportunities for the visualization of activity-travel and land use processes in space-time". En A. PAEZ & J. LE GALLO & R.N. BULIUNG, & S DALL'ERBA (eds) *Progress in spatial analysis: methods and applications*. Springer, Heidelberg: 119-147.
- CÁCERES, N. & J. P. WIDEBERG & F. G. BENITEZ (2007): "Deriving origin-destination data from a mobile phone network". *IET Intelligent Transport Systems*, 1, 15-26.
- CARVER, S. (2001): "Public Participation Using Web-based GIS", *Environment and Planning B: Planning and Design*, 28: 803-804.
- CRAGLIA, M. & M. F. GOODCHILD & A. ANNONI & G. CAMARA & M. GOULD & W. KUHN & D. MARK & I. MASSER & D. MAGUIRE & S. LIANG & E. PARSONS (2008): "Next-Generation Digital Earth. A position paper from the Vespucci Initiative for the Advancement of Geographic Information Science". *International Journal of Spatial Data Infrastructures Research*, 3: 146-167.
- CHEN, C. & J. CHEN & J. BARRY (2009): "Diurnal pattern of transit ridership: a case study of the New York City subway system". *Journal of Transport Geography*, 17(3): 176-186.
- CERVERO, R. (2007): "Transit-oriented development's ridership bonus: A product of self-selection and public policies". *Environment & Planning A*, 39: 2068-2085.
- DÍAZ PACHECO, J. (2010): *Simulación de la dinámica de usos de suelo urbano basado en autómatas celulares*. Universidad Complutense (No publicado), Madrid.
- DUNN, C. E. (2007): "Participatory GIS - a people's GIS?" *Progress in Human Geography* 31(5): 616-637.
- EAGLE, N. & A. PENTLAND & D. LAZER (2009): "Inferring friendship network structure by using mobile phone data", *PNAS*, 9 (36): 15274-15278.
- GÓMEZ, M. & J. I. BARREDO (2005): *Sistemas de información geográfica y evaluación multicriterio en la ordenación del territorio*. Ra-Ma, Madrid.
- GOODCHILD, M. F. (2007): "Citizens as sensors: web 2.0 and the volunteering of geographic information". *GeoFocus*, 7: 8-10.
- GOWARD, S. N. (2007): "Land remote sensing in the 21st Century. Geotechnologies in service to human societies". *GeoFocus*, 7, 1-4.
- GUTIÉRREZ PUEBLA, J. & C. CRISTÓBAL & G. GÓMEZ CERDÁ (2000): "Accesibilidad peatonal a la red de metro de Madrid: efectos del plan de ampliación 1995-1999". *Anales de Geografía de la Universidad Complutense*, 20: 363-376.
- GUTIÉRREZ PUEBLA, J. & J. C. GARCÍA PALOMARES & C. ALVENTOSA & J. C. REDONDO & E. PANAGUA (2002): "Accesibilidad peatonal a la red sanitaria de asistencia primaria en Madrid". *Anales de Geografía de la Universidad Complutense*, Número Extraordinario, 265-276.
- GUTIÉRREZ, J. & J. C. GARCÍA PALOMARES (2008): "Distance measure impacts of public transport service areas". *Environment and Planning B, Planning and Design*, 35: 480-503.
- GUTIÉRREZ PUEBLA, J. & M. GOULD (1994): *SIG. Sistemas de Información Geográfica*. Síntesis, Madrid.
- HORNER, M. W. & A. T. MURRAY (2004): "Spatial representation and scale impacts in transit service assessment". *Environment and Planning B-Planning and Design*, 31, 785-797.
- HSIAO, S. & J. LU & J. STERLING & M. WEATHERFORD (1997): "Use of Geographic Information Systems for analysis of transit pedestrian access". *Transportation Research Record*, 1604: 50-59.
- JANELLE, D. & M. GOODCHILD (1983): "Diurnal patterns of social group distributions in a canadian city". *Economic Geography*, 59 (4): 403-425.
- MALCZEWSKI, J. (1999): *GIS and multicriteria decision analysis*. John Wiley and Sons, New York.
- METTERNICHT, G. (2006): "Consideraciones acerca del impacto de Google Earth en la valoración y difusión de los productos de georrepresentación", *GeoFocus*, 6: 1-10.
- MORENO, A. (dir.) (2001): *Geomarketing con sistemas de información geográfica*. Dpto. de Geografía de la Univ. Autónoma de Madrid y Grupo de Métodos Cuantitativos, SIG y Teledetección de la AGE, Madrid.
- (2004): Nuevas tecnologías de la información y revalorización del conocimiento geográfico. *Scripta Nova*, 170 (62).
- & M. E. PRIETO (2003): "Evaluación de los procedimientos para delimitar áreas de servicio de líneas de transporte urbano con sistemas de

- información geográfica". *Investigaciones Regionales*, 2:85-102.
- MURRAY, A. T. (2001): "Strategic analysis of public transport coverage". *Socio-Economic Planning Sciences*, 35: 175-188.
- R. DAVIS & R. J. STIMSON (1998): "Public transport access". *Transportation Research D*, 3 (5): 319-328.
- O'KELLY, M. & H. MILLER (1989): "A synthesis of some market area delimitation models". *Growth and Change*, 3 (30), 14-33.
- O'NEILL, W. A. & R. D. RAMSEY & J. CHOU (1992): "Analysis of transit service areas using Geographic Information Systems". *Transportation Research Record* 1364: 131-138.
- NIJKAMP, P. (2009): "Electronic footprint data in transport analysis: New Departures for Space-Time Geography" *NECTAR Newsletter*, 2/09.
- ORELLANA, D. & C. RENSO (2010): "Developing an interactions ontology for characterizing pedestrian movement behavior". En: WACHOWICZ, M. (ed.), *Movement-Aware Applications For Sustainable Mobility: Technologies And Approaches*. IGI Global. New York.
- RATTI, C. & D. FRENCHMAN & R. M. PULSELLI & S. WILLIAMS (2006): "Mobile Landscapes: using location data from cell phones for urban analysis". *Environment and Planning B: Planning and Design*, 33: 727-748.
- READES, J. & F. CALABRESE & C. RATTI (2009): "Ei-genplaces: analyzing cities using the space-time structure of the mobile phone network", *Environment & Planning B*, 36: 824-836.
- SANTOS PRECIADO, J. M. (1997): "El planteamiento teórico multiobjetivo/multicriterio y su aplicación a la resolución de problemas medioambientales y territoriales, mediante los SIG ráster". *Espacio, Tiempo y Forma*, 10: 129-151.
- STENINIGER, S. & E. BOCHER (en prensa): "An Overview on current free and open source desktop gis developments". *International Journal of Geographical Information Science*.
- TALEN, E. (1999): "Constructing neighbourhoods from the bottom up: the case for resident generated GIS". *Environment and Planning B: Planning and Design*, 26: 533-554.
- VIA, M. (2010): *Calidad e Impacto Ambiental a partir de Metodologías Multicriterio y Autómatas Celulares*, Universidad Complutense. (No publicado). Madrid.
- & L. ANSELIN (1998): "Assessing spatial equity: an evaluation of measures of accessibility to public playgrounds", *Environment and Planning A*, 30: 595-613.
- ZHAO, F. & L. F. CHOW & M. T. LI & A. GAN & I. UBAKA (2003): "Forecasting transit walk accessibility: a regression model alternative to the buffer method". *Transportation Research Board Annual Meeting*.



# Geovisualización: espacio, tiempo y territorio

J. OJEDA ZÚJAR

Catedrático de Geografía Física. Grupo de investigación: Ordenación Litoral y Tecnologías de Información Territorial, Universidad de Sevilla

**RESUMEN:** En este artículo se intenta realizar un recorrido por los espectaculares cambios producidos en la geovisualización del territorio en las últimas décadas, enfatizando las aportaciones que, para todas las disciplinas territoriales y ambientales, han supuesto las posibilidades de visualización 3D de la información geográfica y la incorporación de la dimensión temporal (4D) hasta llegar a las representaciones en tiempo real de diferentes aspectos de la realidad. La masiva producción de datos digitales sobre el territorio, la facilidad al acceso de Modelos Digitales de Terreno y/o a su producción con nuevos sensores y fuentes de información (teledetección, Lidar, GPS, etc.), la potencia y profusión de programas con funcionalidades 3D (SIG, CAD, etc.) y la popularización de visores 3D en Internet (globos y ciudades virtuales) ofrecen hoy nuevas perspectivas para aplicaciones territoriales y ambientales, tanto para técnicos como para ciudadanos generalistas. Por otra parte, la accesibilidad a datos multitemporales (servicios OGC-IDE), la profusión de datos procedentes de sensores fijos o embarcados en plataformas aéreas y espaciales, así como la propia información que los ciudadanos crean en el nuevo entorno participativo de la Web 2.0, ofrecen igualmente un amplio abanico de potenciales aplicaciones territoriales y medioambientales haciendo uso de la información multitemporal y datos en tiempo real.

**DESCRIPTORES:** Geovisualización. 3D. 4D. Infraestructuras de Datos Espaciales. Globos virtuales. Web 2.0.

## 1. Introducción

La geovisualización se ha convertido en una temática emergente que concita la convergencia de diversas disciplinas y campos científicos. La propia Asociación Internacional de Cartografía creó una comisión específica para ello en 1999 (*Commission on Visualization and Virtual Environment*). El concepto visualización alude a la transmisión de información y conocimiento a través de imá-

genes dirigidas a la vista que, en el caso de la geovisualización, se trata de información geográfica. Es decir, cualquier dato asociado a la superficie de la Tierra a través de un sistema de coordenadas o un descriptor (dirección, topónimo, etc.) que permita realizar esta asociación (geocodificación). Este hecho, unido a la posibilidad actual de incorporar la tercera (3D) y la cuarta dimensión (tiempo) en la geovisualización, enriquece su utilidad desde la perspectiva de su utilización en cualquier

disciplina que tenga una componente territorial o ambiental (todas ellas con una clara dimensión espacio/temporal). De hecho, el mapa ha sido tradicionalmente un instrumento insustituible para el análisis, la evaluación, la planificación y la gestión territorial, urbanística y ambiental.

La proliferación de datos geográficos, debido a la revolución que han sufrido las fuentes de información territorial en las últimas décadas (sensores espaciales, aerotransportados, GPS, LIDAR, etc.), proporciona a la geovisualización un valor adicional ya que la visualización conjunta de diferentes datos geográficos es una de las formas más eficientes para el análisis de elevados conjuntos de datos espaciales, al aprovechar la enorme capacidad de integración de la mente humana a través de la vista. Sin embargo, con las tecnologías analógicas tradicionales (representaciones bidimensionales en papel —mapas o fotografías aéreas—) encontrábamos limitaciones importantes, agravadas por la peculiaridad de observar los datos geográficos desde una perspectiva especial: la proyección ortogonal de la realidad tridimensional sobre el espacio bidimensional de los clásicos mapas en papel.

Desde esta perspectiva, la tecnología digital y la geovisualización 3D proporciona un entorno visual más próximo a la realidad, especialmente útil en las aplicaciones relacionadas con la ordenación del territorio, el urbanismo y el medio ambiente. La dimensión temporal (4D), por otra parte, exige disponibilidad de datos multitemporales y, en las últimas décadas, se ha producido la irrupción de una ingente cantidad de ellos (tanto los producidos por los clásicos productores institucionales de información geográfica como por los propios ciudadanos en el contexto de Internet y la Web 2.0). En este sentido, un recurso cada día más accesible es la utilización de "servicios interoperables" de información geográfica a través de internet en el contexto de las Infraestructuras de Datos Espaciales (IDEServicios OGC). Sin embargo, el entorno de Internet y los usuarios generalistas exigen el desarrollo de herramientas de visualización de utilización sencilla (visores) que tengan estas capacidades y puedan ser embebidos en los navegadores, aunque sea necesaria la utilización de un "plugin" que permita ejecutar las funciones de visualización 3D (*Google Earth* y resto de globos virtuales, por ejemplo) para los que no están preparados y, a su vez, que soporten los servicios interoperables OGC.

Aunque, como se precisó al comienzo, en el concepto de geovisualización convergen varias disciplinas y tecnologías (3D CAD, 3D SIG, Realidad Virtual, Realidad Aumentada, etc.), cada una con campos de investigación en pleno desarrollo, en este artículo se enfatizarán las soluciones más accesibles a los técnicos y usuarios generalistas, basándonos en la actual disponibilidad de datos de fácil acceso. Igualmente, el lector de este artículo debe ser consciente de que, por imperativos de espacio, solo se enfatizarán algunos aspectos del potencial que ofrecen las Tecnologías de Información Geográfica para la geovisualización 3D, así como su integración con el desarrollo de visores de utilización generalista por una parte, y del uso de los servicios interoperables (OGC) para la geovisualización multitemporal (4D) a través de Internet, por otra; todo ello en el ámbito de las disciplinas ligadas a la ordenación del territorio, el urbanismo y el medio ambiente.

La mayor parte de las figuras incluidas en este artículo se han elaborado utilizando las funcionalidades de geovisualización 2D/3D (sincronización geográfica de ventanas, visión tridimensional, transparencias, etc.) y las herramientas analíticas (cálculo en tiempo real de sombreados y pendientes, perfiles topográficos, etc.) del visor Condor, tanto en su versión sobremesa como siendo utilizado como "cliente web" embebido en los navegadores Mozilla y Explorer. Para una más por menorizada descripción de las funcionalidades del visor se puede consultar OJEDA & al., 2006, OJEDA & al., 2007 y OJEDA, 2008.

## 2. Geovisualización 2D, 2.5D y 3D

El mapa, soporte tradicional y analógico de la información geográfica, ha sido históricamente el producto básico que ha permitido difundir los datos geográficos e integrarlos y relacionarlos en la mente humana a través de la vista. Su importancia ha sido tan trascendental que durante una parte importante de la historia de la humanidad se consideraron material estratégico. En parte, su éxito radica en que la mente humana es capaz de extraer del mapa más información de la que proporcionarían el listado secuencial y escrito de los elementos que lo componen, incluso si se asociara su posición geográfica con coordenadas explícitas para cada uno de ellos. Es decir, su traslación gráfica al soporte bidimensional, más su asociación a un sistema de coordenadas, permite su visualización instantánea (no secuencial), aportando adicional-

mente el enorme potencial de trasladar las relaciones espaciales (topológicas) de los elementos presentes en el mapa. Sin embargo, el soporte material del mapa analógico imponía fuertes limitaciones (imposibilidad de representar varias variables de la realidad sobre el mismo espacio, por ejemplo), que exigían a su creador una importante formación en "semiología gráfica" (BERTIN, 1956).

La proyección ortogonal de la realidad tridimensional sobre el espacio bidimensional de los clásicos mapas en papel (de difícil aprehensión para usuarios no especializados) se complementaba con la incorporación de perfiles topográficos, sencillos esquemas y perspectivas tridimensionales que, a veces, acompañaban a los mapas para facilitar su interpretación. En casos excepcionales, se procedió a la producción de modelos físicos a pequeña escala, de elevado coste pero de gran éxito para el público generalista, por su facilidad de interpretación visual (todavía es un elemento masivamente utilizado en museos, centros de visitantes a espacios naturales, etc.). Desde los años cincuenta se comenzó a generalizar, para la difusión de la información geográfica, la producción de "mapas en relieve" por muchos servicios cartográficos, un producto destinado a la difusión y de enorme interés desde la perspectiva educativa.

La irrupción de la informática y los datos digitales (CAD, teledetección, SIG, cartografía automática, etc.) aportaron soluciones rápidas a muchos de los problemas que limitaban los productos destinados a la geovisualización durante el periodo analógico, si bien durante bastante tiempo adolecían de una escasa calidad desde la perspectiva semiológica, siendo ésta esencial para la adecuada transmisión a la vista de los contenidos (variables ordinales o cuantitativas representadas con colores, tonalidades o símbolos que no transmitían ni orden, ni relación cuantitativa, ni proporción a la vista, por ejemplo). Durante las últimas décadas se ha producido un salto cualitativo extraordinario en este aspecto por la mayor formación de los creadores en semiología, así como por la mayor disponibilidad de recursos gráficos (sombreados digitales, transparencias, texturas, etc.) y el incremento de las posibilidades de trasladar una escena tridimensional de la realidad o un modelo 2D/3D a las pantallas bidimensionales de los ordenadores (el técnicamente denominado "*rendering*", utilizado, aunque no aceptado por la RAE, como "renderizar" en castellano). Las nuevas tarjetas gráficas y los

llamados motores de "renderizado" son capaces de realizar técnicas complejas (canal alfa, reflexión, refracción, iluminación ambiental, etc.), que nos permiten hoy en día opciones de visualización del territorio muy potentes para trabajar en entornos virtuales con bastante fluidez.

## 2.1. Modelado y visualización de superficies (2.5D): los modelos digitales de elevaciones —MDE—

Uno de los elementos esenciales para la geovisualización tridimensional en el contexto de los SIG/CAD, especialmente en sus aplicaciones al estudio del paisaje, urbanismo, medio ambiente o la ordenación del territorio, ha sido la posibilidad de modelar y visualizar el soporte físico territorial, es decir, el relieve. En este sentido, el principal avance vino de la mano de la disponibilidad de datos altimétricos/batimétricos digitales: los generalmente denominados Modelos Digitales de Elevaciones (MDE). Esta representación numérica del relieve se ha generalizado en los programas de SIG/CAD, bien como una matriz numérica (*grid*) donde a cada celdilla corresponde un valor numérico de altitud, bien a través de la utilización de TIN (*Triangular Irregular Network*), ambas con ventajas y limitaciones. En realidad, estas estructuras físicas de los datos numéricos se insertan dentro de un campo de estudio más amplio, el modelado de superficies (*surface modelling*) que incluyen diferentes métodos de interpolación, no exclusivamente destinados a modelar el relieve (por ejemplo, variables climáticas o superficies de agua). Cuando se utilizan estos datos se suele utilizar el concepto de geovisualización 2.5D, ya que en realidad no se modela un objeto tridimensional sino la "superficie" de una variable continua espacialmente (alturas, temperaturas, etc.). La generalización de su uso, que comenzó generando superficies topográficas a partir de la interpolación de las curvas de nivel y cotas de los mapas topográficos, se ha intensificado con la proliferación de nuevas fuentes de datos, tanto a escala global como en ámbitos locales. Un ejemplo del primer caso es la misión SRTM (*Shuttle Radar Topography Mission* del Jet Propulsion Laboratory [JPL] de la NASA, <http://www2.jpl.nasa.gov/srtm/>), que pone a disposición del público gratuitamente datos altimétricos a escala global en estructuras matriciales con una resolución espacial de 90 m para las tierras emergidas, o GEBCO (*General Bathymetric Chart of the*

Oceans), que incluye igualmente el relieve submarino a escala global (<http://www.gebco.net/>). Un ejemplo de su proliferación a escalas locales es la masiva generación, en nuestros días, de datos altimétricos por fotogrametría digital (estereocorrelación, restitución 3D), interferometría radar o Lidar por su carácter continuo espacialmente. Los levantamientos con GPS, al ser puntuales desde la perspectiva espacial, y secuenciales en el tiempo, sólo son competitivos para espacios de menores dimensiones.

Desde la perspectiva de la visualización de los datos, la mayor parte del software CAD o GIS integran módulos específicos para la representación tridimensional sobre la pantalla plana de los ordenadores de estos datos a escala local o regional, pero también podemos encontrar multitud de visores orientados específicamente a la geovisualización (FIG. 1). Un punto importante es que para ello, mayoritariamente, usan algoritmos de geometría plana (es decir, los datos tienen que estar asociados a coordena-

días métricas planas, bien locales —con datum local— bien proyectadas a través de sistemas de proyección cartográfica). Este aspecto es importante ya que la tendencia actual es que los datos se distribuyan en coordenadas geodésicas/geográficas, para permitir que cada usuario los proyecte al sistema de referencia de coordenadas que desee (proceso que exige un cierto grado de formación técnica) y garantice la necesaria coherencia geométrica con otros datos.

Dada la creciente disponibilidad de datos de acceso gratuito, no cabe duda de que la disponibilidad de MDE ha facilitado la visión tridimensional; pero, además, permite de forma relativamente fácil obtener otras variables de gran interés desde la perspectiva semiológica y gráfica. El caso más utilizado es el del sombreado digital, pero podrían utilizarse otros como la pendiente, menos utilizada pero, a veces, de mejores resultados para transmitir visualmente algunas características del terreno (FIG. 2).



FIG. 1/ **Dos ventanas sincronizadas geométricamente (2D y 2,5D) del sector frente a la desembocadura del río Guadiaro utilizando el visor Condor. Datos altimétricos procedentes del MDT editado por la Junta de Andalucía (2005) y datos batimétricos procedentes de las cartas náuticas del IHM**

Fuente: OJEDA & al., 2007

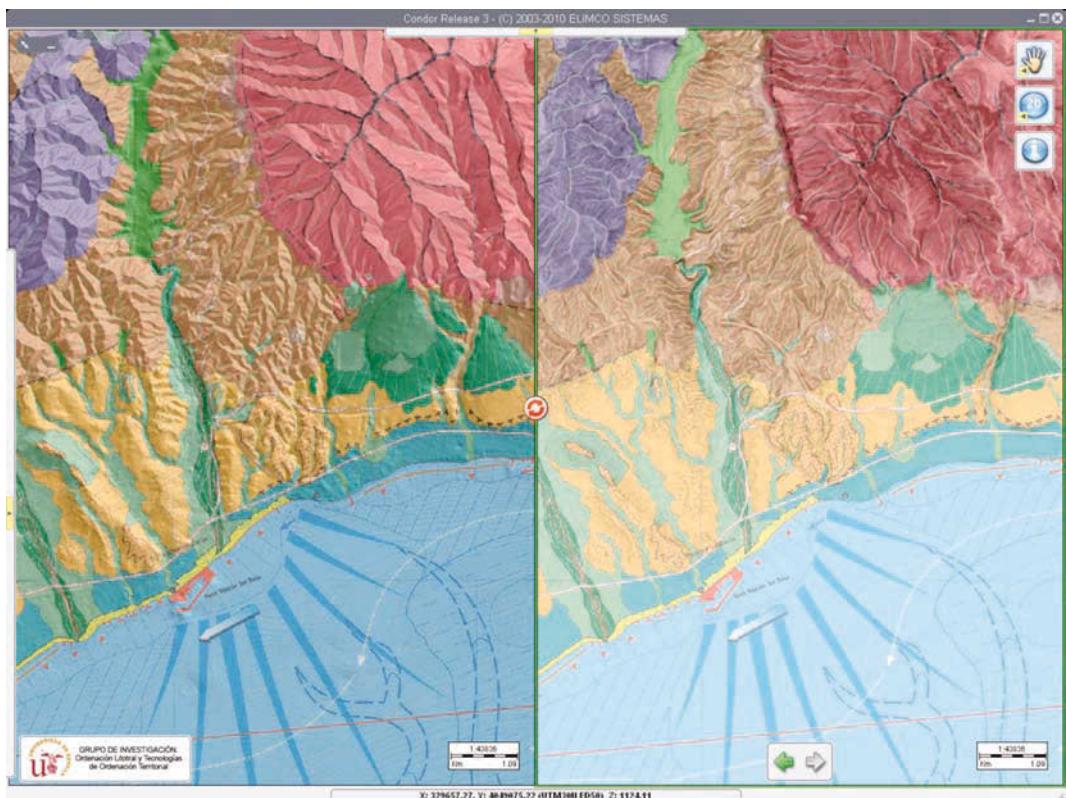


FIG. 2/ Ventanas geográficamente sincronizadas (2D) mostrando las características morfométricas de un mapa fisiográfico del sector de Marbella. En la ventana izquierda se ha combinado con un sombreado digital y en la de la derecha con una imágenes de pendientes

Fuente: Elaboración propia

La posibilidad de utilizar como textura sobre el MDE ortofotografías u ortoimágenes, igualmente disponibles y accesibles gratuitamente a escalas globales, e incluso locales en la mayor parte de los países desarrollados, ha supuesto un importante avance en las últimas décadas. En realidad, cualquier imagen georreferenciada puede ser utilizada para ello (mapas geológicos, de vegetación, de usos, etc.), lo cual amplía enormemente las posibilidades y potenciales aplicaciones en términos de su geovisualización, ya que casi todo el software técnico incluye la posibilidad de transparencias (FIG. 3). En este sentido, la mayor parte de los software CAD y SIG permiten esta visualización 2.5D utilizando conjuntamente MDE/TIN y ortoimágenes, mapas o cualquier otro dato georreferenciado. Otra opción de carácter más técnico, pero que implica una verdadera visualización 3D (no la vista bidimensional de un escenario tridimensional en una pantalla plana), es la progresiva incorporación de técnicas procedentes de la restitución fotogramétrica di-

gital en las interfaces de los SIG/CAD, incluso disponibles en internet (<http://www.stereoweb-map.com/es/index.php>). Nos referimos a la utilización de anaglifos o la visualización de pares estereoscópicos con gafas polarizadas para conseguir la visión estereoscópica del relieve. Esta opción, además de sus ventajas en la observación tridimensional del territorio, incorpora las posibilidades de medir sobre ellas (x, y, z).

## 2.2. Geovisualización de objetos y volúmenes (3D)

Otro paso esencial en el proceso de mejora de las funcionalidades de geovisualización tridimensional de los SIG/CAD ha sido la posibilidad de incorporar a los elementos anteriores, "objetos 3D". En este caso es necesario el modelado tridimensional completo del objeto, utilizando para ello varias soluciones, formatos y modelos, muy directamente relacionados con software específicos (3D studio, Maya, VRML,

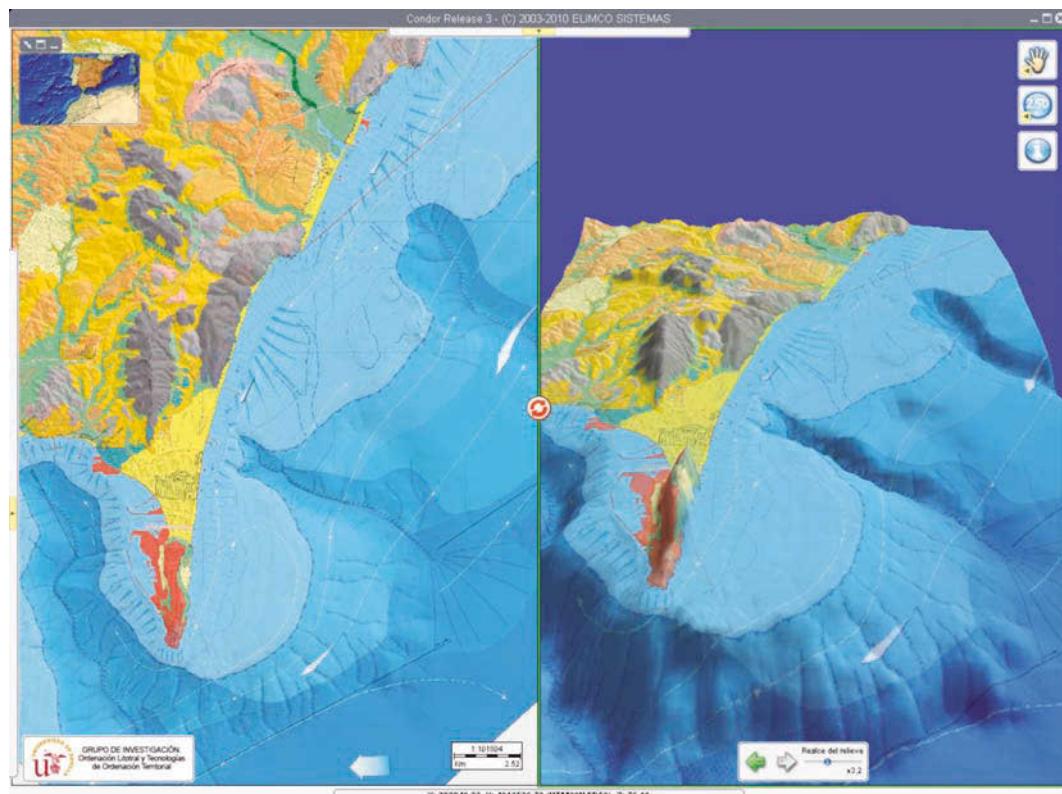


FIG. 3/ Dos ventanas geográficamente sincronizadas (2D y 2,5D) mostrando las características geomorfológicas del sector litoral y marino de la Bahía de Algeciras. A la imagen de un mapa fisiográfico se le ha asociado un sombreado digital a través de control interactivo de las transparencias

Fuente: Elaboración propia

etc.). Sin embargo, creo interesante reflejar, por su facilidad de uso, las posibilidades que incluyen casi todas las versiones actuales de software SIG/CAD para aproximarnos al modelado de objetos 3D, especialmente en relación con uno de los elementos territoriales de mayor impacto visual: la extrusión de elementos constructivos (edificios generalmente) a partir de su representación bidimensional poligonal (*foot print*). El enorme interés de este tipo de representación por su interés paisajístico, territorial y, más aún, desde la perspectiva urbanística, aumenta desde el momento en que los grados de aproximación a la realidad se pueden ir modulando en función de la disponibilidad de datos.

El caso más sencillo sería el de la extrusión de los polígonos de los edificios que aparecen en un mapa topográfico a escalas de detalle, sin un control de su altura (FIG. 4a), optando por proporcionarle una altura constante o alturas aleatorias. Un paso más próximo a la realidad

vendría de la utilización de la información indirecta de las alturas, como la existente en el Catastro en España. El catastro urbano (disponible para todo el territorio nacional) presenta una capa de subparcelas catastrales que tiene asociado un campo alfanumérico que define el numero de plantas. La sola asignación de un valor constante por planta para la extrusión (4 m, por ejemplo) proporciona una visión más realista y detallada que el anterior, facilitando una buena transmisión de las volumetrías para la mayor parte de los conjuntos urbanos. La posibilidad de utilizar como textura para su renderizado gráfico la información de color extraída de una ortofotografía proporcionaría una visión más realista aún. Por último, la obtención de la altura directa real de los edificios, bien por restitución fotogramétrica (FIG. 4b) o por datos procedentes de sensores aerotransportados como el Lidar mejoraría sustancialmente los resultados y, al ser sensores aerotransportados, es fácil obtener datos masivos para amplias superficies. Muchos de estos casos tienen



FIG. 4/ a) Visualización de la ciudad de Málaga con los edificios extruidos a partir de los polígonos del Mapa Topográfico de Andalucía 1:10.000 con alturas aleatorias. b) Edificios extruidos de un sector de Isla Antilla, con altura real extraída por restitución fotogramétrica y textura tomada de la fotografía aérea de referencia (2001)

Fuente: Elaboración propia

la ventaja de la disponibilidad de datos y su facilidad de acceso, en ocasiones, gratuita.

Otro paso más, en el contexto de los profesionales que utilizan información geográfica en el contexto del medio ambiente, el urbanismo, el paisaje y la ordenación del territorio (generalmente asociados a los software SIG y CAD) sería la visualización y análisis de volúmenes, pero sin sacrificar las ventajas derivadas del acceso a la información temática que cualifica a los elementos de la realidad geográfica (generalmente almacenada en Bases de Datos Espaciales), así como las posibilidades analíticas que se derivan del tratamiento de las relaciones topológicas. Diferentes aproximaciones se están produciendo en los últimos años para abordar estas necesidades, tanto en el modelo de datos *raster* como en el vectorial. En los SIG 3D, por ejemplo, no se persigue exclusivamente visualizar un cubo registrando sus límites, sino incorporar y poder analizar las características de su contenido. Para ello, en el modelo *raster* existen experiencias en que se subdivide la realidad 3D en elementos volumétricos denominados “voxel” (el equivalente al *píxel* o celdilla en el modelado *raster* bidimensional) y está siendo ya aplicado a la geología, geomorfología (WASHTELL & al., 2009) o al modelado de la contaminación en aguas subterráneas. En el modelo vectorial existen diferentes aproximaciones para el modelado de objetos sólidos en el mundo del CAD combinando primitivas 3D, si bien no parece estar totalmente resuelta la ges-

tión de los atributos temáticos y de las relaciones topológicas que amplificarían sus capacidades analíticas y, por lo tanto, sus aplicaciones. Soluciones en desarrollo se basan en proponer estructuras “orientadas a objetos” que relacionen estos objetos 3D con sus atributos temáticos en una base de datos espacial.

En el otro extremo (*Graphic Computing, Virtual Reality*, etc.) nos moveríamos hacia el modelado específico 3D de cualquier objeto y su visualización con el máximo nivel de detalle (materiales, texturas, iluminación, etc.). En estos casos, el objetivo se centra principalmente en la visualización (*rendering*), sacrificando a veces la georreferenciación en el mundo real y las capacidades analíticas. Estas aplicaciones exigen el levantamiento de datos y programas específicos (*3D Studio Max, Maya, VTK*, etc.), con formatos y estructuras de datos propios que nos acercarían a las tecnologías de la “realidad virtual” (VR) que suele tener otros objetivos y aplicaciones (museos virtuales, por ejemplo) e, incluso, a la integración e interacción de la realidad virtual con la pura realidad (Realidad Aumentada). Un paso intermedio es la popularización de herramientas interactivas que permiten, de una forma menos detallada, el modelado y visualización de objetos 3D desde la web y georreferenciarlos sobre la superficie terrestre. Sin duda, el más popular es el *SketchUp* de Google (FIG 5), cuyos resultados son inmediatamente visibles sobre *Google Earth* y compartidos por los usuarios de esta

aplicación informática. La integración de SIG, VR e Internet se ha ido produciendo inicialmente a través del incremento en el uso del “Virtual Reality Modeling Language” (VRML), un estándar ISO para describir objetos 3D interactivos y ser experimentada en la WWW.

### 2.3. Virtual Globes/Virtual Cities

Estos dos conceptos, muy ligados a la geovisualización a escalas globales y locales respectivamente, y a las tecnologías citadas anteriormente, han incrementado su popularización en los últimos años, sobre todo en la Web. Sin duda, uno de los cambios fundamentales se produjo con la irrupción de entornos de visualización sobre el globo terrestre, los denominados globos virtuales (*Virtual Globes*), que han seguido una rápida evolución desde su uso en aplicaciones de sobremesa (*ArcGlobe* de *ArcGis*, por ejemplo) a su proliferación en visores basados en la web (un listado de

los más usuales puede consultarse en BUTLER, 2006). Una peculiaridad de estas aplicaciones, esencial para la correlación espacial e integración de datos geográficos, es que éstos deben estar georreferenciados en coordenadas geodésicas/geográficas y ser utilizados con algoritmos de geometría esférica. Sin duda, la aplicación que ha revolucionado este campo en términos de popularización ha sido *Google Earth* desde su aparición en 2005, sobre todo por su accesibilidad desde Internet y cobertura global. Otros ampliamente utilizados son *Virtual Earth*, *Word Wind*, etc. El desarrollo de aplicaciones como Google Street View (fotografías esféricas georreferenciadas) o las fotografías oblicuas de *Virtual Earth* (*Bin* de Microsoft) están igualmente basadas en la geolocalización y nos permiten pasear por las ciudades más importantes del planeta.

En el mismo sentido, durante los últimos años se ha producido una irrupción en Internet de enlaces a “ciudades virtuales” (*Virtual Cities*) y un número importante de las mayores ciuda-

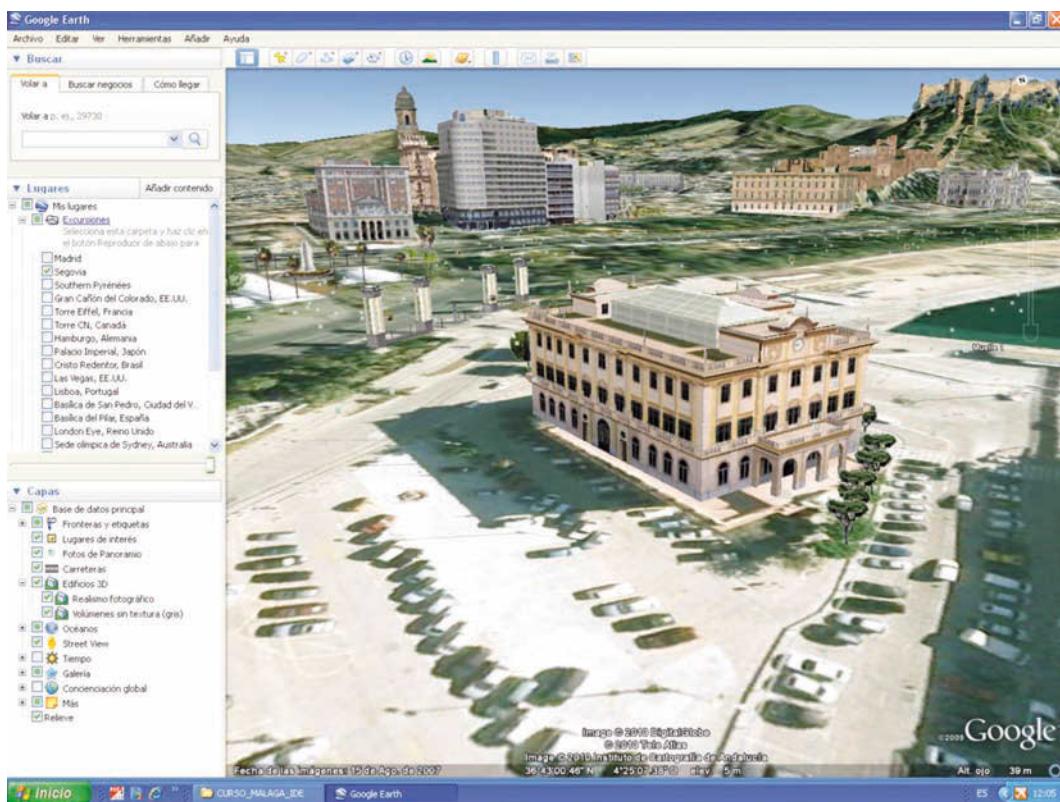


FIG. 5/ Visualización con Google Earth de un sector de la ciudad de Málaga, con edificios virtuales creados por los propios usuarios con la herramienta interactiva SketchUp

Fuente: Google Earth, ya que sólo se ha salvado la pantalla a una imagen

des del mundo pueden visitarse virtualmente a través de internet en la actualidad. Al margen de las aplicaciones destinadas a la visualización, bien en local, bien "on line" a través de diferentes clientes web, visores y aplicaciones, un aspecto realmente interesante de este proceso es cómo la creciente demanda de información volumétrica sobre las ciudades y espacios urbanos está estimulando la masiva producción de estos datos. En este sentido, tecnologías como el Lidar (FIG. 6) o los nuevos desarrollos para la restitución 3D en fotogrametría digital, están proporcionando nuevos recursos para la producción de tales datos (SCHWALBE, 2004), no sólo críticos desde la perspectiva paisajística o urbanística, sino también para pujantes actividades económicas (transmisión de la señal para la telefonía móvil en entornos urbanos o para la navegación 3D en automóviles, por ejemplo). Una muestra de nuevas y sugerentes tendencias en la geovisualización en la ciudad es la iniciativa del prestigioso Massachusetts *Institute of Technology: SENSEable City Laboratory* (<http://senseable.mit.edu/currentcity/visuals.html>).

### 3. Geovisualización multitemporal (4D), Internet y servicios interoperables OGC

Otra de las revoluciones de las últimas décadas en el mundo de la geovisualización es la constante y progresiva incorporación de la dimensión temporal (4D), hasta llegar a la visualización de datos geográficos en tiempo real.

Todas las disciplinas asociadas al medio ambiente, el urbanismo o la ordenación del territorio han requerido tradicionalmente la elaboración de mapas evolutivos, bien del espacio construido, bien de los usos del territorio o bien de cualquier elemento natural. El coste del levantamiento de esta información especializada era muy alto, entre otras cosas, por la escasez de fuentes de información. Igualmente constituyan un importante obstáculo las dificultades de integración de los datos, bien por problemas en el ajuste de los diferentes sistemas de referencia de coordenadas, bien por la ausencia de normalización (era difícil encontrar dos mapas temáticos —de usos o geomorfológicos— con la misma leyenda), bien por su escasa accesibilidad.

#### 3.1. El impacto de la masiva producción de datos geográficos y su normalización

La mayor fuente de información geográfica histórica ha sido, sin duda, la cartografía histórica. Si bien esta fuente de información adolece de ciertas limitaciones por su debilidad en el tratamiento de la geometría y los sistemas de referencia de coordenadas, dos hechos están facilitando su integración en los nuevos espacios de geovisualización multitemporal. Por una parte, su facilidad de acceso al poner sus repositorios disponibles en Internet (en formatos digitales) la mayor parte de las instituciones depositarias de documentación cartográfica histórica (museos, institutos cartográficos, etc.). Por



FIG. 6/ Nube de puntos original Lidar, Modelo Digital de Terreno (MDT), Modelo Digital de Superficies (MDS) y reconstrucción virtual en ArcScene de ArcGis para un sector de El Puerto de Santa María

Fuente: Elaboración propia

otra, la facilidad que hoy presentan los software SIG/CAD para el ajuste geométrico y los cambios de sistemas de coordenadas (FIG. 7).

La segunda fuente de información territorial con mayor interés para el análisis multitemporal ha sido, sin duda, la fotografía aérea, cuyos vuelos fotogramétricos verticales están disponibles desde los años cuarenta-cincuenta para la mayor parte del mundo occidental. La ventaja de la fotografía es doble: por una parte se trata de una fuente de información multidisciplinar (igual de interesante para el urbanista que para el biólogo o geomorfólogo); por otra, es que se trata de la única fuente de información, con amplio rango de recorrido histórico, sobre la que puede de volver a levantarse información tanto temática como métrica, incluyendo la tercera dimensión (FIG. 8). Aunque siempre se han utilizado en las disciplinas territoriales mencionadas, su popularización se ha producido con la masiva producción de ortofotos debido a la reducción de su coste de producción con la foto-

grametría digital. Este producto digital se difunde, además, corregido de las deformaciones geométricas inherentes a la perspectiva cónica de la fotografía vertical y permite ser integrado con facilidad en cualquier proceso de análisis multitemporal. No es difícil encontrar series temporales de ortofotos de las últimas décadas en cualquier ciudad importante y, lo que es más interesante en términos de recubrimiento espacial, las instituciones con competencias cartográficas a nivel estatal o autonómico están poniendo progresivamente a disposición del público sus vuelos fotogramétricos históricos. En el caso de España, hay varias comunidades autónomas (Andalucía, Madrid, Murcia, Cataluña, etc.) que ya están distribuyendo o permiten su visualización por Internet de las ortofotos del famoso vuelo "americano" de los años cincuenta e incluso de vuelos de los años setenta.

De igual importancia ha sido el proceso de normalización seguido, en los países de la Unión

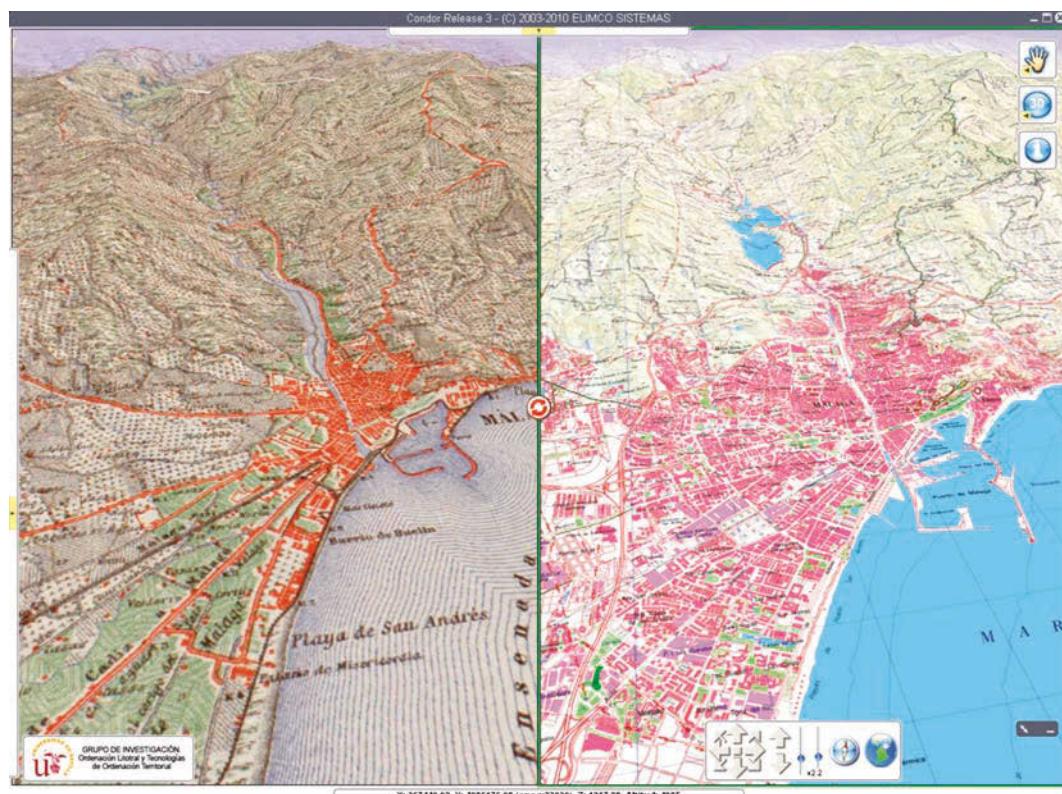


FIG. 7/ Dos vistas tridimensionales, sincronizadas geográficamente, de la ciudad de Málaga. A la izquierda un mapa topográfico realizado en los años 50 a escala 1:50.000. A la derecha la imagen del Mapa Topográfico Nacional a escala 1:25.000

Fuente: Elaboración propia

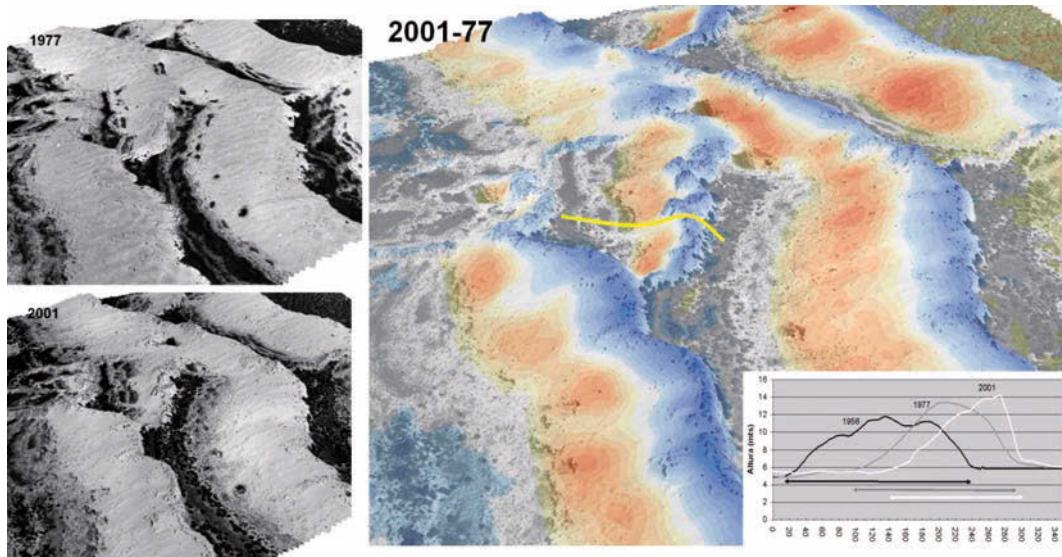


FIG. 8/ A la izquierda, dos vistas tridimensionales del sector de dunas móviles del P.N. de Doñana (1977 y 2001), cuyo MDE se extrajo por restitución fotogramétrica de los vuelos de referencia. A la derecha, vista tridimensional sobre el MDE de 2001, identificándose las zonas de acumulación (tonos azules) y las zonas de deflación (tonos rojos) procedentes del balance volumétrico de ambas fechas

Fuente: Elaboración propia

Europea, para la producción y difusión de la información geográfica de carácter temático, especialmente la de “usos del territorio”. Este dato geográfico, esencial para aplicaciones medioambientales y territoriales, se ha convertido en una fuente de información de referencia para la mayor parte de trabajos multitemporales desde la puesta en marcha del proyecto CORINE-Land Cover. El proceso de unificación de la metodología de levantamiento de los datos (índices de referencia, claves de fotointerpretación, sistema de referencia de coordenadas, etc.), junto a la normalización y establecimiento de una leyenda jerárquica y unificada para todos los países participantes en el proyecto nos permite, en la actualidad, comparar datos de evolución territorial en espacios transfronterizos y, a escalas locales, tener la garantía de una serie temporal que comenzó a fines de los años ochenta del pasado siglo.

### 3.2. Geovisualización en “tiempo real”: el impacto de tecnologías de geolocalización, las telecomunicaciones y los entornos participativos de la Web 2.0

La facilidad para la producción de datos georreferenciados con la ayuda de los sistemas de

posicionamiento global (GPS), la proliferación de sensores permanentes fijos (contaminación, ruido, cámaras de vídeo, etc.) y aerotransportados o embarcados en satélites espaciales, así como el desarrollo de las telecomunicaciones y la facilidad para compartir información en entornos colaborativos (Web 2.0), está facilitando el desarrollo espectacular de la geovisualización multitemporal, incluso con la proliferación de representaciones de diferentes aspectos territoriales en tiempo real. Hoy en día es fácil localizar y visualizar en internet información georreferenciada en tiempo real sobre tráfico terrestre en muchas ciudades, la localización de cualquier vuelo aéreo (<http://www.flightradar24.com/>) y el tráfico marítimo (<http://www.marinetraffic.com/ais/>) o seguir, casi en tiempo real, las áreas afectadas por incendios (<http://firefly.geog.umd.edu/firemap/>) o la deforestación. Para todos nosotros, por otra parte, constituye una imagen cotidiana la presencia en televisión o Internet de los mapas dinámicos de meteorología, con imágenes casi en tiempo real sobre la nubosidad, la actividad de rayos o la precipitación. En la actualidad podemos decir que la aportación de los satélites espaciales es esencial y crítica para el seguimiento en tiempo real de un gran número de variables del medio físico-natural, pero también de diferentes actividades económicas y, por supuesto, para problemas de orden militar/estratégico o los ligados a la gestión de riesgos naturales.

Otra revolución con implicaciones en la geovisualización ya presente en nuestros días, pero que se intensificará en los próximos años, está ligada a la posibilidad de geovisualización multitemporal con datos y aplicaciones geográficas derivadas de los entornos colaborativos (Web 2.0). El título del artículo de uno de los autores más prestigiosos en el mundo de información geográfica es revelador: *“Citizens as sensors: the world of volunteered geography”* (GOODCHILD, 2007). Se trata de utilizar el trabajo participativo de voluntarios para crear y compartir información geográfica en la web (se ha acuñado el término *Volunteered Geographic Information* —VGI—). *Wikimapia*, *Wikiloc* o *OpenStreetMap* son ejemplos reveladores de su potencial, a la vez que Google Earth y otros globos virtuales animan constantemente a sus usuarios a generar y compartir nueva información georreferenciada.

En este sentido, la proliferación del GPS, las nuevas funcionalidades y aplicaciones para móviles de última generación basados en geolocalización (*iPhone*, sistemas operativos como *Android*, etc.) potenciarán significativamente este proceso. Numerosas experiencias en este sentido contribuyen a poner más información geográfica multitemporal a disposición de todos a través de la web. En la actualidad están en pleno desarrollo los algoritmos de *“data mining”* que obtendrán de ella aplicaciones posiblemente insospechadas en la mente de los propios creadores. Ejemplos reveladores pueden consultarse en <http://www.girardin.org/fabien/tracing/> o <http://senseable.mit.edu/>. En uno de ellos se representa la movilidad de turistas por la ciudad de Roma haciendo uso de la información asociada a las fotografías subidas a *Flickr* por turistas que cuentan con cámaras con GPS o la propia representación en tiempo real de las localizaciones donde se están subiendo datos. Otras aplicaciones se basan en utilizar los datos sobre la actividad de los teléfonos móviles para visualizar y reflejar el pulso de las ciudades (Barcelona, por ejemplo) en diferentes eventos.

### 3.3. Las infraestructuras de Datos Espaciales (IDE): los servicios interoperables (OGC)

Se ha dejado, intencionadamente, para el final otro aspecto revolucionario, no sólo para la geovisualización multitemporal, sino para todo el conjunto de actividades y profesionales que tradicionalmente utilizan información geográfica en las disciplinas territoriales y ambientales: las Infraestructuras de Datos Espaciales (IDE).

El concepto de IDE enlaza, también, con la filosofía participativa de la Web 2.0 y está afectando, en primer lugar y a diferencia de los casos anteriores, a los grandes productores institucionales de información geográfica. Todo este renovador proceso de cambio en la forma de producir, acceder y compartir información geográfica tiene su origen en 1994 con la puesta en marcha en Estados Unidos de la *National Spatial Data Infrastructure* (NSDI) por el presidente Clinton y, en los países de la Unión Europea, con la aprobación y transposición de la directiva INSPIRE. Una IDE va más allá de la propia tecnología, aunque se sustenta en ella (Internet, estándares, clientes/servidores, etc.), ya que se trata de un conjunto de tecnologías, instituciones, personas, etc., que, “conjuntamente”, permiten el levantamiento de datos geográficos, su clara identificación y localización a través de “metadatos”, así como la posibilidad de compartirlos al utilizar estándares (ISO u *Open Geospatial Consortium*) y protocolos que garantizan la “interoperatividad” de los mismos. El énfasis está pasando de los “productos” (mapas, ficheros digitales, etc.) a los “servicios” en el entorno de “sistemas distribuidos”, donde el elemento clave es internet. En síntesis, la idea que subyace a este proceso es que se pueda, entre otros muchos servicios, localizar (catálogos), acceder a los datos espaciales (servicios WCS para datos raster o WFS para los vectoriales por ejemplo) y/o a sus representaciones gráficas (WMS) a través de un navegador (cliente ligero) o cualquier software de sobremesa (*ArcGis*, *GvSig*, etc.) con tan sólo invocar un servicio en una URL de forma gratuita. La mayor parte de los servicios e institutos de cartografía de las comunidades autónomas implementan y coordinan sus nodos IDE y, a nivel estatal, en la IDEE (<http://www.idee.es/>) pueden encontrarse la mayor parte de los servicios disponibles o los nodos de los enlaces.

Desde la perspectiva de todos los profesionales y técnicos vinculados al uso de información geográfica, las IDE han supuesto una verdadera revolución en el acceso a la información geográfica y, por tanto, a las posibilidades de su geovisualización. Un aspecto interesante, pero por su puesto no el único ni el más importante, de esta nueva forma de acceder a la visualización del información geográfica de cualquier parte del territorio nacional es la fusión de datos multitemporales. Al día de hoy, por ejemplo, podemos acceder a amplios conjuntos de series temporales de ortofotos, a los mapas geológicos del IGME o al Catastro de forma inmediata, al ser servidos como servicios WMS (*Web Mapping Services*), los cuales

permiten visualizar cualquier territorio desde la perspectiva evolutiva, tanto si el interés está centrado en un tema medioambiental (Fig. 9), como si se trata de uno territorial o urbanístico. Estos datos o servicios pueden superponerse a un MDE, accesible como servicio WCS y ser consumidos por programas de sobremesa (clientes pesados) y algunas aplicaciones embebidas en los navegadores, a los que un “plugin” específico les proporciona funcionalidades de visualización tridimensional. Las posibilidades de integración de estos servicios y los nuevos desarrollos “open source” que popularizarán estos nuevos recursos y potencialidades pueden consultarse en FONT & GRANELL (2009).

Para garantizar la interoperatividad entre datos y sistemas la OGC (Open Geospatial Consortium) está permanentemente trabajando y publicando estándares y especificaciones, muchas de las cuales centrarán la mayor parte de los procesos de geovisualización 2D y 3D

en el futuro (<http://www.opengeospatial.org/standards>): CityGML, KML, WTS, Web 3D Service, etc.

#### 4. Conclusión

No cabe duda de que la geovisualización es uno de los pilares que está proporcionando valor añadido a muchas tecnologías y aplicaciones de gran potencial futuro (Internet, telefonía móvil, realidad virtual, globos virtuales, navegación asistida, realidad aumentada, etc.), pero también lo es que constituye uno de los recursos más eficientes para la integración de datos sobre el territorio, para su análisis y para su difusión. La irrupción de la geovisualización tridimensional no sustituirá a la clásica visualización bidimensional, pero ofrece un nuevo punto de vista más próximo a la realidad que facilita la comprensión, interrelación y difusión de la información geográfica y, a veces, permite “ver” relaciones e información que no se ven

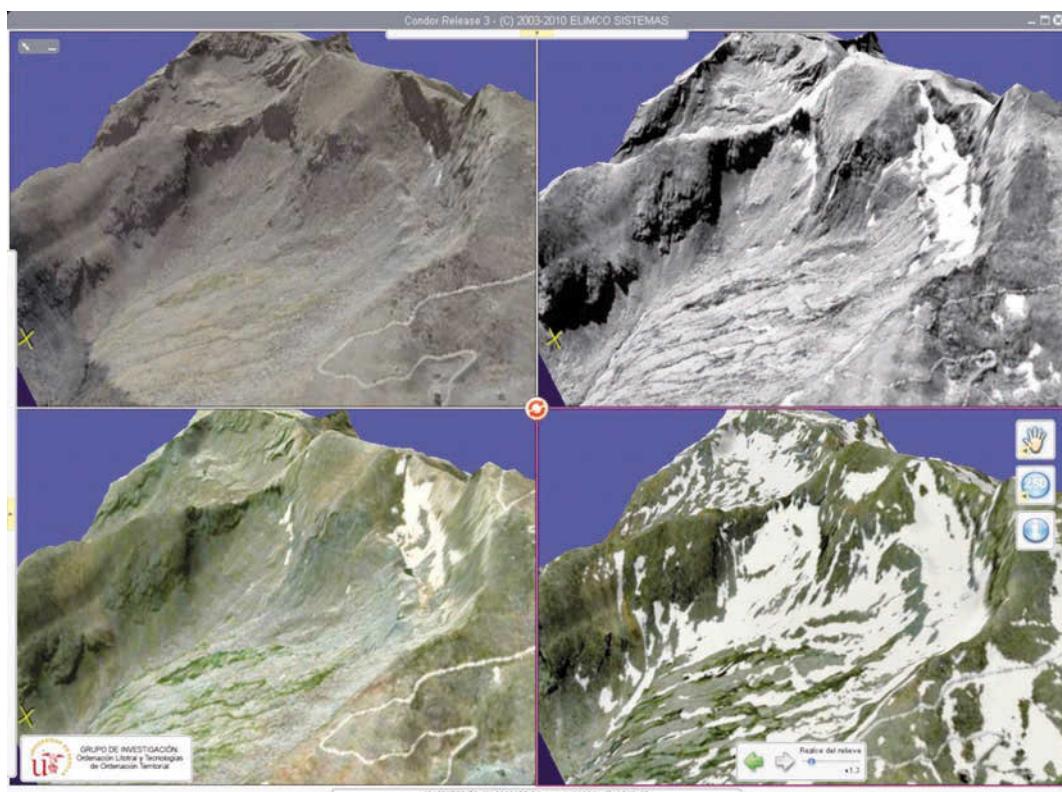


FIG. 9/ 4 ventanas geográficamente sincronizadas que proporcionan vistas tridimensionales de la morfología y cubierta de nieve del Corral del Veleta utilizando ortofotografías como servicios WMS (IDEAndalucía): arriba 2009 (izquierda) y 1956 (derecha) y abajo 2004 (izquierda) y 1998 (derecha)

Fuente: Elaboración propia

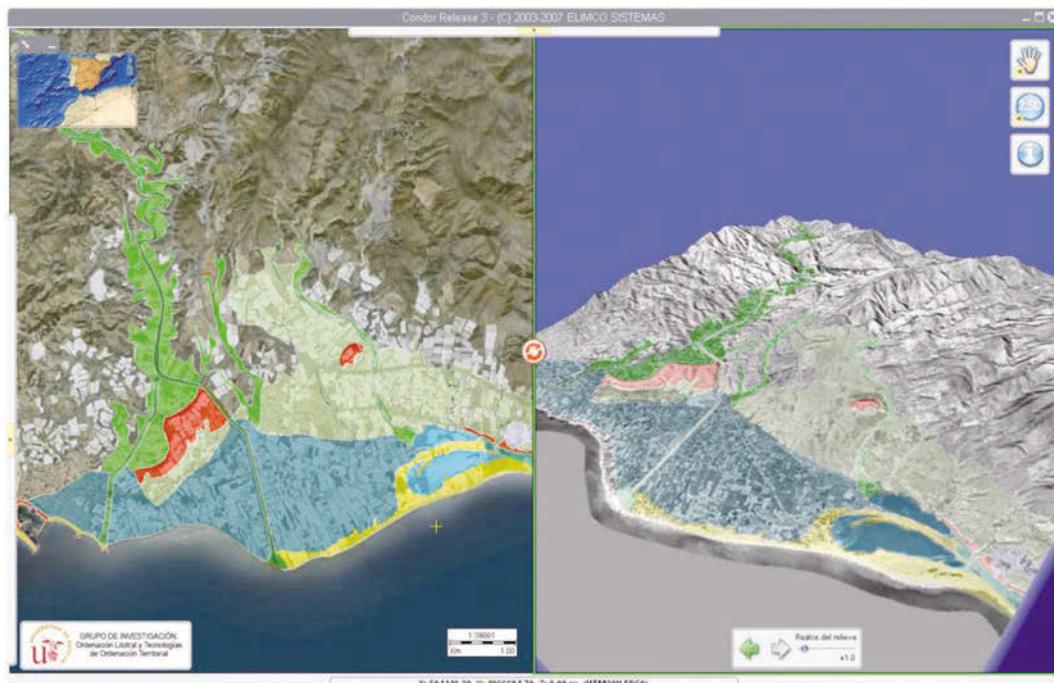


FIG. 10/ Ejemplo de integración de servicios interoperables OGC en el visor Condor para el sector litoral del delta de Adra (Almería). En la imagen de la derecha ortofotografía de 2004 (servicio WMS de IDEAndalucía) con las unidades fisiográficas del litoral semitransparentes (servicio WMS suministrado desde el servidor del Grupo de Investigación de la Universidad de Sevilla). En la imagen de la derecha, vista tridimensional del mismo espacio utilizando un MDE servido como WCS (Servidor del Grupo de Investigación), una ortofotografía de 1956 (servicio WMS de IDEAndalucía) y las unidades fisiográficas antes mencionadas como una capa con transparencias

Fuente: Elaboración propia

en los propios datos. El nuevo entorno colaborativo de la Web 2.0 y la progresiva implantación de las IDE proporcionan, además, una masiva producción y difusión de datos que facilitará la perspectiva multitemporal, tradicionalmente anhelada por todos los técnicos y científicos asociados a las disciplinas del paisaje, la ordenación del territorio, el urbanismo y el medio ambiente (FIG. 10).

De hecho, el “*real time*” en la geovisualización de muchos fenómenos naturales (meteorología por ejemplo) y muchas actividades huma-

nas (tráfico, seguir el pulso de la ciudad a través de la actividad de telefonía móvil, etc.) es ya una realidad. Disciplinas y trabajos técnicos, ligados a fenómenos tan dispares como la gestión de riesgos (GOODCHILD & GLENNON, 2010) o los procesos de planificación, están ya haciendo uso de la geovisualización para favorecer la participación ciudadana (Web 2.0), o desarrollando algoritmos de “*data mining*” que permitirán extraer información insospechada de todos estos datos. Todas las disciplinas territoriales y ambientales se beneficiarán, sin duda, de sus desarrollos futuros.

## 5. Bibliografía

- BERTIN, J. (1967): *Sémiologie graphique: les diagrammes, les réseaux, les cartes*, Mouton, París.
- BUTLER, D. (2006): “Virtual globes: the webwide world”. *Nature*, 439: 776-778.
- GOODCHILD, M. F. (2007): “Citizens as sensors: the world of volunteered geography”, *GeoJournal*, 69 (4): 211-221 [441].
- & J. A. GLENNON (2010): “Crowdsourcing geographic information for disaster response: a research frontier”, *International Journal of Digital Earth*, 3 (3): 231-241 [495].
- FONTS, O. & C. GRANELL (2009): “Visualización geográfica 3D: estándares y aplicaciones”, en: *III Jornadas de Software Libre*, Girona. <http://www.sigte.udg.edu/jornadassiglibre/>

- JUNTA DE ANDALUCÍA (2005): *Modelo Digital del Terreno de Andalucía*, Junta de Andalucía. Aplicación informática en DVD.
- OJEDA ZÚJAR, J. (dir.) (2008): *Sistema de Información Geográfica del Litoral Andaluz (SIGLA)*, Junta de Andalucía, Consejería de Vivienda y Ordenación del Territorio. Visor 3D interactivo, DVD.
- & A. CABRERA TORDERA (2006): "Utilidades y funcionalidades de un visor tridimensional interactivo en la gestión litoral (SIGLA: Sistema de Información Geográfica del Litoral de Andalucía)", *Cuadernos Geográficos*, 39 (2): 41-52.
- OJEDA, J. & P. FRAILE & A. CABRERA & J. LODER (2007): "Design and functionality of a 2D/3D viewer for a coastal management oriented GIS: SIGLA (Sistema de Información Geográfica del Litoral de Andalucía)". En: *CoastGis07. 8th International Symposium on GIS and Computer Mapping for Coastal Zone Management*, tomo II: 77-86, Universidad de Cantabria.
- SCHWALBE, E. (2004): "3D building model generation from airborne laserscanner data by straight line detection in specific orthogonal projections", *International Archives of Photogrammetry and Remote Sensing*, 35 (B): 249-254.



# Los modelos de localización óptima como herramientas para la planificación territorial y urbana de instalaciones y equipamientos

A. MORENO JIMÉNEZ (1) & J. BOSQUE SENDRA (2)

(1) Catedrático de Geografía Humana, Universidad Autónoma de Madrid.

(2) Catedrático de Geografía Humana, Universidad de Alcalá.

**RESUMEN:** Se realiza una revisión de los modelos de localización óptima de instalaciones y equipamientos en cuanto a sus posibilidades de aplicación a la ordenación del territorio, para impulsar su uso. Se enumeran los modelos más importantes, los principios que buscan optimizar y las técnicas y programas disponibles para su cálculo. Finalmente, se presentan aplicaciones en temas educativos, sanitarios, de emergencias, de instalaciones no deseables y otros similares.

**DESCRIPTORES:** Modelos de localización óptima. Planificación territorial. Equipamientos.

## 1. Introducción

Los procesos de planificación y ordenación que afectan al territorio *sensu lato* han logrado constituirse a lo largo de la última centuria como unas de las actividades más conspicuas de lo que se conoce como análisis y formación de decisiones públicas. Como tales, poseen unas características y complejidad singulares, por cuanto versan sobre asuntos con implicaciones muy amplias y, a veces, profundas y perdurables, sobre aspectos de la realidad diversos (geográficos, sociales, económicos, ambientales, políticos, etc.), con múltiples agentes involucrados (*stakeholders*) e intereses no siempre coincidentes, o incluso contrapuestos. El carácter público de estos asuntos suscita que el papel del decisor último, las instituciones administrativas competentes, habrá de ejercer integralmente varias

de las funciones que son propias de la gobernanza (regulación, concertación, negociación y arbitraje, aprobación, supervisión, etc.).

A este respecto, resulta crítica la función de los expertos y técnicos que intervienen en los análisis y elaboración de propuestas de planificación, por cuanto les compete la delicada labor de diagnosticar primero el estado de cosas, para conducir luego el proceso de dar forma a las medidas o determinaciones que, avistando alcanzar los objetivos establecidos para el plan, concilien lo mejor posible los intereses; y todo ello garantizando la coherencia con los principios legal y socialmente vigentes. Sobre tales principios existe una importante literatura que ha tratado de clarificar su significado (MORENO, 2008; MORENO & VÍNUESA, 2009) y de establecer formas de transcribirlos operativamente para su aplicación en diagnósticos y prescrip-

Recibido: 07.09.2010; Revisado: 30.09.2010  
e-mail: antonio.moreno@uam.es; joaquin.bosque@uah.es

Los autores agradecen a los evaluadores anónimos sus comentarios para la mejora del presente trabajo.

ciones de ordenación espacial. No procede aquí ahondar en esa dirección, pero baste recordar, a título de ejemplo, los populares conceptos-valor de eficiencia (económica, espacial), equidad (económica, social, territorial), justicia ambiental, sostenibilidad, competitividad, calidad de vida, bienestar, cohesión (social, territorial), etc. Al planificador le concierne, no solo conocerlos, sino además dilucidar su aplicabilidad en los diferentes contenidos del planeamiento y, finalmente, manejarlos y materializarlos en sus valoraciones y proposiciones.

Sin desdoro de que ello haya sido pretendido y, en muchos casos razonablemente logrado en la práctica planificadora, lo que sí cabe reconocer también es que en ocasiones las propuestas de ordenación o las actuaciones se concilian mal con algunos de tales principios. La duda crítica que brota entonces estriba en saber si esos desajustes entre las prescripciones o intervenciones y los principios de ordenación obedecen a fallos en los mecanismos de tramitación de los planes, asociados a conductas de los agentes implicados *sensu lato*, o si pueden relacionarse con limitaciones en los métodos y técnicas empleados en la elaboración del plan (generación de propuestas), las cuales afectan (reducen) la cantidad y calidad de la información puesta a disposición de los decisores y públicos afectados, a la hora de valorar tales propuestas. Lo que sí es constatable es que ciertos procedimientos de análisis, a menudo aplicados en la planificación espacial en España, resultan elementales y se prestan poco a una generación de resultados aptos para la formación rigurosa de decisiones o que permitan la valoración cabal de su ajuste o desajuste con los principios antes reseñados.

En este sentido resulta también patente que los progresos en la investigación están generando permanentemente nuevos instrumentos para ello y que su incorporación en la práctica planificadora parece de todo punto inexcusable, por cuanto servirían para mejorar el rigor, claridad y transparencia en las actividades y procesos de planificación. A este respecto, el foco de este artículo recae en un conjunto de tales instrumentos orientados a la ayuda a las decisiones sobre instalaciones y equipamientos, conocidos como modelos de localización óptima (MLO), que se han desarrollado apoyándose en la denominada teoría de la localización. Ante la constatación de su excelente potencial aplicado y de su exigua utilización todavía, se persigue aquí propiciar su conocimiento entre los expertos, para lo cual se presentará en primer lugar y brevemente la metodología que conllevan, para después ex-

poner su lógica general, los principales modelos, las técnicas y las tecnologías para su resolución. En un amplio apartado posterior se recoge un selecto abanico de casos ilustrativos, para terminar con unas consideraciones finales sobre la contribución que pueden realizar para la toma de decisiones de planificación y gestión espacial *sensu lato*.

## 2. La planificación de equipamientos: de la aproximación tradicional a las nuevas perspectivas conceptuales y metodológicas

En la práctica del planeamiento urbano y territorial, singularmente en España, el obligado abordaje de las dotaciones para la población cristalizó tradicionalmente en unas pautas metodológicas cuyos rasgos básicos podrían resumirse así:

- a) Elaboración de los estudios del plan en dos fases:
  - 1. Diagnóstico espacial de la situación dotacional (déficits), en buena medida sustentado en la aplicación de indicadores simples (estándares) que relacionan la demanda potencial con la oferta existente.
  - 2. Formulación de propuestas en la que se concretaban:
    - Los niveles deseables (cantidad) de dotaciones por zonas (expresados como suelo a reservar), basados en estándares normativos o magistrales, que relacionan superficie con la demanda potencial zonal.
    - La localización, usando criterios simples de accesibilidad (tiempo o distancia de acceso recomendado), compatibilidad entre usos del suelo (por las externalidades) y rasgos del emplazamiento.
- b) La metodología se sustentaba y era fuertemente dependiente del grado de pericia del equipo de planificación.
- c) Se usan escasamente los instrumentos y tecnologías que los avances científicos han ido desarrollando en las últimas décadas.

Libros como los de LEAL & RÍOS (1988) y HERNÁNDEZ (1997) son representativos de esa tradición. Para ciertos servicios (educación, salud, cultura, deportes, sociales, comercio, etc.), se fueron elaborando paralelamente, ahora por

especialistas sectoriales, otras obras de indudable valor para desarrollar los estudios encaminados a la toma de decisiones.

Sin desdoro de los méritos y eficacia de esa práctica tradicional, cabe reconocer que con el tiempo se mostró limitada en varios frentes: por un lado, las modernas perspectivas en el entendimiento de los servicios colectivos, que iluminaban nuevos aspectos, apenas se habían incorporado en su discurso. La enjundiosa obra de PINCH (1985) supone en este sentido un hito fundamental, por cuanto reconocía la pluralidad de entendimientos teóricos sobre los equipamientos para la población y sus implicaciones aplicadas (al respecto véase también MORENO, 1991). Adicionalmente, las recientes doctrinas sobre análisis, evaluación de políticas públicas, formación de decisiones colectivas y marketing público/social, particularmente desde el ámbito anglosajón (por ejemplo, KNOX, 1987; CROMPTON & LAMB, 1986), iban resaltando el importante papel que dichos servicios colectivos jugaban en la política local y territorial, desbordando los límites de la planificación espacial, y sustantivando ahora también la planificación sectorial, así como las funciones de gestión. Desde algunas de tales perspectivas o paradigmas concretos, se propugnaban nuevos métodos, como los cuantitativos, que estaban logrando significativos avances en las técnicas de apoyo a las decisiones espaciales sobre servicios para la población. Las obras de MASSAM (1975 y 1993) son conspicuos ejemplos pioneros de las propuestas emanadas al respecto desde el enfoque espacial y del bienestar. Finalmente, el aprovechamiento de las potencialidades de las nuevas tecnologías de la información, en particular los SIG, también había quedado rezagado (MORENO, 1993).

Descartando por inviable aquí discutir *in extenso* tales propuestas aplicadas, nos ceñiremos a recordar algunas de las cuestiones metodológicas básicas que la perspectiva cuantitativa y del bienestar han enunciado para la toma de decisiones sobre equipamientos colectivos (BOSQUE & MORENO, 2004). Básicamente ahora, las fases de intervención del experto, según la propuesta de MORENO (1995), podrían ser:

1. clarificar y establecer los objetivos de la política o plan,
2. diagnosticar la situación y determinar los problemas dotacionales,
3. definir y estimar la necesidad / demanda espacialmente,
4. sobre las bases anteriores, diseñar propuestas de distribución y funcionamiento

territorial de los equipamientos, considerando explícitamente objetivos y restricciones, para someterlas luego a los decisores e implicados (*stakeholders*),

5. una vez aprobada la actuación y puesta en ejecución, realizar un seguimiento periódico de los resultados o logros.

De nuevo conviene advertir al lector que, por razones de espacio, este trabajo se centrará fundamentalmente en la etapa 4, con objeto de difundir las posibilidades que los modelos de localización ofrecen al experto e ilustrar con casos ejemplares sus utilidades.

### 3. **El enfoque basado en la teoría y modelos de localización óptima**

#### 3.1. **Los MLO: unos potentes instrumentos para ayudar a la formación de decisiones en el planeamiento**

Cabe situar en la década de los sesenta de la pasada centuria el momento del despegue de esta línea de indagación sobre herramientas de ayuda a la decisión, con una trayectoria que no ha dejado de fortalecerse (DEVERTEUIL, 2001). En última instancia, la meta buscada siempre por los diseñadores de los modelos estriba en, ante unos problemas bien definidos, identificar las mejores soluciones de ordenación espacial. Ello implica que la generación de propuestas se ha de basar, explícita y fundadamente, en principios y criterios socialmente asumidos, lo cual supone un rasgo meritorio a destacar, puesto que las diversas soluciones podrán compararse y valorarse con nitidez (por ejemplo, cuantitativamente) en cuanto a su proximidad a la mejor opción o a algún escenario ideal. Al técnico planificador obviamente se le planteará el reto, no menor, de establecer el procedimiento de resolución del problema, según las circunstancias, recursos, técnicas, tecnologías e información disponibles. En todo caso, es oportuno reseñar que las técnicas y tecnologías involucradas varían desde las relativamente asequibles, hasta otras bastante más complicadas, pero que en conjunto ofrecen unas excelentes posibilidades para el analista, si bien demandan el apoyo de computadores, dada la complejidad de resolver los problemas. Otro rasgo notable de estos modelos radica en su capacidad para generar y explorar soluciones, bajo requerimiento de los decisores, modificando criterios en un proceso de tipo iterativo. Por tal razón, se prestan bastante bien a acomodar la participación de distintos actores y

grupos de interés (e.g. ciudadanos) a quienes se puede consultar y suministrar resultados provisionales, para facilitar consensos o alternativas de compromiso. Finalmente, conviene recordar que estos modelos permiten su empleo bajo diferentes supuestos de análisis, evaluación o formulación de políticas y planes: determinar la ubicación óptima de equipamientos *ex novo*, ampliar una red de equipamientos, cerrar óptimamente algunos de ellos y comparar esquemas de localización pasados o propuestos con los correspondientes óptimos, para juzgar su bondad. Este conjunto de particularidades permiten anticipar que estas herramientas pueden contribuir eficazmente a las buenas prácticas de planificación, que en sociedades democráticas, participativas y corresponsables deben prevalecer.

### 3.2. La lógica de los MLO: cuestiones conceptuales

La cuestión de abordar decisiones atinentes a la distribución espacial de equipamientos, instalaciones, industrias, etc., es algo central en la planificación espacial, lo que explica que desde hace años se haya puesto en la agenda de los investigadores con logros fecundos. Ese trabajo ha permitido profundizar en la variada gama de procesos y cuestiones territoriales que suscitan las distintas actividades (número y tipo de objetivos a considerar en la decisión, carácter público o privado del servicio, instalaciones con función única o múltiple, conducta espacial de la demanda, limitación o no de la capacidad de los equipamientos, existencia de una estructura jerárquica de los mismos, carácter deseable o indeseable, consideración de la dimensión temporal en la búsqueda de soluciones, etc.), lo que ha permitido identificar distintos tipos de problemas de localización concretos primero, y formularlos como modelos matemáticos después, para su resolución (vid. en ese sentido DASKIN, 1995, cap. 1; PITTARCH, 2000; SMITH & al., 2007: 343-344).

Más en concreto, los denominados llamados modelos de localización-asignación, constituyen unas herramientas interesantes para resolver cuestiones en las que se cumplen algunas condiciones particulares, tales como las siguientes:

- Se consideran equipamientos que suministran bienes en lugares concretos del espacio.
- Ya sea la población, ya sea el proveedor, se debe realizar un desplazamiento hasta allí (o desde allí) para que se pueda prestar el servicio.

- El coste de recorrer esta separación entre instalaciones y población resulta de gran importancia en el uso del servicio.

Las instalaciones consideradas en estos modelos se puede decir que tienen dos facetas: una global: ofrecen un servicio o un bien al conjunto de la población o a un subconjunto de ella; otra local: la mera presencia de esa instalación modifica las condiciones del lugar donde se sitúa, apareciendo las denominadas externalidades positivas y/o negativas (efectos beneficiosos o perjudiciales sobre el entorno sin contrapartida económica).

Aceptando estas ideas básicas, los mencionados modelos tratan de optimizar la ubicación de estas instalaciones en relación a la población usuaria o afectada. Ahora bien, para poder hablar de óptimo, previamente es necesario considerar algunos principios fundamentales que deben guiar la búsqueda del mismo en términos de ubicación. Entre los principios que se mencionaron en la introducción han cobrado especial relevancia en los siguientes:

- La *eficiencia económica espacial*, que estaría relacionada con el mencionado papel global: ofrecer un buen servicio al conjunto de la población demandante del modo más barato posible. Con este principio se pretende minimizar los costes económicos que inciden en la prestación del servicio, y de acuerdo con lo que hemos indicado más arriba, uno de los costes más importantes es el de recorrido de la demanda hasta la oferta. Los modelos más conocidos pretenden encontrar una solución que minimice el coste de transporte global para alcanzar las instalaciones. Conviene subrayar que, indirectamente, ello converge con el principio de *sostenibilidad*, pues ello reduciría el consumo de energía, la emisión de contaminantes, el cansancio y quizás los accidentes.
- La *justicia espacial*: en este caso el tema determinante es el aspecto local que genera cada instalación; dado que aparecen externalidades de diverso tipo, parece oportuno que su reparto sea lo más equitativo entre la población, sin que unos se beneficien mucho y otros se vean perjudicados en exceso. Este principio intenta optimizar la posición de las instalaciones de modo que se repartan equitativamente las externalidades que generan.
- Finalmente la *eficiencia social espacial*: se relaciona con el hecho de que ciertas instalaciones de servicios generan claras e importantes externalidades negativas en su entorno, producen molestias y perjuicios a la población residente cerca de ellas, sin em-

bargo el papel global que tienen implica la imprescindible necesidad de crear estas instalaciones; de acuerdo con ello se plantea situarlas de manera que se optimice —en este caso, se minimicen— las molestias al conjunto de la población.

La consideración del tipo de externalidades producidas conduce a distinguir diferentes tipos de servicios e instalaciones. Una de las tipologías es la que diferencia entre instalaciones que ofrecen **servicios deseables** (es decir, que a la población no le importa, incluso le apetece, tenerlos cerca) y aquellas otras instalaciones **no deseables** que realizan una actividad que es molesta a su entorno inmediato (la población se ve perjudicada si las tiene en sus proximidades). En gran medida esta distinción responde al tipo de externalidades que genera cada instalación. Todas producen externalidades positivas (beneficios que la población recibe sin pagarlos) y negativas (perjuicios que la población sufre sin recibir compensación), pero en el caso de las instalaciones deseables las externalidades positivas superan claramente a las negativas (es el ejemplo de hospitales, escuelas, comercios, etc.). Las instalaciones no deseables son aquéllas en las que el balance de externalidades negativas supera con claridad, en su entorno próximo, a las positivas (e.g. vertederos de residuos urbanos, depuradoras de aguas, etc.).

A la hora de intentar determinar la localización óptima de un conjunto (o de una nueva instalación de servicio) el analista ha de considerar una serie de aspectos que inciden en la bondad o calidad del servicio que estas instalaciones ofrecen a la población. Algunos de los más trascendentes son:

- a) El número de instalaciones a localizar. Por ejemplo, parece claro que más instalaciones tienen mejores probabilidades de ofrecer un servicio más asequible que solo unas pocas.
- b) La posición geográfica de cada una de las instalaciones. Por supuesto, la ubicación de cada instalación determina la facilidad, mayor o menor, de acceso al servicio por parte de la población demandante.
- c) El tamaño de la oferta en cada instalación. Finalmente, puede ocurrir que un número de instalaciones amplio y bien situado no pueda ofrecer un servicio adecuado cuando, como ocurre en muchos casos, el tamaño de cada instalación no es suficiente para la demanda; de ese modo puede darse la situación de que una instalación rodeada de una amplia población demandante, que

tiene gran facilidad de acceso a la misma, no pueda ser atendida si la oferta existente es escasa para la demanda real.

Una solución puede optimizarse cambiando alguno de los tres elementos mencionados: el número, la posición o el tamaño/capacidad de acogida de cada equipamiento, asunto que el analista habrá de dilucidar con los decisores. Un procedimiento que busque una solución considerando a la vez las tres posibilidades tiene un número enorme de variaciones, lo que dificulta, imposibilita de hecho, resolverlo. Por ello es necesario plantear varios tipos más simples de problemas de localización tales como:

A) Están dados (definidos y prefijados por el decisor) el número de instalaciones y la posición de los centros de oferta. Lo que se trata de optimizar es el tamaño de cada centro de oferta. Se trata de un problema simple de asignación. La solución es determinar a qué puntos de demanda sirve cada centro de oferta y, en función de ello, calcular su tamaño mínimo. Es una versión del problema del transporte en programación lineal.

Una posible solución sencilla podría ser la siguiente: 1.º Asignar cada punto de demanda al centro de oferta más próximo, que se encuentre a menor distancia. 2.º Sumar la demanda asignada a cada centro de oferta. Esa suma es el tamaño mínimo que debe tener la instalación a colocar en ese punto. Esto resuelve el problema.

B) Están dados (definidos por el decisor) el número de instalaciones y el tamaño de cada centro de oferta (o no existe límite superior a la oferta que se puede situar en cada centro). Se trata de optimizar la posición espacial de los equipamientos. Es el problema más clásico de localización.

La solución de ese problema tendría estas dos facetas: 1.º Determinar la posición de los centros de oferta que optimice por ejemplo la eficiencia o la justicia espacial. Esta tarea es la que solventan los modelos de localización-asignación. 2.º Resolver el problema de la asignación para determinar a qué punto de demanda sirve cada uno de los centros de oferta escogidos y, de ese modo, determinar su tamaño concreto.

### 3.3. Cuestiones metodológicas

La voluntad de solucionar los problemas típicos antes mencionados ha conducido al desarrollo de una fértil línea de trabajo para construir

herramientas más o menos simples, adecuadas a cada caso; en esta línea de trabajo se han diseñado una gran variedad de modelos matemáticos de los que se pueden encontrar síntesis selectivas en OWEN & DASKIN (1998), MORENO (2004) y CARRIZOSA (2005). Relaciones más extensas de esa literatura, procedente sobre todo de la matemática, se pueden consultar, por ejemplo, en la página web de HALE<sup>1</sup>, que incluye más de tres mil referencias publicadas sobre el tema, en la del Grupo Europeo de Análisis de Localización<sup>2</sup> o en la de la Red temática española<sup>3</sup>, aparte de en *Computers and Operations Research*, revista especializada en esta parcela.

A efectos expositivos es factible clasificar muchos de los modelos generados en esta abundante bibliografía en función de los principios generales tenidos en cuenta en su formulación.

- 1.º Modelos de localización-asignación que optimizan la eficiencia económica espacial. De este tipo es uno de los primeros modelos que se formuló: el denominado Minisum/P-Mediano, su finalidad es la máxima eficiencia espacial y trata, esencialmente, de minimizar el coste de transporte total o medio existente entre oferta (instalaciones) y demanda (población) (MORENO, 2004: 149-153).
- 2.º Modelos que optimizan justicia espacial y la eficiencia económica. Otro conjunto de modelos, muy variado y numeroso, pretenden optimizar tanto la eficiencia económica, como la justicia espacial derivada del reparto de externalidades generadas por las propias instalaciones (MORENO, 2004: 156-159). Un ejemplo muy típico de este grupo serían los modelos de cobertura máxima (MORENO, 2004: 159-165); en ellos el máximo posible de la demanda se encuentra dentro de una distancia, a un lugar de oferta, fijada por el usuario, por lo tanto, si se puede establecer una distancia, a partir de la cual el uso de ese servicio no resulta rentable, dado el coste del traslado para conseguirlo (el denominado alcance espacial del bien o servicio), el modelo proporciona una solución óptima, ya que el máximo posible de la demanda estaría dentro de ese alcance espacial. Al mismo tiempo se consigue un valor bajo de coste total de transporte. El modelo tiene en cuenta de alguna manera tanto la eficiencia económica, como la justicia ya que pocos, los menos posibles, deman-

dantes se encuentran mal servidos (es decir fuera del alcance espacial del servicio). Otra variedad de este tipo de modelos, que resultan muy convenientes, son los que amplían el Minisum, añadiendo restricciones de distancia para la posición de la oferta: Modelo p-mediano con restricción de máxima distancia. Ahora ningún usuario puede estar situado a mayor distancia de un centro de oferta que una distancia prefijada por el decisor; al mismo tiempo el modelo obtiene la suma menor de los costes de transporte. Entre otras posibles, una sugestiva variante es el modelo de cobertura máxima con restricción de alejamiento: el máximo posible de la demanda se ha de encontrar dentro de una distancia fijada por el decisor, pero además ningún usuario debe estar a una distancia mayor de otro valor establecido.

- 3.º Modelos que optimizan la eficiencia social espacial. La mayoría de las aplicaciones usuales de los modelos mencionados hasta ahora se refieren a bienes/servicios deseables, como escuelas, hospitales, etc. Para las instalaciones no deseables, sin embargo, los modelos más usuales se plantean minimizar las molestias y daños que estas instalaciones generan, es decir se centran en optimizar el principio de eficiencia social (BOSQUE & FRANCO, 1995; MORENO, 1999a). Un buen ejemplo es el modelo denominado Maxisum, en este caso el objetivo radica en maximizar la suma de las distancias entre instalaciones y todos los centros poblados, justamente a la inversa del modelo Minisum. Existen otras variantes de esta misma idea, por ejemplo, el modelo Maximin, que pretende la maximización de la distancia mínima entre cada instalación y el centro poblado más próximo, lo cual responde al principio de justicia espacial. Un enfoque con parecida pretensión, pero distinta concreción, es el de los modelos de localización basados en "límites mínimos" o de anticobertura: la población debe estar situada, en su totalidad o en su mayor parte, fuera de una distancia prefijada en torno a cada instalación.
- 4.º Modelos que tienen en cuenta las dos eficiencias (económica y social): Otro enfoque es el de los modelos que simultáneamente optimizan las dos formas de eficiencia que se han mencionado, tanto la económica como la social. Nuevamente este tipo de modelos son adecuados

<sup>1</sup> [www.uhd.edu/~halet](http://www.uhd.edu/~halet)

<sup>2</sup> <http://ewgla.fc.ul.pt/>

<sup>3</sup> <http://www-eio.upc.es/~elena/indexRL.html> (consultado en agosto de 2010).

para instalaciones no deseables, en concreto aquéllas que deben recibir productos (por ejemplo, residuos urbanos), cuyo coste de transporte es importante y se debe intentar minimizarlo, pero, simultáneamente, producen molestias y riesgos a la población cercana, que también se debe intentar minimizar. En esta línea un ejemplo sencillo sería el modelo Minmaxsum, que busca soluciones que, a la vez, minimicen las distancias desde los productores de residuos y maximicen la separación a la población afectada (BOSQUE & al., 2006).

La formulación de modelos de localización es un campo abierto y que continuamente produce nuevos resultados; no es tampoco muy difícil, para usuarios experimentados, formular su propia versión del modelo que se ajuste de manera precisa al caso que necesita resolver; los modelos descritos son únicamente una muestra pequeña de las posibilidades que el tema ofrece y en la abundante literatura se puede encontrar inspiración para desarrollos propios.

### 3.4. Las herramientas de resolución: algoritmos y software disponibles

El enunciado del modelo es sólo el primer paso, para luego tratar de resolverlo, cuestión ésta que comentaremos suavemente ahora. En primer lugar, es necesario indicar que lo usual es formular modelos de tipo discreto, lo que quiere decir que el modelo debe seleccionar, de entre un conjunto de lugares candidatos preestablecido, aquéllos que cumplen el óptimo de acuerdo con el objetivo de dicho modelo. En segundo lugar, las posibilidades de resolución de este tipo de modelos son muy variadas y las podemos clasificar en varios grupos:

A) Enumeración exhaustiva de todas las soluciones posibles. Ello sólo es viable en caso de un problema de tamaño reducido (un conjunto no muy grande de lugares candidatos y de instalaciones a localizar) en el que el número de soluciones a explorar no sea grande, pues en otro caso los cálculos serían inabordables. Para bastantes ejemplos es posible usar esta posibilidad, que es muy fácil de organizar usando, por ejemplo, una simple hoja de cálculo en un ordenador.

B) Técnicas matemáticas de programación. Otra posibilidad más potente es el uso de las capacidades de la programación lineal entera, que ahora es fácilmente asequible de diversas formas y que también permite resolver problemas relativamente grandes. En CARRIZOSA (2005) se puede encontrar una revisión detallada de la cuestión.

C) Algoritmos heurísticos y metaheurísticos. Por último otra posibilidad, para casos de problemas muy grandes y que no pueden ser resueltos, por el excesivo tiempo de cálculo que requerirían, es el empleo de algoritmos heurísticos que no conducen necesariamente a la solución óptima, aunque sí eventualmente. En general se trata de ejecutar una secuencia sistemática de cambios en una solución inicial provisional hasta alcanzar otra mejor, mediante búsqueda de tipo prueba y error. Se suele tratar de búsquedas "locales", porque se construyen a un espacio solución "próximo" al de la solución actual. Con ellos es factible abordar problemas de gran tamaño y en un tiempo de ejecución razonable. Las metaheurísticas, por su parte, aluden a algoritmos algo más complejos que desbordan la búsqueda local, en aras de lograr el óptimo global. También en este terreno existe una amplia variedad de desarrollos, uno de los más antiguos pero que sigue teniendo una importante calidad es el denominado algoritmo de intercambio (TEITZ & BART, 1968), que se describe con detalle en MORENO (2004). En esa misma referencia se discuten otros algoritmos heurísticos de resolución, con sus ventajas y sus inconvenientes. En la página WEB de *Library of Location Algorithms*<sup>4</sup> se puede encontrar una amplia lista de este tipo de algoritmos y las herramientas informáticas para su resolución. Otras panorámicas sintéticas recientes de estas técnicas algorítmicas se hallan en las obras de COLOMÉ (2002: 107-113) y SMITH & al. (2007: 345-354 y 369-379).

Los diversos procedimientos mencionados se pueden encontrar ya, más o menos elaborados, en herramientas informáticas asequibles con facilidad, por ejemplo, las hojas de cálculo (EXCEL y similares), facilitan obtener la enumeración exhaustiva de soluciones, incluso pueden incluir una rutina de programación lineal (el SOLVER de EXCEL, por ejemplo), que también es fácil de emplear para encontrar soluciones con esta técnica matemática para casos sencillos. Por otra parte, se cuenta con los denominados optimizadores matemáticos, del que un buen ejem-

<sup>4</sup> <http://www.mathematik.uni-kl.de/~lola/>

ple sería CPLEX y el lenguaje de modelado AMPL (CARRIZOSA, 2005; AMPL, s.f.). Todas estas técnicas son muy versátiles y con un poco de conocimiento y de experiencia se pueden usar para resolver los modelos más clásicos y también los propios que un usuario elabore.

Existen, además, diversos programas informáticos que resuelven algunos de los modelos antes comentados y otros similares: por ejemplo, en el libro de DASKIN (1995) se adjunta un programa informático SITATION que permite tratar un número importante de los modelos descritos en el citado texto (SITATION, 1995)<sup>5</sup>; otro ejemplo, mucho más amistoso, es el programa FLOWMAP que, junto a otras interesantes capacidades de análisis espacial, resuelve diferentes modelos de localización recibiendo los datos del formato SHP de ARC/VIEW. Este programa y sus posibles aplicaciones se describen en MORENO & BUZAI (2008).

Finalmente, otra posibilidad es partir de un SIG general y ampliar sus funciones para añadirle capacidades de resolución de modelos de localización-asignación obteniendo la información necesaria de la base de datos del SIG y empleando las funciones cartográficas y gráficas del SIG para elaborar mapas de resultados. En esta línea se puede mencionar el programa LOCALIZA, construido a partir de la versión IDRISI for WINDOWS de este conocido software SIG (BOSQUE & al., 2007; PALM, 2004) o las funciones de resolución de algunos modelos de localización que fueron añadidas en una de las últimas versiones del SIG ARC/INFO. Otra posibilidad en este sentido es la herramienta disponible en la página Web de Library of Location Algorithms (LoLA, s.f.), que permite conectar las herramientas de este sitio al programa ARC/VIEW.

El programa LOCALIZA ha sido elaborado dentro de la perspectiva de construir, a partir de un SIG, un verdadero sistema de ayuda a la decisión espacial en cuestiones de localización óptima de instalaciones. Este planteamiento es, consideramos, el futuro más prometedor del desarrollo de software para tratar los problemas de localización óptima (vid. BOSQUE & al., 2000).

Ahora bien, resuelto el modelo ¿qué resultados de interés arroja el análisis? En general, se suele obtener una serie de datos numéricos y gráficos, que permiten entender y valorar la solución al problema planteado; básicamente son los siguientes:

<sup>5</sup> [http://sitemaker.umich.edu/msdaskin/software#SITATION\\_Software](http://sitemaker.umich.edu/msdaskin/software#SITATION_Software) (consultado en agosto de 2010).

- A) Indicadores numéricos del grado de optimización alcanzado en el objetivo establecido, por ejemplo si se trataba de la eficiencia económica, el valor global de la distancia que toda la demanda debe recorrer para poder obtener el servicio/bien estudiado. También se obtienen valores de la variabilidad de esa magnitud (i. e. de la distancia entre cada punto de población y el centro de oferta más próximo) entre los distintos lugares donde reside la población, lo que permite valorar la justicia espacial de la solución encontrada. Un ejemplo se muestra en la tabla de la FIG. 1, donde la solución encontrada es más eficiente y más justa: supone un ahorro significativo para la administración y una situación más equitativa para los diversos profesores afectados.
- B) El mapa que muestra la ubicación de los lugares seleccionados por el modelo como solución óptima (FIG. 2).

FIG. 1/ Comparación de la situación real y un escenario óptimo para los Colegios Rurales Agrupados en Guadalajara

Indicador	Solución óptima Minisum	Situación actual
Costes totales (metros recorridos)	343.362 (6% menos que el actual)	362.167
Desviación típica de los desplazamientos de profesores (metros)	41.215 (6% menos que el actual)	43.472

Fuente: LUZ, 2004

## MINISUM: Cartografía de las instalaciones seleccionadas

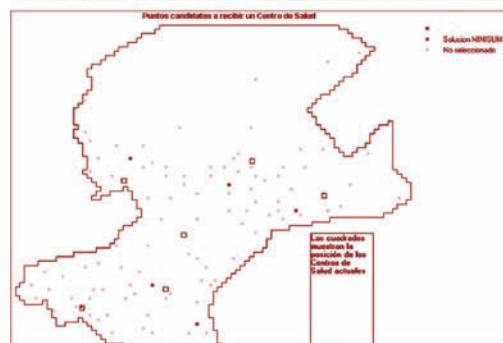


FIG. 2/ Ejemplo de solución Minisum de un problema obtenida con LOCALIZA

Fuente: Elaboración propia

C) El mapa de las áreas de servicio, indicando qué lugares de demanda son atendidos por cada equipamiento óptimo seleccionado por el modelo (FIG. 3).

### Mapa de la relación entre oferta y demanda: Mapa araña

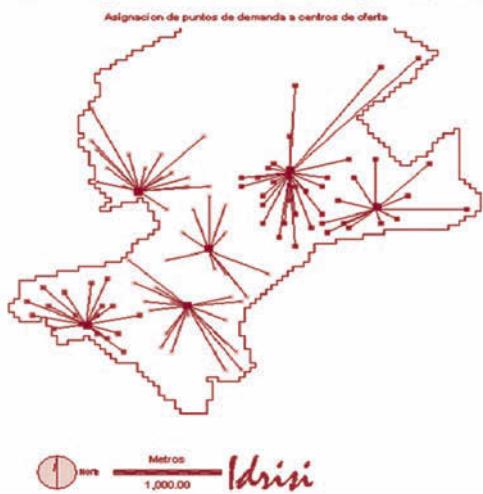


FIG. 3/ Ejemplo de mapa “araña” de áreas de servicio obtenido con LOCALIZA

Fuente: Elaboración propia

## 4. Aplicaciones de los modelos de localización en la planificación urbana y territorial de equipamientos

Con la finalidad de dar a conocer la contribución y utilidades de los MLO en el planeamiento, en los apartados siguientes se ha seleccionado y resumido un amplio número de trabajos ejemplares, relativos a una variada gama de servicios, de suerte que se valore la polivalencia de estas herramientas.

### 4.1. Equipamientos educativos

En este tipo de servicios las iniciativas para impulsar el uso de modelos de optimización espacial en labores de planificación son relativamente amplias y antiguas, habiéndose abordado así mismo los diversos niveles educativos. PITARCH (2000) ofrece una breve panorámica sobre aplicaciones en este campo.

En el nivel preescolar, FATFAT-VAN BOXEL & PEETERS (1982) trataron el caso de las guarderías infantiles en Sambreville (Bélgica), utilizando el modelo p-mediano. En enseñanza primaria, BAHRENBERG (1981) formuló un modelo de dispersión máxima de la oferta, que intentaba conseguir la máxima difusión territorial de los centros de primaria en ámbitos rurales en declive de la zona de Rotemburg/Wümme (Baja Sajonia, Alemania), sujeta a una serie de condiciones (entre ellas, un número mínimo de alumnos —umbral— y una distancia máxima a la escuela de 10 km). MORENO (1988) y MORENO & LÓPEZ (1989) por su parte, en sendos estudios sobre la parte N y SE de la Comunidad Autónoma de Madrid, abordaron una potencial reordenación territorial de los centros de enseñanza general básica (EGB). En el primero de ellos se utilizó el modelo p-mediano (para definir varios escenarios, posteriormente comparados mediante evaluación multicriterio), en el segundo se aplicó un total de seis conocidos modelos (FIG. 4), para comparar después las distintas soluciones alcanzadas mediante diversos indicadores de eficiencia y equidad espacial. LUZ (2004) investigó la organización espacial de la enseñanza primaria en una provincia de demanda escasa y dispersa (Guadalajara, España) para evaluar (mediante los modelos p-mediano y de cobertura máxima) en qué medida la distribución actual de los colegios rurales agrupados (CRA) padecía de baja eficiencia y también de desigualdad. Otras aplicaciones sobre enseñanza primaria se hallan en DEKEERSMAECKER & THOMAS (1982) para la ciudad de Etterbeek (Bélgica) y en BRUNO & ANDERSEN (1982) para el distrito Southern California (Estados Unidos) y BUZAI & BAXENDALE (2008) para Luján (Argentina).

En la enseñanza secundaria, HALL (1973) abordó un pionero y minucioso estudio para rediseñar las “high schools” en una parte de la ciudad de Chicago, para lo cual formuló un modelo de localización-asignación que buscaba minimizar los desplazamientos de los alumnos, pero a la vez incorporando restricciones alusivas a la capacidad de los centros y al equilibrio interracial (porcentaje de estudiantes negros y blancos). SUTCLIFFE & *al.* (1984) adoptaron la técnica de la programación por objetivos (“goal programming”), buscando optimizar con seis criterios (ponderados) las áreas de servicio para los centros de enseñanza secundaria en Reading (Berkshire, Reino Unido) y TEWARI & JENA (1987) estudiaron la ubicación óptima de los centros de enseñanza secundaria en el distrito Bellary del estado de Karnataka (India) mediante el modelo de cobertura máxima (dentro de un radio de 8 km).

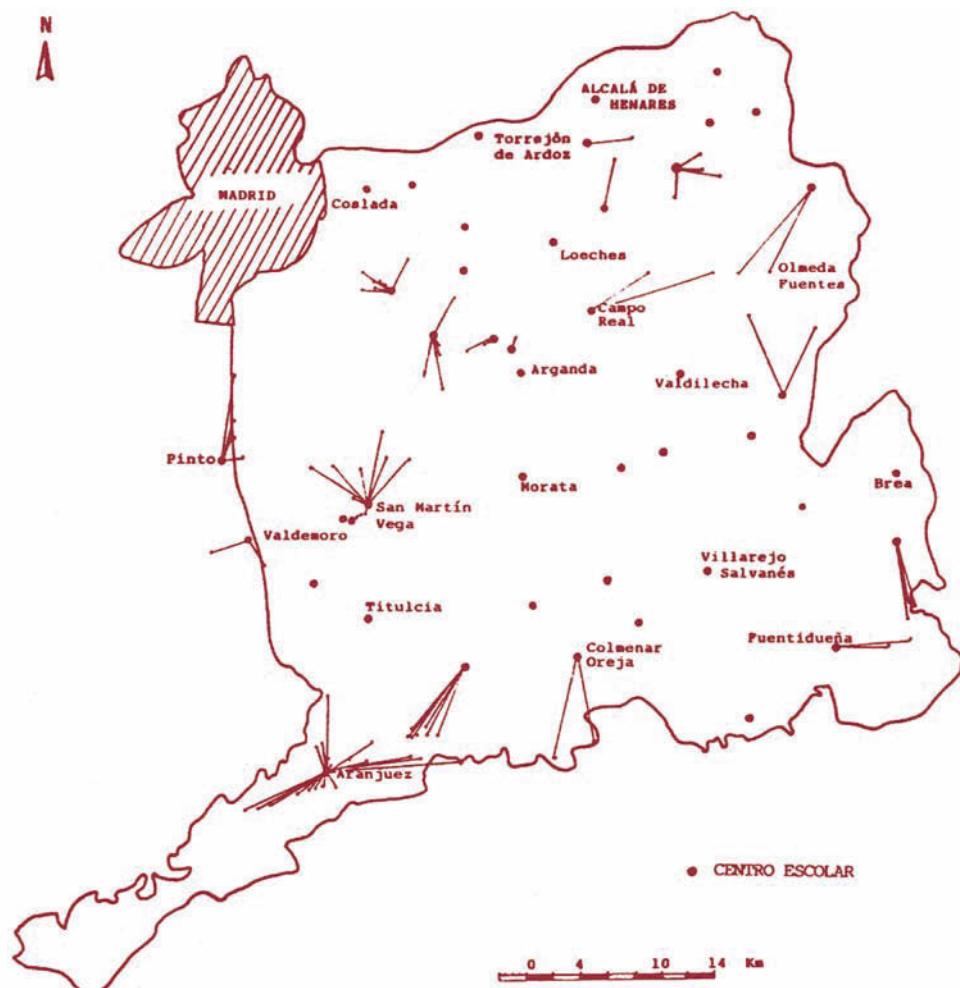


FIG 4/ Ejemplo de escenario que minimiza el número de centros de EGB, con cobertura dentro de 11 km y movilidad supralocal similar a la existente, para el SE de Madrid

Fuente: MORENO & LÓPEZ, 1989

En equipamientos universitarios cabe mencionar el trabajo de MORRILL & BEYERS (1991) quienes, tras identificar zonas metropolitanas infradotadas y demanda universitaria latente en el estado de Washington (EEUU), investigaron y determinaron la ubicación de dos nuevos campus, recurriendo al modelo p-mediano. Otra aplicación interesante es la de KOROGLU (1992) para proponer nuevas sedes universitarias en Turquía.

#### 4.2. Equipamientos de salud

La trascendencia social de este tipo de dotaciones explica que haya sido otro de los campos preferentes y antiguos (vid. FRIES, 1976) en el que se han focalizado los esfuerzos para

aplicar modelos de localización, de cara a ayudar a una toma de decisiones más acertada y rigurosa. Diversos autores han realizado revisiones panorámicas al respecto, mereciendo citarse a CLARKE & WILSON (1986), THOMAS (1992: 258-266) Y SERRA & RAMALHINHO (1998); se cuenta también con obras monográficas, tales como el número especial de la revista *Sistemi Urbani* (1986: 1) o el libro de SERRA (1999); el *International Journal of Health Geographics* (<http://www.ij-healthgeographics.com/>) publica frecuentes artículos en esta línea.

Hace ya años, FISHER & RUSHTON (1979) resumieron varios estudios de caso en países menos desarrollados (India e Indonesia), realizados usando modelos de localización-asignación, en

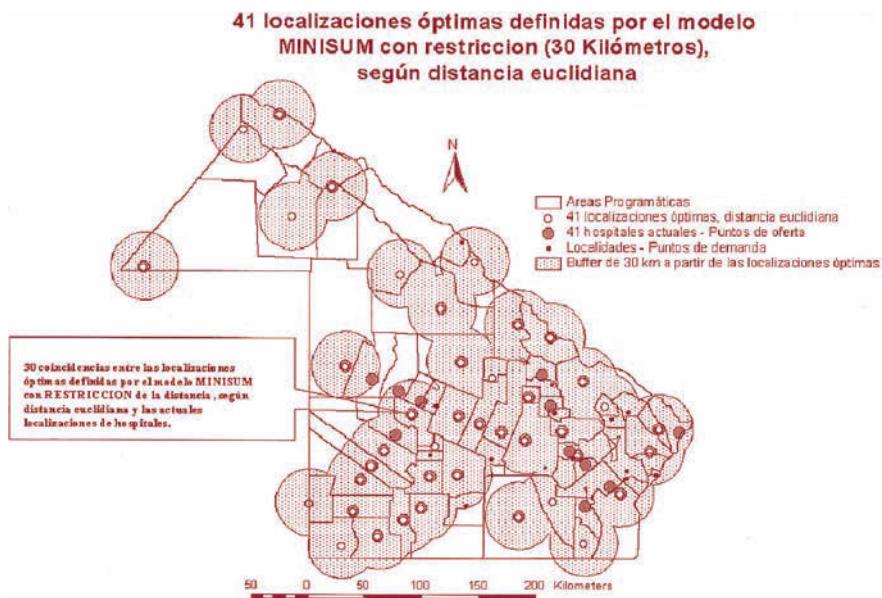


FIG. 5/ Posición óptima de los hospitales en El Chaco, Argentina

Fuente: RAMÍREZ, 2004

los que se contemplaron diversos servicios, entre ellos los de salud, de cara a proponer una regionalización funcional más eficiente en el marco de los planes para el desarrollo territorial. El ámbito igualmente regional, y para ordenación de hospitales sobre todo, se ha tratado en trabajos más recientes de RAMÍREZ (2002) sobre El Chaco, Argentina (FIG. 5), de MESSINA & *al.* (2006) sobre Michigan (EEUU) y de FUENZALIDA (2009) y FUENZALIDA & MORENO (2010) sobre la región de Valparaíso (Chile); en todos ellos se adoptó el modelo de cobertura máxima. PRAT & *al.* (2009) modelaron y evaluaron la accesibilidad espacial para la organización sanitaria territorial en Cataluña.

Las aplicaciones relevantes en el campo de la salud también conciernen al caso de servicios especializados concretos, con cuya distribución espacial se busca lograr el mejor acceso, eficiencia económica y efectividad de la prestación. En ese sentido cabe citar el trabajo de BACH & HOBERG (1985) quienes, en los albores de la difusión de los tomógrafos para el diagnóstico radiológico (TAC), propusieron un modelo de localización óptima, considerando costes de transporte y costes de operación, para su despliegue en la región de Baden-Württemberg (Alemania). En una línea similar, Ross & *al.* (1994) evaluaron la distribución espacial de los servicios de mamografía para la prevención del cáncer de mama en la parte este de Ontario (Canadá) y formularon pro-

puestas correctoras para las zonas infradotadas y más inaccesibles.

Un tipo de servicios especialmente sensibles, los de urgencia, fueron objeto de atención por parte de NEVEN (1982), en un estudio centrado sobre la provincia de Luxemburgo (Bélgica), que buscaba comparar la situación actual con la óptima; ésta fue definida con ayuda del modelo p-mediano. Por su parte, HALSETH & ROSENBERG (1991) trataron con el modelo de cobertura máxima la organización territorial del servicio de ambulancias en el área de Kingston (Ontario, Canadá),

SCHWEIKHART & SMITH-DANIELS (1993), diseñaron un modelo para dilucidar la localización de las instalaciones y el "mix" de servicios de salud (atención primaria y especialidades), de acuerdo con la estrategia de una organización privada, que buscaba minimizar costes y maximizar la cuota de mercado en un entorno competitivo.

En Polonia un grupo de investigadores han aplicado varios modelos de optimización espacial multiobjetivo al campo de los servicios de salud, usando un software allí desarrollado (DINAS). Entre tales trabajos cabe referir uno sobre reorganización de las áreas de salud (MALCZEWSKI & OGRYCZAK, 1988), considerando como objetivos la minimización de la distancia media de los desplazamientos de los pacientes a los hospitales (eficiencia), la minimización la distancia

máxima recorrida (equidad) y la homogeneización de las áreas de los diferentes servicios (simplicidad en gestión). En otro caso el problema versó sobre el incremento del número de hospitales pediátricos en Varsovia (MALCZEWSKI & OGRYCZAK, 1990), de acuerdo con cinco objetivos a optimizar (costes de viaje de la población, satisfacción de los usuarios, costes de inversión, costes de operación y polución en los emplazamientos elegibles).

#### 4.3. Equipamientos comerciales

Sin lugar a dudas, los equipamientos destinados a la distribución al por menor de bienes son otros de los que históricamente han concitado más interés de los investigadores, por lo que se cuenta con una amplia bibliografía y experiencia aplicada en diversos frentes: localización de establecimientos, delimitación de áreas de mercado, evaluación de la competencia espacial, conducta espacial de los consumidores, etc., que en conjunto suponen un riquísimo corpus teórico, metodológico y técnico, que cubre tanto la perspectiva de la ordenación urbano-territorial, como la puramente empresarial. Las contribuciones de los modelos matemáticos espaciales en estas parcelas se han revelado ya como decisivas para ayudar a una toma de decisiones más acertada, sin desdoro de las limitaciones, también conocidas, de los mismos.

En una época como la actual, en la que las estrategias empresariales son extraordinariamente competitivas, algunas instalaciones comerciales (o mixtas) son enormes y las implicaciones e impactos de la inserción de los comercios en el urbanismo y la economía urbana, en la conducta espacial y movilidad de los consumidores y en las infraestructuras de transporte (y por extensión en la sostenibilidad) son así mismo profundas, resulta evidente la necesidad de que la planificación espacial pública aborde el tema con los mejores instrumentos de diagnóstico y previsión.

Desde hace tiempo se cuenta con obras y manuales de referencia que identifican y sistematizan los planteamientos y métodos que incorporan sustantivamente modelos de localización comercial, tales como los de GHOSH & MCLAFFERTY (1987), FIELD & MACGREGOR (1987: 103-125), WRIGLEY (1988), ESPAÑA, MINISTERIO DE COMERCIO Y TURISMO (1995), MENDES & THEMIDO (2004) y CLIQUET (2006: 137-186). Remitimos a ellos, pues siguen siendo recomendables para el planificador, por exponer de manera formalizada muchas claves de la lógica

territorial del comercio, de suerte que puedan realizarse predicciones y simulaciones espaciales, bien definidas y con una sustentación sólida, en las tareas de formación de decisiones.

Entre las aplicaciones mencionaremos solo algunas para fines de ilustración. Hace ya años GOODCHILD & NORONHA (1987), tras la fusión de dos empresas de gasolineras en London (Canadá), abordaron la reordenación de la red para optimizarla. Tras estimar la demanda espacial (considerando la población y el tráfico), aplicaron un modelo de localización-asignación para simular diversos escenarios óptimos, según diferentes estrategias de marketing. BERRY & PARR (1988: 186-198) estudiaron el impacto previsible de un nuevo centro comercial en Chicago. Tras calibrar el modelo, se estimó el gasto que se captaría por el nuevo centro en cada subzona, en detrimento de los otros centros, y se predijo las nuevas áreas de mercado de forma probabilista (FIG. 6). CHASCO & VICÉNS (1998) resumen el trabajo desarrollado desde hace tiempo en la elaboración desde 1992 del *Atlas de áreas comerciales de España*, usando varios conocidos modelos, con los que se logra definir y cartografiar esos ámbitos funcionales que desvelan una organización del territorio de notable trascendencia. En su tesis doctoral, COLOMÉ (2002) ha investigado el caso de los supermercados en dos ámbitos urbanos (Milton Keynes, Reino Unido, y Barcelona, España), empleando modelos

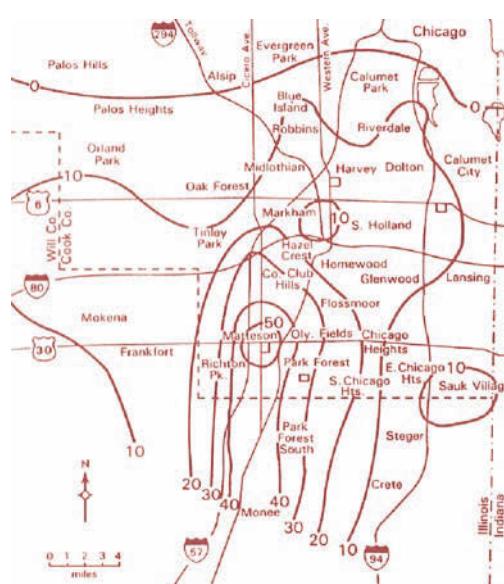


FIG. 6/ Tasas de penetración (%) en el mercado previstas para el nuevo centro Lincoln Mall, Chicago

Fuente: BERRY & PARR, 1988

predictivos (e.g. el conocido modelo multiplicativo de interacción competitiva) y otros de localización óptima orientados al problema de ubicar un nuevo establecimiento captando el máximo de demanda, en un entorno competitivo (modelo Maxcap, simple y con umbral mínimo de entrada en el mercado).

#### 4.4. Equipamientos culturales y deportivos

Aunque en menor grado, la planificación de este tipo de instalaciones ha sido eventualmente abordada mediante el concurso de modelos de optimización espacial. COLE & GATRELL (1986), por ejemplo, en un estudio sobre Salford (Greater Manchester County, Reino Unido), diagnosticaron primero la accesibilidad potencial de las bibliotecas (mediante un índice de tipo potencial y la distancia al equipamiento más cercano), para después valorar el esquema de localización de las mismas, incluyendo la propuesta del gobierno local de otra biblioteca nueva, en comparación con la distribución óptima generada con el modelo p-mediano. El resultado arrojó que la propuesta oficial coincidía con la óptima hallada por dicho modelo. MORENO (1992) analizó este mismo tipo de servicio en la ciudad de San Sebastián de los Reyes (Comunidad de Madrid), aplicando en esta ocasión un modelo que trataba de identificar la ubicación óptima de las nuevas bibliotecas, definida como la que maximizaba la accesibilidad de la población a las mismas (según un índice de potencial previamente calibrado).

El trabajo de ROBERTSON (1978) se singulariza, tanto por tratar un tipo de dotaciones urbanas polivalentes en Glasgow, los "recreation centres", con funciones deportivas, culturales, etc., como por considerar la dimensión jerárquica que a menudo poseen las dotaciones para la población, es decir, su estructuración en niveles de desigual grado de complejidad y funciones. Usando de nuevo el conocido criterio p-mediano, se generaron soluciones óptimas para dos niveles jerárquicos de centros, definiendo su localización y las áreas de servicio, así como explorando la secuencia temporal de construcción de los mismos bajo el principio de eficiencia (FIG. 7). Otras instalaciones con el mismo carácter de ocio y deporte, las piscinas públicas de la ciudad de London (Ontario, Canadá), fueron objeto de estudio por GOODCHILD & BOOTH (1980), de cara a identificar los lugares óptimos para dos nuevas, con un método empíricamente bastante bien sustentado.

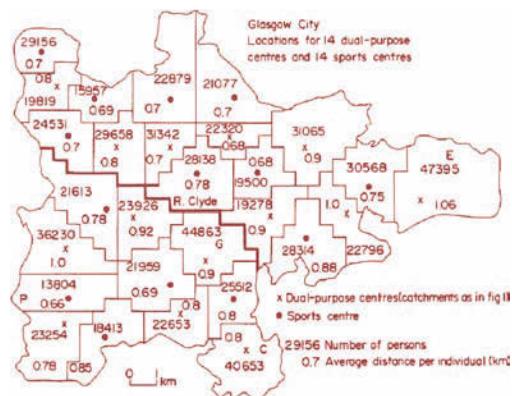


FIG. 7/ Escenario óptimo para 14 centros duales (ocio y deporte) y 14 centros deportivos simples en Glasgow

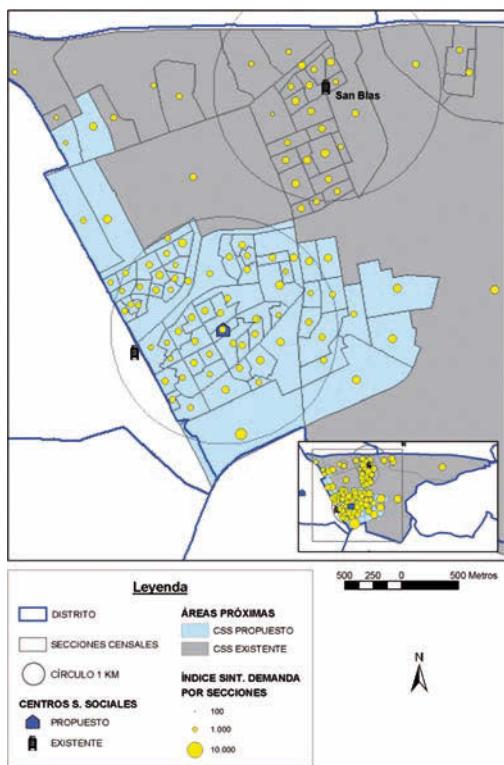
*Fuente:* ROBERTSON, 1978

#### 4.5. Equipamientos sociales

Los equipamientos de tipo social, aunque potencialmente idóneos para ser analizados y planificados con el concurso de modelos de localización, no han sido especialmente tratados por los investigadores. En todo caso existen también algunos trabajos ejemplares. MORENO (1999b), por ejemplo, aplicó dos modelos (el p-mediano y el de cobertura máxima) para dilucidar la mejor localización para un nuevo centro de ancianos en la ciudad de Alcobendas (provincia de Madrid), partiendo de la existencia de uno previo. El mismo autor (MORENO, 2003) analizó la dotación de centros de servicios sociales (CSS) por distritos en la ciudad de Madrid y, tras establecer las necesidades de nuevos centros por distritos (mediante un indicador de demanda) se propuso un incremento dotacional acorde con las mismas, según un criterio de equidad espacial, para luego proponer la ubicación óptima en cada distrito, usando para ello el modelo de cobertura máxima de la demanda potencial dentro de un km (FIG. 8).

#### 4.6. Equipamientos de seguridad, contra incendios y protección civil

Estas actividades prestan unos servicios, a menudo de carácter urgente, por lo que una acertada distribución espacial resulta crítica para lograr la máxima efectividad deseable. Por tal motivo, optimizar su despliegue territorial



rial constituye una prioridad para la salvaguardia de bienes y personas. Junto con la preocupación por la eficiencia, de cara a maximizar los logros en el acceso a los lugares con algún incidente o emergencia, cabe subrayar que también el principio de sostenibilidad (i. e. preservación de recursos valiosos y vidas) resulta significativo y ha de invocarse a la hora de planificarlos. Existen estudios desde hace tiempo sobre la localización de servicios de incendios, que aplican modelos de optimización. Puede mencionarse al respecto el de RICHARD (1982) sobre los servicios contra incendios en la provincia de Luxemburgo (Bélgica); el autor generó un amplio conjunto de escenarios, buscando, de acuerdo con las directrices legales, configurar grupos de municipios para una organización de dichos servicios. A tal fin se adoptó el modelo p-mediano y el supuesto de incrementos en el número de grupos (de 10 a 20), cada uno de los cuales tendría una sede central del servicio. COBES & COMPANYS (1991) han abordado otro caso de servicios de incendios en

una zona de Barcelona. En materia de servicios de seguridad, THOMAS (1991) esbozó un ensayo con el modelo p-mediano para comprobar la bondad de la división en unidades territoriales operativas de la gendarmería belga comparándola con la partición obtenida con dicho modelo. La detección de los desajustes permitiría propiciar medidas para corregirlos, en aras de mejorar la eficacia en el funcionamiento del servicio policial. En la definición de lugares refugio y rutas de evacuación urgente ante catástrofes cabe reseñar el reciente trabajo de ALÇADA-ALMEIDA & al. (2009b) sobre la ciudad de Coimbra (FIG. 9).

#### 4.7. Instalaciones y equipamientos indeseables

Junto con los anteriores tipos de dotaciones y servicios, en la ordenación del territorio se ha de afrontar también el reto de encontrar lugares que acojan a actividades que, siendo necesarias, generan un importante cúmulo

de externalidades negativas. Tales actividades conflictivas, por razones varias (imagen negativa, polución emitida, riesgo, degradación generada en el entorno, etc.), resultan de difícil ubicación, lo que supone un problema de gestión compleja por las administraciones públicas. Ese problema ha concitado la atención de no pocos investigadores desde los años setenta del siglo pasado, los cuales, con aproximaciones varias, han explorado la manera de formalizar el proceso de determinar localizaciones aceptables u óptimas para ese tipo de instalaciones. Junto con la conocida evaluación multicriterio, otra de las líneas metodológicas ensayadas para ayudar a las decisiones ha sido la de los MLO. Referencias más amplias y revisiones de las aplicaciones en ese campo se pueden hallar, entre otros, en MURRAY & *al.* (1998) y MORENO (2004: 80-85).

Frente a las contribuciones más antiguas que consideraban un objetivo simple y centrado en la reducción de las externalidades negativas, por ejemplo, minimizar la población expuesta, maximizar la distancia mínima, etc. (vid. MORENO, 1999a), las recientes aportaciones sobre el particular están adoptando un enfoque multiobjetivo, considerando un mayor número de aspectos y criterios a optimizar. Entre éstas cabe reseñar, como ejemplos representativos, las siguientes: MEDINA & CERDA (2008) han elaborado un modelo para la ubicación de plantas de tratamiento de residuos sólidos urbanos en el área metropolitana de Santiago (Chile). En el trabajo de ALÇADA-ALMEIDA & *al.* (2009a) se presenta una metodología para desarrollar análisis de localización de instalaciones indeseables, como los incineradores de materiales peligrosos. Ante el problematismo y conflictividad suscitados en Portugal para construir dos de tales instalaciones, elaboraron un modelo multiobjetivo que contempla estos criterios: minimizar los costes de inversión total, minimizar los costes totales de operación, minimizar el impacto total (medio por persona), minimizar el impacto medio máximo en las parroquias ("freguesias", divisiones administrativas intramunicipales) y minimizar el máximo impacto individual (FIG. 10). La difusión espacial de la polución atmosférica fue estimada con un modelo gaussiano. Como se aprecia, los principios de eficiencia y equidad están explícitamente incorporados en el modelo. Otro ejemplo es el caso de las plantas de tratamiento de residuos peligrosos en la región de Madrid, analizado por GÓMEZ (2004), la FIG. 11 muestra la solución obtenida.

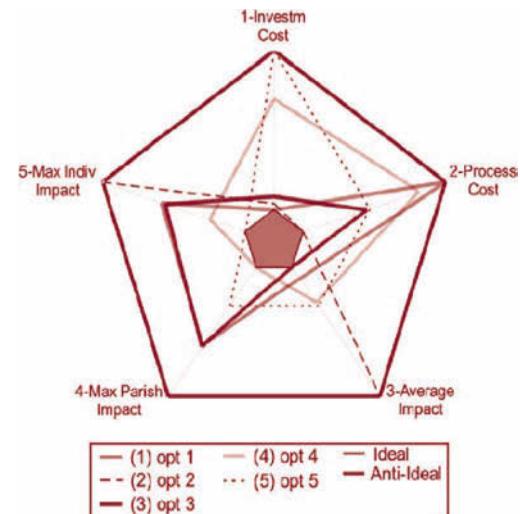


FIG. 10/ Diagrama mostrando los logros de cinco alternativas respecto a los valores mínimos ideales (pentágono gris interior) y a los máximos o peores (pentágono exterior), obtenidas con un modelo de optimización multiobjetivo

Fuente: ALÇADA-ALMEIDA & *al.*, 2009a

#### 4.8. Otros servicios

Las dotaciones que han merecido la atención de la comunidad, académica sobre todo, como campo de aplicación de los modelos de localización no se agotan con la relación previa, sino que también lo han sido algunos otros, y generalmente de forma bastante rigurosa. Así por ejemplo, la distribución espacial de los conocidos servicios de correos y sus oficinas fueron objeto de análisis en trabajos desarrollados hace años en el Institute de Géographie de la Université Catholique de Louvain (Louvain-la-Neuve, Bélgica). PERTOUNE y PEETERS (1980) investigaron la ubicación óptima de las oficinas de correos en Lieja, recurriendo al modelo p-mediano con restricción de distancia máxima, pero incorporando la particularidad de que la demanda fue ponderada según la frecuencia empírica de utilización del servicio. Por su parte, THOMAS (1986) abordó la organización espacial del servicio postal en Namur (Bélgica), mediante una amplia investigación en la que primero se analizó y modeló la conducta espacial de la demanda (estableciendo incluso segmentos en ella) y luego se acometió la determinación de las ubicaciones óptimas, tanto de las oficinas de correos, como de la central, recurriendo principalmente al modelo p-mediano, con y sin restricción de distancia máxima.

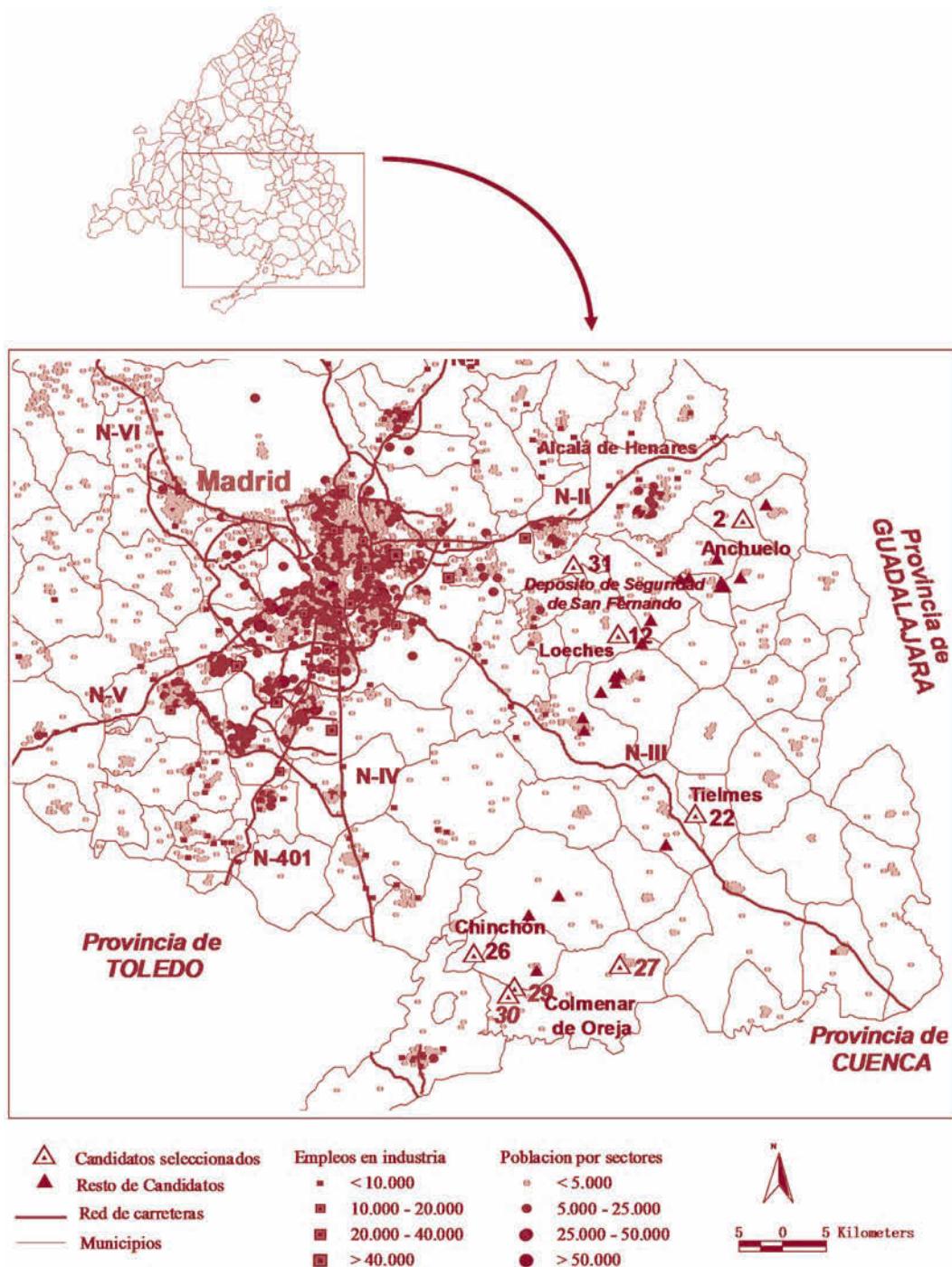


FIG. 11/ Soluciones con los modelos Maxsum y Minmaxsum para instalaciones no deseables en Madrid

Fuente: GÓMEZ, 2004

## 5. Consideraciones finales

Los esfuerzos de investigación metodológica versando sobre herramientas de ayuda a las decisiones territoriales han ido produciendo avances muy positivos en las últimas décadas, cuya transferencia a la práctica planificadora resulta insoslayable y prioritaria. En este artículo se ha tratado uno de esos frentes, atingente a los modelos de localización, en el que se han desarrollado técnicas de indudable potencia y herramientas informáticas eficaces y capaces de tratar problemas antaño inabordables.

Los MLO ofrecen unas excelentes potencialidades para generar escenarios ágilmente, lo que abre la puerta a explorar alternativas de manera flexible y bajo demanda de los decisores. En esencia, hacen posible formular diseños con criterios explícitos y controlables, facilitando, por ejemplo, la confrontación y evaluación de la situación real o de determinadas propuestas con los esquemas óptimos. Procede de advertir que, aunque no pocos de estos modelos en realidad usan solo uno o unos pocos criterios para determinar el óptimo (de manera, pues, algo simple), los hay también con capacidad multiobjetivo, y por tanto más completos y realistas.

En general, estas herramientas cuantitativas, ineludiblemente vinculadas a los SIG, ofrecen notorias ventajas, entre ellas: a) ponen a disposición del experto los recursos técnicos más

sobresalientes para elaborar los planes, b) generan un conocimiento más amplio, riguroso y de calidad, mejorando así la información a disposición de los agentes implicados en el proceso de planificación y, por ende, ayudando a acertar más en las decisiones, c) permiten controlar mejor el papel de los expertos, y d) pueden contribuir eficazmente a acercarse a un proceso de planificación más participativo, como hace tiempo se postuló sin ambages.

Naturalmente los MLO no están exentos de limitaciones y dificultades, entre ellas: son técnicas y tecnologías a veces de cierta complejidad, lo que obliga a formar recursos humanos en esa parcela; la comunicación de los expertos con los decisores precisará de una labor pedagógica explicativa para su correcta comprensión; los modelos siempre simplifican, por lo que, en muchos casos, deben usarse para identificar óptimos parciales y no entenderse como garantes indiscutibles de óptimos globales.

En todo caso, las muchas experiencias de aplicación ya existentes permiten recomendar inequívocamente la utilización de los mismos, siempre que sean pertinentes. Pero si aún ese aval no convenciese, podríamos preguntarnos: ¿admitiríamos, como pacientes, que los médicos no utilizasen las mejores herramientas para el diagnóstico, previsión y seguimiento de nuestras dolencias? La respuesta, obvia, no podría ser sino la misma... también para los problemas y decisiones territoriales y ambientales.

## 6. Bibliografía

- ALÇADA-ALMEIDA, L. & J. COUTINHO-RODRIGUES & J. CURRENT (2009a): "A multiobjective modeling approach to locating incinerators", *Socio-Economic Planning Sciences*, 43: 111-120.
- ALÇADA-ALMEIDA, L. & L. TRALHÃO & L. SANTOS & J. COUTINHO-RODRIGUES (2009b): "A multiobjective approach to locate emergency shelters and identify evacuation routes in urban areas", *Geographical Analysis*, 41 (1): 9-29.
- AMPL (s. f.): [wwwAMPL.com](http://wwwAMPL.com).
- BACH, L. & R. HOBERG (1985): "A planning model for regional systems of CT scanners", *Socio-Economic Planning Sciences*, 19 (3): 189-199.
- BAHRENBERG, G. (1981): "Providing an adequate social infrastructure in rural areas: an application of a maximal supply dispersion model to elementary school planning in Rotenburg/Wümme (FRG)", *Environment and Planning A*, 13: 1515-1527.
- BERRY, B. & J. PARR (1988): *Market centers and retail location*, Prentice Hall, Englewood Cliffs.
- BOSQUE SENDRA, J. (2004): "El uso de los SIG para localizar equipamientos e instalaciones", en J. BOSQUE SENDRA & A. MORENO JIMÉNEZ (coords.): 103-120, Editorial RA-MA, Madrid.
- BOSQUE SENDRA, J. & S. FRANCO MAASS (1995): "Modelos de localización-asignación y evaluación multicriterio para la localización de instalaciones no deseables", *Serie Geográfica*, 5: 97-114. [http://oaimadrono.cs.urjc.es/madrimasd/single\\_page.jsp?id=oai:dspace.uah.es:10017/1042&curr\\_entSession=917601778](http://oaimadrono.cs.urjc.es/madrimasd/single_page.jsp?id=oai:dspace.uah.es:10017/1042&curr_entSession=917601778).
- BOSQUE SENDRA, J. & M. GÓMEZ DELGADO & A. MORENO JIMÉNEZ & F. DAL POZZO (2000): "Hacia un sistema de ayuda a la decisión espacial para la localización de equipamientos", *Estudios Geográficos*, 241: 567-598. <http://www.geogra.uah.es/joaquin/pdf/SADE.LOCalizacion.pdf>
- BOSQUE SENDRA, J. & M. GÓMEZ DELGADO & F. PALM ROJAS (2006): "Un nuevo modelo para localizar instalaciones no deseables: ventajas derivadas de la integración de modelos de localización-asignación y SIG", *Cuadernos geográficos de la Universidad de Granada*, 39: 53-68. <http://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=2372290>
- BOSQUE SENDRA, J. & A. MORENO JIMÉNEZ (coords.) (2004): *Sistemas de información geográfica y localización de instalaciones y equipamientos*, RAMA, Madrid.

- BOSQUE SENDRA, J. & F. PALM & M. GÓMEZ (2007): "LOCALIZA: una herramienta SIG para resolver problemas de localización óptima", en *I Jornadas de SIG libre*, SIGTE, Girona, 16 p. <http://www.sigte.udg.es/jornadassiglibre2007/comun/2pdf/9.pdf>
- BRUNO, J. E. & P. ANDERSEN (1982): "Analytical methods for planning educational facilities in an era of declining enrollments", *Socio-Economic Planning Sciences*, 16 (3): 121-131.
- BUZAI, G. D. & C. A. BAXENDALE (2008): "Modelos de localización-asignación aplicados a servicios públicos urbanos: análisis espacial de escuelas EGB en la ciudad de Luján", en A. MORENO JIMÉNEZ & G. D. BUZAI (coords.): <http://www.gesiproeg.com.ar/documentos/libros/Moreno-Buzai-2008.rar>
- CARRIZOSA, E. (2005): "Algunas aportaciones de la investigación operativa a los problemas de localización", *GeoFocus (artículos)*, 5: 268-277. [http://geofocus.rediris.es/2005/Articulo14\\_2005.pdf](http://geofocus.rediris.es/2005/Articulo14_2005.pdf)
- CHASCO YRIGOYEN, C. & J. VICÉNS OTERO (1998): "Spatial interaction models applied to the design of retail trade areas", *38th Congress of the European Regional Science Association*. <http://ideas.repec.org/p/wiw/wiwsa/ersa98p81.html>
- CLARKE, M. & A. G. WILSON (1986): "Developments in planning models for health care policy analysis", en M. PACIONE (ed.): *Medical geography: progress and prospects*, Croom Helm, Beckenham: 248-283.
- CLIQUET, G. (ed.) (2006): *Geomarketing: Methods and strategies in spatial marketing*, ISTE, Newport Beach (CA).
- COBES, A. & R. COMPANYS (1991): "Modelo de localización de servicios de extinción de incendios", *Qüestió*, 15 (2): 199-210. <http://www.raco.cat/index.php/Questio/article/view/26578/26412>
- COLE, K. J. & A. C. GATRELL, (1986): "Public libraries in Salford: a geographical analysis of provision and access", *Environment and Planning A*, 18: 253-268.
- COLOMÉ PERALES, R. (2002): *Consumer choice in competitive location models*, Universitat Pompeu Fabra, Barcelona. [http://www.tdr.cesca.es/ESIS\\_UPF/AVAILABLE/TDX-0227103-135727/tr-cp1de1.pdf](http://www.tdr.cesca.es/ESIS_UPF/AVAILABLE/TDX-0227103-135727/tr-cp1de1.pdf)
- CROMPTON, J. & CH. LAMB (1986): *Marketing government and social services*. John Wiley & Sons, Nueva York.
- DASKIN, M. S. (1995): *Network and discrete location. Models, algorithms and applications*, John Wiley & Sons, Nueva York.
- DEKEERSMAEKER, M. L. & I. THOMAS (1982): "Un modèle de localisation des écoles primaires en milieu urbain: l'exemple d'Etterbeek (Belgique)", *Récherches Economiques de Louvain*, 48 (3-4): 283-300.
- DEVERTEUIL, G. (2001): "Reconsidering the legacy of urban public facility location theory in human geography", *Progress in Human Geography*, 24, 1: 47-69.
- ESPAÑA. MINISTERIO DE COMERCIO Y TURISMO (1995): *Ánálisis territorial del comercio minorista, viabilidad e impacto de la implantación de establecimientos minoristas (pautas para el pequeño comerciante)*, Dirección General de Comercio Interior, Madrid.
- FATFAT-VAN BOXEL, A. & D. PEETERS (1982): "Quelques propositions pour l'implantation d'un service communal de garde d'enfants de 0-3 ans à Sambreville (Belgique)", *Récherches Economiques de Louvain*, 48 (3-4): 265-281.
- FIELD, B. & B. MACGREGOR (1987): *Forecasting techniques for urban and regional planning*, Hutchinson, Londres.
- FISHER, H. B. & G. RUSHTON (1979): "Spatial efficiency of service locations and the regional development process", *Papers of the Regional Science Association*, 42: 83-97.
- FRIES, B. (1976): "Bibliography of operations research in health-care systems", *Operations Research*, 24 (5): 801-814.
- FUENZALIDA, M. A. (2009): *Análisis de desigualdades territoriales desde principios de equidad y eficiencia. Metodología y aplicación a la región de Valparaíso (Chile)*, Universidad Autónoma de Madrid, Madrid. [http://digitoool-uam.greendata.es/exlibris/dtl/d3\\_1/apache\\_media/21972.pdf](http://digitoool-uam.greendata.es/exlibris/dtl/d3_1/apache_media/21972.pdf)
- & A. MORENO JIMÉNEZ, A. (2010): "Diseño con SIG de la localización óptima de centros de atención primaria de salud, discriminando según estatus socioeconómico", *XIV Congreso Nacional de Tecnologías de la Información Geográfica*, Universidad de Sevilla y Grupo de Tecnologías de la Información Geográfica, 13 p.
- GHOSH, A. & S. L. MC LAFFERTY (1987): *Location strategies for retail and service firms*, Lexington Books, Lexington.
- GÓMEZ DELGADO, M. (2004): "Localización óptima de plantas de tratamiento de residuos peligrosos en la comunidad de Madrid", en J. BOSQUE SENDRA & A. MORENO JIMÉNEZ (coords): RA-MA, Madrid: 307-333.
- GOODCHILD, M. F. & P.J. BOOTH (1980): "Location and allocation of recreation facilities: public swimming pools in London, Ontario", *Ontario Geography*, 15: 35-51.
- GOODCHILD, M. F. & V. NORONHA (1987): "Location allocation and impulsive shopping: the case of gasoline retailing", en A. GHOSH & G. RUSHTON (eds.): *Spatial analysis and location-allocation models*, Van Nostrand Reinhold, Nueva York: 121-136.
- HALL, F. (1973): *Locational criteria for high schools*, Dep. of Geography, The University of Chicago, Chicago.
- HALSETH, G. & M. ROSENBERG (1991): "Locating emergency medical services in small town and rural settings", *Socio-Economic Planning Sciences*, 25 (4): 295-304.
- HERNÁNDEZ AJA, A. (dir.) (1997): *La ciudad de los ciudadanos*, Ministerio de Fomento, Dirección General de la Vivienda, la Arquitectura y el Urbanismo, Madrid.
- KNOX, P. (1987): "Collective consumption and socio-spatial change", en M. PACIONE (ed.): *Social geography. Progress and prospects*, Croom Helm, Londres: 164-200.
- KOROGLU, D. (1992): "Possible locations for new universities in Turkey", *Socio-Economic Planning Sciences*, 26 (1): 27-42.
- LEAL, J. & J. RIOS (1988): *Los espacios colectivos en la ciudad. Planificación de usos y servicios públicos*, MOPU-ITUR, Madrid.

- LUZ MEDEL, C. DE (2004): "El problema de las escuelas rurales en Guadalajara (España). Uso de los modelos de localización-asignación para tratar los colegios rurales agrupados", en J. BOSQUE SENDRA & A. MORENO JIMÉNEZ (coords.): *Sistemas de información geográfica y localización de instalaciones y equipamientos*, RA-MA, Madrid: 247-278.
- MALCZEWSKI, J. & W. OGRYCZAK (1990): "An interactive approach to the central facility location problem: Pediatric hospitals in Warsaw", *Geographical Anal.*, 22: 244-258.
- MALCZEWSKI, J. & W. OGRYCZAK (1988): "A Multi-objective Approach to the Reorganization of Health Services Areas: A Case Study", *Environment and Planning, A*, 20: 1461-1470.
- MASSAM, B. (1975): *Location and space in social administration*, Edward Arnold, Londres.
- (1993): *The right place. Shared responsibility and the location of public facilities*, Longman, Harlow.
- MEDINA TAPIA, M. & J. CERDA TRONCOSO (2008): "Modelo de localización óptima de actividades no deseables aplicado a los residuos sólidos de la región metropolitana", *Ingeniare, Revista Chilena de Ingeniería*, 16 (2): 211-219.
- MENDES, A. B. & I. H. THEMIDO (2004): "Multi-outlet retail site location assessment", *International Transactions in Operational Research*, 11: 1-18.
- MESSINA, J. P. & A. M. SHORTRIDGE & R. E. GROOP & P. VARNAKOVIDA & M. J. FINN (2006): "Evaluating Michigan's community hospital access: spatial methods for decision support", *International Journal of Health Geographics*, 5 (42). <http://www.ij-healthgeographics.com/content/5/1/42>
- MORENO JIMÉNEZ, A. (1988): "Una metodología de planificación de equipamientos educativos en medio rural: aplicación al nordeste de la Comunidad de Madrid", *Ciudad y Territorio*, 75: 119-129.
- (1991): "Una panorámica de las perspectivas teóricas sobre los servicios colectivos", *Boletín de la Asociación de Geógrafos Españoles*, 12: 33-58. <http://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=1317531>
- (1992): "Los sistemas de información geográfica en la planificación de servicios municipales", *1º Congreso. Los sistemas de información geográfica en la gestión territorial, AESIGYT*, Madrid: 377-391.
- (1993): "Evaluación de políticas y gestión de servicios locales con sistemas de información geográfica", *Tecnimap-93, III Jornadas sobre Tecnologías de la Información para la Modernización de las Administraciones Públicas*, vol. I: 379-388. MAP, etc., Granada.
- (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. <http://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=1318497>
- (1999a): "En busca de la localización óptima para instalaciones perjudiciales: propuesta de modelos y resolución con SIG", *Boletín de la AGE*, 27: 99-116. <http://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=1319316>
- (1999b): "La información y el análisis geodemográfico al servicio de la planificación de servicios para la población mayor", en A. MORENO & N. GÓMEZ & C. VÁZQUEZ: Madrid, Instituto de Estadística de la Comunidad de Madrid: 163-188. [http://www.madrid.org/iestadis/gazeta/publicaciones/mono\\_t4no.htm](http://www.madrid.org/iestadis/gazeta/publicaciones/mono_t4no.htm)
- (dir.) (2003): *La distribución geográfica de los centros de servicios sociales en el municipio de Madrid: diagnóstico y recomendaciones*, UAM, Madrid (políptico).
- (2004): "Modelos de localización óptima de instalaciones y equipamientos", en J. BOSQUE SENDRA & A. MORENO JIMÉNEZ (coord.): RA-MA, Madrid: 147-198.
- (2008): "Los servicios colectivos y el desarrollo territorial: una reconsideración conceptual y metodológica actual", en A. MORENO JIMÉNEZ & G. D. BUZAI (coord.): Universidad Autónoma de Madrid y Universidad Nacional de Luján, Madrid: 5-22. <http://www.gesig-proeg.com.ar/documentos/libros/Moreno-Buzai-2008.rar>
- MORENO JIMÉNEZ, A. & G. D. BUZAI (coords.) (2008): *Análisis y planificación de servicios colectivos con sistemas de información geográfica*, UAM-UNLU, Madrid: 158 p. <http://www.gesig-proeg.com.ar/documentos/libros/Moreno-Buzai-2008.rar>
- MORENO JIMÉNEZ, A. & N. GÓMEZ & C. VÁZQUEZ (2008): *Población y espacio en la Comunidad de Madrid. Análisis y aplicaciones a nivel microgeográfico*, Madrid, Instituto de Estadística de la Comunidad de Madrid. [http://www.madrid.org/iestadis/gazeta/publicaciones/mono\\_t4no.htm](http://www.madrid.org/iestadis/gazeta/publicaciones/mono_t4no.htm)
- MORENO JIMÉNEZ, A. & M. A. LÓPEZ DE LOS MOZOS (1989): "Organización espacial del sistema de centros de enseñanza general básica en el sureste de Madrid. Un análisis comparativo de modelos de localización-asignación", *Revista de Educación*, 290: 407-442.
- MORENO JIMÉNEZ, A. & J. VINUESA ANGULO (2009): "Desequilibrios y reequilibrios intrametropolitanos: principios de evaluación y metodología de análisis", *Ciudad y Territorio Estudios Territoriales*, LXI, 160: 233-262.
- MORRILL, R. & W. BEYERS (1991): "Locating branch campuses for the University of Washington", *Journal of Geography in Higher Education*, 15 (2): 161-171.
- MURRAY, A. T. & R. L. CHURCH & R. A. GERRARD & W. S. TSUI (1998): "Impact models for siting undesirable facilities", *Papers in Regional Science: The Journal of the RSAI*, 77 (1): 19-36.
- NEVEN, D. (1982): "La localisation des services d'urgence dans la province de Luxembourg", *Recherches Economiques de Louvain*, 48 (3-4): 247-264.
- OWEN, S. H. & M. S. DASKIN (1998): "Strategic facility location: A review", *European Journal of Operational Research*, 111 (3): 423-447.
- PALM, F. (2004): "La estructura general del programa LOCALIZA", en J. BOSQUE SENDRA & A. MORENO JIMÉNEZ (coords.): *Sistemas de información geográfica y localización de instalaciones y equipamientos*, RA-MA, Madrid: 123-152.

- PARTOUNE, CH. & D. PEETERS (1980): "Un modèle de localisation des bureaux de poste", *Annales d'Economie Publique, Sociale et Coopérative*, 68 (1-2): 53-68.
- PINCH, S. (1985): *Cities and services. The geography of collective consumption*, Routledge and Kegan Paul, Londres.
- PITARCH GARRIDO, M. D. (2000): "Los modelos de planificación espacial de los servicios públicos. El caso de los servicios educativos", *Cuadernos de Geografía*, 67-68: 119-136. [http://www.uv.es/cuadernosgeo/CG67\\_68\\_119\\_136.pdf](http://www.uv.es/cuadernosgeo/CG67_68_119_136.pdf)
- PRAT, E. & L. PESQUER & M. OLIVET & J. ALOY & J. FUSTE & X. PONS (2009): "Metodología para el análisis de accesibilidad a los recursos sanitarios: el caso de Cataluña", *GeoFocus (Artículos)*, 9: 250-269. [http://geofocus.rediris.es/2009/Articulo12\\_2009.pdf](http://geofocus.rediris.es/2009/Articulo12_2009.pdf)
- RAMÍREZ, L. (2002): "¿Dónde localizar hospitales públicos? Las nuevas tecnologías —SIG— como herramientas de apoyo a la planificación territorial. Un caso de estudio aplicado a la provincia del Chaco-Argentina", *Serie Geográfica*, 10: 21 130. <http://www.geogra.uah.es/inicio/revista/pdfrevista10/OK-08-Revista-Articulo-Liliana%20Hospitales-Argentina%20-121%20a%20130.pdf>
- (2004): "Localización de equipamientos deseables. Los hospitales de la provincia de Chaco (Argentina)", en J. BOSQUE SENDRA & A. MORENO JIMÉNEZ (eds.): *Sistemas de información geográfica y localización de instalaciones y equipamientos*, RA-MA, Madrid: 207-245.
- RICHARD, D. (1982): "La localisation des services d'incendie dans la province de Luxembourg: un rapport préliminaire", *Recherches Economiques de Louvain*, 48 (3-4): 219-246.
- ROBERTSON, I. M. L. (1978): "Planning the location of recreation centres in an urban area: a case study of Glasgow", *Regional Studies*, 12: 419-427.
- ROSS, N. & M. ROSENBERG & D. PROSS (1994): "Siting a women's health facility: a location-allocation study of breast cancer screening services in Eastern Ontario", *The Canadian Geographer-Le Géographe Canadien*, 38 (2): 150-161.
- SERRA, D. (1999): *Métodos cuantitativos para la toma de decisiones, con aplicaciones en el ámbito sanitario*, Documenta, Fundación BBV, Madrid.
- & H. RAMALHINHO (1998): "La contribución de la investigación operativa a la mejora de la eficiencia en el ámbito sanitario", *Papeles de Economía*, 76: 216-227.
- SMITH, M. DE & M. GOODCHILD & P. LONGLEY (2007): *Geospatial analysis. A comprehensive guide to principles, techniques and software tools*, 2.ª ed., Matador, Leicester.
- SCHWEIKHART, S. B. & V. L. SMITH-DANIELS (1993): "Location and service mix decisions for a managed health care network", *Socio-Economic Planning Sciences*, 27 (4): 289-302.
- SUTCLIFFE, CH. & J. BOARD & P. CHESHIRE (1984): "Goal programming and allocating children to secondary schools in Reading", *Journal of the Operational Research Society*, 35 (8): 719-730.
- TEITZ, M. & P. BART (1968): "Heuristic methods for estimating the generalized vertex median of a weighted graph", *Operations Research*, 16: 955-961.
- TEWARI, V. K. & S. JENA (1987): "High schools decision making in rural India and location-allocation models", en A. GHOSH & G. RUSHTON (eds.): *Spatial analysis and location-allocation models*, Van Nostrand Reinhold, Nueva York: 137-162.
- THOMAS, I. (1986): *La localisation optimale des services publics. Une méthode opérationnelle et son application au service postal*, Librairie-Editeur, Louvain-la-Neuve, Cabay.
- (1991): "Science régionale et aide à la décision en matière de gestion policière", *Revue d'Economie Régionale et Urbaine*, 1: 7-22.
- THOMAS, R. (1992): *Geomedical systems: Intervention and control*, Routledge, Londres.
- WRIGLEY, N. (ed.) (1988): *Store choice, store location and market analysis*, Routledge, Londres.

# Instrumentos de simulación prospectiva del crecimiento urbano

F. AGUILERA BENAVENTE (1) & M. GÓMEZ DELGADO (2)  
& C. C. CANTERGIANI (2)

(1) Laboratorio de planificación ambiental, Universidad de Granada  
(2) Departamento de Geografía, Universidad de Alcalá

**RESUMEN:** En este artículo se presentan los modelos de simulación del crecimiento urbano como un instrumento útil para el proceso de planificación a través de la generación de simulaciones prospectivas y de escenarios futuros. Para ello se presentará una visión amplia acerca de algunos de los instrumentos de modelación existentes y su aplicabilidad en el contexto de diversos escenarios futuros aplicables en el estudio de las dinámicas del crecimiento urbano. Con especial detalle se presentarán los modelos basados en autómatas celulares (AC) y en multiagentes, como instrumentos para explorar la evolución del crecimiento en diferentes escenarios *posibles*, así como las técnicas de evaluación multicriterio (EMC), adecuadas para la definición de escenarios normativos o *deseables* que inspiren y guíen el proceso planificador.

**DESCRIPTORES:** Modelos de simulación prospectivos. Crecimiento urbano. Autómatas celulares. Técnicas de evaluación multicriterio.

## 1. Introducción: los modelos de simulación en las cuestiones urbanas

Los modelos de simulación en el campo del estudio de procesos y dinámicas urbanas son un instrumento de aplicación relativamente reciente (WEGENER, 1994), aunque su surgimiento se pueda ubicar allá por los años cincuenta (BATTY, 2005). No obstante los fundamentos teóricos sobre los que se asientan los modelos de simulación urbana pueden situarse aún más atrás en el tiempo, en trabajos como la teoría de los lugares centrales de Christaller y las modificaciones de Lösch, que comenzarían a influir de forma di-

recta o indirecta en el estudio de los cambios en los usos del suelo, así como en la búsqueda de patrones o tendencias en los mismos (BRIASSOULIS, 2000).

A lo largo de este período y hasta nuestros días, el enfoque con el que los modelos de simulación se han empleado en el ámbito de la planificación y en el estudio de las cuestiones urbanas, no ha sido el mismo, como de hecho tampoco lo es en las diferentes aproximaciones y trabajos que se realizan hoy en día.

A modo de ejemplo, y como brevíssimo recorrido histórico, se puede señalar que en los años sesenta se depositaron grandes esperanzas

Recibido: 07.09.2010; Revisado: 28.09.2010  
e-mail: franab@ugr.es

Los autores agradecen a los evaluadores anónimos sus comentarios para la mejora del presente trabajo.  
Trabajo realizado en el marco del proyecto de I+D+i:

*SIMURBAN: Análisis y simulación prospectiva mediante TIG del crecimiento urbano actual. Evaluación de su sostenibilidad*, financiado por el Ministerio de Educación y Ciencia (referencia SEJ2007-66608-C04-00/GEOG).

en el desarrollo de los denominados *modelos de gran escala* para la planificación de los usos del suelo y del transporte. De este período destacan algunos modelos como los modelos gravitacionales, que fueron los primeros de estructura espacial urbana empleados (REIF, 1973), y especialmente el de Lowry, uno de los modelos más destacados en el contexto de la planificación de los usos del suelo, aplicado a la ciudad de Pittsburg (Estados Unidos). En el contexto del planeamiento racionalista dominante en el mundo anglosajón, se esperaba por parte de estos modelos la respuesta a los grandes problemas urbanos del momento: ubicación de zonas de actividad industrial, localización de empleos y áreas residenciales empleando instrumentos de zonificación, como si de la solución a una ecuación se tratase.

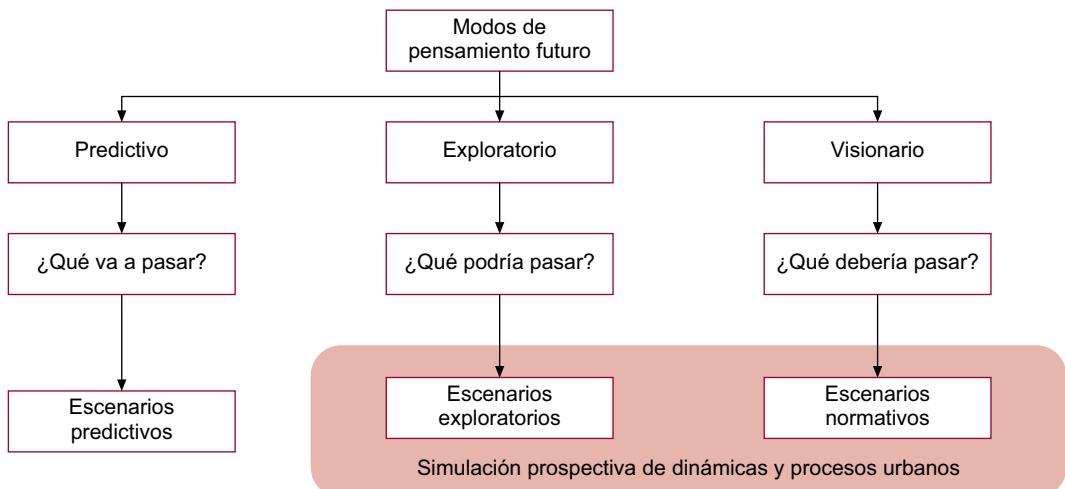
No obstante, pocos años después, muchas de las esperanzas de solución de los problemas urbanos a través del empleo de los modelos, terminaron frustradas con la crisis de dichos modelos en los años setenta, tras el conocido *“Requiem”* otorgado por Lee en 1973, en el que entre otros aspectos se criticaba sus elevados costes, elevada complejidad (que los convertía en cajas negras que no ayudaban a entender mejor las dinámicas urbanas) o el ultrarracionalismo de sus premisas. A pesar de que ese documento fue contestado por otros investigadores, no sería hasta los años noventa, con el gran impulso experimentado por la informática (BATTY, 1994) y los SIG (BOSQUE SENDRA, 1997) y los extraordinarios desarrollos de las áreas urbanas (FONT, 2004; EEA, 2006) cuando se vuelve a poner el foco en la simulación de procesos urbanos, generando una “nueva ola” de la simulación urbana (BENENSON & TORRENS, 2004). Este nuevo período de la simulación urbana, en el que la producción científica ha sido extraordinariamente prolífica (BATTY, 2005), debe caracterizarse en cualquier caso por un enfoque diferente al empleado en los años sesenta y setenta, que tantas críticas había suscitado. En este sentido, la diferencia debe radicar en que en el contexto actual los modelos de simulación no se deben entender como los instrumentos *definitivos* que decidirán por los planificadores cómo solucionar los problemas urbanos (BLECIC & CECCHINI, 2007) ni tampoco como *bolas de cristal* para predecir el futuro. Por el contrario, se deben entender como instrumentos que pueden ayudar a explorar diferentes posibilidades o escenarios de evolución de las dinámicas urbanas (crecimiento urbano por ejemplo), de acuerdo con las tendencias actuales del pensamiento prospectivo (BERDOULAY, 2009).

Este nuevo enfoque de la simulación urbana, al que podemos denominar de manera genérica *simulación prospectiva*, tendría como objetivo la generación de imágenes futuras *posibles* y/o *deseable/no deseables* que constituyan una importante herramienta de soporte a la planificación de estos ámbitos, ayudando a mostrar posibles consecuencias de tendencias, metas deseables a alcanzar, cambios necesarios para alcanzar determinados objetivos, generando imágenes diversas que faciliten una planificación más participativa, etc.

## 2. La simulación prospectiva del crecimiento urbano: imaginando el futuro a través del empleo de escenarios

Los modelos de simulación en lo que se ha denominado como *simulación prospectiva*, suelen emplearse de forma conjunta con el diseño de *escenarios*, entendidos estos como “*imágenes hipotéticas del futuro, lógicas y plausibles, formuladas para mostrar posibles situaciones consecuencia de procesos causales o de toma de decisiones*” (SCHWARTZ, 1991; CARSJENS, 2009). De acuerdo con diversos trabajos en el ámbito de los *Future Studies* (MARIEN, 2002; BORJERSON & al., 2006; CARSJENS, 2009) los futuros representados o imaginados a través de escenarios suelen corresponderse generalmente con situaciones *probables*, *posibles* o *deseables*, que dan lugar a diversos modos de pensar el futuro. Así, se puede pensar el futuro tratando de dar respuesta a preguntas del tipo *¿qué pasará?*, a preguntas como *¿qué puede pasar?* o *¿qué debería pasar?* En relación con ellas, se pueden identificar tres formas o modos principales de pensamiento futuro:

- **El pensamiento predictivo del futuro** intenta mostrar *lo que pasará* en un futuro, generalmente de carácter cercano, a través de la indagación de las posibilidades de evolución **más probables**. Por tanto, pone el énfasis en mostrar unos resultados que se correspondan lo mejor posible a la realidad, y por tanto en su validez.
- **El pensamiento exploratorio** está caracterizado por tratar de mostrar situaciones posibles de evolución futura basadas en la ocurrencia/ausencia de determinados eventos o decisiones tomadas. Por ello pone el énfasis en mostrar diversos contextos futuros y en estar preparados para tomar las decisiones más adecuadas en cada uno de ellos.

FIG. 1/ **Tipos de escenarios según Björner, y modos de pensamiento futuro**

Fuente: BJORJERSON &amp; al., 2006

- **El pensamiento normativo** trata por su parte de imaginar futuros “deseables” de acuerdo con un conjunto de diversos criterios. En este sentido, el énfasis reside en el establecimiento de parámetros deseables y en la forma de alcanzarlos.

Estos modos de pensamiento futuro, pueden constituir la base para el establecimiento de una clasificación de los diferentes escenarios, como la propuesta por BJORJERSON & al., (2006) (FIG. 1), en la que destacan los siguientes tipos:

- **Los escenarios predictivos**, que se mueven en el campo del pensamiento futuro de lo probable, tienen como objetivo predecir lo que es probable que suceda en un plazo de tiempo generalmente corto. Aunque estos escenarios se han empleado con profusión en disciplinas como las ciencias naturales, la economía o la demografía, en el contexto del crecimiento urbano su aplicación es hoy en día discutible (SCHWARTZ, 1991; BERDOULAY, 2009), dada la dificultad (o incluso imposibilidad) de predecir fenómenos de carácter tan complejo como los procesos urbanos (BLECIC & CECCHINI, 2007). Por ello, se entiende que estos escenarios no sean los más adecuados para su aplicación en el ámbito de la simulación prospectiva del crecimiento urbano.

Por el contrario, los otros dos tipos de escenarios sí tienen un encaje más adecuado en el pensamiento prospectivo, tratando de reflejar tanto futuros posibles (escenarios exploratorios) como deseables (escenarios normativos) de los crecimientos urbanos.

- **Los escenarios exploratorios**, en este ámbito, muestran *diversas evoluciones posibles* de los crecimientos, generalmente en una escala temporal del medio plazo, en función del comportamiento futuro de un conjunto de factores. A través de este tipo de escenarios, la *simulación prospectiva* puede explorar tanto las consecuencias de posibles decisiones tomadas en el proceso planificador, como de diferentes contextos socioeconómicos, facilitando el proceso de toma de decisiones y fomentando la discusión con los agentes implicados en el proceso planificador (BERDOULAY, 2009).
- **Los escenarios normativos** por su parte, permiten discutir e imaginar las metas deseables para el crecimiento urbano, así como de los instrumentos y criterios necesarios para poder alcanzarlas. A través del empleo de estos escenarios la simulación prospectiva también podría indagar sobre las formas, patrones e intensidades óptimos del crecimiento urbano, así como sobre los cambios necesarios para poder alcanzar dichas metas deseables.

### 3. Modelos para la simulación prospectiva del crecimiento urbano

Además de los escenarios, el instrumento fundamental de la simulación prospectiva está constituido por los modelos de simulación. La cantidad de instrumentos de modelización desarrollados a lo largo de todo el período de

simulación urbana es extraordinaria, empleando además metodologías de lo más diverso. Es por ello que para abordar el estudio de los modelos de simulación se han generado múltiples clasificaciones de los instrumentos existentes, atendiendo a criterios dispares. Así, para BRIASSOULIS (2000) algunos de estos criterios pueden ser la escala, el nivel de desagregación espacial, los tipos de categorías de ocupación urbana empleados, etc. Otros autores como PAEGELOW & CAMACHO (2008) apuestan por clasificaciones atendiendo a criterios metodológicos, distinguiendo fundamentalmente entre las técnicas de modelización, como pueden ser los modelos estocásticos, de inteligencia artificial, de lógica borrosa, etc.

No obstante, de acuerdo con los modos del pensamiento exploratorio y normativo de los que se sirve la *simulación prospectiva*, y sin pretender ni mucho menos realizar una clasificación exhaustiva, algunos de los principales modelos de simulación del crecimiento urbano se pueden presentar agrupados en dos grupos principales: aquellos de una mayor aplicabilidad para la simulación de *escenarios exploratorios* como pueden ser los modelos basados en autómatas celulares o basados en agentes; y aquellos de mayor aplicabilidad en la simulación de *escenarios normativos*, como son la EMC y la lógica borrosa. No obstante, esta división no supone que los diferentes modelos presentados tengan utilidad exclusiva para la simulación de escenarios de un único tipo, sino que es posible emplearlos en la simula-

ción de ambos, aunque sus principales características (flexibilidad, tipo de medio real o virtual, etc.) sí que los harán más idóneos para la simulación de uno u otro tipo (FIG. 2).

De todos los modelos presentados, a continuación se analizarán con mayor detalle aquellos de mayor aplicación y desarrollo en los últimos años en el ámbito de la simulación del crecimiento urbano (BENENSON & TORRENS, 2004; BATTY, 2005). Se trata de los modelos basados en autómatas celulares (AC), Modelos basados en agentes (ABM) y técnicas de EMC.

### 3.1. Modelos para la simulación de escenarios exploratorios de crecimiento urbano (I): los autómatas celulares

Los modelos basados en AC, han sido ampliamente discutidos en los últimos años como un instrumento adecuado para la representación y simulación espacial de crecimientos urbanos (WHITE & al., 1997; WHITE & ENGELEN, 2000; BARREDO & al., 2003; AGUILERA, 2008; LI & al., 2008; PETROV & al., 2009), aunque no se trata de una herramienta nueva. En concreto, los AC como herramienta matemática vieron la luz en los años cuarenta, de la mano de los matemáticos John von Neuman y Stanislaw Ulam, aunque la idea de AC pertenece a Alan Turing y su máquina universal (O'SULLIVAN & TORRENS, 2000). Se pueden definir como un sis-

FIG. 2/ Diferentes modelos para la simulación prospectiva del crecimiento urbano

Escenarios	Modelo	Características principales
Escenarios exploratorios	Autómatas celulares	Definidos generalmente en una malla raster, los modelos basados en AC permiten simular el crecimiento urbano en los diferentes píxeles a partir del efecto de atracción/repulsión ejercido por los píxeles en su vecindad. Son capaces de generar estructuras complejas y representar dinámicas urbanas.
	Modelos basados en agentes	Consideran el comportamiento de los agentes involucrados en los procesos de crecimiento urbano (a partir de un estado inicial dado), además de las relaciones entre los agentes, y entre ellos y su medio. La configuración espacial cambia de acuerdo a las interacciones entre los elementos del sistema de manera continua. Sostiene que el comportamiento a nivel individual genera un patrón espacial a nivel agregado, cuya suposición es válida para análisis de dinámica urbana.
Escenarios normativos	Evaluación multicriterio	Utilizados habitualmente para determinar la capacidad de acogida del territorio para nuevos desarrollos urbanos. Permite combinar la aptitud o vocación del territorio para ese uso, así como el impacto que sobre éste pudiese ocasionar. Su implementación en un SIG es sencilla y flexible, permitiendo utilizar criterios de sostenibilidad dada la facilidad para combinar variables de tipo biofísico y socioeconómico.

Fuente: Elaboración propia

tema dinámico formado por un conjunto de elementos sencillos idénticos entre sí, pero que en conjunto son capaces de demostrar comportamientos complejos y que por ello son muy adecuados para la simulación de procesos urbanos (FRANKHAUSER, 1998). Este sistema dinámico estaría compuesto, desde un punto de vista formal, de los siguientes elementos (WHITE & ENGELEN, 2000):

1. **El espacio en el que existe el autómata.** En caso de que se trabaje en dos dimensiones (como sucede en la mayor parte de las ocasiones que se modeliza el crecimiento urbano, y al integrar los AC en un SIG) este espacio estará constituido por un plano bidimensional dividido en un número de subespacios homogéneos, conocidos en el modelo de datos raster como celdas o píxeles (BOSQUE SENDRA, 1997). Cada celda o píxel contiene un autómata, que se encontrará rodeado de otros autómatas.
2. **Un conjunto finito de estados** en los que cada autómata (o lo que es lo mismo, cada píxel) se puede encontrar. Este conjunto de estados podría ser el conjunto de categorías de ocupación urbana que se distinguen, como por ejemplo residencial, industrial, equipamientos, viario, etc.
3. **Una definición de vecindad**, es decir, el conjunto de celdas que se establece que influirán el estado de cada autómata.
4. **Un conjunto de reglas de transición** que determinan los cambios de estado de cada autómata en función de su estado inicial y del estado de los autómatas vecinos. Las reglas de transición definen el estado del autómata en el tiempo  $t + 1$  como una función del estado del autómata en el tiempo  $t$  y de un input también en el tiempo  $t$ , que se derivará de los estados de los autómatas incluidos en su vecindad.
5. **Una secuencia discreta de tiempos** o iteraciones, en las que se aplican las reglas de evolución para cada autómata, y su estado cambia o se mantiene.

Es posible explicar de una forma más sencilla el funcionamiento de los AC mediante su ejemplo más académico y conocido (O'SULLIVAN & TORRENS, 2000), el *Game of Life*, de John Conway, en el que se modelizaba, a través de reglas muy simples, el nacimiento, la muerte y la supervivencia de una colonia de células. Los resultados obtenidos por Conway fueron asombrosos: a partir de un conjunto de reglas sencillas y de una situación inicial de partida, el modelo era capaz de generar patrones de elevada complejidad que eran realmente insospetables a partir de la configuración inicial de

células vivas. Este hecho provocó que los AC emergieran como una herramienta para la representación de sistemas complejos y la investigación de sus dinámicas (BENENSON & TORRENS, 2004).

Los autómatas celulares saltaban así del campo teórico a la escena de la modelización geográfica, siendo uno de los pioneros en su aplicación Aldo Tobler, con su *Cellular Geography*. Desde entonces, mucho se ha escrito acerca de la aplicabilidad de los AC a la modelización de procesos urbanos (O'SULLIVAN & TORRENS, 2000; BENENSON & TORRENS, 2004), así como sobre su aplicación para la simulación del crecimiento urbano (BARREDO & *al.*, 2003, 2004; PETROV & *al.*, 2009...), pudiendo establecerse que se trata de un instrumento adecuado para la simulación de escenarios exploratorios.

No obstante conviene destacar que los modelos empleados para la simulación de las dinámicas de la ocupación del suelo no están constituidos por un autómata celular estricto, como el descrito en el *Game of Life*, de Conway. Por el contrario, buena parte de estos modelos (SANTÉ & *al.*, 2010) determinan un *potencial de transición* de los diversos usos urbanos (o posibles estados de los AC) en función de diversos factores (FIG. 3) como son la accesibilidad, la aptitud del territorio para los crecimientos urbanos, un factor estocástico, así como un factor denominado de *vecindad* que estaría basado en los autómatas celulares propiamente dichos. Este factor de vecindad consistiría en un potencial de cambio calculado en función del efecto de atracción/repulsión que ejercerían los usos de los autómatas de la vecindad sobre cada autómata en cuestión.

Esta estructura ha sido popularizada por los trabajos que han empleado el modelo desarrollado en el proyecto MOLAND (BARREDO & *al.*, 2003; BARREDO & *al.*, 2004; GÓMEZ & BARREDO, 2008; PETROV & *al.*, 2009), aunque también ha inspirado los modelos desarrollados en otros estudios (AGUILERA, 2008; VALENZUELA & *al.*, 2008). La FIG. 4 recoge algunos de los trabajos más relevantes en esta materia, así como una descripción del ámbito de estudio y escala en el que se aplican.

En todos ellos, a través del proceso de calibración, especialmente del parámetro de vecindad, se ha conseguido representar de forma realista los crecimientos urbanos. Esta calibración se consigue mediante la modificación de los efectos de atracción y repulsión de los usos vecinos, permitiendo incluso modificar los pa-

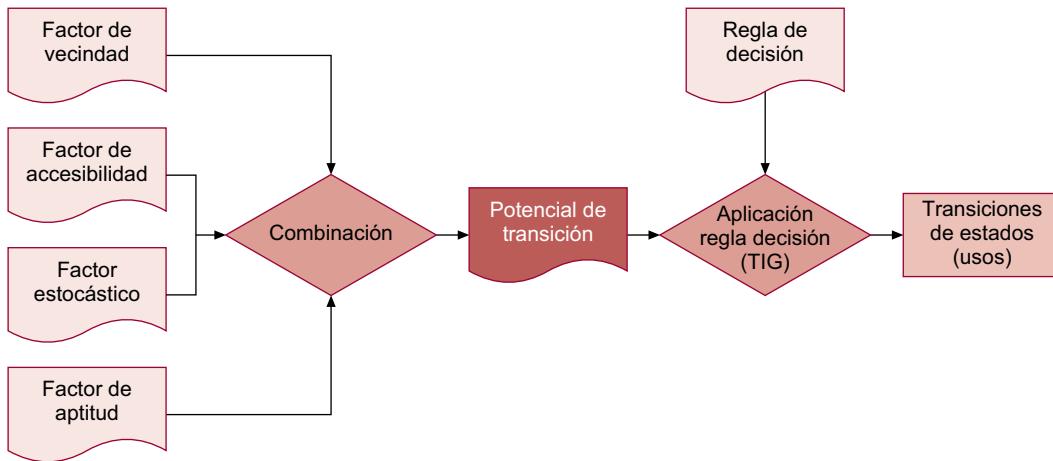


FIG. 3/ Esquema del funcionamiento de un modelo de simulación

Fuente: AGUILERA, 2008

FIG. 4/ Selección de trabajos relevantes de simulación del crecimiento urbano con modelos basados en AC en los últimos años

Autores	Ámbito/escala	Descripción
WHITE & ENGELEN (1997)	Ciudad de Cincinnati (Estados Unidos)	Simulación <i>expost</i> del crecimiento urbano para la ciudad de Cincinnati de 1840 a 1960.
WHITE & ENGELEN (2000)	Ámbito estatal. Países Bajos	Simulación prospectiva de un escenario exploratorio tendencial de los usos del suelo para el año 2009 en los Países Bajos.
BARREDO & <i>al.</i> (2003)	Ciudad de Dublín (Irlanda)	Simulación <i>expost</i> del crecimiento urbano para el período 1968-1998 en la ciudad de Dublín.
BARREDO & <i>al.</i> (2004)	Ámbito Urbano. Lagos (Nigeria)	Simulación prospectiva del crecimiento urbano en un escenario exploratorio tendencial para el año 2020 en la ciudad de Lagos.
AGUILERA (2008)	Área metropolitana de Granada (España)	Simulación de tres escenarios del crecimiento urbano para el año 2020 en el Área Metropolitana de Granada.
GÓMEZ & BARREDO (2008)	Región Urbana de Madrid (España)	Simulación de tres escenarios exploratorios, basados en los escenarios IPCC de cambio climático, para el año 2020.
LI & <i>al.</i> (2008)	Delta del Río Perl (República Popular China)	Simulaciones <i>expost</i> de 1988 a 2003 empleando diversos patrones de ocupación urbana que supongan crecimientos más compactos.
VALENZUELA & <i>al.</i> (2008)	Área Metropolitana de Granada (España)	Simulación de 4 escenarios exploratorios basados en diferentes patrones de ocupación urbana.
HAN & <i>al.</i> (2009)	Shanghai (República Popular China)	Simulación de un escenario exploratorio de tendencia apoyada en modelos basados en Dinámica de Sistemas.
PETROV & <i>al.</i> (2009)	Región del Algarve (Portugal)	Simulación prospectiva de tres escenarios exploratorios de crecimiento urbano en la región del Algarve.

Fuente: Elaboración propia

trones o formas de crecimiento urbano reproducidas en las simulaciones (AGUILERA, 2008; LI & al., 2008; VALENZUELA & al., 2008). Así, en un escenario en el que primase el crecimiento en patrones agregados, el factor de vecindad se calcularía de forma diferente a otro escenario caracterizado por crecimientos más dispersos, lo que se conseguiría a través de la modificación de los valores de atracción/repulsión de los usos vecinos.

Un ejemplo a este respecto lo constituyen los trabajos de AGUILERA (2008) para el Área Metropolitana de Granada, en el que tres escenarios exploratorios futuros para el año 2020 son simulados con un modelo basado en AC, previamente empleado en simulaciones *expost* para el mismo ámbito (AGUILERA, 2008), con resultados satisfactorios.

La simulación de los tres escenarios se llevó a cabo mediante la realización de cambios en los diferentes parámetros del modelo (FIG. 5), mostrando así su flexibilidad para la estimación de diferentes escenarios exploratorios futuros. Especialmente interesantes son aquellos cambios referentes al parámetro de vecindad (o de AC), que a través de la modificación de los valores de atracción de unos usos con respecto a otros en la vecindad establecida, permiten potenciar ciertos comportamientos de los crecimientos, tales como crecimientos más dispersos, más agregados, de carácter más lineal, etc.

Los resultados obtenidos en las simulaciones (FIG. 6) plasman de manera espacial los tres escenarios exploratorios establecidos. De esta forma, se observa cómo la integración de escenarios exploratorios con un modelo basado en

FIG. 5/ **Implementación de los escenarios exploratorios mediante cambios en los parámetros del modelo de AC**

	<b>Descripción de los escenarios exploratorios</b>	<b>Implementación en el esquema anteriormente descrito para un modelo basado en AC (1)</b>
Escenario de intensificación de la ocupación residencial	Aceleración del crecimiento urbano, especialmente el destinado a uso residencial de baja densidad, e intensificación de los procesos de dispersión urbana.	<p><b>Accesibilidad.</b> Se obtiene como la distancia a las vías de transporte de alta capacidad. En su estimación se incluyen algunas nuevas vías de alta capacidad en proyecto.</p> <p><b>Vecindad.</b> Se disminuye el efecto de atracción de los usos residenciales sobre sí mismos, que a partir de cierta distancia se convierte en repulsión, para favorecer la dispersión urbana.</p> <p><b>Parámetro estocástico.</b> Se incrementa el peso del factor de aleatoriedad para los usos residenciales, para reflejar los nuevos crecimientos dispersos que surgen en áreas alejadas de las zonas urbanas existentes.</p>
Escenario Tecnológico	Intensidades de ocupación del suelo similares a los últimos años, pero con mayor proporción de zonas industriales y comerciales, ubicados en el entorno de las vías de mayor capacidad.	<p><b>Accesibilidad.</b> Se obtiene como la distancia a las vías de transporte de alta capacidad. En su estimación se incluyen algunas nuevas vías de alta capacidad en proyecto. Su peso se incrementa para los usos industriales y tecnológicos.</p> <p><b>Vecindad.</b> Se incrementa la atracción que las vías ejercen sobre los usos comerciales e industriales, y los efectos de atracción de los usos residenciales sobre ellos mismos, para favorecer la agregación.</p> <p><b>Parámetro estocástico.</b> El parámetro estocástico se mantiene similar que en las simulaciones <i>expost</i> realizadas.</p>
Escenario de contención de la ocupación urbana	Disminución de las tasas de crecimiento así como de la dispersión residencial. Los usos industriales y comerciales tenderán a crecer en los entornos de algunos de los nodos de la red vial.	<p><b>Accesibilidad.</b> Medida como la distancia a los nodos de las infraestructuras viarias en lugar de a la propia red. No incorpora nuevas infraestructuras de alta capacidad.</p> <p><b>Vecindad.</b> Se incrementa la atracción de los usos residenciales sobre sí mismos, favoreciendo la agregación. Por su parte el efecto de atracción de los nodos se incrementa sobre los usos industriales y comerciales.</p> <p><b>Parámetro estocástico.</b> El parámetro estocástico se reduce para tratar de mostrar un crecimiento menos disperso, especialmente en los usos residenciales.</p>

(1) El parámetro de aptitud se ha mantenido constante en los diferentes escenarios.

Fuente: Elaboración propia

AC permite realizar simulaciones prospectivas del crecimiento urbano en un ámbito metropolitano, en este caso del contexto español.

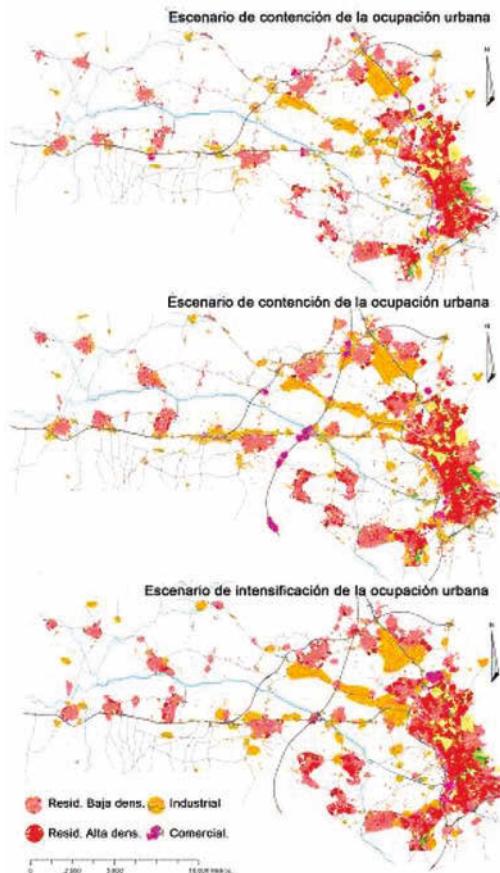


FIG. 6/ Simulación prospectiva de tres escenarios exploratorios de crecimiento urbano para el Área Metropolitana de Granada (año 2020)

Fuente: AGUILERA, 2008

### 3.2. Modelos para la simulación de escenarios exploratorios de crecimiento urbano (II): los Modelos Basados en Agentes (ABM)

De forma general, los Modelos Basados en Agentes (*Agent Based Models*, o ABM) están integrados por un conjunto de agentes o entidades parcial o totalmente autónomas que actúan de manera racional o reactiva de acuerdo con sus percepciones del exterior y el estado de su conocimiento, con el objetivo de alcanzar sus propios intereses (AGUILERA ONTIVEROS, 2000), relacionándose entre sí y con su

medio para alcanzar un objetivo concreto (llegar a un determinado lugar, alcanzar un beneficio, tener la mayor influencia posible...). Algunos investigadores insisten en que un agente debe presentar un comportamiento adaptativo, limitando el concepto de agente a aquellos que pueden, de alguna forma, aprender de su medio y cambiar su comportamiento en conformidad a ello (CASTLE, 2006). FERBER (1999) sin embargo, agrupa los agentes según la complejidad de su comportamiento en *reactivos* (responden y envían mensajes según objetivos que no pueden modificar), *intencionales* (establecen prioridades y jerarquizan planes según sus metas) o *sociales* (razonan sobre metas y estrategias de los demás agentes).

En los ABM los diferentes agentes coexisten y ponen en juego una serie de procesos (construir, moverse, gestionar la ciudad, proveer servicios urbanos, comprar, vender, etc.) para alcanzar sus objetivos, dando lugar a relaciones entre ellos, con el medio, y repercutiendo también en la relación entre su medio y el sistema. Estos procesos pueden darse de forma sincronizada o no, dependiendo de si los agentes actúan en cada unidad definida de tiempo, de acuerdo a la acción de otro agente, o en un momento específico, aunque siempre se realizarán buscando alcanzar sus metas. Es por ello que tanto las características de los agentes, sus objetivos, así como el medio en el que existen, tienen un papel fundamental a la hora de definir el enfoque del sistema multiagente (SMITH & *al.*, 2009), que puede ser considerado un laboratorio en miniatura. En él, los diferentes componentes puede ser modificados para observar las repercusiones ocasionadas en la organización (por ejemplo, espacial) de los diferentes agentes y su medio, que pueden conducir a la identificación de fenómenos emergentes, como patrones espaciales (SANDERS, 2006) (a través de mecanismos *bottom-up*, en contraposición al *top-down*). Este aspecto le otorga, al igual que a los AC, un enfoque generalmente exploratorio.

Un ejemplo ya clásico de ABM lo constituyen los trabajos de Schelling (1971, 1978) en los que se desarrolla un modelo basado en agentes (que representaban 2 grupos de personas) para explorar un proceso de segregación espacial. En ellos se demostró la emergencia de patrones de segregación como consecuencia de movimientos migratorios entre dos tipos de vivienda diferentes, culturalmente condicionados por el nivel de tolerancia existente por parte de cada uno de los agentes hacia otro. En la misma línea se puede citar el modelo *Sugarscape*, de EPSTEIN & AXTELL (1996), en el

que se simulaba el comportamiento de agentes representando individuos en una sociedad nómada que se mueven buscando comida en un entorno o medio ambiente bidimensional, representado por diferentes celdas o píxeles. Incluso se podían añadir elementos más complejos, como la inclusión de descendencia, metabolismo, generación de residuos, y aún más si se consideran factores como polución, recursos, mercado o enfermedades.

Estos trabajos han demostrado que los ABM son herramientas poderosas y eficientes en la simulación de fenómenos estudiados por diferentes disciplinas como la economía, las ciencias políticas, la sociología, la ecología, etc. (BENENSON & *al.*, 2004), lo que ha facilitado la aparición de múltiples plataformas sobre las cuales es posible programar estos modelos. A este respecto, en el trabajo de SMITH & *al.* (2009) es posible encontrar una revisión de las principales plataformas existentes para el desarrollo de ABM.

En lo que respecta al estudio de las dinámicas urbanas, su campo de aplicación todavía presenta la limitación de desarrollarse principalmente a una escala local intraurbana, como el movimiento de peatones, estudios de tráfico, segregación espacial o evacuaciones de emergencia. Apenas se encuentran en la actualidad modelos aplicados a nivel regional, especialmente aquellos creados con el objetivo de estudiar fenómenos como el crecimiento urbano, que quedan recogidos en la revisión que elabora MATTHEWS (2007).

La mayor parte de estos modelos son también modelos celulares, ya que emplean una forma híbrida de simulación, y es que, además de modelar los comportamientos de los agentes y sus relaciones entre ellos y con el medio (obteniendo, por ejemplo, gráficos de evolución de ocupación de suelo por parte de los diferentes agentes), también se apoyan en el empleo de elementos celulares, propios de los AC, para representar espacialmente los procesos de expansión de la ocupación de suelo de cada agente, por ejemplo a través de una teselación homogénea. De esta forma, se podría manifestar un comportamiento mucho más complejo y rico que el del mero cambio de estado como sucedía para los AC.

Un buen ejemplo a este respecto lo constituye el modelo HI-LIFE (FONTAINE, 2008), cuyo objetivo principal es modelar la demanda residencial en la región policéntrica de East Anglia, Reino Unido. Este modelo simula patrones urbanos de usos del suelo en una escala regio-

nal, integrando el conocimiento cualitativo de las preferencias de localización residencial de diferentes agentes, con los análisis cuantitativos de las dinámicas de crecimiento urbano, para un período de 25 años. La preferencia de los agentes se define principalmente por la etapa de su ciclo de vida (infancia, familias con y sin hijos, vejez) y sus cambios, identificado como el factor predominante de decisiones de localización residencial, superando incluso motivos económicos. Los resultados muestran que un ABM puede simular dónde, cuándo y de quién puede derivar la demanda de nuevos desarrollos residenciales.

No obstante, a pesar de las muchas potencialidades de los ABM, y la rápida evolución de su aplicación a fenómenos urbanos, su aplicación todavía presenta algunas limitaciones, como las formas de validación y calibración de los modelos y la sensibilidad a las condiciones iniciales (SMITH, 2009). Sin embargo, y de acuerdo con SANDERS (2007), la emergencia de patrones espaciales que se puede obtener a través de la aplicación de los ABM, pueden proporcionar avances futuros significativos en la modelación urbana.

### 3.3. Modelos para la simulación de escenarios normativos: las técnicas de evaluación multicriterio

La evaluación multicriterio (y multiobjetivo) es un conjunto de técnicas utilizadas en la toma de decisiones multidimensional para evaluar una serie de alternativas que satisfacen uno o varios objetivos, en función de una serie de criterios predefinidos y que permitirán conducir a la toma de una decisión final (MALCZEWESKI, 1999; GÓMEZ DELGADO & BARREDO, 2005).

Estas técnicas se difundieron ampliamente desde el campo de la economía a finales del siglo XIX y será a partir de 1960 cuando la decisión multicriterio se individualice con su propia terminología. Desde entonces su uso ha proliferado en distintos campos y disciplinas. En el campo de la geografía y la ordenación del territorio, podemos decir que su auge ha venido ligado al desarrollo de los SIG y a la necesidad de subsanar algunas de las carencias analíticas que éstos presentaban. Así, ya en los años ochenta, una de las primeras y más fructíferas acciones en este sentido fue la integración de las técnicas de evaluación multicriterio (CARVER, 1991). Inmediatamente, y gracias a la posibilidad de manejar gran canti-

dad de información territorial en el SIG, se descubren las importantes posibilidades que esta combinación ofrecía para la toma de decisiones relacionada con el territorio y la planificación del mismo, especialmente para la asignación óptima de usos del suelo (urbano-residenciales, industriales, agrarios, etc.).

En este proceso es determinante el establecimiento de la capacidad de acogida de cada punto del territorio para recibir una actividad (GÓMEZ OREA, 1994), lo que nos permitirá seleccionar, posteriormente, aquellas localizaciones que presenten la máxima capacidad para albergar la actividad en cuestión<sup>2</sup>. El uso combinado de técnicas de EMC y SIG resuelve satisfactoriamente este procedimiento como lo demuestra el número elevado de trabajos que se han elaborado en este sentido (THILL, 1999), ya sea relacionado con la evaluación de desarrollos forestales, agrícolas, industriales, creación de corredores naturales, selección de zonas a ser preservadas, etc. (DAI & *al.*, 2001; JOERIN & *al.*, 2001; PÉREZ & *al.*, 2002; PHUA & MINOWA, 2005; BAJA & *al.*, 2007; CARMO GORDANO & SETTI RIEDEL, 2008; REZAEI-MOGHADDAM & KARAMI, 2008; VÍA GARCÍA & MUÑOZ MUNICIO, 2008), con la localización de distintos tipos de equipamientos e instalaciones (SIDIQUI & *al.*, 1996; BOSQUE SENDRA & *al.*, 1999; MALCZEWSKI & JACKSON, 2000; CHANG & *al.*, 2008; HOS-SAIN & *al.*, 2009), con la gestión de cuencas hidrográficas (MARTÍN & *al.*, 1999; DEGIOANNI & *al.*, 2000), pero también con otros aspectos importantes relacionados con la planificación como la evaluación de distintas alternativas relacionadas con grandes infraestructuras (COLORNI & *al.*, 1999; MORIN, 1999).

En el campo que nos ocupa, la asignación óptima de suelo urbano ha sido una de las aplicaciones más prolíficas. En la FIG. 7 podemos encontrar de forma resumida algunos de los trabajos más recientes y representativos.

Se ha de destacar que, a diferencia de las otras técnicas mencionadas en este artículo, la EMC no ha sido habitualmente utilizada de manera estrictamente prospectiva para simular distintos escenarios de futuro crecimiento urbano. Sin embargo, y como podemos ver en el listado adjunto, la tendencia ha cambiado en los últimos años y se han realizado algunos ensayos en este sentido. No obstante en algunos casos tan sólo se realiza una proyección de población en la que basar la futura demanda

de suelo urbano y en otros no se menciona con suficiente detalle cómo se ejecuta esa simulación a futuro y en qué está basada.

PLATA ROCHA & *al.* (2010) realizan una proyección a mediano plazo (año 2020) de nuevas localizaciones óptimas de uso urbano en la Comunidad de Madrid. Este trabajo se ha visto completado con la elaboración de hasta tres escenarios diferentes de crecimiento urbano con el mismo límite temporal: de tendencia, de crisis y de innovación y sostenibilidad (FIG. 8). Si bien podría entenderse que estas herramientas serían aptas para simular únicamente el tercer escenario, los resultados han sido satisfactorios también para los otros dos, demostrándose que la utilización de estas técnicas no tiene que ceñirse exclusivamente al ámbito de lo deseable y óptimo, sino también al de lo exploratorio.

Los resultados obtenidos fueron generados partiendo de un amplio conjunto de factores ambientales, sociales y económicos. Para el escenario tendencial se utilizaron una serie de factores que habían resultado estar relacionados con la aparición de nuevas zonas urbanas en la Comunidad de Madrid entre 1990 y el año 2000 (PLATA ROCHA & *al.*, 2009). Para el de innovación y sostenibilidad se partía de unos criterios de optimización perfectamente compatibles con la filosofía de la asignación óptima de usos del suelo, mientras que en el escenario de crisis se reduce la demanda de suelo residencial y productivo, intentando plantear patrones y localizaciones de nuevas zonas urbanas basados en políticas que minimicen el gasto económico, utilizando las infraestructuras y servicios urbanos disponibles hasta la fecha.

#### 4. Discusión y conclusiones

La simulación prospectiva del crecimiento urbano, probablemente con poco recorrido en el ámbito español, presenta hoy en día una efervescencia en la bibliografía internacional (SANTÉ & *al.*, 2010, para el caso de los AC, por ejemplo), con el desarrollo de múltiples instrumentos para la generación de imágenes de futuro que permitan ayudar al proceso de planificación, especialmente en aquellos ámbitos urbanos donde los cambios son más dinámicos.

El presente trabajo trata de mostrar de forma sintética algunos de los instrumentos con ma-

<sup>2</sup> Es posible encontrar abundante y detallada información de la utilización de estas técnicas en un entorno SIG en cualquiera de los manuales existentes sobre estos temas

(MALCZEWSKI, 1999; GÓMEZ DELGADO & BARREDO, 2005, entre otros).

FIG. 7/ Selección de trabajos relevantes de simulación del crecimiento urbano con modelos basados en EMC en los últimos años

Autores	Ámbito/escala	Técnica EMC	Descripción
MALCZEWSKI (2002 y 2006)	Regional. Región de Villa Unión, Sinaloa, (México)	Sumatoria lineal ponderada, superposición booleana, OWA	Localización de nuevos desarrollos industriales (2002) y residenciales (2006). Se trata de ejemplos para ilustrar la aplicación de una EMC borrosa en un entorno SIG y del método OWA.
SVORAY & al. (2005)	Local. Ciudad de Ma'ale Adumim y alrededores (Israel)	Sumatoria lineal ponderada	Localización óptima de nuevas zonas residenciales, industriales, reservas naturales y bosques.
LIU & al. (2007)	Región lacustre Hanyang (China central)	Método de las jerarquías analíticas	Simulación de desarrollo residencial, industrial y de conservación de pastizales para el año 2020. Obtención de la demanda de superficie para cada uso y asignación en 16 subregiones obtenidas según sus valores de capacidad de acogida.
MOLERO MELGAREJO & al. (2007)	Regional. Cuenca hidrográfica del río Guadalfeo, (Granada, España)	Método de las jerarquías analíticas	Simulación de localización de nuevas zonas urbanas para 2010, 2025 y 2050 en función de la aparición de dos nuevos tramos de autovía.
GALACHO & ARREBOLA (2008)	Municipal. Algarrobo Málaga, (España)	Ánalisis de punto ideal	Obtención de la capacidad de acogida del territorio (desde el punto de vista físico) para ser urbanizado y comparación con los sectores propuestos en el PGOU del municipio.
GENELETTI & VAN DUREN (2008)	Parque Natural Paneveggio-Pale di S. Martino (Italia)	MOLA (Multi-Objetive Land Allocation)	Rezonificación de un parque natural en áreas protegidas y áreas susceptibles de ser utilizadas con fines turísticos y recreativos.
LIGMANN-ZIELINSKA & al. (2008)	Local. Chelan City (estado de Washington, EEUU)	Sumatoria lineal ponderada y una variante propia de MOLA (SMOLA)	Localización suelo residencial, comercial, industrial, restringido y no desarrollado. Enfocado al desarrollo de una nueva metodología que minimice la incompatibilidad de usos adyacentes y asegure cierta compacidad y contigüidad de las parcelas resultantes.
LAMELAS (2009)	Local. Entorno de Zaragoza, (España)	Combinación método Jerarquías Analíticas y análisis de concordancia (PROMETHEE-2)	Localización de suelo industrial mediante una metodología que combina una evaluación de tierras y un análisis de la capacidad de acogida del territorio propiamente dicha.
PLATA ROCHA & al. (2010 y en revisión)	Regional. Comunidad de Madrid, (España)	Sumatoria lineal ponderada y método conjunto/disyuntivo	Localización de suelo residencial y productivo (industrial y comercial) en el año 2020, simulando hasta tres escenarios de futuro diferentes: de tendencia, de crisis y de innovación y sostenibilidad.

Fuente: Elaboración propia

yor relevancia en la esfera internacional, como son los modelos basados en agentes y en autómatas celulares, así como aquellos que emplean técnicas de evaluación multicriterio. Para ello, se han recopilado algunos de los trabajos de mayor relevancia y actualidad representativos del estado de la cuestión en cada caso, facilitando el acceso a referencias concretas y prácticas que permitan la puesta en marcha de trabajos similares en este materia. Igualmente, y para el caso de los AC y de las técnicas de

EMC, se presentan resultados de trabajos realizados por los autores, en los que se aplican estas técnicas en ámbitos metropolitanos españoles (concretamente Madrid y Granada), junto con el diseño de escenarios, que a juicio de los autores, constituyen la otra herramienta fundamental que completa los instrumentos de la simulación prospectiva. Es por ello que se ha incorporado también en el presente artículo una breve discusión sobre el diseño de escenarios y sus tipos.

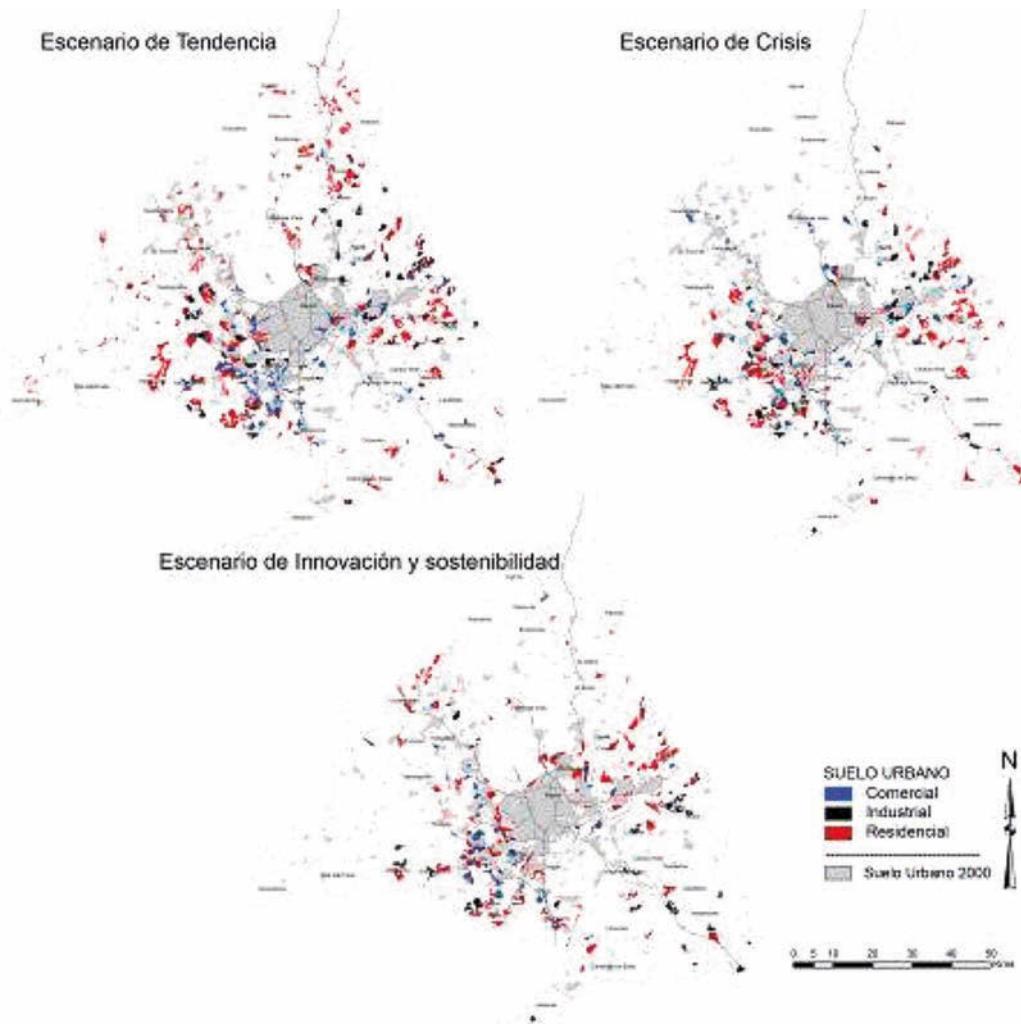


Fig. 8/ **Resultados de asignación de suelo residencial y productivo (industrial y comercial) para el año 2020 en la Comunidad de Madrid, en tres escenarios de crecimiento urbano**

Fuente: PLATA ROCHA, 2010 y PLATA ROCHA & al., 2010

En cualquier caso, la cantidad de instrumentos y técnicas para la simulación de procesos y aspectos relacionados con los entornos urbanos (especialmente los relacionados con el crecimiento de la ciudad) es enorme, habiendo quedado fuera de la intencionalidad del presente trabajo presentar una clasificación exhaustiva de los diversos tipos de modelos, así como desechar los que aquí no se presentan, tales como modelos basados en redes neuronales, de regresión logística, etc.

Por otra parte, resulta fundamental hacer una llamada de atención acerca de la perspectiva de aproximación a estos instrumentos, en el contexto de fenómenos y procesos tan com-

plejos como los urbanos. Y es que, como se ha señalado en diversas ocasiones, no se trata de acercarse a los modelos como instrumentos que nos permitirán predecir el futuro, como si de una predicción meteorológica se tratase, sino que, con ayuda de los escenarios, se utilicen los resultados de estos modelos para explorar futuros posibles, deseables, a evitar, etc. Este aspecto atesora un gran interés con vistas al proceso de planificación de estos ámbitos, pudiendo facilitar la incorporación de instrumentos de simulación a dicho proceso. Así, por ejemplo, se podría disponer de una mayor capacidad de discusión de imágenes futuras con los agentes implicados en los procesos de planeamiento, o bien facilitar

el diseño de estrategias que vengan a contrarrestar aquellos posibles escenarios indeseables o que, por el contrario, conduzcan los sistemas urbanos hacia escenarios deseables.

Este último aspecto, finalmente, abriría un campo para la integración del diseño y simulación de escenarios con los procesos de planeamiento a diversas escalas, que condujese a la elaboración de planes más adaptables a futuros inciertos y cambiantes, la adopción de estrate-

gias adecuadas para diferentes tipos de contextos futuros, la generación de planes por etapas o fases condicionadas por la materialización de unos u otros escenarios futuros, etc.

Por todo ello, resulta de interés seguir realizando esfuerzos tanto en la elaboración de modelos que permitan plasmar imágenes de diversos escenarios futuros en ámbitos urbanos y metropolitanos, como en su integración en los procesos de planificación con vistas a la mejora del proceso de toma de decisiones.

## 5. Bibliografía

- AGUILERA, F. (2008): *Análisis espacial para la ordenación ecopaisajística de la Aglomeración Urbana de Granada*, tesis doctoral, Universidad de Granada.
- AGUILERA ONTIVEROS, A. (2000): "Simulaciones multiagente de ambientes urbanos", *Vetas, revista de El Colegio de San Luis*, Año 2, 5, mayo-agosto de 2000: 205-224.
- BAJA, S. & D. M. CHAPMAN & D. DRAGOVICH (2007): "Spatial based compromise programming for multiple criteria decision making in land use planning", *Environmental Modeling & Assessment*, 12: 171-184.
- BARREDO, J. I. & M. KASANKO & N. Y. MCCORMICK & C. LAVALLE (2003): "Modelling dynamic spatial processes: simulation of urban future scenarios through cellular automata", *Landscape and Urban Planning*, 64: 145-160.
- BARREDO, J. I. & L. DEMICHELI & C. LAVALLE & M KASANKO & N. MCCORMICK (2004): "Modelling future urban scenarios in developing countries: an application case study in Lagos, Nigeria", *Environment and Planning B: Planning and Design*, 32: 65-84.
- BATTY, M. (2005): *Cities and Complexity: Understanding Cities with Cellular Automata, Agent-Based Models, and Fractals*, The MIT Press.
- BENENSON, I. & P. M. TORRENS (2004): *Geosimulation: Automata-based modeling of urban phenomena*, John Wiley & Sons, Ltd.
- BERDOULAY, V. (2009): "La historia de la geografía en el desafío de la prospectiva", *Boletín de la A.G.E.*, 51: 9-23.
- BLECIC, I. & A. CECCHINI (2008): "Design beyond complexity: Possible futures-Prediction or design? (and techniques and tools to make it possible)", *Futures*, vol. 40: 537-551.
- BORJERSON, L. & M. HOJER & K. H. DREBORG & T. EKVALL & G. FINNVENDEN (2006): "Scenario types and techniques: Towards a user's guide", *Futures*, vol. 38: 723-739.
- BOSQUE SENDRA, J. (1997): *Sistemas de Información Geográfica*, Ed. Rialp. Madrid.
- & M. A. DÍAZ MUÑOZ & M. GÓMEZ DELGADO & V. M. RODRÍGUEZ ESPINOSA & A. E. RODRÍGUEZ DURÁN & A. VELA GAYO (1999): "Un procedimiento, basado en un SIG, para localizar centros de tratamiento de residuos", *Anales de Geografía de la Universidad Complutense*, 19: 295-323.
- BRIASSOULIS, H. (2000): "Analysis of Land Use Change: Theoretical and Modeling Approaches", en: <http://www.rrri.wvu.edu/WebBook/Briassoulis/contents.htm> [mayo, 2007].
- CARMO GIORDANO, L. & P. SETTI RIEDEL (2008): "Multi-criteria spatial decision analysis for demarcation of greenway: a case study of the city of Rio Claro, São Paulo, Brazil", *Landscape and urban planning*, 84: 301-311.
- CARSJENS, G. J. (2009): *Supporting Strategic Spatial Planning. Planning Support Systems for the spatial planning of metropolitan landscapes*, tesis doctoral, Universidad de Wageningen.
- CARVER, S. (1991): "Integrating multi-criteria evaluation with geographical information systems", *International Journal of Geographical Information Systems*, 5 (3): 321-339.
- CASTLE, C. J. E. (2006): "Developing a Prototype Agent-Based Pedestrian Evacuation Model to Explore the Evacuation of King's Cross St. Pancras Underground Station", *CASA Working Paper Series*, 108.
- & A. T. CROOKS (2006): "Principles and Concepts of Agent-Based Modelling for Developing Geospatial Simulations", *UCL Working Papers Series*.
- COLORNI, A. & E. LANIADO & S. MURATORI (1999): "Decision support systems for environmental impact assessment of transport infrastructures", *Transportation Research Part D4*, 1-11.
- CHANG, N. & G. PARVATHINATHAN & J. B. BREEDEN (2008): "Combining GIS with fuzzy multicriteria decision-making for landfill siting in a fast-growing urban region", *Journal of Environmental Management*, 8: 139-153.
- DAI, F. C. & C. F. LEE & X. H. ZHANG (2001): "GIS-based geo-environmental evaluation for urban land-use planning: a case study", *Engineering Geology*, 6: 257-271.
- DEGIOANNI, A. & A. CAMARASA BELMONTE & F. MORENO SANZ (2000): "Bases metodológicas para la evaluación, uso y gestión sostenible de los recursos agrarios. Aplicación a la cuenca de Santa Catalina, Argentina", en AGUADO & GÓMEZ DELGADO (eds.): *Tecnologías geográficas para el desarrollo sostenible*, Actas del IX Congreso del Grupo de Métodos Cuantitativos, SIG y Teledetección de la AGE: 290-311.
- EUROPEAN ENVIRONMENT AGENCY (2006): "Urban Sprawl in Europe", *EEA Report*, 10/2006.

- EPSTEIN, J. M. & R. AXTELL (eds.) (1996): *Growing Artificial Societies: Social Science from the Bottom Up*, MIT Press, Washington DC.
- FERBER, J. (1999): *Multiagent systems: An introduction to distributed artificial intelligence*, Addison-Wesley, Nueva York.
- FONT, A. (2004): *L'explosió De La Ciutat*, COAC i Fòrum Universal de les Cultures de Barcelona, Barcelona.
- FONTAINE, C. M. & M. D. ROUNSEVELL (2009): "An agent-based approach to model futures residential pressure on a regional landscape", *Landscape Ecology*, 24: 1237-1254.
- FRANKHAUSER, P. (1998): "Fractal geometry of urban patterns and their morphogenesis", *Discrete Dynamics in Nature and Society*, 2: 127-145.
- GALACHO JIMÉNEZ, F. B. & J. A. ARREBOLA CASTAÑO (2008): "Aplicación del modelo de evaluación de la capacidad de acogida para la valoración de la aptitud física del territorio respecto a sectores de planeamiento urbanístico", en L. HERNÁNDEZ & J. M. PARREÑO (eds.): *Tecnologías de la Información Geográfica para el desarrollo territorial*, Servicio de publicaciones y difusión científica de la ULPGC, Las Palmas de Gran Canaria: 43-55.
- GENELETTI, D. & I. VAN DUREN (2008): "Protected area zoning for conservation and use: a combination of spatial multicriteria and multiobjective evaluation", *Landscape and urban planning*, 85 (2): 97-110.
- GIMBLETT, H. R. (2002): "Integrating Geographic Information Systems and Agent-Based Technologies for Modeling and Simulating Social and Ecological Phenomena", en H. R. GIMBLETT (ed.): *Integrating Geographic Information Systems and Agent-Based Modelling Techniques for Simulating Social and Ecological Processes*, Institute Studies on the Sciences of Complexity Santa Fe: 1-20.
- GÓMEZ DELGADO, M. & J. I. BARREDO CANO (2005): *Sistemas de Información Geográfica y Evaluación Multicriterio en la ordenación del territorio*, Editorial RA-MA, Paracuellos de Jarama.
- (2008): "Towards a set of IPCC SRES urban land use scenarios: modelling urban land use in the Madrid region", en M. PAEGELOW & M. T. CAMACHO (eds.): *Modelling Environmental Dynamics*, Springer-Verlag, Berlín.
- GÓMEZ OREA, D. (1994): *Ordenación del territorio. Una aproximación desde el Medio Físico*, Editorial Agrícola Española, Madrid.
- HAN, J. & Y. HAYASHIA & X. CAOB & H. IMURAA (2009): "Application of an integrated system dynamics and cellular automata model for urban growth assessment: A case study of Shanghai, China", *Landscape and Urban Planning*, 91: 133-141.
- HOSSAIN, M. S. & S. R. CHOWDHURY & N. G. DAS, (2009): "Integration of GIS and multicriteria decision analysis for urban aquaculture development in Bangladesh", *Landscape and urban planning*, 90 (3-4): 119-133.
- JOERIN, F. & M. THÉRIAU & A. MUSY (2001): "Using GIS and outranking multicriteria analysis for land-use suitability assessment", *International Journal of Geographical Information Science*, 15 (2): 153-174.
- LAMELAS GRACIA, M. T. (2009): "Esquema metodológico para la toma de decisiones sobre el uso sostenible del suelo: aplicación a la localización de suelo industrial", *GeoFocus*, 9: 28-66.
- LIGMANN-ZIELINSKA, A. & R. L. CHURCH & P. JANKOWSKI (2008): "Spatial optimization as a generative technique for sustainable multiobjective land-use allocation", *International Journal of Geographical Information Science*, 22 (6): 601-622.
- LI, X. & Q. YANG & X. LIU (2008): "Discovering and evaluating urban signatures for simulating compact development using cellular automata", *Landscape and Urban Planning*, 86: 17-186.
- LIU, Y. & X. LV & X. QIN & H. GUO & Y. YU & J. WANG & G. MAO (2007): "An integrated GIS-based analysis system for land-use management of lake areas in urban fringe", *Landscape and Urban Planning*, 82: 233-246.
- MALCZEWSKI, J. (1999): *GIS and Multicriteria Decision Analysis*, John Wiley & Sons Inc., Nueva York.
- (2002): "Fuzzy screening for land suitability analysis", *Geographical & Environmental Modelling*, 6 (1): 27-39.
- (2006): "Ordered weighted averaging with fuzzy quantifiers: GIS-based multicriteria evaluation for land-use suitability analysis", *International Journal of Applied Earth Observation and Geoinformation*, 8: 270-277.
- & M. JACKSON (2000): "Multicriteria spatial allocation of educational resources: an overview", *Socio-economic planning sciences*, 34: 219-235.
- MARIEN, M. (2002): "Future Studies in the 21st Century: a reality based view", *Futures*, 34: 261-281.
- MARTIN, N. & B. ST-ONGE & J. P. WAAUB (1999): "Geographic tools for decision making in watershed management", en J. C. THILL (ed.): *Spatial Multicriteria Decision Making and Analysis. A geographic information sciences approach*, 309-334, Ashgate Publishing Ltd., Aldershot.
- MATTHEWS, R. B. & N. G. GILBERT & A. ROACH & G. POLHILL & N. M. GOTTS (2007): "Agent-based land-use models: a review of applications", *Landscape Ecology*, 22: 1447-1459.
- MOLERO MELGAREJO, E. & A. L. GRINDLAY MORENO & J. J. ASENSIO RODRÍGUEZ (2007): "Escenarios de aptitud y modelización cartográfica del crecimiento urbano mediante técnicas de evaluación multicriterio", *GeoFocus*, 7: 120-147.
- MORIN, D. M. (1999): "GDSS in highway planning: their use and adoption", en J. C. THILL (ed.): *Spatial Multicriteria Decision Making and Analysis. A geographic information sciences approach*, 149-174, Ashgate Publishing Ltd., Aldershot.
- O'SULLIVAN, D. & P. TORRENS (2000): "Cellular Models of Urban Systems", *CASA Working Paper Series*, 22.
- PHUA, M. & M. MINOWA (2005): "A GIS-based multicriteria decision making approach to forest conservation planning at a landscape scale: a case study in the Kinabalu Area, Sabah, Malaysia", *Landscape and Urban Planning*, 71: 207-222.
- PLATA ROCHA, W. (2010): *Descripción, análisis y simulación del crecimiento urbano mediante Tecnologías de la Información Geográfica. El caso de la Comunidad de Madrid*. Tesis doctoral, Universidad de Alcalá.

- & M. GÓMEZ DELGADO & J. BOSQUE SENDRA (2009): "Análisis de factores explicativos del crecimiento urbano en la Comunidad de Madrid a través de métodos estadísticos (RLO y MLA) y SIG", *Revista de Planeamiento Territorial y Urbanismo Iberoamericana*, 4. [http://www.planeamientoyurbanismo.com/articulos/21/analisis-de-factores-explicativos-del-crecimiento-urbano-en-la-comunidad-de-madrid-a-traves-de-metodos-estadisticos-\(rlo-y-mla\)-y-sig](http://www.planeamientoyurbanismo.com/articulos/21/analisis-de-factores-explicativos-del-crecimiento-urbano-en-la-comunidad-de-madrid-a-traves-de-metodos-estadisticos-(rlo-y-mla)-y-sig)
- (2010): "Desarrollo de modelos de crecimiento urbano óptimo para la Comunidad de Madrid aplicando métodos de Evaluación Multicriterio y Sistemas de Información Geográfica", *Geofocus*, 10: 103-134.
- PAEGELOW, M. & M. T. CAMACHO (eds.): *Modelling Environmental Dynamics*, Springer-Verlag, Berlín.
- PETROV, L. & C. LAVALLE & M. KASANKO (2009): "Urban land use scenarios for a tourist region in Europe: Applying the MOLAND model to Algarve, Portugal", *Landscape and Urban Planning*, 92 (1): 10-23.
- PORTUGAL, J. (2000): *Self-Organization and the City*, Springer-Verlag, Berlín.
- REIF, B. (1973): *Models In Urban And Regional Planning*, Leonard Hills Books.
- REZAEI-MOGHADDAM, K. & E. KARAMI (2008): "A multiple criteria evaluation of sustainable agricultural development models using AHP", *Environment, Development and Sustainability*, 10: 407-426.
- SANDERS, L. (2006): "Les Modèles agent en géographie urbaine (Agent models in urban geography)", en F. AMBLARD & D. PHAN (eds.): *Modélisation et simulation multi-agents; applications pour les Sciences de l'Homme et de la Société*, 151-168, Hermès-Lavoisier.
- SANTÉ, I. & A. M. GARCÍA & D. MIRANDA & R. CRESCENTE (2010): "Cellular automata models for the simulation of real-world urban processes: A review and analysis", *Landscape and Urban Planning*, 96: 108-122.
- SCHWARTZ, P. (1991): *The art of the long view: Planning for the future in an uncertain World*, Doubleday, Nueva York.
- SHELLING, T. (1971): "Dynamic Models of Segregation", *Journal of Mathematical Sociology*, 1: 143-189.
- SIDDQUI, M. Z. & J. W. EVERETT & B. E. VIEUX (1996): "Landfill siting using Geographic Information Systems: a demonstration", *Journal of Environmental Engineering*, 122: 515-523.
- SMITH, M. J. D. & M. F. GOODCHILD & P. A. LONGLEY (eds.) (2009): *Geospatial Analysis: a comprehensive guide to principles, techniques and software tools*, 3.ª ed., Matador, Leicester, Reino Unido.
- SVORAY, T. & P. BAR & T. BANNET (2005): "Urban land-use allocation in a Mediterranean ecotone: habitat heterogeneity model incorporated in a GIS using a multi-criteria mechanism", *Landscape and Urban Planning*, 72: 337-351.
- THILL, J. C. (1999): *Spatial Multicriteria Decision Making and Analysis. A geographic information sciences approach*, Ashgate Publishing Ltd., Aldershot.
- VALENZUELA, L. M. & F. AGUILERA & J. A. SORIA & E. MOLERO (2008): "Designing and assessing of development scenarios for metropolitan patterns", en PAEGELOW, M. & M. T. CAMACHO (eds.): *Modelling Environmental Dynamics*, Springer-Verlag, Berlín.
- VÍA GARCÍA, M. & C. MUÑOZ MUNICIO (2008): "Propuesta de nuevos espacios protegidos en la Comunidad de Madrid a partir de metodologías multicriterio flexibles", en L. HERNÁNDEZ & J. M. PARREÑO (eds.): *Tecnologías de la Información Geográfica para el desarrollo territorial*, 791-805. Servicio de publicaciones y difusión científica de la ULPGC. Las Palmas de Gran Canaria.
- WEGENER, M. (1994): "Operational Urban Models: State of the Art", *Journal of the American Planning Association*, 60 (1): 35-40.
- WHITE, R. & G. ENGELEN (2000): "High-resolution integrated modelling of the spatial dynamics of urban and regional systems", *Computers, Environment and Urban Systems*, 24: 383-400.
- & I. ULJEE (1997): "The use of constrained cellular automata for high resolution modelling of urban land use dynamics", *Environment and Planning B: Planning and Design*, 24: 323-343.



# Detección de *clusters* y otras estructuras regionales y urbanas con técnicas de econometría espacial

C. CHASCO YRIGOYEN

Dpto. Economía Aplicada. Universidad Autónoma de Madrid

**RESUMEN:** A lo largo del siglo XX, y de forma general en el mundo, las ciudades han sufrido unos cambios tan espectaculares que han dado lugar a una transformación total del escenario urbano. Por este motivo, en los últimos años gran parte de la literatura geográfica se ha dedicado a analizar el grado de concentración espacial que tanto población como empleo/empresas tienen en las zonas urbanas. El interés por estas “formas” y estructuras ha puesto de manifiesto la importancia que tanto la localización como la distancia tienen en el análisis de datos espaciales. Este interés ha generado también una demanda creciente de métodos y técnicas capaces de realizar un tratamiento adecuado de los datos geográficos en trabajos empíricos. Un ejemplo de ello lo constituyen el Análisis Exploratorio de Datos Espaciales (AEDE) y los Sistemas de Información Geográfica (SIG), que son poderosos instrumentos al servicio del descubrimiento y visualización de todo tipo de estructuras espaciales. En este artículo, se presentan los métodos del AEDE propios de la econometría espacial que se han utilizado para la exploración de clusters geográficos, de carácter regional y urbano, en la población y la actividad económica. En concreto, se presenta una selección de herramientas interesantes para la detección de tendencias espaciales, agrupamientos, puntos atípicos y fenómenos de difusión, con objeto de disponer de un mejor conocimiento y/o predicción de los comportamientos humanos.

**DESCRIPTORES:** Análisis Exploratorio de Datos Espaciales (AEDE). Análisis regional y urbano. *Clusters* espaciales. Geomarketing. Econometría espacial.

## 1. Introducción

**E**l análisis del espacio y la localización ha constituido uno de los pilares de la investigación en las ciencias sociales en los últimos 50 años. A ello han contribuido, sin duda, los profundos cambios geopolíticos acaecidos en las últimas décadas, entre los que cabe señalar la descomposición de la ex-Unión

Soviética (con la creación de los nuevos estados de la República Rusa y la Europa del Este), el proceso de unificación de la Unión Europea, que afianza la realidad de una Europa de las Regiones y, en España, la consolidación de un proceso de descentralización territorial, que concede una importancia creciente los ámbitos regional e infraregional. Además, en un mundo cada vez más urbanizado, se han producido

Recibido: 16.09.2010 ; Revisado: 08.10.2010

e-mail: coro.chasco@uam.es

La autora agradece la financiación recibida por el Proyecto ECO2009-10534 del Ministerio de Ciencia e Inno-

vación y 2009/AX702 de la Xunta de Galicia. Y, a los evaluadores anónimos sus comentarios para la mejora del presente trabajo.

problemas nuevos de tipo medioambiental, climático, de recursos humanos y de salud pública que están íntimamente unidos a fenómenos como la descentralización de las ciudades, la congestión, el acceso a la vivienda, la pérdida de espacios abiertos, etc. Estos acontecimientos y las consecuencias derivadas de los mismos, necesitan de una atención que implica la consideración de diversos niveles de planificación espacial y toma de decisiones.

Por este motivo, en los últimos años gran parte de la literatura geográfica se ha dedicado a analizar cuestiones como el crecimiento económico y convergencia regional, el grado de concentración espacial que tanto población como empleo tienen en las zonas urbanas, las relaciones y el equilibrio entre los usos del suelo, los medios de transporte y el medio ambiente, etc. Todos estos problemas de tipo regional y urbano han potenciado el desarrollo del análisis espacial, tanto en sus aspectos teóricos, como en sus métodos y aplicaciones. Las primeras colecciones de libros colectivos dedicados al estudio monográfico del análisis de datos espaciales y la econometría espacial datan de los años noventa del siglo pasado (ANSELIN & al., 1994; FISCHER & GETIS, 1997). Desde entonces hasta la publicación de obras similares más recientes (ANSELIN & al., 2004; FISCHER, 2006; SMITH & al., 2007; ANSELIN & REY, 2010; FISCHER & GETIS, 2010; JIANG & YAO, 2010; PÁEZ & al., 2010), mucho se ha avanzado en este campo, que engloba a investigadores procedentes de ramas de saber tan diversas como la geografía cuantitativa, la economía y ciencia regional, la planificación regional y urbana, el sector inmobiliario, la ingeniería civil, la epidemiología y la criminología, entre otros.

Este interés por los fenómenos regionales y urbanos ha generado también una demanda creciente de métodos y técnicas capaces de realizar un tratamiento adecuado de los datos geográficos en trabajos empíricos. Un ejemplo de ello son los Sistemas de Información Geográfica (SIG) y el Análisis Exploratorio de Datos Espaciales (AEDE), capaces de visualizar y analizar todo tipo de estructuras espaciales (ANSELIN, 2006). Hay que tener en cuenta que los efectos espaciales de dependencia (auto-correlación espacial) y heterogeneidad (estructura espacial) son de tal calibre que no pueden ser ignorados sin caer en importantes sesgos. Es por eso, que requieren de métodos y modelos propios, así como de un "software" que, a la par que especializado, sea cercano también a los no especialistas en la materia (cfr. CHASCO & FERNÁNDEZ-AVILÉS, 2009: 21).

El AEDE podría ser también definido como un grupo de técnicas capaces de identificar valores espaciales atípicos, esquemas de asociación espacial o agrupamientos (*clusters*), puntos calientes/fríos (*hot spots*) u otras formas de heterogeneidad espacial (ANSELIN, 1999); es decir, tiene un carácter descriptivo (estadístico) más que confirmatorio (econométrico). Pero, tras la detección de estructuras espaciales en las variables geográficas, el AEDE hará también posible la formulación de hipótesis previas para la modelización econométrica y, en su caso, la posible predicción espacial de nuevos datos. Además, el AEDE combina el análisis estadístico con el gráfico, dando lugar a lo que podría denominarse una "visualización científica" (HAINING & al., 2000) que, a los contrastes estadísticos sobre los efectos espaciales de dependencia y heterogeneidad, une un amplio marco de gráficos o "vistas" múltiples y dinámicas sobre la información geográfica (UNWIN, 2000). Por eso, estos métodos de visualización científica son más que simples mapas o gráficos estáticos de representación, siendo fundamental el papel jugado por los paquetes informáticos especializados.

En ciertas ocasiones, al analista le resultará suficiente con la utilización de un AEDE elemental o básico, que haga posible la exploración de aquellas características más sobresalientes de los datos. Sin embargo, en otras muchas circunstancias, el AEDE básico no permitirá detectar algunas estructuras y agrupamientos espaciales más complejos, por lo que será necesario recurrir a técnicas avanzadas del AEDE (ANSELIN, 2005; CHASCO & FERNÁNDEZ-AVILÉS, 2009). En este artículo, se presentan aquellos métodos del AEDE propios de la econometría espacial más utilizados para la detección y exploración de clusters geográficos en ámbitos regionales y urbanos. En concreto, se presentan algunas herramientas interesantes que permiten la afloración de tendencias espaciales, agrupamientos, puntos atípicos y fenómenos de difusión con objeto de disponer de un mejor conocimiento y/o predicción de los comportamientos humanos.

## 2. Técnicas básicas de análisis exploratorio espacial

El primer paso en todo análisis de datos espacial es la representación gráfica, a través de un mapa, del fenómeno objeto de estudio. La posibilidad de representar elementos cartográficos y distribuciones espaciales en un mapa digital, como la localización de los clientes de una empresa o la distribución de la renta regio-

nal ha revolucionado campos como el geomarketing o el análisis regional y urbano, respectivamente. Como es sabido, la presentación de datos en una tabla no permite visualizar las relaciones espaciales existentes entre las unidades, cosa que sí es posible cuando se utiliza un mapa u otros métodos gráficos, siempre en combinación dinámica con un mapa. En este apartado, presentamos algunos métodos básicos de AEDE, destinados no sólo a la mera representación de fenómenos espaciales, sino también a una primera detección de las características de su distribución (tendencia central, dispersión, concentración) y discontinuidades (puntos atípicos).

### 2.1. Análisis de la distribución y puntos atípicos en las variables geográficas

La tendencia central de una variable geográfica puede detectarse con ayuda de los llamados mapas temáticos, así como de gráficos estadísticos más o menos estándar como el histograma de frecuencias, función de densidad, el mapa de caja y el gráfico condicional. Los SIG permiten elaborar todo tipo de mapas temáticos, así como ciertos gráficos estadísticos básicos. En concreto, un *mapa temático* consiste en la representación cartográfica de una variable de datos espaciales utilizando símbolos y/o colores para poner de manifiesto las diferencias entre distintos intervalos de valores. En los mapas de cuantiles, los datos se dividen y agrupan en una serie de categorías (o cuantiles) con igual número de observaciones. Los mapas temáticos que mejor representan la tendencia espacial global de una variable son los mapas de cuantiles, el mapa de la desviación típica o el mapa de cortes naturales (JENKS & CASPALL, 1971). Este último es muy utilizado por ser útil para representar variables con una distribución muy desigual. Se trata de una técnica que, para determinar los intervalos, identifica los puntos de corte de forma que se haga mínima la varianza total intra-grupos. De este modo, detecta agrupamientos y estructuras subyacentes en los datos, que muchas veces no se vislumbran a simple vista. En la FIG. 1(a), hemos representado el mapa de cortes naturales de la densidad del empleo en los municipios de la Euroregión “Galicia-Norte de Portugal” que, como puede observar-

se, destaca como muy densas las áreas metropolitanas de Porto, A Coruña y Vigo.

En ciertas ocasiones, el mapa puede no ser un instrumento suficiente para identificar la forma de una distribución espacial. Esto es especialmente cierto cuando en la misma, hay valores excepcionalmente bajos/altos que pueden no ser representativos de la distribución general. Por su parte, los valores atípicos pueden tener importancia en cuanto que se trata de datos interesantes (acontecimientos extraños, localizaciones calientes o frías para un negocio) o simplemente errores en la entrada de datos. Entre las técnicas más utilizadas para la detección de valores extremos en un mapa está el *cartograma*, que es un gráfico en el que las unidades espaciales originales son reemplazadas por círculos cuya área es proporcional al valor de la variable que se quiere representar. Gracias a un algoritmo de optimización no lineal es posible situar los círculos en el lugar más cercano posible a su ubicación espacial original. Los valores atípicos (tanto los inferiores como los superiores) se destacan con un color diferente al del resto de elementos. Así, en la FIG. 1(b) representa el cartograma de la variable de densidad de empleo municipal en la Euroregión. A diferencia del mapa de cortes naturales, este gráfico permite detectar —y establecer una jerarquía entre— los polos y subpolos de empleo en esta zona.

Otro modo de visualizar valores atípicos en el territorio es el proporcionado por el *gráfico condicional*. El principio que subyace este tipo de gráficos es la utilización de las coordenadas geográficas X-Y como variables condicionales que dividen a la muestra total de datos en diferentes grupos. Si, por ejemplo, se diferencian tres categorías para cada coordenada, la superficie total del territorio habrá quedado dividida en nueve sub-espacios. Este gráfico representa, en cada uno de ellos, los datos sub-muestrales correspondientes a través de un gráfico o mapa, según se indique. Esto es lo que se ha hecho en la FIG. 2(a), donde se ha representado la variable del porcentaje de hogares con problemas de ruido en 5.080 localizaciones dentro de la “Almendra Central” de Madrid (los distritos rodeados por la carretera de circunvalación M-30). Una vez dividida esta zona de la ciudad en nueve sub-espacios, se ha utilizado el *diagrama de caja*<sup>1</sup> como medio de represen-

<sup>1</sup> El diagrama de caja es un método de representación basado en el cálculo de los cuartiles y la mediana de una variable, así como en la obtención de las llamadas cotas o valores adyacentes superior e inferior. La “caja” es un rectángulo que se construye de forma que el valor infe-

rior de la misma es el primer cuartil (que contiene el 25% de las observaciones) y el valor superior, el tercer cuartil (que contiene el 75% de las observaciones). La mediana queda destacada en mitad de la caja con un círculo y una línea horizontal que la atraviesa. Las cotas se repre-

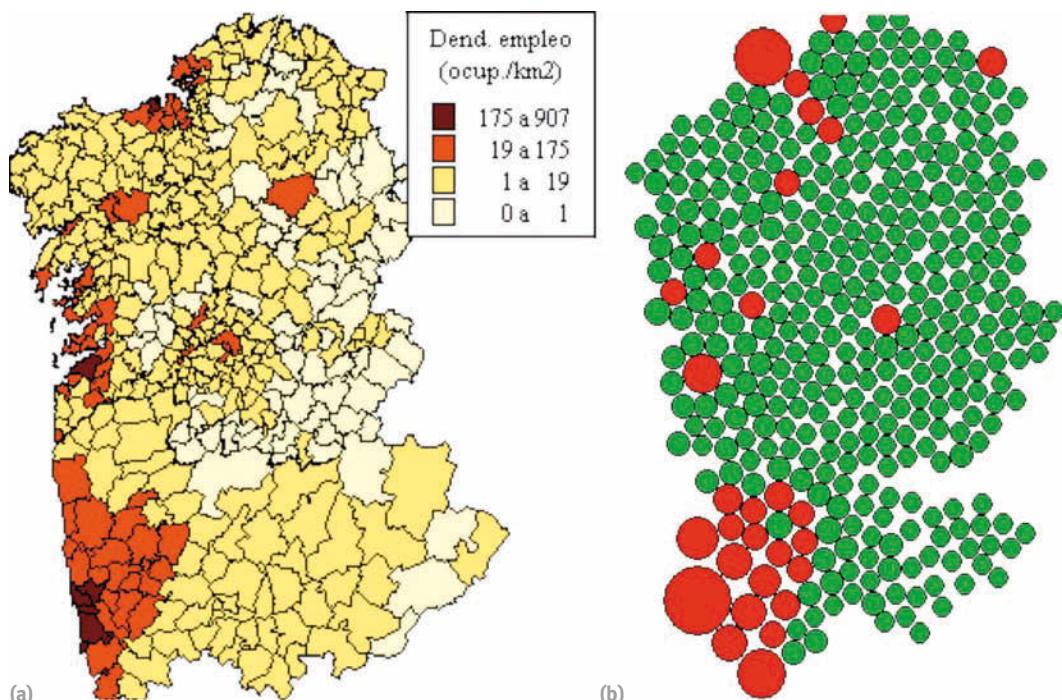


FIG. 1/ (a) Mapa de cortes naturales y (b) cartograma de la variable de densidad de empleo en los municipios de la Euroregión "Galicia-Norte de Portugal"

Fuente: Elaboración propia a partir de la base de datos SABI e Inebase (INE)

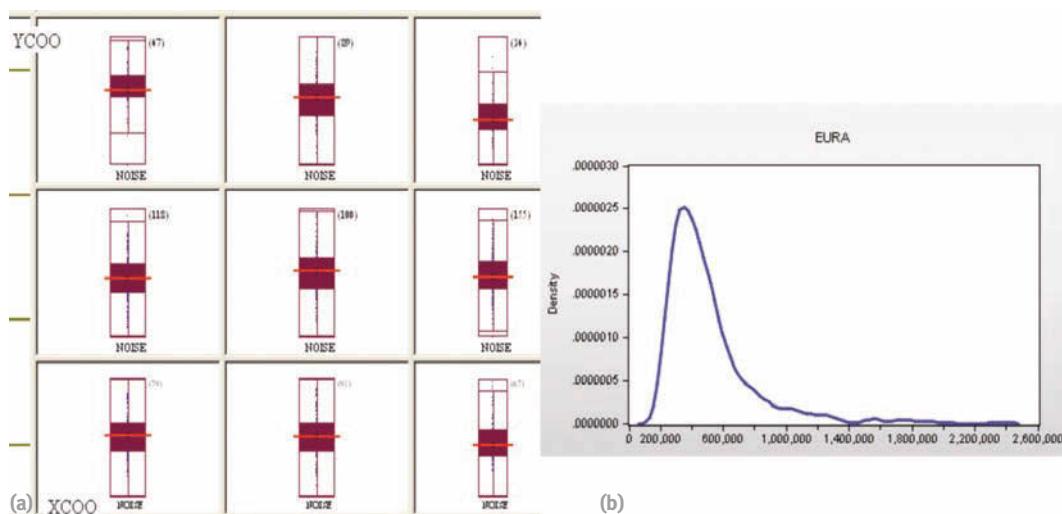


FIG. 2/ (a) Función de densidad del precio de la vivienda en localizaciones del centro de Madrid. (b) Gráfico condicional-diagrama de caja, del porcentaje de hogares del centro de Madrid con problemas de ruido

Fuente: Elaboración propia a partir de la base de datos de Idealista.com

sentan, en la parte superior e inferior de este gráfico en forma de T, como una línea horizontal gruesa. Estas cotas, a su vez, se obtienen sumando/restando a la mediana el producto de los valores del tercer (primer) cuartil por 1,5 veces el recorrido intercuartílico. De esta forma, se consideran como valores atípicos aquéllos que están

situados por encima (o por debajo) de dichas cotas, pudiendo no existir dichos valores (cuando la variable tenga valores muy concentrados en torno a la media). Si las cotas estuvieran bajo el valor inferior de la variable o sobre el valor superior, los bordes del gráfico serían dichas cotas (ANSELIN, 2005).

tación de las submuestras correspondientes a los nueve sub-espacios. De este ejemplo cabe destacar la existencia de valores atípicamente elevados en las distribuciones de los tres sub-espacios del este y la zona oeste-centro de la "Almendra Central". Es decir, en estos sub-espacios, se producen mayores diferencias en el porcentaje de hogares con problemas de ruido debido a la existencia de ciertas localizaciones donde este problema es especialmente importante. Lo contrario sucede en el sub-espacio noroeste, en el que encontramos valores atípicos bajos, es decir, con un bajo porcentaje de hogares con problemas de ruido.

Asimismo, la distribución de una variable puede visualizarse con un *gráfico de densidad*, que se trata de una aproximación a su función de densidad a través de algún algoritmo como un estimador kernel no paramétrico. En general, este gráfico puede ser interpretado como un histograma continuo en el que se lleva al infinito el número de intervalos. Un ejemplo de este tipo de gráfico se encuentra en la FIG. 2(b) donde se representa el precio de la vivienda en las citadas 5.080 localizaciones del centro de Madrid. Este gráfico deja al descubierto la gran asimetría a derechas de esta variable, con valores atípicamente elevados en el precio de algunas viviendas. Sin embargo, en esta zona no hay puntos extraordinariamente bajos en el precio de la vivienda, dado que la mayor parte de los datos se encuentra concentrada en torno al valor medio.

### 3. El efecto de la dependencia espacial

Este apartado está reservado al análisis espacial avanzado, que está basado en el concepto de dependencia espacial. Tras dos apartados dedicados al concepto y formulación matemática de este fenómeno, se analizan algunos métodos de contraste de autocorrelación espacial, así como ciertos instrumentos de detección de agrupaciones y estructuras espaciales.

#### 3.1. Concepto de dependencia o autocorrelación espacial

La dependencia espacial es, junto con la tendencia y los valores atípicos, un elemento caracterizador de las distribuciones espaciales. Se trata de un efecto que consiste en la coincidencia de valores (altos/bajos) de una variable en determinados lugares del espacio geográfico. Esta propiedad es también conocida con el nombre técnico de autocorrelación

espacial. El fenómeno de dependencia espacial en una variable puede expresarse matemáticamente como una relación funcional entre lo que ocurre en un punto determinado del espacio y lo que sucede en lugares cercanos —vecinos— al mismo (ANSELIN, 2001a). Es decir, en una variable se produce el fenómeno de la dependencia o autocorrelación espacial cuando los valores observados en un área (ciudad, distrito, etc.) dependen de los valores observados en áreas vecinas.

Este tema ha suscitado un interés creciente desde los primeros trabajos de CLIFF & ORD (1973 y 1981), donde los autores estudian este fenómeno para conocer las causas y formas de propagación de epidemias y enfermedades, aunque otros autores, como COX (1969), ya habían constatado previamente la existencia de continuidad geográfica en fenómenos sociales como la intención de voto. Posteriormente, este efecto espacial fue objeto de aplicaciones interesantes en otros campos, como los recursos naturales y medio ambiente (ANSELIN, 2001b), criminología (BALLER & *al.*, 2001; CECCATO & *al.*, 2002), actividad de I+D (ANSELIN & *al.*, 2000; FISCHER & VARGA, 2003), etc. En el terreno específicamente económico, se ha demostrado como muy común la existencia de autocorrelación espacial en fenómenos como la producción, paro, renta disponible, procesos de convergencia regional, demanda de transporte, impuestos, precio de la vivienda, población, etc. Algunos ejemplos en este campo serían REY & MONTOURI (1999), ARBIA (2006), ANSELIN & LOZANO-GRACIA (2008) o LE GALLO & CHASCO (2008), entre otros muchos.

El efecto de autocorrelación espacial puede ser de signo positivo o negativo, así como nulo. Se entiende por *autocorrelación espacial positiva* el fenómeno de asociación entre valores similares de una variable y localizaciones cercanas. Es decir, cuando, en el espacio geográfico, los valores altos de una variable están rodeados por valores altos, y viceversa. Éste sería el caso, del llamado efecto contagio o desbordamiento (*spillover*) que se produce en muchos fenómenos socioeconómicos de renta y desarrollo humano, en los que su presencia en una región es causa de una extensión de dicho fenómeno a regiones vecinas, favoreciendo la concentración del mismo en una zona geográfica determinada. Por el contrario, existe *autocorrelación espacial negativa* en un espacio cuando los valores altos de una variable se encuentran rodeados por valores bajos de la misma, y viceversa. Esto es lo que ocurre con la disposición de las casillas blancas y negras en un tablero de ajedrez. Según se ex-

pone en ANSELIN (1988), este efecto espacial es más difícil de encontrar en variables de tipo socioeconómico (si se compara con las ciencias naturales, por ejemplo) y está muy condicionado por la escala geográfica en la que se lleven a cabo los análisis<sup>2</sup>. Por último, se produce *ausencia de autocorrelación espacial* en una variable geográfica cuando ésta se distribuye de manera aleatoria sobre el espacio.

### 3.2. Formulación matemática del efecto de autocorrelación espacial

En un espacio compuesto por  $n$  observaciones, la existencia de autocorrelación espacial en una variable  $Y$  supondrá la existencia de una relación funcional entre el valor de  $Y$  en la localización  $i$  ( $y_i$ ) y los valores de dicha variable en todas, y cada una, de las  $n$  localizaciones situadas en el territorio en estudio:

$$y_i = f(y_1, y_2, \dots, y_n)$$

Esta expresión no resulta operativa en la práctica porque da lugar a un sistema no identificable, con muchos más parámetros a estimar, hasta un total de  $(n^2 - n)$ , que observaciones disponibles ( $n$ ). Por este motivo, habrá que suponer una estructura común y, por tanto, más general, en fenómeno de interacción que se estudia, de forma que se estime un número menor de parámetros de autocorrelación espacial.

Esta simplificación es posible gracias al concepto de *retardo espacial* que, aunque similar, no es equiparable al más conocido del retardo temporal. En efecto, aunque la dependencia espacial es un fenómeno similar a la dependencia en las series temporales, ambas se diferencian en la naturaleza *multidireccional* de la dependencia en el espacio frente a la clara situación unidireccional del tiempo. En el campo de las series temporales, las relaciones entre valores contiguos de una misma variable  $Y$  son de carácter lineal y, por tanto, unidireccional: de presente a pasado ( $y_t, y_{t-1}$ ) o de presente a futuro ( $y_t, y_{t+1}$ ). Por el contrario, la relación de contigüidad (o vecindad) entre una observación de la variable  $Y$  en el espacio ( $y_{ij}$ ) debe extenderse a todas las posibles direcciones existentes en el plano.

<sup>2</sup> GRIFFITH (2006) indica que el signo del efecto de autocorrelación espacial puede cambiar según la escala territorial de análisis. Así, si una variable se ha medido en unidades territoriales de ámbito muy desagregado (por ejemplo, secciones censales o distritos) y presenta autocorrelación espacial negativa, puede ver cambiado el

Por eso, antes de definir el retardo espacial, debe aclararse qué se entiende por *vecindad geográfica*. La definición de vecindad geográfica requiere de la existencia de un mapa en el que se encuentren representadas las fronteras entre unidades espaciales poligonales o, en el caso de ser puntos, las distancias entre ellos. Cuando se trabaja con unidades geográficas de carácter poligonal, el criterio de vecindad más intuitivo (y utilizado) se basa en el concepto de *frontera común*. Es decir, dos unidades geográficas de tipo poligonal serán consideradas como vecinas si tienen una frontera común. De este modo, las provincias vecinas a Madrid serán las cinco que tienen una frontera político-administrativa en común. Cuando las unidades espaciales son puntos, como las ciudades en un país, el concepto de vecindad se define sobre la noción de *distancia crítica, radio de distancia o camino más corto*.

La estructura de vecindad espacial puede expresarse matemáticamente a través de una matriz denominada *matriz de interacciones, pesos, ponderaciones, distancias o contactos espaciales* (de aquí en adelante, “matriz  $W$  de pesos espaciales”). Se trata de una matriz cuadrada de orden  $n$  (tantos elementos como unidades espaciales tenga el sistema), en la que cada unidad geográfica se representa a la vez mediante una fila y una columna. En cada fila, los elementos ( $w_{ij}$ ) no nulos de las columnas se corresponden con las unidades vecinas. Es decir,  $w_{ij} = 1$  cuando las unidades espaciales  $i, j$  son vecinas (según el criterio de vecindad previamente fijado) y  $w_{ij} = 0$  cuando dichas unidades  $i, j$  no son vecinas. Además, por convenio,  $w_{ii} = 0$ ,  $\forall i = j$ ; es decir, una unidad espacial nunca se considera vecina de sí misma, por lo que la diagonal principal de la matriz estará formada por ceros. Además del criterio de vecindad basado en la frontera común, se han propuesto otras formulaciones más complejas (CHASCO & FERNÁNDEZ-AVILÉS, 2009).

La matriz de pesos espaciales permite definir el retardo espacial como un promedio ponderado de los valores de una variable en las localizaciones vecinas a una dada, con unos pesos fijos y dados de forma exógena. Es decir, el valor espacialmente retardado de una variable en una localización  $i$  sería la suma ponderada de todos los valores de dicha variable en las localizaciones vecinas a  $i$ . Los térmi-

signo de este efecto si se mide en ámbitos espaciales más agregados (municipios, provincias). En este último caso, el efecto de agregación promediará los valores de la variable que, por este motivo, serán más parecidos entre sí, produciendo autocorrelación espacial positiva.

nos de una variable espacialmente retardada se obtienen multiplicando las observaciones en cuestión ( $y_i$ ) por sus correspondientes pesos de la matriz de ponderaciones  $W$  del modo siguiente:

$$W y_i = \sum_{j \in J} w_{ij} y_j \quad ; \quad \forall j \in J$$

donde  $W$  es la matriz de pesos espaciales (el equivalente al operador retardo en series temporales),  $j$  es el subíndice correspondiente al conjunto  $J_i$  de unidades relacionadas con  $i$ , según un criterio de vecindad determinado,  $w_{ij}$  son las ponderaciones espaciales.

En el caso de una matriz de vecindad basada en el criterio de tener una frontera común, el retardo espacial no sería un promedio ponderado, sino la suma de los valores de una variable en las localizaciones vecinas. Por eso, hay autores que recomiendan transformar la matriz  $W$  para calcular variables espacialmente retardadas, sobre todo cuando van a ser utilizadas en modelos de regresión espacial (véase ANSELIN, 1992: capítulo 16.1). Esta transformación se denomina *estandarización por filas*. Una matriz  $W^*$  estandarizada por filas es aquélla en la que cada elemento  $w_{ij}^*$  se divide por la suma de los pesos de cada fila, del modo siguiente:

$$w_{ij}^* = \frac{w_{ij}}{\sum_{j \in J} w_{ij}}$$

En este tipo de matrices, la variable espacialmente retardada será el valor suavizado (o aliado) de los valores vecinos a cada localización, siendo la suma de los elementos de cada fila igual a la unidad. Además, como  $i = 1, 2, \dots, n$ , la suma de todos los pesos de la matriz  $W$  es igual al tamaño de la muestra ( $n$ ).

### 3.3. Métodos de representación y contraste de la dependencia espacial

En el apartado anterior vimos que el fenómeno de dependencia espacial en una variable suele expresarse matemáticamente como una relación funcional entre lo que ocurre en un punto determinado del espacio y lo que sucede en lugares cercanos (vecinos) al mismo. Es por eso que este fenómeno de dependencia espacial se conoce también como autocorrelación, asociación o interacción espacial, dado que expresa las relaciones de interrelación existen-

tes en los fenómenos socio-económicos sobre el espacio geográfico. Cuando una variable tiene autocorrelación espacial, su distribución sobre un mapa presenta continuidad geográfica, es decir, formas como de "mancha de aceite". Sin embargo, la simple visualización de una variable no basta y será necesario contrastar este efecto espacial para comprobar su grado de significación estadística.

#### 3.3.1. Diagrama de dispersión de Moran

Una conocida técnica de AEDE es el diagrama de dispersión de Moran. Se trata de un diagrama de dispersión que representa en el eje de abscisas una variable, previamente estandarizada, ( $y_i$ ) y en el eje de ordenadas, su retardo espacial ( $w_{ij} y_j$ ). Este diagrama permite distinguir los dos signos propios del fenómeno de dependencia espacial. Las situaciones de dependencia espacial positiva se corresponden con los cuadrantes I y III, mientras que el fenómeno de dependencia espacial negativa se encuentra en los cuadrantes II y IV.

Por ejemplo, en la FIG. 3(a) se ha elaborado el diagrama de dispersión de Moran utilizando una matriz de pesos espaciales,  $W$ , basada en el criterio de vecindad de la frontera común. En el cuadrante I, se han seleccionado aquellas secciones censales del centro de Madrid con un porcentaje de extranjeros, superior a la media que, a su vez, se encuentran rodeadas por secciones que también disponen de porcentajes de extranjeros superiores a la media de la zona considerada. Estas secciones aparecen destacadas en el mapa de la FIG. 3(b) que, como puede observarse, se localizan fundamentalmente en las secciones del sur y oeste de la "Almendra Central" (distritos Arganzuela, Centro y Tetuán). Por su parte, en el cuadrante III del diagrama de dispersión de Moran se encuentra el mismo fenómeno pero con valores opuestos: secciones con valores bajos en el porcentaje de extranjeros que están rodeadas de secciones también con valores bajos de esta variable. Es decir, el diagrama de dispersión de Moran ofrece una visión más detallada del mapa de la tasa de extranjeros en el centro de la ciudad, poniendo de manifiesto las zonas con mayor o menor concentración de esta población. En cuanto a las categorías de dependencia espacial negativa, éstas vienen dadas por los cuadrantes II y IV, en los que se representan las secciones con valores altos o bajos de porcentaje de extranjeros que están rodeadas por secciones con valores bajos o altos, respectivamente.

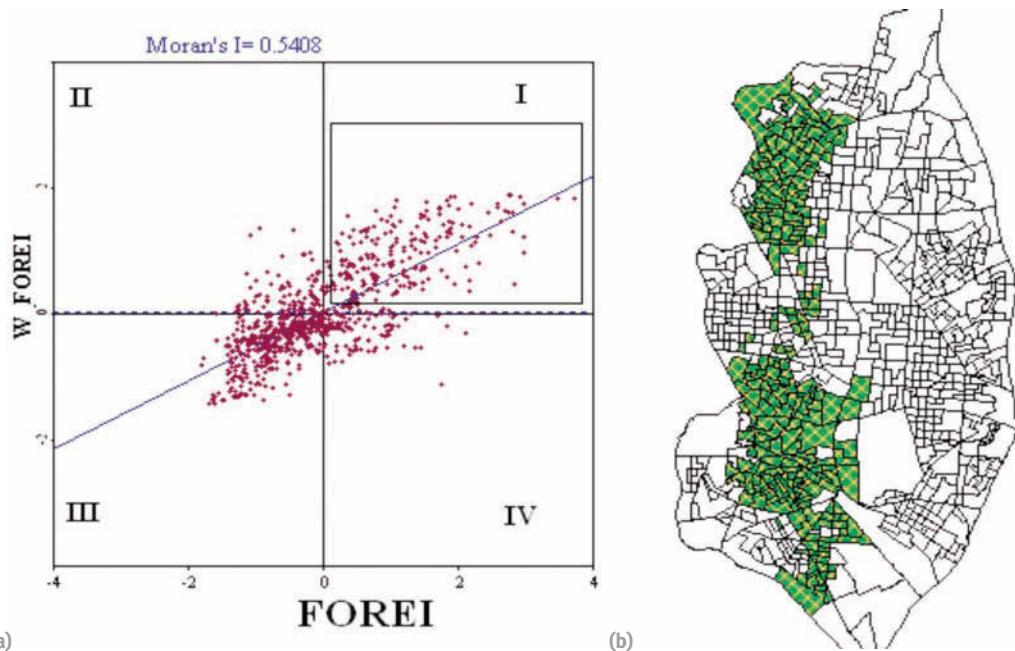


FIG. 3/ (a) Diagrama de dispersión de Moran (b) mapa con selección del cuadrante I del porcentaje de extranjeros en las secciones censales del centro de Madrid

Fuente: Elaboración propia a partir de los datos del Censo 2001 (INE)

### 3.3.2. Estadístico / de Moran

El estadístico  $I$  de Moran permite conocer el grado de dependencia espacial existente en una variable, es decir, hasta qué punto existe alguna tendencia o concentración de valores de una variable en determinadas zonas de la geografía. Este estadístico se expresa como función de una variable ( $Y$ ) en desviaciones a la media, considerada en los puntos del espacio ( $i, j$ ), y los elementos de una matriz de pesos espaciales  $W$  que, si está estandarizada por filas, da lugar a la siguiente expresión:

$$I = \frac{n}{S_0} \times \frac{\sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^n w_{ij} (y_i - \bar{y})(y_j - \bar{y})}{\sum_{i=1}^n (y_i - \bar{y})^2} = \\ = \frac{\sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^n w_{ij}^* (y_i - \bar{y})(y_j - \bar{y})}{\sum_{i=1}^n (y_i - \bar{y})^2}$$

donde  $w_{ij}$  es el elemento de la matriz de pesos espaciales  $W$  correspondiente al par de locali-

zaciones ( $i, j$ );  $S_0 = \sum_i \sum_j w_{ij}$ , es decir, la suma de los elementos de la matriz de pesos espaciales;  $\bar{y}$  es el valor medio o esperado de la variable  $Y$ ;  $n$  es el número de observaciones o tamaño muestral y  $w_{ij}^*$  es el elemento de la matriz de pesos espaciales estandarizada por filas. Como puede observarse, cuando la matriz  $W$  está estandarizada por filas, el estadístico  $I$  queda reducido al cociente del producto espacial cruzado de los valores de la variable partido por la varianza.

Este estadístico es similar al coeficiente de autocorrelación entre dos variables: el término del numerador es una medida de la covarianza entre valores de la variable  $Y$  en dos puntos distintos ( $i, j$ ) y el denominador expresa la varianza de  $Y$  en el punto  $i$ . En efecto, del estadístico  $I$  de Moran podría derivarse la siguiente expresión matricial:

$$I = \frac{\sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^n w_{ij}^* (y_i - \bar{y})(y_j - \bar{y})}{\sum_{i=1}^n (y_i - \bar{y})^2} \\ = \frac{\dot{y}' W^* \dot{y}}{\dot{y}' \dot{y}} \Rightarrow \dot{y}' W^* \dot{y} = I \cdot \dot{y}' \dot{y}$$

siendo  $\hat{y}$  el vector de observaciones en desviaciones a la media y el producto  $W^* \hat{y}$  el retraso espacial asociado a la variable  $Y$  en desviaciones a la media.

En esta expresión, el estadístico  $I$  resulta funcionalmente equivalente al segundo coeficiente a estimar en un análisis de regresión lineal de  $W^* \hat{y}$  sobre  $\hat{y}$  (no de  $\hat{y}$  sobre  $W^* \hat{y}$ , que sería la forma más natural de especificar un proceso autorregresivo espacial). La interpretación del estadístico  $I$  de Moran como *pendiente de una línea de regresión* es lo que permite visualizar la relación lineal entre una variable (en desviaciones a la media) y su correspondiente retraso espacial en forma de diagrama de dispersión bivariante de  $W^* \hat{y}$  sobre  $\hat{y}$  (diagrama de dispersión de Moran). Así, el estadístico  $I$  de Moran puede ser utilizado, por un lado, como indicador del grado de ajuste en la nube de puntos  $y$ , y, por otro, resulta también útil para la detección de posibles valores atípicos de inestabilidad espacial. Cuanto mayor sea el valor de  $I$ , es decir, cuanto mayor sea el ángulo que forme la recta de regresión con el eje de abscisas, más fuerte será el grado de dependencia o autocorrelación espacial en la variable, y viceversa. Obviamente, este estadístico estará muy afectado por aquellos puntos vecinos sensiblemente distintos de la media de la variable en estudio (valores atípicos).

En la FIG. 3(a), sobre la nube de puntos, se incluye el valor del estadístico  $I$  de Moran (*Moran's I* = 0,5408), que resume el ajuste de la variable espacialmente retardada del porcentaje de extranjeros ( $W_{-}\text{FOREI}$ ) sobre el porcentaje de extranjeros ( $\text{FOREI}$ ). El valor del estadístico  $I$  coincide con el valor de la pendiente del siguiente modelo de regresión estimado por mínimos cuadrados ordinarios, cuyo término independiente es nulo (por estar las variables expresadas en desviaciones a la media):

$$W_{-}\text{FOREI} = 0,5408 \cdot \text{FOREI}$$

El resultado de este ajuste permitiría conocer las consecuencias que tendría en la zona centro de Madrid un incremento en el porcentaje de extranjeros, debido al "efecto llamada" (autocorrelación espacial) que suele producirse en estos casos. Por ejemplo, si Ayuntamiento se plantea realojar a un grupo significativo de extranjeros en viviendas de protección oficial, las autoridades locales sabrán que, por cada porcentaje añadido de extranjeros en una de las secciones censales del centro se producirá, por término medio, un incremento del 54% del porcentaje de extranjeros en las secciones contiguas.

A continuación, se nos plantea saber hasta qué punto el valor estimado para la pendiente es o no estadísticamente significativo (o distinto de cero). Para ello, hay que construir un test estadístico en el que la hipótesis nula será ausencia de autocorrelación espacial o, lo que es lo mismo, la nulidad del parámetro de la pendiente de la regresión en la expresión (5). El *contraste de bondad del estadístico I*, en cuanto pendiente de un modelo de regresión, no debe realizarse con el conocido test  $t$ , basado en la distribución  $t$  de Student, ya que el estadístico  $I$  de Moran no se encuentra centrado en el valor cero (*vide* CLIFF & ORD, 1981: 43-44). De hecho, la media teórica del estadístico  $I$  de Moran es el cociente:  $-1/(n - 1)$ . En otras palabras, el valor esperado del estadístico  $I$  es negativo y es función únicamente del tamaño de la muestra, aunque dicha media tiende a cero a medida que el tamaño de la muestra aumenta. En cuanto a la varianza teórica del coeficiente  $I$ , depende de determinados supuestos estocásticos. Un valor del estadístico  $I$  de Moran mayor que su valor esperado sería indicativo de autocorrelación espacial positiva, mientras que un valor de  $I$  inferior a la media pondría de manifiesto la existencia de autocorrelación espacial negativa.

ANSELIN (1988) demuestra que, cuando la variable objeto de estudio no se distribuye como una normal, cosa muy habitual en la práctica, debemos aproximar los momentos del estadístico  $I$  de forma empírica, siguiendo el *método de las permutaciones*, que es muy habitual en la estadística moderna, siendo la hipótesis nula  $I = 0$ . En el caso de la FIG. 3, en que  $I = 0,5408$ , se trata de calcular el nivel de confianza que existe para el rechazo de esa hipótesis en favor de la hipótesis alternativa de autocorrelación espacial positiva. Tras la generación de 999 muestras diferentes con los datos de la variable (porcentaje de extranjeros en las secciones censales del centro de Madrid), la media de los valores obtenidos para el estadístico  $I$  en cada muestra es  $E[I] = -0,0013$  y la desviación típica  $DT(I) = 0,0122$ . Según esta distribución de valores del estadístico  $I$ , el valor obtenido para el porcentaje de extranjeros de Madrid es muy superior al resto de valores de  $I$  calculados en configuraciones de datos diferentes de la original. En concreto, se obtiene un  $p$ -valor = 0,001, lo que implica que es posible rechazar la hipótesis nula en favor de la hipótesis alternativa de autocorrelación espacial positiva con casi el 100% de confianza  $(1-0,001) * 100$ . Este elevado nivel de confianza avalaría, por ejemplo, las conclusiones que puedan derivarse de la expresión (6).

#### 4. Detección de “clusters” y otras estructuras espaciales

El estadístico  $I$  de Moran es una medida de dependencia espacial global, en cuanto que se refiere a todo el conjunto geográfico sometido al análisis. Por eso, no es capaz de detectar la presencia de zonas concretas de inestabilidad (zonas calientes o frías), en las que una variable tenga un comportamiento diferente de la seguida por la tendencia general. Cuando esto se produce, decimos que la variable es no estacionaria, es decir, que la intensidad (y el signo) de la dependencia espacial es significativamente diferente en algunas subzonas del espacio global considerado.

La hipótesis de estacionariedad es la base sobre la que se asienta el análisis estadístico de la autocorrelación espacial. En el caso de existencia de dependencia espacial local, este supuesto se incumple y, por eso, el análisis global no sería válido. El fenómeno de la inestabilidad espacial o dependencia espacial local puede plantearse desde dos puntos de vista:

- En primer lugar, es posible que el estadístico  $I$  de Moran no detecte la presencia de dependencia espacial en la distribución de una variable sobre un espacio dado, pero que en su lugar, existan *clusters* o agrupamientos de valores similares (o diferentes) en ciertas sub-zonas, que sean de interés para el análisis.
- En segundo lugar, también sería posible que el test  $I$  detectara la presencia de dependencia espacial en una variable, pero que no todas las unidades del espacio considerado contribuyan con igual peso en dicho indicador global.

Es decir, dentro del espacio considerado, pudieran coexistir zonas en las que una variable no esté espacialmente autocorrelacionada con otras zonas en las que el fenómeno de dependencia espacial sea muy importante. A continuación, se presentan algunas herramientas del AEDE que permiten detectar este tipo de estructuras.

##### 4.1. Puntos atípicos en el diagrama de dispersión de Moran

El diagrama de dispersión de Moran es capaz de ofrecer no sólo una impresión visual global de las existencia de dependencia espacial, sino también una perspectiva más desagregada de autocorrelación espacial, en cuanto positiva (aquellos puntos situados en los cuadrantes

primer y tercero) y negativa (cuadrantes segundo y cuarto). Además, como los valores de la variable  $Y$  están estandarizados, es posible obtener información de los valores atípicos, es decir, aquellos situados a más de dos unidades del origen (según el criterio estadístico “2-sigma”). Estos valores atípicamente altos/bajos podrían corresponderse con estructuras de dependencia espacial local y/o con *puntos atípicos*, en cuanto valores que no se ajustan bien a las estructuras de dependencia espacial de la variable.

En la FIG. 4, hemos destacado los valores atípicos del tercer cuadrante del diagrama de dispersión de Moran, en cuanto aquellas secciones censales del centro de Madrid claramente alejadas de la nube principal de puntos. Se trata de secciones con un claro agrupamiento espacial de valores inferiores de la variable (porcentaje de edificios construidos antes de 1970). Como puede observarse, se trata de secciones localizadas en los extremos norte, este y sur de la “Almendra Central”, cercanas a la M-30. Estas secciones censales forman un “cluster” espacial caracterizado por la concentración de edificaciones más modernas (menos antiguas), respecto del conjunto de edificios de la zona centro de Madrid.

##### 4.2. El estadístico $I_i$ local de Moran y el mapa de “clusters”

El estadístico  $I_i$  local de Moran calcula, para cada unidad  $i$ , la existencia de un agrupamiento significativo de valores similares (altos o bajos) alrededor de dicha unidad geográfica del modo siguiente (ANSELIN, 1995):

$$I_i = \dot{y}_i \sum_{j \in J_i} w_{ij} \dot{y}_j$$

siendo  $\dot{y}_i$ ,  $\dot{y}_j$  los valores de la variable  $Y$ , en desviaciones a la media, en las unidades espaciales  $i$ ,  $j$ ;  $w_{ij}$  son los elementos de la matriz de pesos espaciales  $W$ ;  $J_i$  es el conjunto de unidades relacionadas con  $i$ .

Como se deriva de esta expresión, un valor positivo de  $I_i$  indica la existencia de un agrupamiento espacial de valores parecidos (o bien altos o bien bajos) alrededor de la unidad espacial  $i$ , mientras que un valor negativo indica el agrupamiento de valores muy diferentes (altos junto a bajos o bajos junto a altos) alrededor de  $i$ . También puede comprobarse que la suma de estadísticos locales  $I_i$  es el estadístico global  $I$  de Moran:

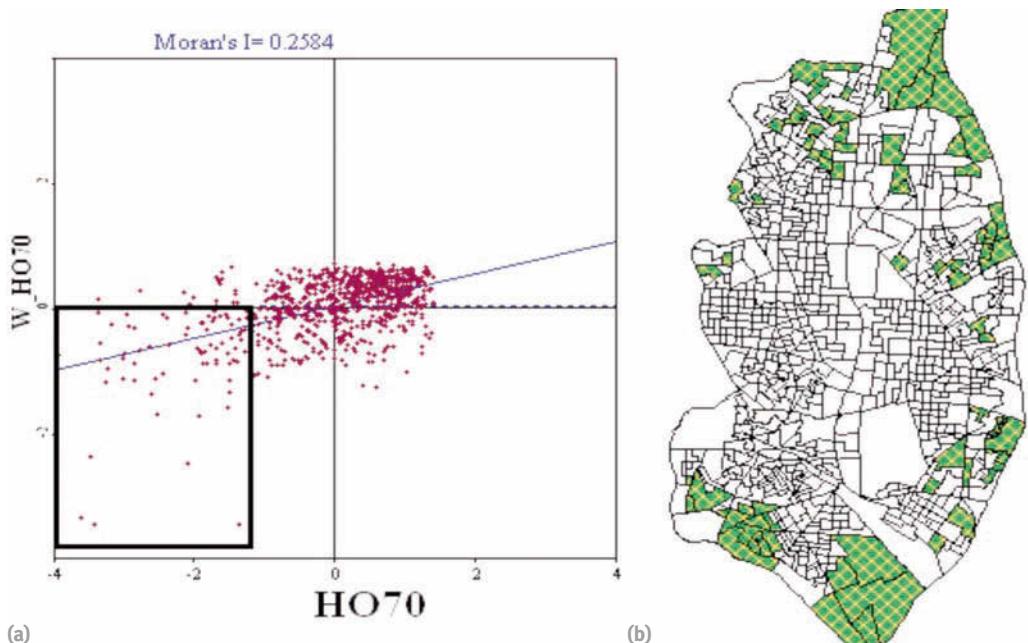


FIG. 4/ **Diagrama de dispersión de Moran del porcentaje de edificios construidos antes de 1970 en las secciones censales de Madrid centro: (a) selección de valores atípicos en el tercer cuadrante, (b) mapa con selección**

Fuente: Elaboración propia a partir de los datos del Censo 2001 (INE)

$$\sum_{i=1}^n I_i = \sum_{i=1}^n \dot{y}_i \sum_{j \in J_i} w_{ij} \dot{y}_j = \sum_{i=1}^n \sum_{j \in J_i} w_{ij} \dot{y}_i \dot{y}_j$$

Esta suma también podría expresarse como una función lineal del test / global:

$$\sum_{i=1}^n I_i = \frac{1}{S_0 m_2} I = \gamma \cdot I$$

donde  $S_0 = \sum_i \sum_j w_{ij}$ ;  $\gamma = S_0 m_2$  un factor de proporcionalidad, para:

$$m_2 = \sum_i \dot{y}_i^2.$$

Como en el caso del estadístico / global, aquí también es necesario realizar un proceso inferencial, basado en el enfoque de las permutaciones, para conocer el nivel de significación estadística de cada indicador local  $I_i$ , como "máximo contribuyente" al valor único del indicador global  $I$ . La representación gráfica de los índices  $I_i$  da lugar al *mapa LISA*<sup>3</sup> de "clusters" espaciales (*LISA Cluster Map*). La representación de los valores significativos  $I_i$  se lleva a

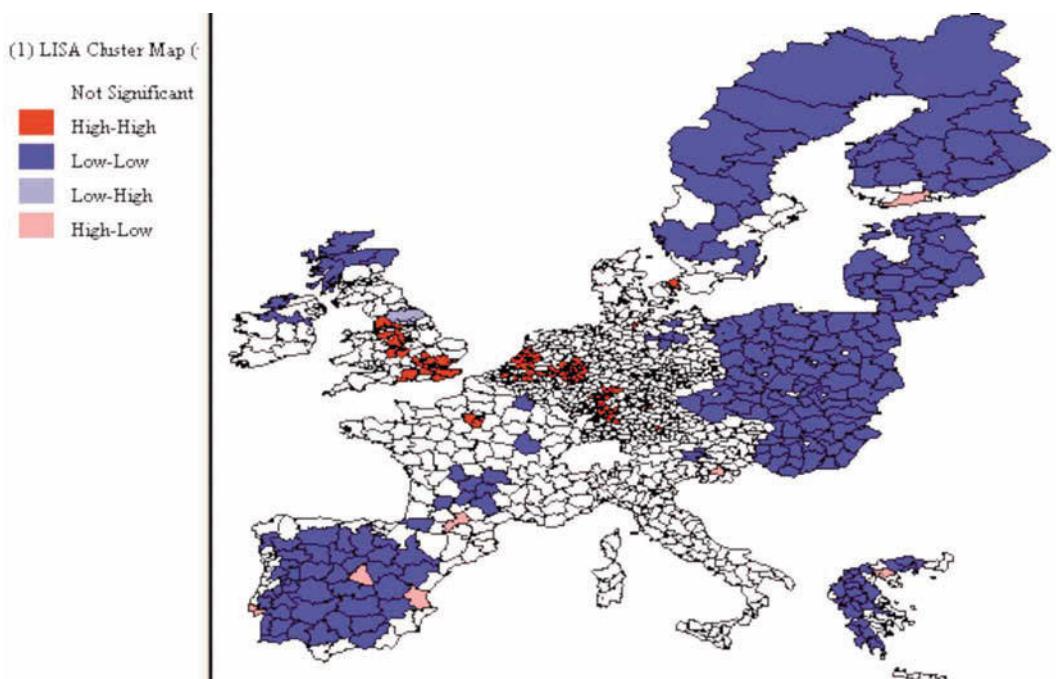
cabo a través de distintos colores, uno para cada cuadrante del diagrama de dispersión de Moran. De este modo, es posible saber alrededor de cuál de los puntos del diagrama se produce una concentración espacial significativa de datos parecidos o diferentes de una variable, así como el signo de la dependencia espacial.

En la FIG. 5, se ha representado el mapa LISA de *clusters* correspondiente a la variable de densidad del PIB (PIB por kilómetro cuadrado en 2006). de las NUT-3 de la Unión Europea (UE)<sup>4</sup>. En color rojo (valores altos rodeados de valores altos), este mapa pone de manifiesto la existencia de un núcleo duro de concentración de la producción localizado en las zonas urbanas policéntricas de Alemania (ejes Rhine-Ruhr y Rhine-Main-Neckar), en el sur de Inglaterra e Ile-de-France. Aunque posiblemente el hallazgo más impactante de este mapa es la existencia de una extensa periferia, es decir, un gran "cluster" de valores bajos en la densidad de la producción. Se trata de las periferias norte (regiones aisladas de Irlanda, Escocia, países escandinavos y bálticos), sur (Grecia y regiones interiores de España y Portugal) y este de la UE.

<sup>3</sup> LISA es el acrónimo de *Local Indicators of Spatial Association*.

<sup>4</sup> NUT: son las siglas en francés de la Nomenclatura de las

Unidades Territoriales utilizadas por la Unión Europea con fines estadísticos. En España, las NUT-3 coinciden con las provincias.

FIG. 5/ **Mapa LISA de la densidad del PIB en las regiones NUT3 de la UE**

Fuente: Elaboración propia a partir de la "European Regional Database" (Cambridge Econometrics)

#### 4.3. El estadístico local $G_i(d)$

GETIS & ORD (1992) sugirieron un enfoque diferente a partir de los estadísticos de distancias, que requieren de la definición de una distancia crítica  $d$  en torno a cada punto  $i$ . De este modo, si se definen diferentes bandas de distancia para cada punto, deben también construirse distintas matrices de pesos espaciales para cada radio de distancia,  $W(d)$ . El estadístico  $G_i(d)$  permite contrastar la hipótesis alternativa de existencia de autocorrelación espacial en el conjunto de valores de la variable  $Y$  asociados a los  $j$  puntos incluidos en un radio  $d$  de distancia en torno a un punto inicial dado  $i$ .

$$G_i(d) = \frac{\sum_{j=1}^N w_{ij}(d)y_j}{\sum_{j=1}^N y_j} \quad ; \quad \text{para } j \neq i$$

donde  $[w_{ij}(d)]$  son los elementos de una matriz simétrica y binaria (0-1), tal que  $w_{ij} = 1$  para todos los vínculos existentes entre aquellos puntos  $j$  situados en un radio  $d$  del punto  $i$ , y  $w_{ij} = 0$  para el resto de vínculos, incluida la relación del punto  $i$  consigo mismo. En el numerador se

consideran únicamente los valores  $y_j$  situados en un radio  $d$  del punto  $i$  (excepto  $y_i$ ) mientras que, en el denominador, se consideran todos los valores de la variable, excepto  $y_i$ . Obsérvese que, para cada punto del espacio  $i$ , se obtiene un valor de  $G_i(d)$  que, dependiendo de la distancia considerada, será también distinto.

Una variante de este test sería el estadístico Nuevo  $G_i^*$ , que mide la asociación espacial en aquellos casos en los que se también se considera la relación  $i = j$ . Tanto éste como el anterior, son estadísticos que sólo pueden ser aplicados al caso de variables naturales (no enteras) positivas, así como para matrices  $W$  binarias y simétricas (por tanto, no estandarizadas por filas). Para superar estas limitaciones, ORD & GETIS (1995, 2001) presentaron, más tarde, nuevas variantes de estos estadísticos.

Los resultados del cálculo del Nuevo  $G_i^*$  se presentan en la FIG. 6. Aunque los resultados se parecen mucho a los ofrecidos por el mapa LISA, el detalle del nivel de significación asociado a cada uno de los valores locales del test nos permite concluir que la máxima concentración, en términos de densidad de producción, no se produce en los valores elevados de la variable, sino en los inferiores (las periferias de la UE).

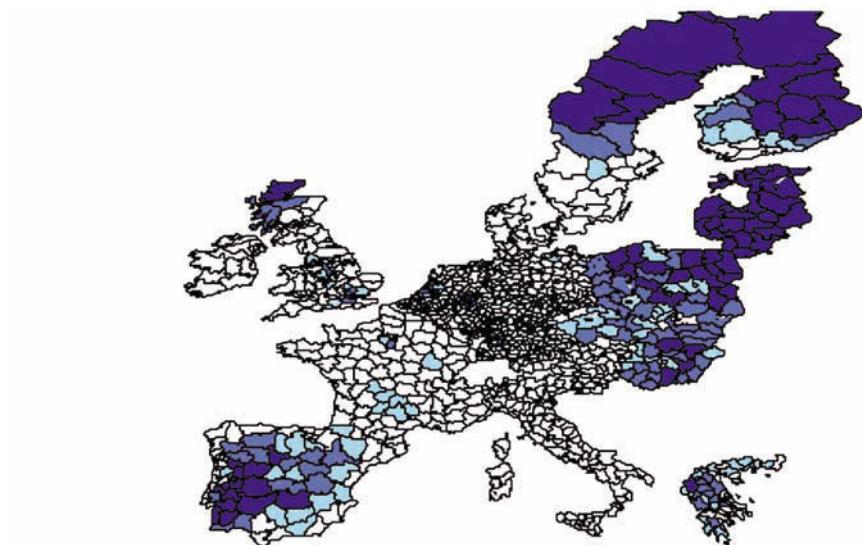


FIG. 6/ Mapa LISA de la densidad del PIB en las regiones NUT3 de la UE

Fuente: Elaboración propia a partir de la "European Regional Database" (Cambridge Econometrics)

#### 4.4. Fenómenos de difusión y concentración espacio-temporal

Cuando se dispone de un corte temporal para una base de datos geográficos, ambos pueden combinarse y trabajar con el panel completo. De este modo, pueden abordarse temas como el crecimiento o convergencia (en el ámbito de la economía regional y urbana) o el lanzamiento de nuevos productos y su difusión a través del espacio geográfico (en geomarketing).

El diagrama de dispersión bivariante de Moran representa una variable  $X$  en el eje horizontal y el retardo espacial de otra variable  $Y$  (con ayuda de una matriz de pesos espaciales) en el eje vertical. Cuando en el eje horizontal se representan los valores de la variable  $Y$  referida a un momento del tiempo  $t$  ( $y_{i,t}$ ) y en el eje vertical se representan los valores de dicha variable  $Y$  espacialmente retardada, y referida a otro momento del tiempo  $t-k$  ( $Wy_{i,t-k}$ ), entonces se trata de un caso particular, que podría denominarse *diagrama de dispersión espacio-temporal de Moran*. En este caso, la pendiente de la recta ajustada a la nube de puntos será el *estadístico I espacio-temporal de Moran* (CHASCO Y LÓPEZ, 2008), que vendrá definido como:

$$STI = I_t = \frac{Z'_{t-k} W^* z_t}{Z'_{t-k} z_{t-k}}$$

siendo  $z_t$ ,  $z_{t-k}$  los valores de variable  $Y$  estandarizada referidos a los momentos  $t$  y  $(t - k)$ , respectivamente y  $W^*$  la matriz de pesos espaciales estandarizada por filas. Por tanto, el estadístico STI (en inglés, *Space-Time I*) mide la influencia que produce un cambio en una variable en un lugar del espacio  $i$  y un momento del tiempo pasado ( $t - k$ ) sobre su entorno geográfico en el presente ( $t$ ). El valor del estadístico STI es la pendiente de la línea de regresión de  $Wz_t$  sobre  $z_{t-k}$ . Cuando el retardo temporal es nulo ( $k = 0$ ), este índice coincide con el índice  $I$  global de Moran. La inferencia sobre el índice STI se puede calcular como en el caso univariante, siguiendo el enfoque de permutaciones. Si el estadístico STI resulta significativo en una variable espacial para varios desfases temporales ( $k = 1, 2, \dots$ ) puede concluirse que en dicha variable existe un proceso de difusión espacio-temporal, es decir, *dependencia espacial no contemporánea*.

El test STI permite conocer la existencia de *agrupamientos espaciales en el proceso de crecimiento* de un fenómeno. Por ejemplo, si la variable fuera la evolución de la renta per cápita en un período temporal, la detección de *clusters* de tipo espacio-temporal demostraría la existencia de nichos o "clubes" permanentes de desigualdad económica en el espacio total. En estos casos, el índice  $I$  global (univariante) de Moran se irá incrementando con el paso del tiempo produciendo una dinámica divergente de crecimiento económico.

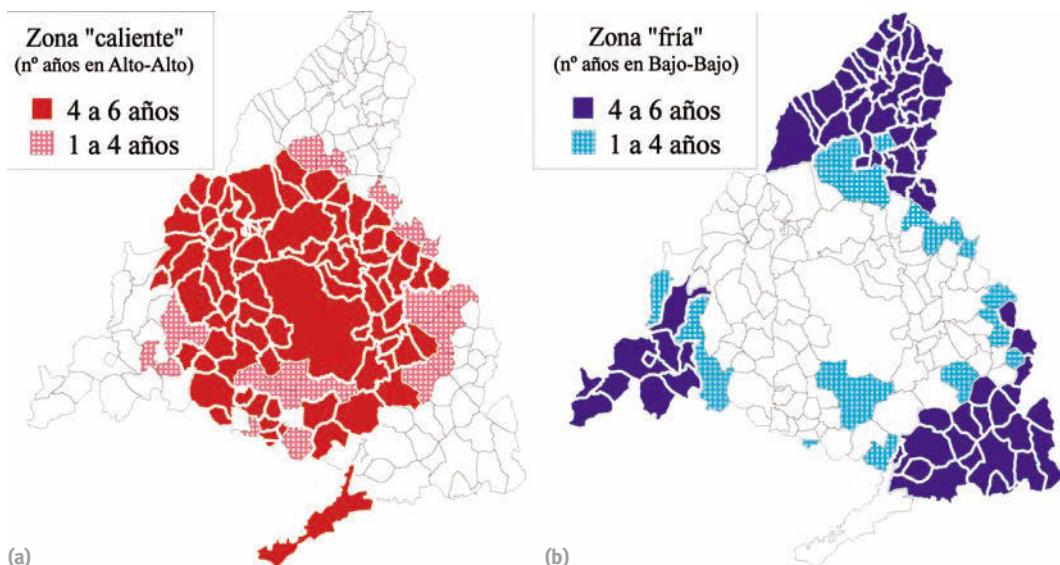


FIG. 7/ Mapas LISA de clusters de la tasa de líneas ADSL por habitante de los municipios de la Comunidad de Madrid: (a) zona caliente (cluster de valores elevados de la variable), (b) zona fría (cluster de valores bajos)

Fuente: Elaboración propia a partir del Instituto Lawrence R. Klein (Universidad Autónoma de Madrid)

co entre las distintas unidades espaciales (países, regiones, etc). Si la variable cuya evolución se analiza fuera la implantación de un producto de consumo, como las líneas ADSL a finales del siglo XX, la disminución del grado de dependencia espacial con el paso de los años demostraría la existencia de un proceso de reparto equitativo de dicho bien en el territorio (convergencia entre las unidades geográficas).

Siguiendo la lógica de apartados anteriores, será posible obtener herramientas locales de análisis espacio-temporal, como el diagrama de dispersión espacio-temporal de Moran y el mapa LISA espacio-temporal de "clusters". En la FIG. 7, se analiza la tasa de las líneas ADSL por habitante de los municipios de la Comunidad de Madrid, con objeto de conocer la existencia de fenómenos de difusión espacial en el período de implantación de este nuevo producto (años 2000-2006). En la FIG. 7(a), se presenta en color rojo la asociación alto-alto", es decir, aquéllos municipios que, en un número determinado de años, han registrado tasas de ADSL per cápita superiores a la media regional, cumpliendo, a su vez, la condición de estar rodeado de municipios que, por término medio, también tenían tasas de ADSL per cápita superiores a la media. Estos municipios constituyen una zona "caliente" de negocio de este producto, situada en Madrid capital y las periferias norte y oeste

sobre todo (6 ó 7 años en situación "alto-alto"), con algunos municipios del Corredor del Henares. Por su parte, en el mapa de la FIG 7(b) se representa el número de veces que un municipio ha tenido una tasa de ADSL per cápita inferior a la media regional habiendo estado también rodeado de municipios con tasas inferiores a la media regional (asociación "bajo-bajo"). Se trata ésta de una zona "fría" para el negocio del ADSL, donde aún podría existir un mercado sin conquistar. Se trata de los municipios rurales de la Sierra Norte y esquinas este y oeste de la Comunidad de Madrid.

## 5. Conclusión

En este artículo, se han presentado las principales técnicas del AEDE, al menos, las más utilizadas en el ámbito de la econometría espacial. Tal y como se ha expuesto en las páginas anteriores, el análisis de los fenómenos geográficos no puede llevarse a cabo sin la ayuda de un mapa, así como de gráficos y estadísticos especialmente diseñados para el tratamiento de los datos espaciales. El carácter de multidireccionalidad de las relaciones en el territorio, y los efectos espaciales de dependencia y heterogeneidad, son las principales características que diferencian las variables espaciales de las series temporales y de otras distribuciones de corte transversal.

Sin embargo, en muchas ocasiones, la sola utilización de mapas digitales o gráficos estadísticos básicos no suele ser suficiente para lograr una buena detección de “clusters” y estructuras subyacentes en los datos. Para ello, el AEDE provee de estadísticos más avanzados, como el estadístico *I* de Moran, los gráficos de dispersión de Moran, los tests de dependencia local y estadísticos espacio-temporales. Todos

ellos, y otros más, que no se han podido detallar en este trabajo, se han ido formulando, desde distintas disciplinas, como respuesta a problemas comunes propios de la ciencia regional y el análisis urbano. Esperamos haber ofrecido al lector interesado algo más de luz sobre estos aspectos, así como haberle también proporcionado las referencias oportunas para un estudio futuro más en profundidad.

## 6. Bibliografía

- ANSELIN, L. (1988): *Spatial econometrics: Methods and Models*, Kluwer Academic Publishers.
- (1995): “Local indicators of spatial association-LISA”, en *Geographical Analysis*, 27: 93-115.
  - (1999): “The future of spatial analysis in the social sciences”, en *Geographic Information Sciences*, 5: 2: 67-76.
  - (2001a): “Spatial econometrics”, en *A companion to theoretical econometrics*: 310-330, Basil Blackwell, Oxford.
  - (2001b): “Spatial effects in econometric practice in environmental and resource economics”, en *American Journal of Agricultural Economics*, 83: 3: 705-710.
  - (2002): *SpaceStat Tutorial: A Workbook for Using SpaceStat in the Analysis of Spatial Data*. University of Illinois, Urbana-Champaign Urbana, IL.
  - (2005): *Exploring spatial data with GeoDa<sup>TM</sup>: a workbook*. Spatial Analysis, Laboratory y Center for Spatially Integrated Social Science, Urbana-Champaign.
  - (2006): “How (not) to lie with spatial statistics”, en: *American Journal of Preventive Medicine*, 30: 2S: 3-6, Elsevier Inc.
- ANSELIN, L. & R. J. G. M. FLORAX & Sergio J. REY (eds.) (1995): *New directions in spatial econometrics*. Springer-Verlag, Berlín.
- ANSELIN, L. & R. J. G. M. FLORAX & S. REY (eds.) (2004), *Advances in spatial econometrics. Methodology, tools and applications*. Springer-Verlag, Berlín.
- ANSELIN, L. & N. LOZANO-GRACIA (2008): “Errors in variables and spatial effects in hedonic house price models of ambient air quality”, en *Empirical Economics*, 34: 5-34.
- ANSELIN, L. & S. REY, eds. (2010): *Perspectives on spatial data analysis*. Springer-Verlag, Series “Advances in Spatial Sciences”, Berlín.
- ANSELIN, L. & A. VARGA & Z. ACS (2000): “Geographic and sectorial characteristics of academic knowledge externalities”, en *Papers in Regional Science*, 79: 4: 435-443.
- ARBIA, G (2006): *Spatial Econometrics: Statistical Foundations and Applications to Regional Convergence (Advances in Spatial Science)*, Springer, Berlin.
- BALLER, R. D. & L. ANSELIN & S. F. MESSNER & G. DEANNE & D. F. HAWKINS (2001): “Structural covariates of U.S. county homicide rates: incorporating spatial effects”, en *Criminology*, 39: 3: 561-588.
- CECCATO, V. & R. HAINING & P. SIGNORETTA (2002): “Exploring offence statistics in Stockholm city using spatial analysis tools”, en *Annals of the American Association of Geographers*, 92: 1: 29-51.
- CHASCO, C. & G. FERNÁNDEZ-AVILÉS (2009): *Análisis de datos espacio-temporales para la economía y el geomarketing*, NetBiblo, A Coruña
- CHASCO, C. & F. LÓPEZ (2008): “Is spatial dependence an instantaneous effect? Some evidence in economic series of Spanish provinces”, en *Estadística Española*, 50: 167: 101-118.
- CLIFF, A. D. & J. K. ORD (1973): *Spatial autocorrelation*, Pion, London.
- (1981): *Spatial processes, models and applications*, Pion, London.
- Cox, K. (1969): “The voting decision in a spatial context”, en *Progress in Geography*, 1: 81-117: Edward Arnold, London.
- FISCHER, M. M. (2006): “Spatial analysis and geocomputation: selected essays” in Manfred M. FISCHER Springer,
- & A. GETIS (eds.) (1997): *Recent developments in spatial analysis*, Springer-Verlag, Series “Advances in Spatial Sciences”, Berlín.
  - (eds.) (2010): *Handbook of applied spatial analysis*, Springer-Verlag, Berlín.
- FISCHER, M. M. & A. VARGA (2003): “Production of knowledge and geographically mediated spillovers from universities: special econometric perspective and evidence from Austria”, en *Annals of Regional Science* 37: 2: 303-322.
- GETIS, A. & J. K. ORD (1992): “The analysis of spatial association by use of distance statistics”, en *Geographical Analysis*, 24: 189-206.
- GRIFFITH, D. (2006): “Hidden negative spatial autocorrelation”, en *Journal of Geographical Systems*, 8: 4: 335-355.
- HAINING, R. & S. WISE & P. SIGNORETTA (2000): “Providing scientific visualization for spatial data analysis: Criteria and an assessment of SAGE”, en *Journal of Geographical Systems*, 2: 121-140.
- JENKS, G. F. & F. C. CASPALL (1971): “Error on choroplethic maps: definition, measurement, reduction”, en *Annals of the Association of American Geographers* 61: 2: 217-244.
- JIANG, B & X. YAO (eds.) (2010): *Geospatial analysis and modelling of urban structure and dynamics*. Springer, Dordrecht, Heidelberg, London, New York.
- LE GALLO, J. & C. CHASCO (2008): “Spatial analysis of urban growth in Spain, 1900-2001”, en *Empirical Economics*, 34: 1: 59-80.
- PAEZ, A. & J. LE GALLO & R. BULIUNG & S. DALL'ERBA (eds.) (2010): *Progress in spatial analysis*. Springer-Verlag, Series “Advances in Spatial Sciences”, Berlín.

- ORD, J. K. & A. GETIS (1995): "Local spatial autocorrelation statistics: distributional issues and an application", en *Geographical Analysis*, 27.4: 286-306.
- (2001): "Testing for local spatial autocorrelation in the presence of global autocorrelation", en *Journal of Regional Science*, 41(3): 411-432.
- REY, S. & B. MONTOURI (1999): "U.S. regional income convergence: A spatial econometric perspective. *Regional Studies*, 33, 143-156.
- SMITH, M. J & M. F. GOODCHILD & P. A. LONGLEY (eds.) (2007): *Geospatial analysis*.
- UNWIN, A. (2000): "Using your eyes- making statistics more visible with computers", en *Computational Statistics & Data Analysis*, 32: 303-312.

# Los Sistemas de Información Geográfica aplicados a la Evaluación Ambiental en la planificación de infraestructuras de transporte

R. M. ARCE RUIZ (1) & E. ORTEGA PÉREZ (2) & I. OTERO PASTOR (3)

(1) Profesora Titular de la ETS ICCP de la UPM. Miembro de TRANSyT. (2) Investigador miembro de TRANSyT. (3) Profesora Titular de la ETS Ingenieros de Montes de la UPM. Miembro de TRANSyT

**RESUMEN:** El presente artículo aborda un análisis de cómo se integran los aspectos ambientales en la toma de decisiones sobre infraestructuras de transporte en España y del papel que juegan los Sistemas de Información Geográfica en ese proceso.

En primer lugar, se realiza una breve descripción del proceso de Evaluación de Impacto Ambiental (EIA) en España, ley de impacto ambiental, tipos de proyectos en los que se aplica, plazos... y se enlaza con la Evaluación ambiental en el proceso de planificación mediante una descripción también breve, de la Evaluación Ambiental Estratégica (EAE) como herramienta para la evaluación ambiental en fases iniciales de la toma de decisiones.

A continuación, se expone la capacidad de los Sistemas de Información Geográfica (SIG) como herramientas para el análisis de la información territorial y, por tanto, su utilidad para la evaluación de impactos ambientales, analizando las fases de la planificación de infraestructuras en las cuales son útiles los SIG, comenzando en la EAE y aumentando la escala para analizar la fase de Estudio Informativo en la que se realiza la EIA en grandes infraestructuras lineales. Los SIG se utilizan en todas las etapas de preparación de evaluaciones ambientales, debido a las capacidades para la integración de datos espaciales.

**DESCRIPTORES:** Sistemas de Información Geográfica. Evaluación de Impacto Ambiental. Evaluación Ambiental Estratégica. Infraestructuras. Transporte.

## 1. Introducción

La necesidad de tener en cuenta la protección del medio ambiente en la planificación, diseño y ejecución de planes y proyectos de infraestructuras de transporte

está asumida por los agentes que actúan en el territorio, aunque implica una tarea que tiene dificultades a veces difíciles de resolver, dado que prácticamente la totalidad de las acciones humanas producen impactos no deseables en el medio ambiente y no siempre es posible evi-

Recibido: 19.09.2010; Revisado: 01.10.2010  
e-mail: rarceruiz@caminos.upm.es; isabel.oterop@upm.es;  
e.ortega@upm.es  
Los autores quieren agradecer a las empresas: TECNOMA del Grupo TYPASA, y DRABA, así como a la Subdirección

General de Planificación de la Dirección General de Carreteras del Ministerio de Fomento su ayuda y la cesión de algunos de los mapas que sirven como ejemplo en el artículo, y a los evaluadores anónimos sus comentarios para la mejora del presente trabajo.

tarlos o minimizarlos. Un proyecto de infraestructura lineal suele afectar una gran distancia, y atraviesa diferentes ecosistemas o zonas de diferente valor ecológico, de diferente funcionalidad y de diferente valor socioeconómico. Lograr la compatibilidad de nuestras acciones con el entorno y que éstas no degraden los recursos naturales de manera que nuestros hijos puedan disfrutar de ellos constituye un reto importante a alcanzar.

La rápida evolución del transporte en los últimos 50 años ha provocado una fuerte dependencia de él y un cambio social muy importante (HINE & SCOUT, 2000), pero, en paralelo, se ha ido despertando la conciencia de los problemas ambientales que genera (RESCIA & al., 2006) y de que la búsqueda de la sostenibilidad requiere tener en cuenta integralmente en la toma de decisiones todos los aspectos implicados en ella, la planificación del transporte, el uso del suelo y el medio ambiente, y no abordarlos de forma aislada.

La información geográfica juega un papel especial en esta materia, debido a la fuerte dimensión espacial de los problemas ambientales. La propia Unión Europea en el 6º Programa de Acción en materia de Medio Ambiente se refiere a la necesidad de refuerzo del desarrollo de sistemas de información espacial, aplicaciones de control de datos espaciales y de establecer sistemas adecuados de recogida de datos (VANDERHAEGEN & MURO, 2005).

En este artículo se hace un análisis sintético de cómo se integran los aspectos ambientales en la toma de decisiones sobre infraestructuras de transporte en España y del papel que juegan los Sistemas de Información Geográfica en ese proceso.

## 2. La Evaluación Ambiental en España

El proceso de Evaluación de Impacto Ambiental (EIA) nace formalmente en Europa con la Directiva del Consejo de 27 de junio de 1985 (85/337/EEC) sobre la evaluación de los efectos de ciertas obras públicas y privadas sobre el medio ambiente, que establecía la obligación de realizar Estudios de Impacto Ambiental para determinados proyectos en el ámbito co-

munitario, que fue traspuesta a la legislación española mediante el Real Decreto Legislativo (RDL) 1302/1986, de 28 de junio, de evaluación de impacto ambiental.

Los proyectos de infraestructuras de transporte están incluidos en la obligatoriedad de evaluación de impacto ambiental y son muchos los ejemplos de realización de un Estudio de Impacto Ambiental, en el cual se prevén los posibles impactos, se elige la alternativa más adecuada desde el punto de vista ambiental, en su caso, y se proponen las medidas preventivas, correctoras o compensatorias<sup>1</sup> necesarias para minimizar los impactos. Un indicador de la importancia del proceso es el número de Declaraciones de Impacto Ambiental emitidas sólo por el Ministerio de Medio Ambiente entre 1988 y 2008 (ver MUÑOZ 2009), sobre proyectos de infraestructuras de transporte, que es de 1.230. En el mismo período, se han emitido 1.494 de aguas y 726 de industria y energía.

Un aspecto que hay que destacar de la Evaluación de Impacto Ambiental, en relación con su carácter preventivo, es que debe ser un proceso previo a la actividad, aplicable siempre en fase anterior a la construcción y puesta en marcha de la misma. En los últimos tiempos, existe una tendencia a que la evaluación se efectúe, incluso, en fases anteriores a la de proyecto, ya que cuando ésta se lleva a cabo en las fases últimas de la cascada de decisiones, la capacidad de actuación para evitar los impactos es reducida, y también, por tanto, la capacidad preventiva. En muchos casos, la EIA tiene o ha tenido una función eminentemente "correctora", a veces denominada "reactiva", asociada a la fase en la que se realiza, en la que se exige la propuesta de medidas correctoras. Por eso, las preocupaciones actuales tienden hacia que el mecanismo preventivo se ponga en marcha cuanto antes y, para ello, se propone la Evaluación de Impacto Ambiental de Planes y Programas, lo que se ha dado en llamar Evaluación Ambiental Estratégica (EAE).

Esta preocupación dio lugar a la publicación de la Directiva 2001/42/CE del Parlamento Europeo y del Consejo, de 27 de junio de 2001 relativa a la evaluación de los efectos de determinados planes y programas en el medio ambiente, que es la que regula el proceso de

<sup>1</sup> La Directiva Hábitats introduce las medidas compensatorias en su artículo 6, apartado 4, al decir:

"Si, a pesar de las conclusiones negativas de la evaluación de las repercusiones sobre el lugar y a falta de soluciones alternativas, debiera realizarse un plan o pro-

yecto por razones imperiosas de interés público de primer orden, incluidas razones de índole social o económica, el Estado miembro tomará cuantas medidas compensatorias sean necesarias para garantizar que la coherencia global de Natura 2000 quede protegida".

Evaluación Ambiental Estratégica (EAE). La Ley española que la transpone es la Ley 9/2006, de 28 de abril, sobre evaluación de los efectos de determinados planes y programas en el medio ambiente. En la actualidad, se ve como indispensable la aplicación del proceso de evaluación ambiental en la fase de planificación, para promover la sostenibilidad de las actuaciones, sin dejar por ello de ser importante y necesaria la aplicación del proceso, igualmente, en la fase de proyecto.

En cualquier caso, la verdadera capacidad de la evaluación ambiental y sus herramientas de actuar como instrumento preventivo se desarrolla cuando éstas se aplican en todas las fases del proceso de decisión. Si fuésemos capaces de integrar consideraciones ambientales en todos los escalones: planificación, estudios previos, anteproyecto, proyecto, ejecución, operación y abandono u obsolescencia de los proyectos o actividades, lograríamos el óptimo de la prevención de daños al medio ambiente (ARCE, 2002).

### 2.1. El proceso de EIA

La normativa en materia de EIA establece que cuando un promotor público o privado quiere abordar alguno de los proyectos que de forma obligatoria han de ser sometidos a Evaluación de Impacto Ambiental, ha de realizar un Estudio de Impacto Ambiental, que se sumará al proyecto para su aprobación o licencia.

El órgano sustantivo someterá el Estudio de Impacto Ambiental al trámite de información pública, dentro del procedimiento aplicable para la autorización o realización del proyecto al que corresponda, y conjuntamente con éste. Es importante destacar que dicho trámite debe efectuarse.

“en aquellas fases del procedimiento en las que estén aún abiertas todas las opciones relativas a la determinación del contenido, la extensión y la definición del proyecto...”.

Una vez realizado el trámite de información pública, el órgano sustantivo remitirá el expediente al órgano ambiental, el cual debe emitir una Declaración de Impacto Ambiental, en la que se determinen las condiciones necesarias para la adecuada protección del medio ambiente y los recursos naturales.

En la FIG. 1 (reformada sobre ARCE, 2002, según Ley 6/2010) se recoge el proceso administrativo simplificado, donde se pueden

identificar los hitos y los agentes principales del proceso, fundamentalmente el promotor, el órgano sustantivo, el órgano ambiental y los ciudadanos.



FIG. 1/ **Proceso de EIA según el R.D.L. 1/2008 y la Ley 6/2010 (Fases 1, 2 y 3)**

Fuente: Elaboración propia

En España, la importancia de la participación ciudadana oscila mucho de unos procesos a otros. En ocasiones ha resultado determinante para la elección de una alternativa u otra, en otras para desechar el proyecto, y en otras muchas ocasiones, ni siquiera ha participado. En cualquier caso, en los siguientes epígrafes se verá que en muchas de las fases de este proceso son de utilidad los Sistemas de Información Geográfica.

### 3. La Evaluación Ambiental Estratégica

La Evaluación Ambiental Estratégica (EAE), como ya se ha indicado, surgió como una herramienta para introducir e integrar las consideraciones ambientales, sociales y económicas en el proceso de toma de decisiones de políticas, planes o programas.

SADLER & VERHEEM (1996) la definen como “un proceso sistemático para la evaluación de las consecuencias sobre el medio ambiente de políticas, planes o programas con el fin de asegurar que son tenidas en cuenta y tratadas adecuadamente en las fases iniciales de la toma de decisiones”. Esta definición es compartida por muy diversos autores (ARCE & GULLÓN, 2000; DALAL-CLAYTON & SADLER, 1999, THÉRIVEL & PARTIDARIO, 1996), que coinciden en que se deben tener en cuenta los aspectos sociales y económicos junto a los ambientales, de manera que el equilibrio entre esos tres factores permita avanzar hacia la sostenibilidad de las actuaciones.

La EAE permite incorporar criterios de sostenibilidad en este proceso de planificación (PARTIDARIO, 2000), teniendo en cuenta el

conocimiento de expertos, y haciéndolo transparente y claro a todos los implicados (BOND & BROOKS, 1997). La idea de desarrollo sostenible hace énfasis en la equidad inter-generacional, y mientras, para BOND & BROOKS (1997), la EIA solo trata la equidad intra-generacional, la EAE, en cambio, es el puente entre ellas, por este motivo FISHER (2003) dice que la EAE es el “hermano mayor” de la EIA, estando ambas íntimamente relacionadas (FIG. 2).

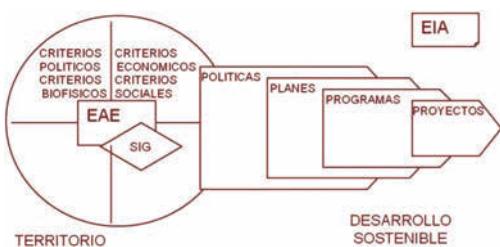


Fig. 2/ EAE y EIA el proceso de planificación

Fuente: ARCE & GULLÓN, 2000

La EAE es plural, diversificada, multidisciplinar e intersectorial, lo que la hace muy adecuada para la evaluación de las infraestructuras de transporte (ARCE & GULLÓN, 2000).

A la hora de evaluar un determinado proyecto, la Evaluación de Impacto Ambiental (EIA) identifica, evalúa y trata de mitigar el impacto provocado por la infraestructura una vez que algunas grandes decisiones ya están tomadas (MÖRTBERG & al., 2007). Además, es habitual que no se consideren impactos indirectos y acumulativos en el proceso de EIA y, en muchas ocasiones, no existe un análisis de alternativas, incluyendo el escenario “cero”, mientras en la EAE sí.

Como consecuencia de las características de la EAE, pueden resumirse sus beneficios en los siguientes (DALAL-CLAYTON & SADLER, 1999; PARTIDÁRIO, 2000):

- Integra el impacto sobre el medio ambiente en las fases previas del proceso de toma de decisiones.
- Favorece la consideración de varias alternativas, lo cual no siempre es habitual en la EIA.
- Facilita el diseño de políticas, planes y programas ambiental, social y económicamente sostenibles.

<sup>2</sup> El Art. 7 de la Ley 25/1988, de 29 de julio, de carreteras dice del Estudio Informativo:

- Tiene en cuenta efectos acumulativos, sinérgicos, permanentes y globales.
- Aumenta la integración de las distintas autoridades implicadas y hace que el proceso sea más transparente.
- Proporciona mecanismos para la participación pública a nivel estratégico.
- Fortalece y hace más eficiente la EIA.

El empleo de los soportes SIG permite minimizar dos importantes inconvenientes que THÉRIVEL & PARTIDARIO (1996) destacan en las EAE: utilización de un elevado número de datos difíciles de interpretar, debido a la escala de trabajo y las numerosas variables que se contemplan, así como existencia de altos niveles de incertidumbre debido al poco detalle característico de estas etapas de planificación.

#### 4. La integración de los Estudios de Impacto Ambiental en la toma de decisiones sobre infraestructuras de transporte

##### 4.1. La fase de realización del Estudio de Impacto Ambiental

La filosofía preventiva del proceso de EIA aconseja que se consideren en el proceso de planificación y diseño de una actividad, lo antes posible, los factores ambientales. Como mínimo, que las consideraciones ambientales influyan en la decisión sobre la localización y, después, en el diseño detallado del proyecto.

En el caso de carreteras, autopistas y autovías, la propia Ley de Carreteras (Ley 25/1988) establece una serie de pasos para su planificación y diseño, cuyo grado de detalle en la definición de corredores va aumentando. A finales de los años ochenta, los trabajos de coordinación de los diferentes departamentos ministeriales implicados en el proceso, (tanto de los “órganos ambientales” como de los “órganos sustantivos”), paralelos a la elaboración de la *Guía Metodológica para la realización de Estudios de Impacto Ambiental. Carreteras y Ferrocarriles*, dieron como fruto el acuerdo de que los procedimientos de Evaluación de Impacto Ambiental se realizasen, en el caso de carreteras y ferrocarriles, en la fase de Estudio Informativo<sup>2</sup>.

<sup>2</sup> Consiste en la definición, en líneas generales, del trazado de la carretera, a efectos de que pueda servir de base al expediente de información pública que se inicie en su caso”.

La realización del Estudio de Impacto Ambiental en esta fase suponía dos grandes ventajas: una, ligada a que el Estudio Informativo es la fase del proceso de planificación y proyecto de una infraestructura viaria durante la cual se selecciona la alternativa que deberá ser definida con detalle en el proyecto definitivo, lo que permite sumar las consideraciones ambientales a las técnicas y económicas en la elección de la alternativa más adecuada. La segunda, se relaciona con el proceso de información pública al que deben someterse los estudios de carreteras. Parece lógico efectuar de forma simultánea la información pública de ambos procesos, lo que permite, además, contrastar públicamente la coordinación de ambos estudios y la verdadera integración de las consideraciones ambientales en la selección de alternativas.

Hoy se puede decir que existe una cierta integración de las consideraciones ambientales en la "cascada" de decisiones sobre los corredores de autopista y autovía.

Ello ha irradiado también al proceso aplicable a los ferrocarriles, que se desarrolla de forma muy similar.

#### 4.2. La integración de consideraciones ambientales en los Estudios Informativos

En los Pliegos de Prescripciones Técnicas que rigen los concursos para la realización de Estudios Informativos se plantean tres fases en su realización, que permiten incardinarnos perfectamente con el proceso de Evaluación de Impacto Ambiental. Se supera con ello la letra de la normativa de EIA y su desarrollo se enmarca perfectamente en la filosofía preventiva.

Estas fases son las siguientes<sup>3</sup>:

##### FASE A:

En ella, se define la zona de estudio y se "califica" desde el punto de vista ambiental, para obtener corredores ("bandas geográficas en las que puedan discurrir alternativas de concepción global similar") alternativos que sean compatibles con el medio ambiente y eviten las restricciones más importantes. Se efectúa en esta fase una verdadera predefinición y preselección de corredores alternativos, "corredores de me-

nor impacto", no exigida explícitamente en la normativa de EIA, pero de enorme importancia en la efectividad de la política preventiva.

Se definen una serie de planos temáticos valorados en términos de capacidad de acogida, que se sintetizan en varios de síntesis parcial y uno de síntesis global (FIG. 3):

1. Condicionantes Físicos: síntesis de topografía, geología, hidrografía, climatología, zonas inestables, procesos erosivos, etc.
2. Condicionantes Ambientales, obtenido como síntesis de Espacios naturales, vegetación, fauna, paisaje, etc.
3. Condicionantes territoriales, como síntesis de aspectos agrícolas (zonas de riego, zonas de secano, infraestructuras de riego, etc), planeamiento urbano, sociodemografía y otras planificaciones.
4. Condicionantes culturales, como síntesis de Bienes de Interés Cultural, Arqueología y paleontología y otros bienes históricos.

La escala de trabajo de esta fase está en 1:50.000 ó 1:25.000, y su resultado son varios corredores (en los que se generan, a su vez, entre dos y cuatro alternativas, generalmente), que, unidos a una Memoria-resumen, se envían a la Dirección General de Calidad y Evaluación Ambiental para iniciar el proceso de Consultas, en su caso, y, con él, el proceso de EIA.

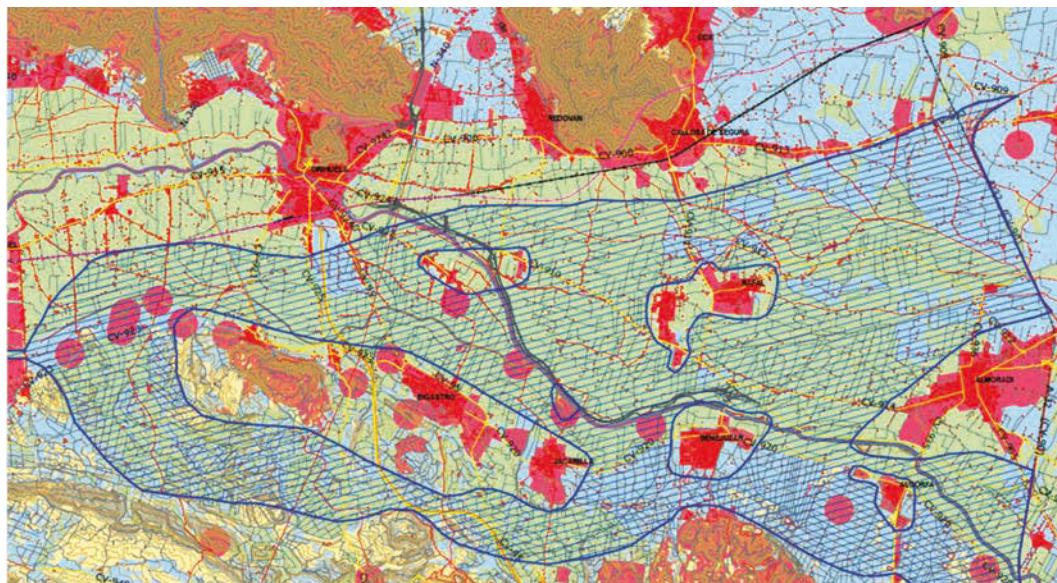
Esta fase es apropiada para que se aplique la capacidad que tienen los SIG de tratar la información territorial y las valoraciones de los diferentes elementos territoriales combinando criterios diferentes (multicriterio, ver BARREDO & BOSQUE, 1996, BARREDO 1995, BOSQUE, 1992, GUTIÉRREZ & GOULD, 2001). De hecho, los propios pliegos de condiciones de los concursos de convocatoria para la realización de estos trabajos, en algunas ocasiones, exigen la aplicación de la herramienta SIG en la preselección de corredores.

##### FASE B:

En esta fase se estudian en detalle las alternativas preseleccionadas en la fase A y se elige, mediante un procedimiento multicriterio de comparación de alternativas, en el que se integran también los criterios ambientales, la que se considera más conveniente. En esta fase se elabora el Estudio de Impacto Ambiental propiamente dicho y este documento se trasla-

<sup>3</sup> Ministerio de Fomento. Pliego de Prescripciones Técnicas del concurso de contrato de servicios: Estudio de viabilidad de acuerdo con la Ley 30/2007 y Estudio Infor-

mativo con Evaluación de Impacto Ambiental. Prolongación de la Autopista de Peaje R-5, Madrid-Navalcámero, hasta Talavera de la Reina. Junio 2008.



SÍNTESIS GLOBAL. Estimación de la Capacidad de Acogida

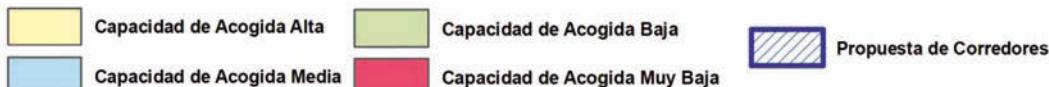


FIG. 3/ Mapa de síntesis global

Fuente: España. DIRECCIÓN GENERAL DE CARRETERAS

da al proceso de EIA, sobre el que se emite la Declaración de Impacto Ambiental.

La escala de desarrollo de esta fase se encuentra entre 1:10.000, 1:5.000 y 1:2.000. En ella, el uso de los Sistemas de Información Geográfica resulta útil para varias de las etapas de realización del Estudio de Impacto Ambiental, como luego se verá.

#### FASE C:

Es la que pone en marcha la fase de información pública y, a la vez, ha de recoger las observaciones del órgano ambiental, permitiendo "pulir" y adaptar la alternativa seleccionada a las nuevas aportaciones. En esta fase también resultan de utilidad los Sistemas de Información Geográfica, por su capacidad de hacer excelentes presentaciones y por su capacidad de tratamiento de gran cantidad de datos.

En mayor o menor medida, este es el procedimiento que siguen también algunas Comunidades Autónomas para la realización de Estudios Informativos o Anteproyectos, así como en los procesos de decisión en ferroca-

rries. Este procedimiento, en tres fases, escalonadas e incardinadas con el proceso de Evaluación de Impacto Ambiental, ha convertido al Estudio Informativo casi en un "proceso" en sí mismo, dinámico y flexible, que permite tener en cuenta las consideraciones ambientales en la preselección (diseño) de corredores y, posteriormente, en la selección de la alternativa "mejor" según diversos criterios. Permite, también, integrar aportaciones de la participación pública y del órgano ambiental, en su caso, sin necesidad de parar o corregir de manera traumática (por lo imprevisto) el Estudio Informativo. Es, además, un proceso en el que los SIG son excepcionalmente útiles.

## 5. Los Sistemas de Información Geográfica (SIG) como herramienta para la Evaluación Ambiental

### 5.1. Introducción

Un Sistema de Información Geográfica (SIG) puede ser definido como un sistema informático usado para la entrada, el almacenamiento, la transformación, la visualización, la creación

de mapas y el análisis de datos espaciales y no espaciales, los cuales necesariamente han de tener unas coordenadas que los posicen en un lugar de la tierra (BURROUGH, 1986). Existen numerosas definiciones de qué es un SIG, sin embargo todas coinciden en su excelente capacidad para el manejo de información espacial.

En la actualidad, se podría decir que la tecnología de los SIG está ampliamente desarrollada, sin embargo continúan produciéndose numerosos avances en multitud de campos como en la navegación, en la gestión del transporte, en la agricultura, etc. Además continuamente surgen nuevas herramientas asociadas como los Internet-GIS, la tecnología WMS o la incorporación de los SIG en los GPS.

La característica más importante de los SIG es su capacidad para analizar datos espaciales y la información cuantitativa y cualitativa asociada. El procedimiento seguido en los SIG para el análisis de la información geográfica se basa en la estructura de capas. Al disponer de una capa para cada unidad del territorio, es posible basar el análisis en la superposición de las mismas con el propósito de combinar la información que contienen. La superposición de capas es análoga a apilar varios mapas transparentes unos sobre otros (Cox & GIFFORD, 1997).

La capacidad de manejo de bases de datos ofrece la posibilidad de establecer relaciones entre las tablas asociadas a la información espacial. La topografía del terreno, el uso del suelo, las redes de transporte y datos socioeconómicos, flujos de tráfico e impactos ambientales son bases de datos independientes que se superponen. El proceso de superposición genera una nueva capa como función de las utilizadas como variables de entrada, siendo el valor asignado para cada localización una función de los valores en esa misma localización de las variables de partida (TOMLIN, 1990).

Existen dos tipos de combinación de mapas:

- a) el álgebra Booleana, con operaciones del tipo "Y" y "O", usada para determinar si un conjunto de una o más condiciones es verdadero o falso y el resultado de su evaluación es un valor de verdad y
- b) la combinación lineal ponderada (WLC), que asigna pesos de importancia relativa entre variables al combinarlas, resultando un método compensatorio (MALCZEWSKI, 2004).

Para poder extraer la información necesaria, existen una gran cantidad de herramientas disponibles en los SIG, que pueden ser utilizadas en la evaluación ambiental de infraestructuras de transporte. Desde las más básicas, que son útiles en numerosas aplicaciones, como pueden ser las reclasificaciones, la superposición o las operaciones de vecindad, a otras más avanzadas como la modelización cartográfica (LONGLEY & al., 1999; MALCZEWSKI, 2004 y otros).

Las características de los SIG descritas anteriormente le confieren la capacidad de ser una herramienta muy adecuada en el proceso de la planificación territorial y la evaluación de los impactos provocados por las infraestructuras del transporte (SIKDER, 2009). Conviene destacar que un análisis riguroso utilizando un SIG solamente será posible cuando se disponga de la información cartográfica digital apropiada (TAYLOR & al., 2000). La calidad de los datos es un factor clave a la hora de trabajar con los SIG (GOODCHILD & GOPAL, 1989).

El uso de la tecnología implementada en los SIG permite realizar mediciones y cálculos con una mayor precisión y objetividad que si se realizasen sin su ayuda (BISHOP & HULSE, 1994). Además, hace que resulte relativamente sencilla la aplicación en ellos de métodos de evaluación multicriterio

La tecnología SIG ofrece la posibilidad de superposición de mapas, combinarlos con datos no gráficos, y realizar análisis espaciales de varias capas de información en cualquier punto geográfico. Los SIG proporcionan respuestas rápidas a preguntas como: ¿Qué hay en un lugar determinado? ¿Cuál es la ubicación de una característica o atributo determinados? ¿Cuáles son los patrones en las características o atributos en una zona geográfica? ¿Qué sucede si se añade o cambia algo en las condiciones existentes? (WORALL, 1991).

Algunas de las aplicaciones de los SIG en el campo del transporte han sido comentadas por diferentes autores (ver, por ejemplo, RESCIA & al., 2006, SADEK & al., 2000, VONDEROHE & al., 1993 y GUTIÉRREZ PUEBLA, 2007).

Podemos destacar las ventajas del uso de los SIG en EIA para gestión de datos, superposición y análisis, análisis de tendencias, como fuentes de datos para modelos matemáticos, análisis de habitats y paisaje y para información pública. De acuerdo con la revisión realizada por JOÃO & FONSECA (1996), los SIG se usan para todas las etapas de la EIA.

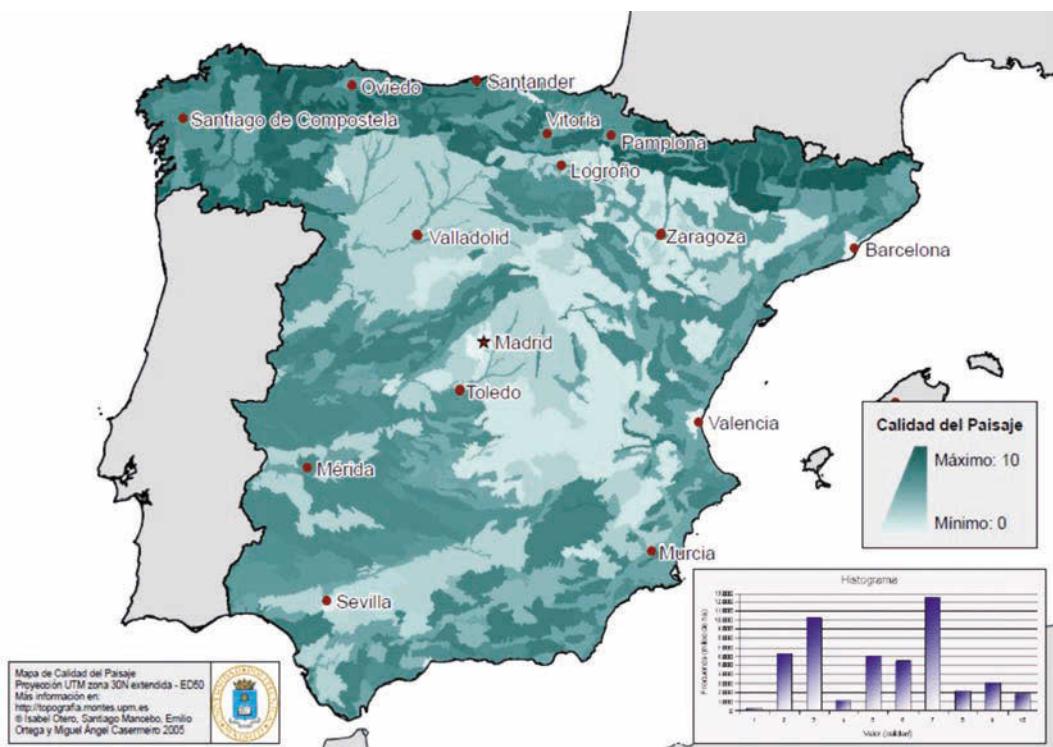


FIG. 4/ Mapa de Calidad del paisaje

Fuente: OTERO &amp; al., 2007

En un estudio puesto en marcha para el lanzamiento de la iniciativa europea INSPIRE<sup>4</sup>, la mayoría de los encuestados que estaban implicados en tanto en EIA como en EAE, decían que utilizaban en un 94% en EIA y en un 86% en EAE los datos espaciales para analizar el impacto de los planes y proyectos en el medio ambiente (VANDERHAEGEN & MURO, 2005).

## 5.2. Los SIG en la Evaluación Ambiental Estratégica

En la fase de planificación de grandes infraestructuras de transporte, resulta habitual el uso de mapas temáticos que representan aspectos del territorio que se consideran sensibles a la presencia de estas infraestructuras. La "superposición" de los diferentes corredores de transporte con los mapas temáticos permite, por un lado, evitar las zonas a proteger y, por otro, facilitar la evaluación de la magnitud que tendrá el impacto provocado por las infraestructuras sobre el territorio.

Existen diferentes tipos de mapas que pueden ser utilizados en este nivel. Unos representan simplemente zonas declaradas de elevado valor ecológico, como por ejemplo: la Red Natura 2000, parques nacionales o cualquier figura de protección, mapas de fauna, etc. Estos mapas permiten identificar si se van a afectar zonas valiosas desde el punto de vista ecológico, cultural, etc, o evitarlas al diseñar los grandes corredores o nudos de transporte.

Sin embargo, otros mapas son más elaborados y tratan de reflejar el valor de la calidad de la variable ambiental que se considere. Es el caso, por ejemplo, de los mapas de calidad ambiental o de calidad del paisaje (FIG. 4) elaborados en el Centro de Investigación del Transporte (TRANSyT) de la UPM. Para la elaboración de este tipo de mapas se valoran diferentes aspectos del territorio que, tras ser integrados, proporcionan un valor para cada unidad ambiental. El análisis de las zonas atravesadas por la infraestructura permite, posteriormente, cuantificar el impacto provocado.

<sup>4</sup> European Commission. Proposal for a Directive of the European Parliament and of the Council establishing an in-

frastructure for spatial information in the Community (INSPIRE), COM (2004) 516 final.

Habitualmente, cuando se utilizan los SIG para evaluar el impacto de las nuevas infraestructuras previstas en el plan, éste se determina mediante el cálculo de la superficie afectada por esas nuevas infraestructuras planeadas, a través de la definición de una zona de influencia (TREWEEK & VEITCH, 1996), ponderada por el valor asignado (GENELETTI, 2006) a la calidad del paisaje, del uso del suelo y de la biodiversidad existente.

Muy sintéticamente, se suelen considerar tres aproximaciones metodológicas para abordar la evaluación del impacto causado por las infraestructuras de transporte en este contexto (ORTEGA, 2009):

1. **Tipo curva:** la afección disminuye según nos alejamos de la infraestructura. En este caso, el impacto se considera inversamente proporcional a la distancia, es decir, cuanto más alejados estemos de la vía menor será el impacto, según una función específica en cada caso.
2. **Tipo buffer:** la infraestructura afectará a una zona de influencia de la infraestructura. Se considera que el impacto causado por las infraestructuras de transporte afecta a una zona de influencia de la vía, pero no disminuye en función de la distancia.
3. **Tipo lineal:** el impacto se evalúa como metros lineales de infraestructura, reduciéndose el impacto a la longitud de la misma.

Sin embargo, existen determinados impactos provocados por las infraestructuras de transporte que requieren ser calculados para cada caso concreto y para los cuales no resulta adecuado el empleo de simples mapas temáticos. Estos son, entre otros, las zonas de afección por el

ruido causado por el tráfico, o por las emisiones contaminantes, o también aspectos como la pérdida de conectividad de los hábitats, que requieren modelos de cálculo más complejos.

En estos casos, los SIG permiten aplicar indicadores cuyos "inputs" sean variables territoriales en forma de mapas con la correspondiente información cualitativa o/y cuantitativa, para determinar el impacto provocado. Como ejemplo se puede mencionar una metodología muy común para el cálculo de la pérdida de conectividad en los hábitats (FIG. 5). La conectividad entre teselas se calcula generalmente utilizando una función más o menos compleja de "lo que cuesta" moverse entre las teselas, considerando la resistencia que opone la matriz del paisaje a los organismos que quieren atravesarla para llegar a su destino (hábitat similar).

Para ello, se utilizan "modelos de distancia de coste de desplazamiento" como aproximación para incorporar información relativa a la matriz del paisaje, y aspectos del comportamiento de las especies en la medida de la conectividad (ADRIAENSEN & al., 2003). Esta herramienta está presente en la mayor parte de los paquetes de SIG disponibles actualmente. El modelo de distancia de coste de desplazamiento trabaja en formato *raster* y calcula, a través de un modelo computacional, el coste acumulado de atravesar cada celda que existe entre el origen y el objetivo, teniendo en cuenta la fricción que supone moverse a través de cada celda debida a la medida de coste que se elija (pendiente, impactos, barreras etc.).

Estos son algunos de los mapas y los conceptos aplicables en la fase de planificación, cuyas escalas de trabajo requieren cierta simplificación.

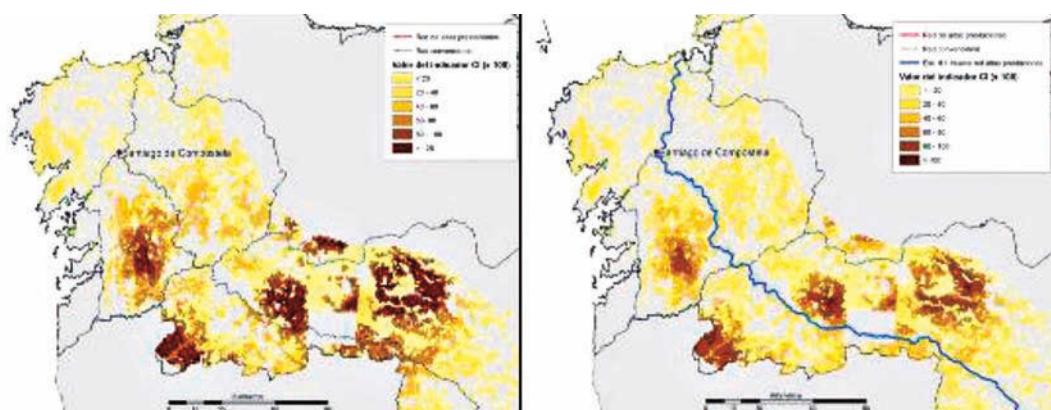


FIG. 5/ Detalle de pérdida de conectividad debida al ferrocarril

Fuente: ORTEGA, 2009

ción de los datos y que, obviamente, con una escala más detallada y mayor resolución espacial, se pueden aplicar a fases más avanzadas (Estudio Informativo, proyecto, etc) de la cascada de decisiones.

### 5.2.1. Algunos ejemplos en el Plan Estratégico de Infraestructuras y Transporte (PEIT)

Como ejemplos del uso de los SIG en la evaluación ambiental en el nivel estratégico, se describen brevemente los análisis realizados por ORTEGA & al (2009) en varios trabajos de investigación llevados a cabo en TRANSyT sobre los impactos ambientales de las actuaciones en carreteras y ferrocarril planteadas en el PEIT (Plan Estratégico de Infraestructuras y Transportes 2005-2020).

Las actuaciones previstas en el PEIT, en su momento, suponían ampliar la red de carreteras hasta los 15.000 km de vías de alta capacidad, reduciendo su marcada radialidad para dotarla de una estructura mallada y alcanzar los 9.000 km en la Red Ferroviaria de Altas Prestaciones (MINISTERIO DE FOMENTO, 2005) (ver FIG. 6). En lo que se refiere a la red de carreteras, esto suponía fundamentalmente una reconversión de carreteras nacionales en vías de altas prestaciones, sin embargo, en lo referente a la red de ferrocarriles, las actuaciones previstas en el PEIT se centraban en la creación de infraestructuras de altas prestaciones de nuevo trazado.

En la evaluación del impacto provocado por las nuevas infraestructuras se analizó la situación en dos escenarios. El primero de ellos correspondía a la situación en el año 2005,

considerando los hábitats afectados por las infraestructuras de transporte por carretera y la red ferroviaria de altas prestaciones presentes en ese momento. El segundo contenía las nuevas infraestructuras de carretera y ferrocarril previstas en el PEIT para el año 2020.

Se analizó la afección a la *calidad del paisaje, la naturalidad de los usos del suelo o la biodiversidad*. El impacto se midió a través de la medida de la superficie (o longitud) afectada, ponderada por la valoración de las unidades territoriales (calidad del paisaje o naturalidad de los usos del suelo). El valor del impacto, que en este caso resultó ser de un 15% de pérdida de calidad paisajística y de un 0,25% de afección a la naturalidad de los usos del suelo, se obtenía por diferencia entre el valor obtenido en la situación inicial (sin las nuevas infraestructuras) y en la situación de las infraestructuras prevista después de la ejecución del Plan (FIG. 7).

También se evaluó el aumento de la *fragmentación de hábitats* provocado por el PEIT. Con el objetivo de poder ofrecer un valor de conectividad a cada celdilla de hábitat del territorio, se ideó un índice de conectividad (CCI) (MANCEBO, 2010) que es inversamente proporcional a las distancias de coste de desplazamiento que existen entre cada origen y sus destinos. El índice mide la suma de las áreas de todos los hábitats homólogos al de origen reducidas en función de la “distancia efectiva” desde el origen a cada uno de los biotopos. La idea es evaluar la biodiversidad del conjunto de teselas dentro del paisaje, no de manera aislada. La biodiversidad se relaciona con el área total de las teselas de un hábitat, pero no se conoce la relación que existe entre ésta y la resistencia que ofrece el paisaje.

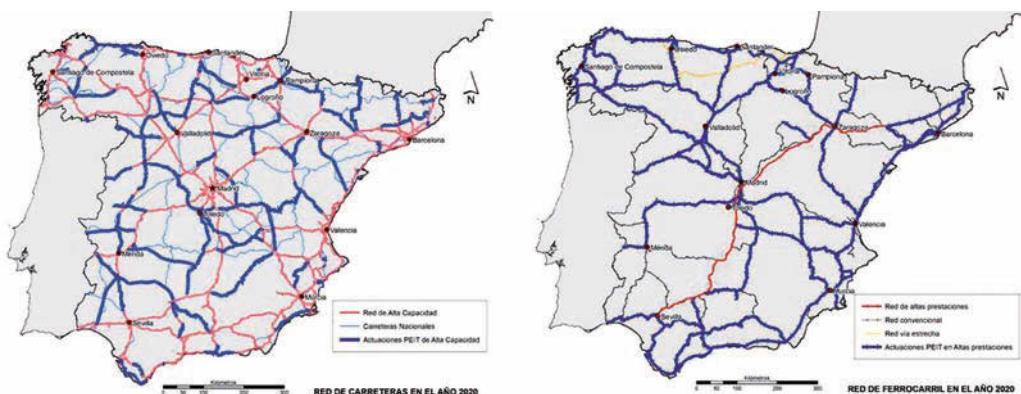


FIG. 6/ Redes de carreteras y ferrocarriles según el PEIT en 2020

Fuente: ORTEGA, 2009

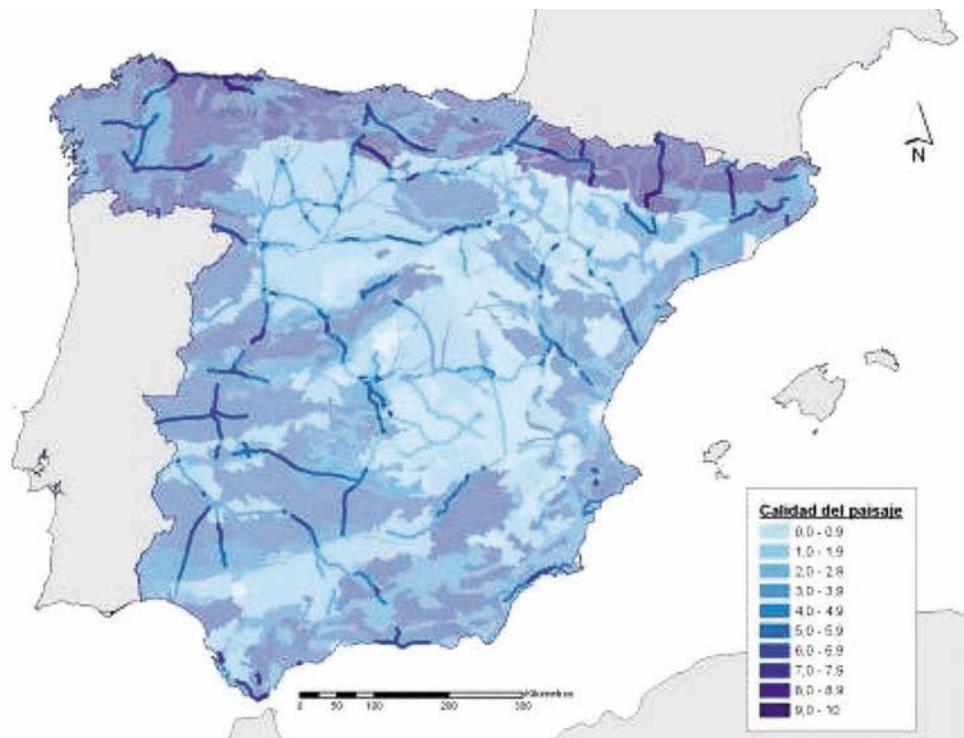


FIG. 7/ Afección a la calidad del paisaje causada por autovías/autopistas

Fuente: TRANSyT

La expresión del índice de conectividad es la siguiente:

$$CCI_i = \frac{\sum_{j=1}^n A_j}{2\pi C_{\max}}$$

Siendo:

CCli = el valor del índice de conectividad para el origen i.

Aj = el área de cada uno de los n destinos j que pertenece a la misma clase de hábitat que el origen i,

Ci,j = la distancia efectiva entre el origen i y el destino j,

Cmax = la distancia efectiva máxima encontrada entre el origen y todos sus destinos.

Como resultado, se obtuvo el mapa mostrado en la FIG. 8, que representa la pérdida de conectividad en los LICs (Lugares de Interés Comunitario).

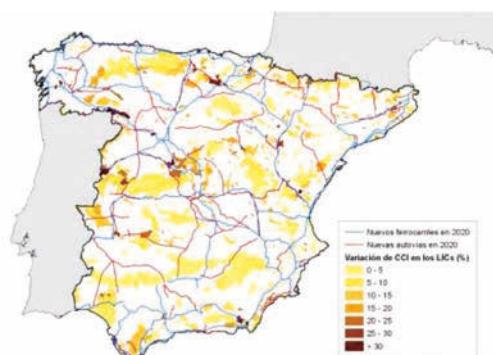


FIG. 8/ Pérdida de conectividad (CCI) en los LICs

Fuente: MANCEBO, 2010

La capacidad de análisis y de manejo de gran cantidad de información territorial de los SIG y la posibilidad de programar secuencias de operaciones facilitan la creación de herramientas que desarrollen metodologías de cálculo de impactos en un SIG (ORTEGA, 2009). Estas herramientas pueden permitir determinar de forma automática qué combinaciones de alternativas de trazado o corredores de infraestructuras son

las que proporcionan un mayor beneficio socioeconómico y un menor impacto ambiental.

### 5.3. Los SIG en la Evaluación de Impacto Ambiental

Vistas las diferentes fases en las que se trabaja para la elaboración de un Estudio Informativo, así como el contenido del Estudio de Impacto Ambiental, la contribución de los Sistemas de Información Geográfica puede ser importante en varios aspectos que a continuación se analizan:

La **preselección de corredores**, como se ha visto, que es donde juegan los SIG el papel más importante para minimizar impactos ambientales, ya que los corredores se diseñan evitando las zonas más valiosas del territorio, desde todos los puntos de vista. Además, posibilitan contribuir también al buen diseño de la infraestructura al permitir integrar aspectos técnicos adicionales en el proceso (pendientes, geotecnia, etc).

La selección de corredores utiliza unos conceptos que tienen sus raíces, indudablemente, en el método de superposición de transparencias de MCHARG (1969). El planteamiento multiobjetivo y multicriterio y su aplicación a la localización de actividades mediante los SIG es bien conocido. Cada punto del territorio debe valorarse en términos de capacidad de acogida de la infraestructura. Para definir esa capacidad de acogida deberá tenerse en cuenta el valor de conservación de ese punto en relación con aspectos ambientales, pero también la preferencia o no en relación con aspectos económicos (ventajas para la propia infraestructura —coste—, o para la población —refuerza el planeamiento urbanístico, por ejemplo—), de calidad de vida (cercanía a zonas urbanas que va a ser sometidas al ruido y la contaminación) culturales (interfiere o no, directa o indirectamente, con lugares de interés arqueológico, histórico, literario, edificios, etc.), técnicos (resistencia del terreno, pendientes, etc.).

Es obvio que es en la Fase A, antes mencionada, donde se han venido aplicando con mayor frecuencia y éxito hasta ahora, en nuestro país, los Sistemas de Información Geográfica, facilitando y mejorando enormemente la realización de la misma, y contribuyendo a minimizar los impactos ambientales, ya que la preselección de corredores ha permitido evitar las zonas más valiosas. En esta fase se justifica y define el área de estudio y se resumen sus características principales: la vegetación,

la fauna, los espacios protegidos, el planeamiento urbanístico, el patrimonio cultural, etc. Así, mapas habituales para la caracterización del territorio son los siguientes:

- **Caracterización Física:** Hipsométrico, Pendientes, Hidrología Superficial, Unidades Geotécnicas y Riesgos Geológicos.
- **Caracterización Ambiental:** Vegetación, Espacios Protegidos, Hábitats, Fauna, Hábitats Prioritarios y Paisaje.
- **Caracterización Territorial:** Planeamiento Urbanístico, Usos del Suelo y Patrimonio histórico artístico y cultural.

A partir de estos Planos temáticos y mediante una labor de síntesis multidisciplinar que se facilita mediante un Sistema de Información Geográfica como herramienta, se obtiene un plano final denominado de "Síntesis Global" en el que se integran todos los aspectos, ponderadamente, teniendo en cuenta consideraciones ambientales, físicas y territoriales. Este plano de síntesis asocia a cada punto del territorio su valor agregado en términos de capacidad de acogida respecto a la infraestructura y permite definir "corredores de menor impacto", buscando las zonas con grado de acogida mayor. De ahí se deduce la definición de corredores básicos, para, posteriormente, en etapas más avanzadas de la planificación y diseño, y ajustando en todo caso las escalas de trabajo, avanzar en la selección de corredores y, más adelante, el diseño de los trazados, siempre ayudados por la tecnología (ver FIG. 9). Esta fase es de mayor detalle que la de planificación propiamente dicha (EAE), puesto que los grandes corredores están definidos, pero tampoco es la fase de detalle de proyecto, donde la capacidad de cambio de la localización es mínima.

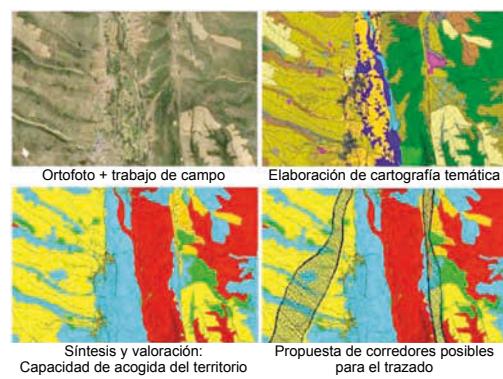


FIG. 9/ Ejemplo de cartografía en distintas fases de la Evaluación de Impacto ambiental: Inventario, cartografía temática, síntesis global y alternativas de trazado

Fuente: DRABA

Los ajustes sucesivos de trazado son de gran importancia en el proceso de planificación y diseño de una infraestructura lineal, pues no sólo se rigen por los criterios de funcionalidad y seguridad de la conducción, sino que compatibilizan estos criterios con la necesidad de minimizar los posibles efectos ambientales, alejándose, por ejemplo, de las zonas pobladas, bordeando a distancia los biotopos de más interés en lugar de fragmentarlos o ajustándose al terreno evitando grandes volúmenes de movimientos de tierra. Los SIG permiten introducir en el diseño también aspectos como la existencia de corredores ecológicos, el tamaño de las parcelas o las fincas, el número de caminos rurales, productividad agrícola, zonas riparias, y aspectos puntuales (árboles, edificios), lineales (carreteras, ríos) o superficiales (áreas de bosque, hábitats, ecosistemas) y tantos y tantos criterios y objetivos.

Es en las últimas fases de ajustes del trazado, ligadas ya al mismo proyecto de trazado, donde se pueden producir todavía grandes avances, en un futuro inmediato, de la aplicación de los SIG.

En la fase de **análisis territorial** del Estudio de Impacto Ambiental (fase de Inventario Ambiental según el RD 1131/88), los mapas temáticos juegan un importante papel en la cartografía de los elementos ambientales que pueden ser afectados por la infraestructura. Cartografías temáticas, inventarios y censos son básicos para la evaluación de la calidad ambiental y la posterior evaluación de impactos. Aquí el papel de los SIG es importante, puesto que facilita el uso y almacenamiento y presentación de la información, si bien probablemente las capacidades y potencialidades del sistema no se explotan al máximo.

En 1995, el Ministerio de Medio Ambiente promovió el Plan Nacional de Cartografía Temática Ambiental, que luego continuarían las Comunidades Autónomas, y que incluía la elaboración a escala 1:50.000 de las siguientes cartografías temáticas: Geología-Litología, Vegetación, Geomorfología, Suelos, Patrimonio Natural y Paisaje, apoyándose en un Sistema de Información Geográfica. Algunos autores destacan (GALLEGOS & BARETTINO (1997)) que esta cartografía permitiría contar con una base de información importante para la gestión ambiental y, en particular, para la realización de Estudios de Impacto Ambiental.

En la fase de **evaluación de impactos** la modelización de la evolución de los componentes ambientales se facilita con los Sistemas de Información Geográfica, ya sea para evaluar la afección por contaminación atmosférica, ruido (FIG. 10), ocupación de suelo, etc.

El uso de las técnicas geoespaciales en los estudios ambientales ofrece ventajas comparando con los procedimientos convencionales, ya que aportan la identificación de la variabilidad espacial y temporal de los impactos. Mientras los métodos convencionales evalúan normalmente el impacto en una localización específica en un momento específico, los SIG permiten detectar la extensión de la contaminación en amplias áreas y períodos de tiempo o escenarios diferentes (PATIL & *al.*, 2002).

Igualmente, en la **comparación de alternativas**, la posibilidad de integrar impactos, ponderándolos, o de aplicar análisis multicriterio para comparar las alternativas en función de sus impactos ambientales pueden resultar útiles los SIG.

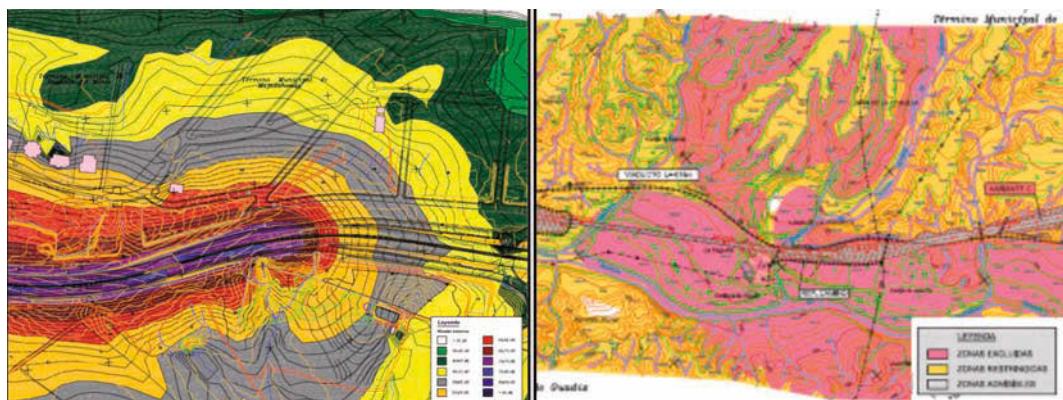


FIG. 10/ Otras aplicaciones de evaluación de impacto ambiental: Mapa de Ruido (izquierda) y mapa de zonas excluidas, restringidas y admisibles (derecha)

Fuente: TECNOMA, Grupo TYPASA

En la fase de **participación pública**, las aplicaciones SIG también ayudan a mostrar los impactos de los proyectos de una forma comprensible, ya que, entre otras cosas, permiten la integración de conjuntos de datos diferentes y visualizar la yuxtaposición o carácter acumulativo de los diferentes impactos (HARRISON & HAKLAY, 2002).

La etapa de participación pública en España es muy mejorable, por lo que caben desarrollos basados en SIG para facilitar la tarea, e incluso recabar opiniones o propuestas de diferentes agentes sociales.

Pero donde claramente tendría una aplicación interesante, todavía poco desarrollada en España, es en la fase de **Vigilancia y Control**, que abarca tanto la ejecución de la obra como el funcionamiento. El sometimiento de proyectos y de Planes y Programas, al proceso de Evaluación Ambiental (EIA y EAE) no sería útil si no se garantizara que se cierra el ciclo de la evaluación, comprobando que sus prescripciones en cuanto a protección del medio ambiente (medidas preventivas y correctoras) se han cumplido, y, por otro lado, que sus predicciones en cuanto al valor de los impactos (antes o después de la corrección) también se han cumplido. Es una etapa a la que se ha dado escasa importancia en España y que ha de ser potenciada si se busca un buen resultado del proceso de EIA.

De ahí que desde estas líneas se abogue, una vez más (ARCE, 2002), por la creación de un Sistema Integral de Gestión de la Vigilancia Ambiental (SIGA), a nivel nacional, basado en SIG, el cual incluya una Base de Datos que recoja los resultados de los Programas de Vigilancia Ambiental de los proyectos de infraestructuras de competencia estatal de forma sistemática. Ese sistema podría estar complementado por otros similares (incluso coordinados con el anterior) en las Comunidades Autónomas. El almacenamiento de la información georreferenciada seguramente contribuiría, con una explotación adecuada, a obtener conclusiones más fructíferas, ya que tanto la evolución de muchos factores como el resultado de las medidas aplicadas pueden estar ligados a la localización de los proyectos, la climatología de la zona, la geología, la topografía,... o, incluso, la socioeconomía. La mera localización geográfica de los datos en un mapa, unido a las capacidades de manipulación que ofrece un SIG, podría dar lugar,

como ya se ha apuntado, a una explotación muy interesante de esos datos. Existe aquí un camino abierto interesante para el uso de los SIG que, además, contribuiría a mejorar el medio ambiente, ya que mejoraría el resultado de las medidas preventivas, correctoras y compensatorias adoptadas.

Igualmente, en fases posteriores a la de realización del Estudio de Impacto Ambiental, el SIG puede jugar un papel para la integración de características ambientales específicas (por ejemplo, de paisaje) en el **diseño de detalle del trazado**<sup>5</sup>, como ya lo juega en tareas como la de designación de zonas excluidas, restringidas y admisibles para la localización de instalaciones de obra, etc. (FIG. 10).

## 6. Conclusiones

Debido a su capacidad de integración de datos y análisis espacial, las aplicaciones SIG son excelentes herramientas para identificar, evaluar y presentar y, gracias a ello, prevenir los impactos ambientales de planes y proyectos de infraestructuras de transporte y, en general, para abordar las diferentes tareas que el proceso de toma de decisiones requiere, desde escalas nacionales y regionales hasta escalas más detalladas.

En los últimos años se ha avanzado en España y en el mundo en el uso de los SIG en EIA y EAE, aunque quedan todavía caminos abiertos muy interesantes, tanto en los usos habituales (preselección de corredores, mapas temáticos), como en otros menos generalizados hasta el momento, como la Vigilancia Ambiental (ejecución y operación), la participación pública o la ayuda a la definición de detalle del trazado de las infraestructuras (proyecto).

En España se puede constatar que es corriente el uso de los SIG en la evaluación ambiental de las infraestructuras de transporte, en todos los niveles de decisión, pero también que no siempre se aprovecha toda la potencialidad que éstos ofrecen, ya que en muchas ocasiones parece que sólo han servido para lograr una excelente presentación de los mapas temáticos, pero no para combinarlos y elaborar nuevos mapas que enriquezcan el conocimiento del medio ambiente y su evolución o, en último extremo, la decisión.

<sup>5</sup> Se inicia ahora un proyecto de investigación en TRANSyT (UPM) que pretende avanzar en la aplicación de los SIG a las etapas más avanzadas de diseño de trazado para integrar las consideraciones paisajísticas

Por otro lado, la existencia de problemas respecto a la disponibilidad, calidad y utilización de datos espaciales limitan en todo el mundo el uso potencial de estas herramientas. Estos problemas incluyen (VANDERHAEGEN & MURO, 2005) los obstáculos para acceder a los datos espaciales existentes, la falta de disponibilidad de algunos datos, o dificultades legales de acceso, las dificultades para integrar datos de diferentes fuentes, la falta de estándares en los datos y su almacenamiento y el tiempo y los costes necesarios para realizar un buen análisis espacial. En España, el diferente tratamiento de los datos o el grado de avance del uso de los SIG en las diferentes Comunidades Autónomas o en las diferentes instituciones (Confederaciones Hidrográficas, Ayuntamientos,...) no facilitan las cosas.

Sin olvidar, además, que la calidad de los datos es esencial para la calidad del resultado, pero también la utilización y los modelos, estos ya dependientes de la pericia del usuario, pueden influir enormemente en el producto final. Por un lado, las valoraciones intermedias, no siempre totalmente objetivas, y, por otro, las agregaciones necesarias, contribuyen a la probabilidad de que aparezcan errores (BOSQUE & GÓMEZ, 2010). Estos aspectos suponen importantes limitaciones para el análisis de los impactos durante la preparación de la EIA y la EAE. Por lo tanto, todavía queda mucho trabajo por hacer en la puesta a disposición y el uso y explotación de datos espaciales para la preparación de estudios ambientales, así como en una explotación óptima de los SIG en la evaluación ambiental de infraestructuras de transporte.

## 7. Bibliografía

- ADRIAENSEN, F. & J. P. CHARDON; G. DE BLUST & E. SWINNEN & S. VILLALBA & H. GULINCK & E. MATHYSSEN (2003): "The application of 'least-cost' modelling as a functional landscape model". *Landscape and Urban Planning*, 64 (4): 233-247.
- ARCE RUIZ, R. M. (2002): *La Evaluación de Impacto Ambiental en la encrucijada. Los retos del futuro*. Ed. La Ley. Madrid.
- & N. GULLON (2000): "The application of strategic environmental assessment to sustainability assessment of infrastructure development" *Environmental Impact Assessment Review*, 20: 393-402.
- BARREDO CANO, J. I. (1996): *Sistemas de Información Geográfica y Evaluación Multicriterio*. Edit. Rama. Madrid, 264 págs.
- & BOSQUE SENDRA, J. (1995): "Integración de evaluación multicriterio y Sistemas de Información Geográfica para la evaluación de la capacidad de acogida del territorio y la asignación de usos del suelo": 191-200. *Actas del IV Congreso español de Sistemas de Información Geográfica*. Madrid.
- BISHOP, I. D. & D. W. HULSE (1994): "Predicting scenic beauty using mapping data and geographic information systems". *Landscape and Urban Planning*, 30: 59-70.
- BOND, A. J. & D. J. BROOKS (1997): "A Strategic Framework to Determine the Best Practicable Environmental Option (BPEO) for Proposed Transport Schemes". *Journal of Environmental Management*, 51: 305-321.
- BOSQUE SENDRA, J. (1992): *Sistemas de Información Geográfica*. Edit. Rialp. Madrid, 451 págs
- & M. GÓMEZ DELGADO (2010): *Validación de análisis realizados con Sistemas de Información geográfica*. [http://www.geogra.uah.es/inicio/web\\_11\\_confibsig/CONFERENCIAS/Conferencia\\_Bosque.pdf](http://www.geogra.uah.es/inicio/web_11_confibsig/CONFERENCIAS/Conferencia_Bosque.pdf). Visto 30 agosto 2010.
- BURROUGH, P. A. (1986): *Principles of Geographic Information Systems for land resources assessment*. Clarendon. Oxford.
- COX, A. B. & F. GIFFORD (1997): "An overview to geographic information systems". *The Journal of Academic Librarianship*, 23 (6): 449-461.
- DALAL-CLAYTON, D. B. & B. SADLER (1999): "Strategic Environmental Assessment: A Rapidly Evolving Approach". *Environmental Planning Issues*, 18. International Institute for Environment and Development. London.
- ESPAÑA. MINISTERIO DE FOMENTO (2005): *PEIT: Plan Estratégico de Infraestructuras y Transporte 2005-2020*. Secretaría General Técnica. Ministerio de Fomento, Madrid
- FISHER, B. (2003): "Strategic Environmental Assessment in post-modern times". *Environmental Impact Assessment Review*, 23: 155-170.
- GALLEGO, E. & D. BARETTINO (1997): "El patrimonio geológico en el Plan Nacional de Cartografía Temática Ambiental (PNCTA)". *Zubía*, 15: 73-80. <http://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=110363>, visto el 31-08-2010
- GENELETTI, D. (2003): "Biodiversity Impact Assessment of roads: an approach based on ecosystem rarity" *Environmental Impact Assessment Review*, 23: 343-365.
- (2006): "Some common shortcomings in the treatment of impacts of linear infrastructures on natural habitat". *Environmental Impact Assessment Review*, 26: 257-267.
- GOODCHILD, M. F. & S. GOPAL (1989): *Accuracy of spatial data*. Taylor & Francis. London.
- GUTIÉRREZ PUEBLA, J. & M. GOULD (2001): *SIG: sistemas de información geográfica*. Ed. Síntesis. Madrid.
- GUTIÉRREZ PUEBLA, J. (2007): *Los sistemas de información geográfica en la planificación del transporte*. En: M. T. CAMACHO; J. A. CAÑETE; M. CHICA & J. J. LARA: *Información espacial y nuevas tendencias en las tecnologías de la información geográfica (TIGs)*. Universidad de Granada. Granada.

- HARRISON, C. & M. HAKLAY (2002): "The potential of public participation GIS in UK environmental planning: Appraisals by active publics." *International Journal for Environmental Planning and Management*, 45 (6)
- HINE, J. & J. SCOUT (2000): "Seamless, accessible travel: users' views of the public transport journey and interchange" *Transport Policy*, (7) 3: 217-226.
- JOÃO, E. & A. FONSECA (1996): "The role of GIS in improving environmental assessment effectiveness: theory vs. practice". *Impact Assessment*, 14: 371- 87.
- LONGLEY, P. A. & M. F. GOODCHILD & D. J. MACGUIRE, & D. W. RHIND (1999): *Geographical Information Systems: Principles, Techniques, Applications, and Management*. Wiley & Sons. New York.
- MALCZEWSKI, J. (2004): "GIS-based land-use suitability analysis: a critical overview". *Progress in Planning*, 62 (1): 3-65.
- MANCEBO QUINTANA, S. & B. MARTÍN RAMOS & M. A. CASERMEIRO MARTÍNEZ, & I. OTERO PASTOR, (2010): "A model for assessing habitat fragmentation caused by new infrastructures in extensive territories- evaluation of the impact of the Spanish strategic infrastructure and transport plan". *Journal of Environmental Management*, 91 (5), pp. 1087-1096.
- McHARG, I. L. (1969): *Design with nature*. Garden City (NY)7 Published for the American Museum of Natural History by the Natural History Press; Press.
- MÖRTBERG, U. M. & B. BALFORS & W.C. KNOL (2007): "Landscape ecological assessment: A tool for integrating biodiversity issues in strategic environmental assessment and planning". *Journal of Environmental Management*, 82: 457-470.
- MUÑOZ CUBILLO, A. (2009): "Modificaciones y desarrollo de la Normativa de Evaluación de Impacto Ambiental. La Evaluación Ambiental Estratégica". *Jornada sobre Evaluación de Impacto Ambiental de Infraestructuras en el Medio Rural*. Colegio de Ingenieros de Montes. Madrid, [http://www.mma.es/portal/secciones/calidad\\_contaminacion/jornadas\\_eia\\_inf.htm](http://www.mma.es/portal/secciones/calidad_contaminacion/jornadas_eia_inf.htm). Visto 20 agosto 2010.
- ORTEGA PÉREZ, E. (2009): *Diseño de un sistema experto implementado en SIG para la evaluación ambiental, social y económica de planes de infraestructuras*. Tesis Doctoral, Universidad Politécnica de Madrid, Madrid.
- OTERO, I. & S. MANCEBO & E. ORTEGA & M.A. CASERMEIRO (2007): "Mapping landscape quality in Spain". *M+A. Revista Electrónica de Medioambiente*, 4: 18-34.
- PARTIDÁRIO, M. R. (1996) "Strategic environmental assessment: Key issues emerging from recent practice". *Environmental Impact Assessment Review*, 16: 31-55.
- (2000): "Elements of an SEA framework-improving the added value of SEA". *Environmental Impact Assessment Review*, 2: 647-663.
- PATIL, A. A. & A. P. ANNACHHATRE & N. K. TRIPATHI (2002): "Comparison of conventional and geo-spatial EIA: a shrimp farming case study." *Environmental Impact Assessment Review* 22: 361-75.
- RESCIA, A. & E. ASTRADA & J. BONO & C. BLASCO & P. MELI & J. ADA'MOLI (2006): "Environmental analysis in the selection of alternative corridors in a long-distance linear project: A methodological proposal." *Journal of Environmental Management* 80: 266-278.
- SADEK, S. & I. KAYSIL & M. BEDRAN (2000): "Geotechnical and environmental considerations in highway layouts: an integrated GIS assessment approach." *JAG I Volume 2 - Issue 3/4*.
- SADLER, B. & R. VERHEEM (1996): *Strategic environmental assessment: Status, challenges and future directions*. The Netherlands: Ministry of Housing, Spatial Planning and the Environment.
- SIKDER, I. U. (2009): "Knowledge-based spatial decision support systems: An assessment of environmental adaptability of crops". *Expert Systems with Applications*, 36: 5341-5347.
- TAYLOR, M. A. & J. E. WOOLLEY & R. ZITO (2000): "Integration of the global position system and geographical information system for traffic congestion studies". *Transportation research C*, 8: 257-285.
- THERIVEL, R. & M. R. PARTIDARIO (1996): *The Practice of Strategic Environmental Assessment*. Earthscan. London: England.
- TOMLIN, C. D. (1990): *Geographical Information Systems and Cartographic Modeling*. Prentice-Hall, Englewood Cliffs. New Jersey.
- TREWEEK, J. & N. VEITCH (1996): "The potential application of GIS and remotely sensed data to the ecological assessment of proposed new road schemes". *Global Ecological Biogeographic Letter*, 5: 249-257.
- VANDERHAEGEN, M. & E. MURO (2005): "Contribution of a European spatial data infrastructure to the effectiveness of EIA and SEA studies". *Environmental Impact Assessment Review*, 25: 123-142.
- VERHEEM, R. & J. TONK (2000): "Strategic environmental assessment: one concept, multiple forms." *Impact Assessment and Project Appraisal* 19 (3): 177-182.
- WONDEROHE, A. P. & L. TRAVIS & R. L. SMITH & V. TSAI (1993): *Adaptation of geographic information systems for transportation*: 77. NCHRP Report 359. Transportation Research Board, National Research Council, Washington, DC, pp. 77.
- WORALL, L. (1991): *Spatial Analysis and Spatial Policy Using Geographic Information Systems*: 236. Belhaven Press, London.

## Referencias normativas

- LEY 6/2010, de 24 de marzo, de modificación del texto refundido de la Ley de Evaluación de Impacto Ambiental de proyectos, aprobado por el Real Decreto Legislativo 1/2008, de 11 de enero. (BOE 25 de marzo de 2010).
- REAL DECRETO LEGISLATIVO 1/2008, de 11 de enero, por el que se aprueba el texto refundido de la Ley de Evaluación de Impacto Ambiental de proyectos. (BOE 26 de enero de 2008).

# Aplicaciones de los SIG al estudio de amenazas naturales asociadas al retroceso de glaciares y desprendimientos

N. ANDRÉS DE PABLO & L. M. TANARRO GARCÍA & D. PALACIOS ESTREMERA

Departamento de Análisis Geográfico Regional y Geografía Física.  
Facultad de Geografía e Historia. Universidad Complutense de Madrid

**RESUMEN:** Los Sistemas de Información Geográfica se han convertido en un instrumento imprescindible en los trabajos de prevención de riesgos naturales. Su uso abarca todas las fases del análisis: desde la obtención, integración y tratamiento de la información hasta la conversión de esa información en un conocimiento concreto sobre las amenazas que sufre un determinado territorio y su vulnerabilidad ante las catástrofes naturales. En la actualidad, los SIG son instrumentos imprescindibles en la elaboración de una cartografía temática que exprese la peligrosidad y vulnerabilidad de un territorio concreto. Una correcta determinación del riesgo depende de la calidad de los mapas de peligrosidad, tanto de peligrosidad potencial, mapas elaborados a partir de simulaciones numéricas, como geocronológica, mapas basados en el estudio de períodos de recurrencia. El trabajo desarrolla dos ejemplos en los que el empleo de los SIG, en la fase inicial del estudio del riesgo, facilita la obtención de la información adecuada para la realización de mapas de peligrosidad. Los dos casos de estudio demuestran cómo los SIG se imbrican en el proceso metodológico de investigación sobre la prevención de riesgos naturales, en perfecta armonía con otras técnicas, como son las de campo o la fotointerpretación convencional, y son además de enorme ayuda en la transmisión de los resultados a los organismos responsables de la toma de decisiones.

**DESCRIPTORES:** Sistemas de Información Geográfica. Riesgos naturales. Retroceso glacial. Desprendimientos.

## 1. Introducción

Al partir del comienzo de la década de los 90, la utilización de los Sistemas de Información Geográfica (SIG) a la preventión de riesgos naturales se fue generalizando,

hasta llegar a convertirse en una herramienta indispensable. Su aplicación abarca todo tipo de riesgos, como deslizamientos, flujos, avalanchas, inundaciones, terremotos, incendios, procesos volcánicos, tsunamis, etc (KELLER & BLODGET, 2007). Los SIG ayudan de manera

Recibido: 15.10.2010; Revisado: 25.10.2010  
e-mail: nuriand@ghis.ucm.es; pace@ghis.ucm.es,  
davidp@ghis.ucm.es

Los autores agradecen a los evaluadores anónimos sus comentarios para la mejora del presente trabajo.

rápida y eficaz a cuantificar la relación entre la vulnerabilidad de la población y la amenaza de un proceso natural catastrófico, relación que determina el grado de riesgo existente en un territorio ante una catástrofe concreta (LAIN HUERTA, 2002; AYALA-CARCEDO & OLCINA CANTOS, 2002; BRYANT, 2005; HYNDMAN & HYNDMAN, 2008; ALCÁNTARA-AYALA & GOUDIE, 2010; entre otros).

El establecimiento del nivel de riesgo lleva consigo dos fases fundamentales: la obtención, integración, tratamiento y combinación de los datos y la predicción de los procesos catastróficos y sus posibles consecuencias en la población, según la magnitud de determinadas variables. A partir de la predicción se podrá abordar la toma de decisiones, fase culminante de la prevención. En estas fases: obtención y tratamiento de datos, predicción y toma de decisiones, los SIG están teniendo un papel fundamental.

Un adecuado nivel de integración entre la organización de las bases de datos y su tratamiento SIG es la clave para transformar los datos en información y la información, en conocimiento de una situación concreta que afecte a un territorio (PINE, 2009). Los datos relacionados con los riesgos naturales proceden de campos muy diversos, como la propia investigación de los procesos naturales, características socio-económicas de la población, infraestructuras, sistema administrativo, marco legal, etc., por lo que deben ser homogeneizados, vinculados a un referente geográfico y organizados según su escala regional, según el tipo de modelo de dato (vectorial o raster) y según su escala espacio-temporal. A partir de aquí, se tratará de establecer las relaciones existentes entre las distintas variables consideradas en el análisis y establecer el grado de causa-efecto entre ellas. La procedencia de los datos es también muy diversa, ya que pueden obtenerse en el campo, en archivos o a través de los Sensores Remotos (SR). En este último aspecto, los SIG se han convertido en el medio imprescindible de integración de los datos procedentes de los SR en la gestión de la información sobre riesgos naturales.

La predicción de los procesos catastróficos se mejora de forma imprescindible en la actualidad por los SIG, con la realización de modelos de distribución, que se expresan en la elaboración de mapas de posibles áreas afectadas por un determinado proceso (HERNÁNDEZ RUIZ, 2008). Estos modelos han llegado a ser sumamente complejos, pero se pueden dividir en

dos grandes grupos: los geocronológicos, que tratan de deducir las posibilidades de que un determinado proceso natural catastrófico afecte en el futuro a una determinada área, según el rango de recurrencia sucedido en el pasado; un segundo grupo son los modelos de simulación numérica que, a través de relaciones matemáticas entre los parámetros que participan como causantes de un determinado proceso, establecen su posible magnitud y extensión.

A partir de los modelos de peligrosidad y tras su cruce, mediante SIG; con la información socioeconómica se llega al establecimiento de criterios de vulnerabilidad del territorio, que se expresan mediante mapas de vulnerabilidad, principal instrumento en la toma de decisiones en la organización territorial. Estos mapas son interactivos y dinámicos, gracias a la permanente actualización de la información en los SIG. Ese carácter dinámico facilita la monitorización del impacto que ejercen los efectos del cambio climático sobre la intensificación de los riesgos naturales (BURROUGHS, 2007; PITTOCK, 2009)

Un ejemplo en la organización y tratamiento de la información mediante los SIG en la elaboración de mapas de peligrosidad es la que ha propuesto el proyecto LAHAR2 (CGL2006-1983) en el estudio de posibles áreas afectadas por flujos catastróficos procedentes del deshielo de glaciares situados sobre volcanes activos. En un primer paso, se organizan todos los datos procedentes del análisis de los procesos naturales, principalmente en este caso de los parámetros hídricos de los flujos pasados, deducidos a partir del estudio de sus sedimentos, de las condiciones climáticas (precipitaciones y temperatura) y las reservas hídricas sólidas (glaciares, nieve y permafrost) en el momento que se formaron estos flujos (FIG. 1). El tratamiento SIG de esta información permite relacionar la magnitud de un evento pasado, con sus parámetros hídricos y con las condiciones climáticas y reservas hídricas existentes en ese momento. Esta relación es la base de la aplicación de modelos de simulación numérica de flujos, donde se relaciona las condiciones climáticas y reservas hídricas actuales con los flujos catastróficos máximos posibles. Por otro lado, los mapas de peligrosidad elaborados mediante la aplicación de modelos de simulación se pueden combinar con mapas de peligrosidad geocronológicos, basados en el periodo de recurrencia en ser un área afectada por un flujo y en la superposición de áreas afectadas por flujos antiguos.

En un segundo paso, la información de la peligrosidad del territorio ante los flujos se contrasta mediante los SIG con la información sobre la ocupación humana de dicho territorio, para llegar a elaborar mapas de vulnerabilidad, como por ejemplo, también se ha propuesto en el citado proyecto LAHAR2 (CGL2006-1983) (FIG. 2). En este caso se combina la información procedente de cuatro grandes aspectos: los mapas de peligrosidad geocronológicos; los mapas de peligrosidad potencial obtenidos mediante la

aplicación de modelos de simulación; las tendencias de las reservas hídricas derivadas del impacto del cambio climático, que pueden cambiar el escenario a muy corto plazo, y la información sobre la ocupación del territorio. El resultado de esta combinación de la información, establece la definición de mapas de vulnerabilidad dinámicos, donde el SIG actualiza sus rangos en la medida que cambien la cantidad de reservas hídricas y las condiciones de uso y ocupación del territorio.

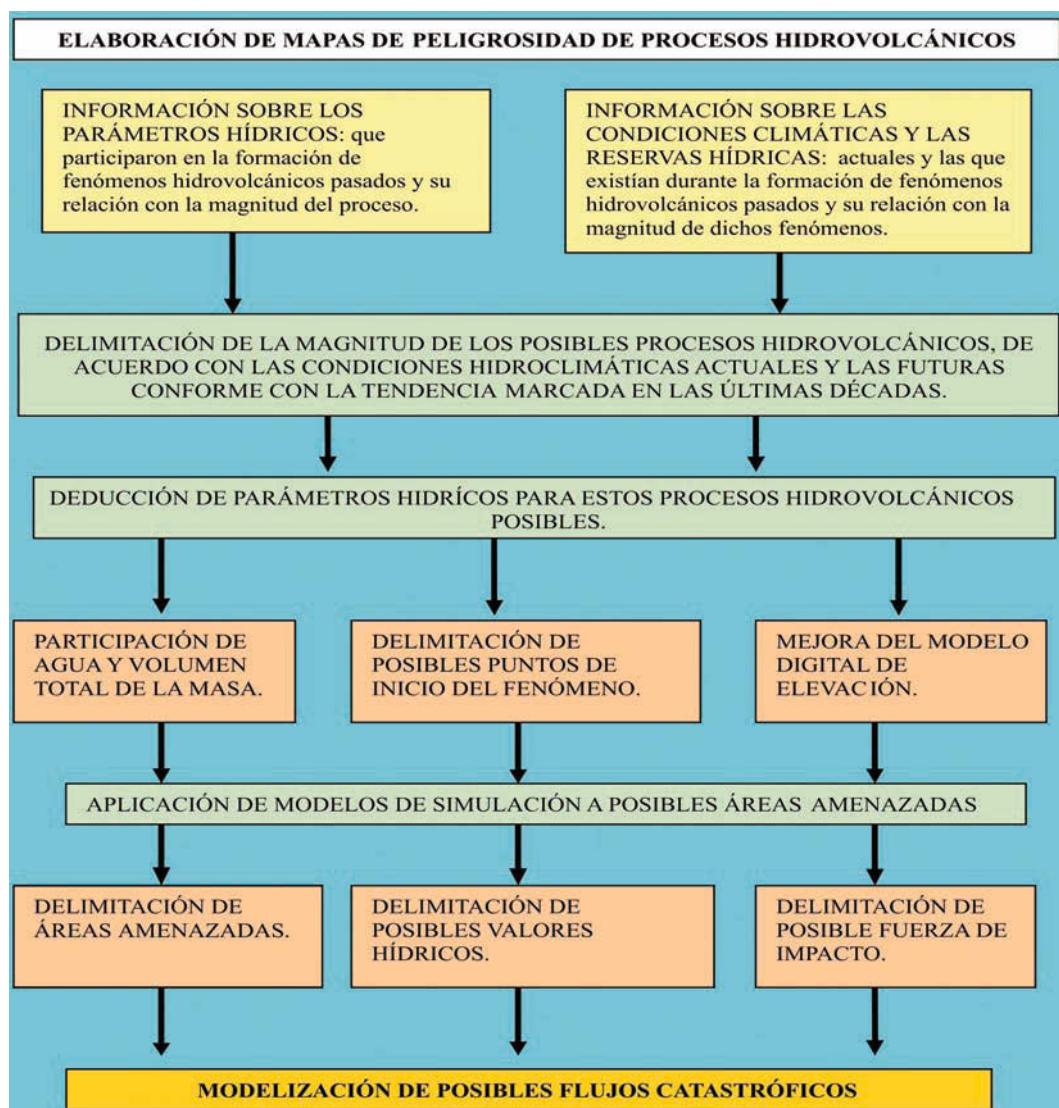


FIG. 1/ Organización y tratamiento de la información mediante los SIG propuesta en el proyecto LAHAR2 (CGL2006-1983) para determinar las posibles áreas afectadas por flujos catastróficos procedentes del deshielo de glaciares situados sobre volcanes activos

Fuente: Elaboración propia



Fig. 2/ **Organización y tratamiento de la información mediante los SIG propuesta en el proyecto LAHAR2 (CGL2006-1983) para elaborar mapas de vulnerabilidad**

Fuente: Elaboración propia

Como se ha visto, la elaboración de los mapas de peligrosidad es una tarea muy compleja que se inicia en la toma de información, pero donde los SIG siempre se consideran una herramienta imprescindible. El objetivo de este trabajo es mostrar dos ejemplos de aplicación de los SIG a la prevención de riesgos naturales. En el primer caso, con su aplicación a la monitorización del retroceso de glaciares, se puede comprobar la utilidad de los SIG para evaluar la información obtenida de forma remota y deducir la posible cantidad de agua liberada en un proceso de fusión repentina. Como se ha visto anteriormente, este parámetro es clave para realizar mapas de peligrosidad a través de la aplicación de modelos de simulación numérica. En el segundo caso, su aplicación al estudio de los desprendimientos, se puede demostrar la utilidad de los SIG para realizar mapas de áreas afectadas por anti-

guos procesos catastróficos que, como también hemos considerado anteriormente, es fundamental para la elaboración de mapas de peligrosidad geocronológicos.

## 2. Aplicaciones SIG al estudio de los riesgos asociados al retroceso de los glaciares

### 2.1. Los riesgos asociados al retroceso de los glaciares como objeto de estudio

Los glaciares son un componente esencial del paisaje y de la cultura de las regiones polares y de alta montaña, y en ocasiones son las únicas fuentes de agua dulce para la agricultura, la industria y el uso doméstico, además de ser

un elemento económico importante del turismo y de la producción hidroeléctrica. Aunque por otra parte, también están relacionados con graves peligros naturales cuando se ven afectados por cambios en las condiciones climáticas que suponen modificaciones en la dinámica glaciar o bien por la entrada en actividad de los aparatos volcánicos que albergan a algunos de estos cuerpos de hielo. En ambos casos, el resultado es la producción de un flujo rápido, con mezcla de agua y sólidos en distintas proporciones, que inunda grandes superficies y ocasiona cuantiosas pérdidas económicas y de vidas humanas. Encontramos numerosos ejemplos en los listados de riesgos naturales históricos, como la inundación de la ciudad de Huaraz (Perú) en 1941 causada por el desprendimiento de un bloque de hielo del glaciar del Nevado Pucaranra que cayó sobre la laguna Palcacocha. El impacto produjo una ola que rompió el dique morrénico y se generó un flujo de agua y rocas que asoló parte de la ciudad y causó la pérdida de 5.000 vidas humanas (CAREY, 2010). Estas crecidas extremas reciben el nombre de GLOFs, acrónimo de la expresión anglosajona '*Glacial-Lake Outburst Floods*' y se registran con especial frecuencia en los Andes y en los Himalayas.

En relación con el inicio de la actividad volcánica en volcanes cubiertos por glaciares, también poseemos numerosas referencias de catástrofes ocasionadas por la fusión repentina de los cuerpos de hielo. Así, los piroclastos emitidos en la erupción de 1985 del Nevado de Ruiz (Colombia) causaron el deshielo de la superficie de su glaciar lo que dio lugar a flujos que superaron los 60 km de distancia, sepultaron la ciudad de Armero, ocasionaron enormes pérdidas económicas y acabaron con la vida de 23.080 personas (MAJOR & NEWHALL, 1989). En otras ocasiones no hay que lamentar pérdidas humanas, pero sí cuantiosos daños materiales, como los provocados en 1996 por la fusión del hielo del Vatnajökull (Islandia), cuando una erupción subglaciar desencadenó flujos que acabaron con la cuarta parte de los puentes de la isla y produjeron pérdidas valoradas en unos 15 millones de dólares (GUDMUNDSSON & al., 1997).

Los glaciares y las capas de hielo continental cubren el 10% de las tierras emergidas, si bien en las etapas más frías llegaron a revestir una superficie tres veces mayor (PATERSON, 1994), y contienen tres cuartas partes de los recursos de agua dulce total. La preocupación por la desaparición de estos valiosos almacenes de agua ha llevado a la comunidad científica a aumentar y mejorar el conocimiento de los gla-

ciares, en especial en la última década, cuando los programas de seguimiento del cambio climático han incluido entre sus principales indicadores el retroceso de las masas de hielo (GCOS, 2004).

Pero el interés por mantener un control sobre los glaciares de manera sistemática a nivel mundial comienza mucho antes que la preocupación por los efectos del cambio climático. En 1894 se funda la Commission Internationale des Glaciers durante el Sexto Congreso Internacional de Geología en Zurich (Suiza), que promueve publicaciones anuales con observaciones cualitativas de distintos glaciares, a excepción de los localizados en los Alpes y en Escandinavia, de los que ya se poseía información cuantitativa. Después de la Primera Guerra Mundial, las publicaciones son menos frecuentes, hasta que desde 1986 se sistematizan con la publicación quinquenal del World Glacier Inventory (WGI), por el World Glacier Monitoring Service (WGMS) (HAEBERLI, 1998). El último informe del WGMS (2008), indica que los glaciares han retrocedido desde el máximo holoceno de la Pequeña Edad de Hielo, con pérdidas máximas en las décadas de los cuarenta y cincuenta del siglo XX, y señala que la fusión del hielo glaciar se ha acelerado desde 1986 hasta la actualidad. A pesar de esto, también se aprecia que, en escalas de tiempo cortas, algunos glaciares de montaña han experimentado reavances y también se ha observado una gran variabilidad entre cuerpos de hielo próximos (WGMS, 2008). Con la medida de los retrocesos glaciares interpretados como respuesta a un cambio global del clima, se ha llegado a reconstruir la historia térmica de distintas regiones del mundo (OERLEMANS, 2005).

## 2.2. El empleo de los SIG en estudios de retroceso de glaciares y riesgos asociados

Las técnicas de medida y observación de los glaciares han ido variando en el tiempo. Así en 1895, Forel ilustra los principios básicos de trabajo de campo para tomar medidas de los glaciares (distancia y dirección) a partir de puntos fijos, con brújula y cinta métrica. La comparación de los valores obtenidos en años consecutivos indica los cambios horizontales que ha sufrido el *terminus* del glaciar. Las medidas topográficas directas han ido haciéndose más precisas a lo largo del tiempo con el empleo de instrumentos más sofisticados, como las técnicas de posicionamiento global (HAEBERLI, 2007). También el cálculo del balance de masa

se ha hecho más preciso, a pesar que desde 1945 se emplea el método glaciológico directo, basado en el establecimiento de una red de estacas para medidas de ablación y fosos para el control de acumulación de nieve (HOLMLUND & JANSSON, 2005). GERBAUX & *al.*, (2005) señalan la existencia de errores sistemáticos en este método, que pueden ser corregidos con técnicas geodésicas para elaborar mapas precisos de la topografía del glaciar cada cierto tiempo.

Las nuevas técnicas de percepción remota también se han ido incorporando a la observación de los glaciares, desde el empleo de fotografías terrestres (por ejemplo BRECHER & THOMPSON, 1993) y aéreas (por ejemplo BENSON & FOLLET, 1986; BALTSAVIAS & *al.*, 1996; KÄÄB & *al.*, 2005), hasta el análisis de imágenes de satélite, especialmente por la posibilidad de derivar MDE a partir de ellas y calcular diferencias de alturas entre dos momentos. En este sentido, surgió la iniciativa GLIMS (Global Land Ice Measurements from Space) en 1995 con el objeto de inventariar y observar las variaciones de los glaciares en todo el mundo mediante imágenes captadas por sensores desde el espacio (KÄÄB & *al.*, 2002; BISHOP & *al.*, 2004). Toda la información ha sido compilada recientemente gracias a los SIG (RAUP & *al.*, 2007) con el objetivo de hacer más manejable la colección de datos y de que ésta sea fácilmente distribuida.

De hecho, los SIG se han convertido en la herramienta estándar no sólo para integrar total toda la información básica sobre los glaciares (fotografías, mapas, valores de espesor del hielo...), sino para crear modelos con esos valores de entrada (clasificaciones de imágenes de satélite, Modelos Digitales del Terreno), elaborar cartografías de áreas afectadas e incluso crear modelos para proponer diferentes escenarios en la evolución de los glaciares (mapas de riesgo) (KÄÄB & *al.*, 2005; HUGGEL & *al.*, 2004).

La aplicación más común de los SIG para la determinación de los riesgos derivados de los glaciares consiste en cartografiar la extensión de las masas de hielo mediante la interpretación y clasificación de imágenes de satélite. Las clasificaciones automáticas resultan útiles para grandes áreas (KÄÄB & *al.*, 2005), pero para obtener resultados más precisos existe una gran variedad de técnicas recopiladas por LILLESAND & KIEFFER (2000) y Käab (2004). Algunos buenos ejemplos de cartografías de áreas glaciadas realizadas con estas técnicas se pueden encontrar en: HALL & *al.* (1989),

KÄÄB & *al.* (2003); ALBERT (2002); PAUL & *al.* (2002, 2004); SALZMANN & *al.* (2004); ALCALÁ (2007) y ÚBEDA (2007). Entre estos estudios destacan los que ofrecen una visión multitemporal comparando situaciones actuales con imágenes pasadas (por ejemplo KÄÄB & HÄBERLI, 2001; SILVERIO & JAQUET, 2005). De igual manera se emplean ortofotografías aéreas para realizar análisis multitemporales y calcular las variaciones en las longitudes de las lenguas de los glaciares, así como en su superficie (por ejemplo KÄÄB & FUNK, 1999; HUGGEL & DELGADO, 2000; TANARRO & *al.*, 2005; ANDRÉS & *al.*, 2007; KAUFMANN & LADSTÄDTER, 2008). Las series fotográficas se emplean además para observar el movimiento de los glaciares y de materiales rocosos depositados sobre ellos o en las proximidades. De esta manera, gracias a los SIG se pueden cuantificar la velocidad del movimiento y el sentido del flujo.

Los riesgos naturales derivados de las fluctuaciones de los glaciares están relacionados con cambios experimentados por el terreno, por lo que resultan especialmente interesantes aquellas aplicaciones multitemporales que permiten incorporar modelos digitales de elevación (MDE). Los MDE se pueden obtener a partir del tratamiento de la información capturada por sensores instalados en satélites (JERS, ASTER o SPOT-5) o mediante técnicas de restitución aplicadas sobre fotografías aéreas convencionales. Las fotografías aéreas suelen aportar una mejor resolución espacial y constituyen una fuente de información valiosa al ofrecer series temporales más largas que las proporcionadas por las imágenes de satélite (KÄÄB & *al.*, 2005). Las herramientas SIG permiten obtener diferencias en el espesor del glaciar, determinar áreas de acumulación y ablación y calcular porcentajes de variaciones (ver aplicaciones en: BENSON & FOLLET, 1986; FOX & NUTTALL, 1997; KÄÄB & FUNK, 1999; JUAN & DELGADO, 2003; ANDRÉS & *al.*, 2007).

Una vez que el estudio del comportamiento de los glaciares ha permitido detectar el origen de peligros potenciales, se aplican modelos para estimar las posibles áreas afectadas en caso de producirse un flujo de grandes dimensiones. Estas simulaciones se basan en la representación de un evento sobre una determinada superficie y proporcionan diferentes escenarios representados en mapas de riesgo. Así, los SIG se presentan como la plataforma idónea para desarrollar los modelos de flujo, ya que pueden tratar gran cantidad de información geográfica sobre la base del MDE (Muñoz, 2007).

Los modelos numéricos son los métodos más empleados para generar simulaciones de flujo o de áreas inundadas. Constituyen una simplificación cuantitativa de la realidad y se basan en principios físicos, estadísticos (modelos empíricos) o en ambos (GRISWOLD, 2004). Estos modelos consisten en un conjunto de ecuaciones matemáticas que en muchas ocasiones incorporan los propios programas informáticos de SIG, que ofrecen herramientas para determinar de forma automática la ruta de un flujo o delimitar áreas inundadas a partir de unos cuantos parámetros de partida. En otros casos, los algoritmos se formulan en lenguajes de programación (por ejemplo AML para ArcGis) y se implementan en el SIG como una macro. Un ejemplo del primer grupo son las herramientas Hydrology (en *Spatial Analyst Tools*) de ArcGis, que se basan en algoritmos que transfieren el flujo de forma secuencial hacia los puntos o áreas más bajos del terreno (JENSON & DOMINGUE, 1988). Estos modelos reciben el nombre de “*eight direction flow models*” (D8), ya que para cada celda del MDE existen ocho sentidos posibles (las ocho celdas vecinas) hacia donde se puede dirigir un flujo hipotético, y fueron expuestos por primera vez por O’CALLAGHAN & MARK (1984). Estudios como los de HUGGEL & *al.* (2003) y HEGGLIN & HUGGEL (2008), han puesto de manifiesto la utilidad de estos modelos para estimar escenarios de inundaciones causadas por desbordamiento de lagos de origen glaciar. De igual manera, se ha aplicado el mismo método para calcular las rutas de un posible flujo causado por el desprendimiento de una gran masa de hielo de un glaciar (SALZMANN & *al.*, 2004; HUGGEL & *al.*, 2004).

Por otra parte, los programas “externos” (macros, extensiones, scrips...) cuya finalidad es la de simular un flujo y son creados para ser aplicados a un SIG presentan características más complejas, ya que incorporan parámetros como la cantidad de agua que contendría el flujo, cantidad de material sólido, permeabilidad del terreno... Ejemplos de la aplicación de estos modelos a los riesgos naturales derivados del retroceso de los glaciares se pueden encontrar en: HUGGEL & *al.* (2003) con el modelo TOPMODEL; BERTI & SIMONI (2007) con el modelo DFFLOWZ; SIMPSON & *al.* (2006), MUÑOZ & *al.* (2009) con el modelo LAHARZ; MUÑOZ & *al.* (2007) con el modelo TITAN2D; BAJRACHARYA & *al.* (2007), con el modelo NWS-FLDWAV; CARRIVICK (2007), con el modelo Delft3D; entre otros muchos. En todos estos estudios el resultado final se traduce en una serie de mapas, tablas y gráficos que expresan la simulación del flujo y las áreas afec-

tadas. Muchos de ellos superponen en el SIG otras capas de información (población, infraestructuras...) con lo que completan los estudios de riesgo y obtienen cartografías que ponderan el grado de riesgo al que están expuestos los diferentes sectores de una ciudad, por ejemplo (MUÑOZ, 2007; HEGGLIN & HUGGEL, 2008).

### 2.3. Caso de estudio: el retroceso del glaciar del Popocatépetl

Para ilustrar la utilidad del empleo de una metodología SIG en el estudio de los riesgos asociados al retroceso de glaciares se ha elegido como ejemplo el estudio del glaciar del volcán Popocatépetl (Méjico), que se realizó durante el desarrollo de los proyectos “Elaboración de un sistema integrado para la prevención de riesgos hidrovolcánicos. LAHAR1” (REN 2003-06388) y “Recursos y Prevención de riesgos hidrovolcánicos en estratovolcanes tropicales activos. LAHAR2” (CGL2006-01983).

En el caso que nos ocupa, se considera la amenaza que supone la liberación de agua por fusión repentina del hielo de un glaciar situado en un cono volcánico. El agua satura los sedimentos de origen volcánico que tapizan las laderas y la mezcla se canaliza hacia puntos topográficos más bajos a gran velocidad, arrasando todo lo que encuentra a su paso, incrementando o abandonando su carga, para, finalmente, inundar grandes extensiones, cuando alcanza superficies de escasa pendiente. Estos flujos rápidos, mezcla de agua de cualquier procedencia (precipitaciones, rotura de lagos...) y material volcánico reciben el nombre genérico de *lahares* (SMITH & FRITZ, 1989; RODOLFO, 1989), pero se considera que la fusión de hielo glaciar ha ocasionado los *lahares* más catastróficos en época histórica, independientemente de la intensidad de la erupción asociada (MAJOR & NEWHALL, 1989).

La metodología que se plantea aquí tiene como objetivo el seguimiento y cuantificación de los cambios de un glaciar alojado en el cono superior de un estratovolcán tropical activo. El volcán Popocatépetl (19° 03'N; 98° 35'W; 5.424 m s.n.m.), situado a 70 km del centro de Ciudad de Méjico, entró en la presente fase eruptiva en diciembre de 1994. En su cono superior, en la ladera noroccidental, aloja una masa de hielo que alcanzó su máxima extensión durante la PEH (PALACIOS, 1996) y desde entonces ha experimentado un retroceso general, debido tanto a causas climáticas como a volcánicas. En especial, el

presente periodo eruptivo ha tenido una influencia negativa sobre el glaciar (PALACIOS & MARCOS, 1998; PALACIOS & *al.*, 2001; HUGEL & DELGADO, 2000; JULIO & DELGADO, 2003; TANARRO & *al.*, 2005), cuyas aguas de fusión han alimentado varios lahares (PALACIOS *et al.*, 2001; CAPRA *et al.*, 2004).

### 2.3.1. Fotointerpretación

El volcán Popocatépetl se encuentra en un periodo de actividad que se inició en 1994 y hasta la fecha las autoridades mantienen un área de acceso prohibido de un radio de 10 km del cráter del volcán. Esto imposibilita el acercamiento al glaciar que queda dentro del área cerrada al paso, pero, por el contrario, la reciente actividad despierta el interés por conocer lo que sucede en el cono superior y el CENAPRED (Centro Nacional de Prevención de Desastres del Gobierno Mexicano) se ha surtido de una colección de fotografías aéreas, proporcionadas por la Secretaría de Carreteras y Transportes de México (SCT), en las que se incluye el área glaciada. De esta colección se han elegido 20 tripletas de fotografías aéreas que cumplían las características de presentar buena visibilidad, tener una escala adecuada para delimitar el glaciar y estar realizadas en la vertical (con ángulos inferiores a 3°). Las fotografías empleadas se corresponden con las fechas de: noviembre de 1982, mayo de 1989, 14 de noviembre de 1997, 13 de abril de 1998, 8 de junio de 1998, 2 de diciembre de 1998, 2 de febrero de 1999, 2 de junio de 1999, 14 de octubre de 1999, 4 de noviembre de 2000, 20 de enero de 2001, 15 de marzo de 2001,

6 de abril de 2001, 20 de agosto de 2001, 17 de junio de 2002, 17 de septiembre de 2002, 2 de diciembre de 2002, 13 de febrero de 2003, 21 de julio de 2003 y 25 de agosto de 2003.

El trabajo de fotointerpretación consistió en la delineación del límite del glaciar, con el apoyo de fotografías oblicuas tomadas por el equipo de investigación de los proyectos LA-HAR durante los trabajos de campo (FIG. 3) y las que el CENAPRED pone a disposición del público en su página web ([www.cenapred.unam.mx/es/](http://www.cenapred.unam.mx/es/)). Además de los límites, se cartografiaron las principales irregularidades visibles en la superficie del glaciar (grietas y resaltes rocosos) y se anotaron cuidadosamente las características del glaciar en cada momento (su cobertura por ceniza o nieve, la existencia de surcos...). Con este proceso tradicional de fotointerpretación se obtiene un "pseudomap", ya que las formas se demarcán sobre un acetato fijado al fotograma central, de manera que el dibujo resultante mantiene la deformación de la fotografía. Para convertir las fotografías a ortofotos y los pseudomapas a mapas tienen que pasar por un proceso de ortorrectificación y georreferenciación.

### 2.3.2. Ortorrectificación y digitalización de las cartografías

Las fotografías aéreas siempre tienen un cierto grado de deformación provocada por las distorsiones de la lente, la curvatura terrestre, la refracción, la inclinación de la cámara y la topografía del terreno, que puede ser corregida

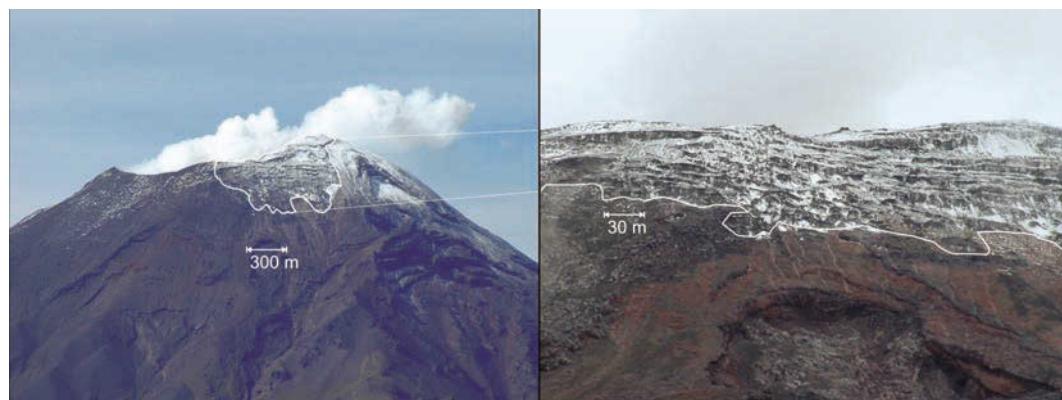


FIG. 3/ Imágenes tomadas durante el trabajo de campo de junio de 2002 en el volcán Popocatépetl, que orientaron la delimitación del glaciar. La flecha indica la escala aproximada

Fuente: PALACIOS, junio 2002

do o minimizado (WELCH & JORDAN, 1996). En el caso que nos ocupa, al tratarse de un área reducida, no es necesaria la corrección del error introducido por la esfericidad terrestre. Pero las fotografías y los mapas realizados sobre ellas mediante fotointerpretación tienen que someterse a un proceso de corrección geométrica u ortorrectificación. Actualmente, este proceso se puede llevar a cabo por medio de diferentes programas informáticos de tipo SIG, CAD y otros software geomáticos empleados en topografía. En todos ellos las fotografías aéreas en formato digital se “remuestran” para crear una imagen rectificada. En este caso se ha empleado el programa ArcGis de Esri, ya que el resto de procesos se realizan también con él, y se han seguido los pasos propuestos por Welch & Jordan (1996). Una vez escaneada la fotografía aérea con alta resolución (1.200 ppp) y transformada en imagen ráster (JPEG o TIFF), se necesita una colección de puntos de control fácilmente reconocibles en las imágenes y de los que se tenga una correcta localización en el sistema de coordenadas que se esté empleando. Para ello se utilizó la ortofoto a escala 1:20.000 de noviembre de 1982 (INEGI, 1983), donde se señalaron 11 puntos con coordenadas UTM, identificables en todas las

fotografías aéreas. La localización realizada de esta manera tiene un error asociado al límite de percepción visual en la escala de la ortofoto y como todas las fotografías se han transformado con estos mismos puntos, todas tienen el mismo error de localización y por tanto, son comparables (SANJOSÉ & *al.*, 2004).

En el siguiente paso, se ortorrectificaron los fotogramas en dos fases. En la primera se relacionan los puntos elegidos sobre la imagen con las coordenadas reales de dichos puntos, mientras que la segunda se lleva a cabo la transformación geométrica (FIG. 4). Se optó por una transformación polinómica de tercer grado minimizando el error RMS, lo que debe indicar una transformación altamente aceptable de forma global. De esta manera, se fijó un error aceptable según la escala de trabajo inferior a  $\pm 2,23$  m (ANDRÉS, 2009).

La edición definitiva de la cartografía del glaciar se llevó a cabo con el mismo SIG. A la vez que se delimita el glaciar, se le asocia una serie de campos en una base de datos, donde se asigna el valor de la superficie y del perímetro en la tabla de atributos.

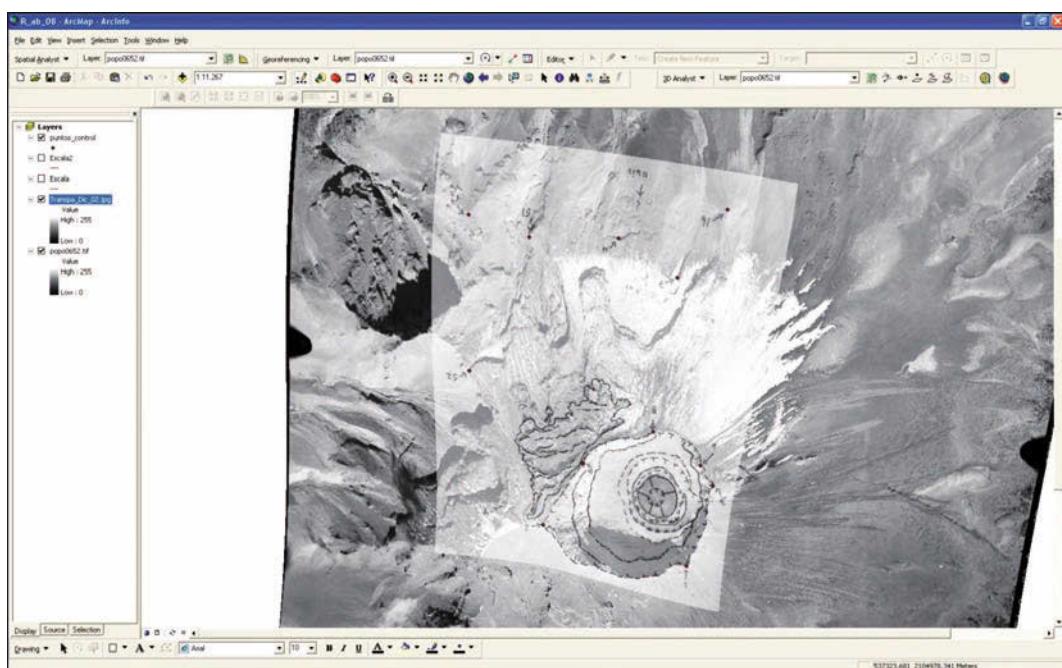


FIG. 4/ Resultado de la rectificación y georreferenciación de la fotografía aérea del cráter del Popocatépetl del 2 diciembre de 2002 y de la cartografía del cráter y el glaciar en ArcGis

Fuente: Elaboración propia

### 2.3.3. Tratamiento de los datos topográficos y cuantificación de variaciones de espesor

Para calcular las variaciones en el espesor del glaciar se emplearon las restituciones topográficas que desarrolló el equipo del Dr. J. J. DE SANJOSÉ en el Departamento de Expresión Gráfica de la Escuela Politécnica de la Universidad de Extremadura, a partir de 8 tripletas de fotografías aéreas (las únicas que poseían los datos técnicos completos). Las fechas elegidas fueron: 14 de noviembre de 1997, 2 de diciembre de 1998, 2 de junio de 1999, 4 de noviembre de 2000, 6 de abril de 2001, 17 de junio de 2002, 2 de diciembre de 2002 y 13 de febrero de 2003. Aunque la literatura aconseja emplear fotografías aéreas tomadas al final de la estación de ablación, con el fin de obtener resultados significativos desde el punto de vista glaciológico (PATERSON, 1994), la disponibilidad de imágenes en el caso de Popocatépetl está limitada, debido a la mala visibilidad que presentan o a las características inadecuadas para su restitución.

Las elevaciones se obtuvieron mediante restitución analógica y el resultado fue una cartografía del cono superior del volcán a escala 1: 5.000, con curvas de nivel equidistantes 10 m. Además se añadieron algunos puntos de especial significación. A partir de toda esta información de alturas generada en formato .dwg, en el SIG se creó un MDE para cada una de las fechas en formato raster.

A la hora de calcular las diferencias de altura entre dos momentos distintos, hay que tener en cuenta que las áreas cubiertas por el glaciar en dos fechas consecutivas son diferentes y que la herramienta específica en ArcGis, encargada de cuantificar las variaciones de altura entre dos modelos, solo opera con imágenes de dimensiones iguales. Por esa razón, en cada operación de comparación se recortó el modelo con el límite de mayor extensión y se consideró que el área no común suponía solamente pérdidas de hielo, ya que el glaciar desaparece de este espacio entre las dos fechas. Una vez realizada la operación, el re-

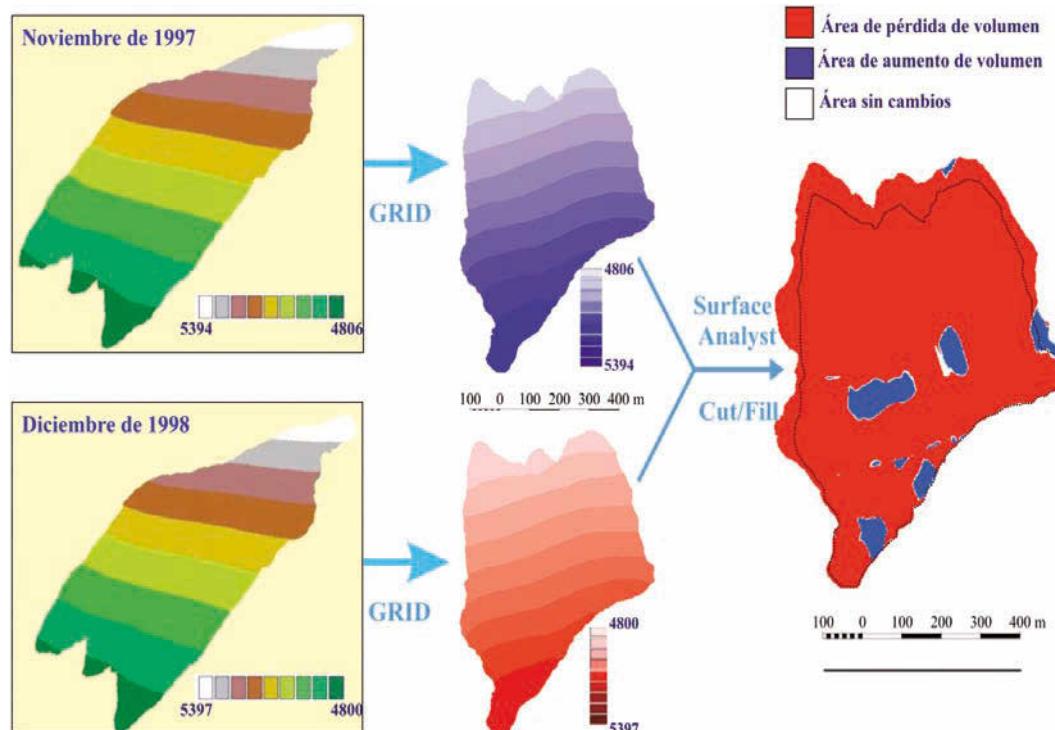


FIG. 5/ Procedimientos seguidos en ArcGis para el cálculo y cartografía de las variaciones de altura y cambios en el volumen del glaciar del Popocatépetl. La línea de puntos en el mapa resultado indica la extensión del glaciar en la última de las imágenes tratadas

Fuente: Elaboración propia

sultado es una capa de información en formato raster reclasificada en tres categorías: rojo (*net gain*), gris (*unchanged*) y azul (*net loss*) (FIG. 5). Las áreas rojas son las que han experimentado una elevación entre la primera fecha (nov 97 en el ejemplo) y la segunda (dic 98 en el ejemplo). Las áreas coloreadas en gris no han variado su altura y las azules han disminuido. A esta cartografía aparece asociada una base de datos en la que se refleja el área de cada grupo de celdillas individualizado y el volumen de variación entre los dos momentos. Dentro del SIG, en la tabla de atributos, se pueden consultar los valores positivos, negativos ó 0, para obtener el área total de variación positiva o negativa y la cubicación del volumen perdido o ganado. Las tablas de atributos se pueden exportar a un programa de cálculo de fácil manejo, como Excel, donde se compilan todas y se automatizan los cálculos. Entre dos fechas se obtiene el volumen de disminución y el de aumento, así como las áreas que experimentan una variación topográfica y las que permanecen iguales.

### 2.3.4. *Resultados de la aplicación SIG*

Según los resultados obtenidos (ANDRÉS & *al.*, 2007 y ANDRÉS, 2009) entre noviembre de 1982 y agosto de 2003 el glaciar perdió una superficie de 0,460 km<sup>2</sup>, que representa el 78,2% de lo que ocupada en la primera de las fechas. En los primeros 15 años de estudio (1982-1997) el glaciar disminuyó casi el 30% de su extensión, mientras que en los 3 años siguientes se redujo hasta cubrir la mitad de lo que suponía en la primera fecha. El retroceso se acelera, de forma que en 2,5 años más, a mediados del año 2003, sólo tapiza una cuarta parte del área inicial. Siguiendo el mismo ritmo en otros 2,5 años el glaciar se daría por extinguido. De hecho, como muestra la fotografía de detalle tomada en mayo de 2005 (FIG. 6), el glaciar ya se ha convertido en una serie de escalones de hielo cubiertos por el material arrojado por el volcán. Este material cumple la función de preservar la superficie del hielo, aunque en el frente del escalón todavía queda expuesto a la ablación.

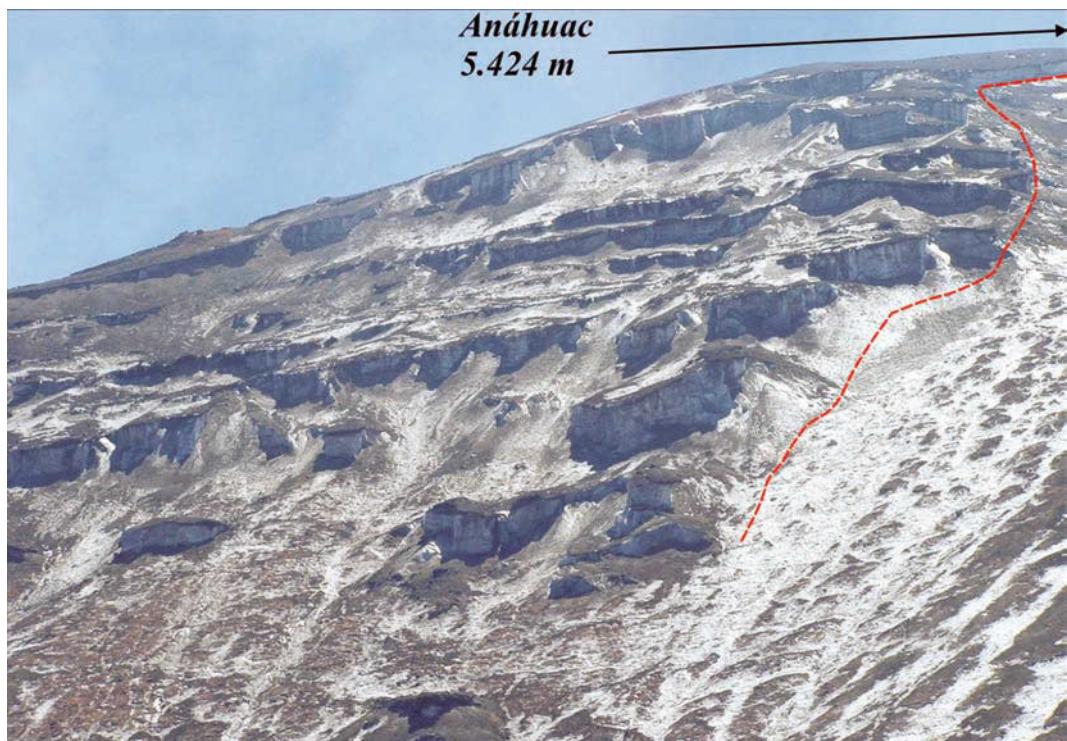


FIG. 6/ Imagen tomada en mayo de 2005 donde se observan los escalones de hielo cubiertos por materiales. La línea discontinua roja marca aproximadamente el límite occidental del glaciar extinto y la flecha negra indica hacia dónde se encuentra el Pico Mayor o Aháhuac

Fuente: PALACIOS, mayo 2005

Las cifras obtenidas de la comparación entre los MDE de noviembre de 1997 y diciembre de 2002 indican que el glaciar perdió un volumen de 4,567 Hm<sup>3</sup>, con una reducción de espesor media de casi 11 m. Suponiendo que esta cantidad disminuida se deba a la fusión del glaciar, el volumen equivalente de agua sería de 3,956 Hm<sup>3</sup>. Atendiendo a las variaciones en los distintos intervalos de estudio se pueden observar relaciones entre la localización de las mayores disminuciones de espesor y los aumentos y tipos de actividad volcánica. Así, la erupción del 17 de diciembre de 1998 no sólo causó un importante retroceso del glaciar, sino una merma significativa en su espesor (3 metros) debido a la fusión pasiva que ocasionó la cubierta de piroclástos y a su posterior evacuación por el agua de fusión (que dejó acanaladuras sobre la superficie del glaciar).

En períodos posteriores, las acumulaciones de piroclástos supusieron aumentos del espesor del glaciar (0,9 m) en la comparación de los MDE, tal vez porque ya cayeran fríos sobre el glaciar o porque el espesor de la capa fuera el indicado para conseguir un balance positivo para el glaciar (BROCK & al., 2007). Estas acumulaciones de producen de forma diferencial, cerca del borde del cráter y en la mitad oriental, mientras que el extremo occidental experimenta un importante retroceso y una disminución del espesor que alcanza los 11 m.

Los efectos de la explosión de enero de 2001 se manifiestan en una merma considerable del espesor del glaciar (2,5 m de media, pero unos 10 m en la parte central), debido a que el flujo de piroclástos se deslizó por encima del hielo. La acción mecánica de los piroclástos sobre el glaciar resulta más efectiva en la fusión, que la simple caída de material Pierson & al. (1990), y se calcula que el glaciar perdió 0,72 Hm<sup>3</sup> de volumen equivalente en agua.

Tras esta fuerte explosión, la actividad se desaceleró, aunque se mantuvo con emisiones esporádicas de material. Las diferencias en la distribución de las tefras sobre la superficie del glaciar siguieron ocasionando mermas en el espesor de forma diferencial. Esto, unido a la fuerte pendiente, acabó por fragmentar el glaciar en una serie de bloques de hielo escalonados y cubiertos por una capa de materiales, que preservan la superficie de la fusión, mientras que dejan libre el escarpe frontal (FIG. 6). Los resultados obtenidos se aplicaron en la elaboración de simulaciones de flujos y de mapas de peligrosidad que se pueden consultar en MUÑOZ (2007), MUÑOZ-SALINAS & al. (2009) y HADDAD & al. (2010).

### 3. Aplicaciones SIG al estudio de los riesgos asociados a desprendimientos

#### 3.1. Los riesgos asociados a los desprendimientos como objeto de estudio

El término “deslizamiento” (*landslide* en la literatura anglosajona) se define como el movimiento en masa de rocas o derrubios en una ladera (CRUDEN, 1991) e incluye una amplia variedad de procesos, como los deslizamientos de tipo rotacional (*rock y debris slump*) y traslacional (*rock y debris slide*), los flujos (*debris flows*) y los desprendimientos (*rockfalls y topples*) (VARNES, 1978; HUTCHINSON, 1988; COROMINAS, 1989; DIKAU & al., 1997). El desencadenamiento de estos procesos se debe a la conjunción de múltiples factores, como las características topográficas de la ladera, en especial su pendiente, sus características geológicas, su cobertura vegetal, las condiciones climáticas extremas (fusión rápida de la nieve, precipitaciones intensas o continuadas, ciclos de hielo-deshielo), la acción de los terremotos, la acción de la erosión fluvial, la actividad humana, etc.

Estos movimientos de ladera constituyen uno de los riesgos naturales más frecuentes en las áreas de montaña y ocasionan en estas regiones cada año importantes pérdidas económicas y humanas. Así, de acuerdo con los datos recientes de la Base de Datos Internacional sobre Desastres (EM-DAT) (<http://www.emdat.be/>) y con los de la Estrategia Internacional para la Reducción de Desastres (<http://www.unisdr.org/>), en el período 1991-2005 se han registrado un total de 1952 movimientos de ladera catastróficos, lo que representan el 37% de los desastres naturales mundiales en dicho período, ocasionando la muerte de casi 135.000 personas (ALCANTARA-AYALA, 2002).

No es de extrañar, por tanto, que el estudio de este tipo de proceso geomorfológico sea en la actualidad uno de los más investigados por la comunidad científica (GOKCEOGLU & SEZER, 2009), que considera como su objetivo prioritario la elaboración de mapas de susceptibilidad a los movimientos de ladera (VAN WESTEN, 1993, GUZZETTI & al., 1999; IRIGARAY & al., 2007). Este tipo de cartografía constituye sin duda una valiosa herramienta para las diferentes instituciones involucradas en la gestión de desastres naturales y en la planificación territorial, ya que delimitan con claridad las áreas más amenazadas.

### 3.2. El empleo de los SIG en estudios de desprendimientos y riesgos asociados

Tradicionalmente, la realización de mapas de riesgo constituía un proceso lento y laborioso debido al procesamiento manual de los datos, pero en los últimos años los Sistemas de Información Geográfica se han convertido en una herramienta eficaz para la elaboración relativamente rápida de mapas que muestran una zonificación del territorio en diferentes niveles de riesgo, mediante la modelización de los factores que participan en el desencadenamiento de este tipo de procesos (VAN WESTEN, 1993; CARRARA & *al.*, 1999; FERNÁNDEZ & *al.*, 2003; CARRASCO & *al.*, 2003; IRIGARAY & CHACÓN, 2003; HUABIN & *al.*, 2005; GOKCEOGLU & SEZER, 2009). Uno de los datos de entrada fundamentales para el análisis e identificación de los deslizamientos es la topografía del terreno. Ésta se obtiene a partir de la generación de modelos digitales de elevaciones, generalmente mediante la interpolación de las curvas de nivel de los mapas topográficos, cuya resolución dependerá por tanto de la escala del mapa.

El uso de los SIG, conjuntamente con la incorporación de modelos digitales de elevaciones, ha llevado al desarrollo de múltiples modelos de simulación numérica de riesgo por deslizamiento, cuyo resultado final es la obtención de mapas que muestran las zonas de susceptibilidad a los deslizamientos. La fiabilidad de estos mapas depende de la cantidad y calidad de los datos disponibles, de la escala de trabajo y de la selección de la metodología adecuada de análisis (AYALEW & YAMAGISHI, 2005). Estos mapas implementados en el entorno SIG se obtienen a partir de métodos cualitativos o cuantitativos. Dentro de los primeros, destaca la superposición de mapas mediante una combinación lineal ponderada de los parámetros que controlan los deslizamientos. El problema principal de estos métodos radica en atribuir de manera subjetiva el correspondiente valor de cada variable considerada (CARRARA, 1983), de ahí que tan sólo se apliquen a una escala regional. Los métodos cuantitativos tratan de establecer la relación numérica entre los deslizamientos y los factores que los desencadenan. Estos métodos pueden desarrollar modelos estadísticos y modelos deterministas (CARRARA & *al.*, 1991; MALAMUD & *al.*, 2004; HUABIN & *al.*, 2005; IRIGARAY & *al.*, 2007; FRATTINI & *al.*, 2008). Los modelos estadísticos se consideran los más apropiados para cartografiar la susceptibilidad al deslizamiento a una

escala media (1: 20.000-1: 50.000) debido a que es posible cartografiar con cierto detalle la presencia de deslizamientos pasados y disponer de la suficiente información sobre las variables que desencadenan estos deslizamientos (HUABIN & *al.*, 2005). La aproximación estadística consiste en análisis multivariantes (análisis de regresión múltiple, análisis discriminante, regresión logística, etc.) con el fin de analizar simultáneamente varias variables, consideradas como independientes, en relación con el fenómeno objeto de estudio (variable dependiente), en este caso, la distribución de los deslizamientos (GUZZETTI & *al.*, 1999; AYALEW & YAMAGISHI, 2005; BAI & *al.*, 2009; PRADHAN, 2010). Los modelos deterministas están basados en los principios de ingeniería de taludes, de modo que necesitan una información compleja de obtener sobre las condiciones geotécnicas de las laderas. Por este motivo, estos modelos sólo se aplican a áreas muy limitadas, con condiciones del terreno uniformes.

En la mayoría de los métodos utilizados en la elaboración de la cartografía de riesgos, el punto de partida es el inventario geomorfológico mostrado a través de un mapa donde se expone la distribución espacial de los fenómenos de dinámica de vertientes que se pretenden analizar y predecir (LUCKMAN, 1976; IRIGARAY & CHACÓN, 2003; MALAMUD & *al.*, 2004; entre otros). En la elaboración de dichos mapas participan numerosas técnicas de trabajo de campo, análisis de la información y expresión gráfica de los resultados, donde los SIG cumplen en la actualidad un papel fundamental.

### 3.3. Caso de estudio: los desprendimientos en las Hoces del río Duratón

Los desprendimientos se definen como caídas libres y rápidas de grandes volúmenes de roca en forma de bloques aislados a partir de laderas muy escarpadas (VARNES, 1978; HUTCHINSON, 1988; COROMINAS, 1989; FLAGEOLLET & WEBER, 1997; DIKAU & *al.*, 1997), y pueden llegar a suponer un grave riesgo para las infraestructuras y para las personas (WIECZOREK & *al.*, 1998; COE & *al.*, 2005).

En las investigaciones más recientes sobre los desprendimientos se están llevando a cabo propuestas metodológicas, implementadas en el entorno de los SIG, con el objeto de evaluar, cartografiar y simular la susceptibilidad y peligrosidad a los desprendimientos en laderas, especialmente en áreas de montaña (por

ejemplo MARQUINEZ & *al.*, 2003; GUZZETTI & *al.*, 2002, 2003; ABELLÁN & *al.*, 2006; STOFFEL & *al.*, 2006; FRATTINI & *al.*, 2008). La mayor parte de estas propuestas incluyen la identificación de los desprendimientos pasados mediante la realización de inventarios (LUCKMAN, 1976; WIECZOREK & *al.*, 1998; AYALA-CARCEDO & *al.*, 2003; COE & *al.*, 2005; COPONS & VILA-PLANA, 2008).

Para mostrar el proceso metodológico de elaboración de un inventario de los desprendimientos de rocas, se ha seleccionado un área especialmente activa, las Hoces del Duratón, cañón modelado en el Macizo de Sepúlveda, que se sitúa en el área de contacto entre el borde suroriental de la cuenca sedimentaria del Duero y la vertiente septentrional del Sistema Central Español. Se trata de un cañón excavado sobre dolomías y calizas del Cretácico superior a largo de unos 34 km de longitud, cuyo rasgo más sobresaliente es la configuración sinuosa de su trazado, pudiendo definirse en su mayor parte como una sucesión de meandros encajados, que forman un valle de unos 150-300 m de anchura y un fondo aluvial plano de 30-50 m (ERASO & *al.*, 1980; CALONGE & DÍEZ-HERRERO, 2002; DÍEZ-HERRERO & MARTÍN-DUQUE, 2005, TANARRO & MUÑOZ, 2010). Las paredes del cañón son básicamente escarpadas, con entre 80 y 100 m de altura. En las Hoces del Duratón es frecuente la presencia de voluminosos bloques aislados y de acumulaciones caóticas de grandes bloques que descansan en la mayor parte de los casos sobre los taludes de derrubios. La presencia de estos enormes fragmentos rocosos está relacionada de forma evidente con procesos de desprendimiento de paneles provenientes de las paredes del cañón, cuyas cicatrices son evidentes.

El objetivo del trabajo será la elaboración de un detallado inventario que muestre cartográficamente la distribución espacial de los desprendimientos, junto con una base de datos, que recoja las características de cada desprendimiento (orientación, su ubicación en la ladera, edad relativa, posición estructural, etc.), necesarias para realizar futuras modelizaciones.

### 3.3.1. *El reconocimiento de campo y el análisis de ortofotos*

El trabajo de campo, apoyado en ortofotos detalladas -proporcionadas por el Ministerio de Hacienda, 1988; a escala 1: 5.000, y a través del Plan Nacional de Ortofotografía Aérea (PNOA), servidor de la Junta de Castilla y

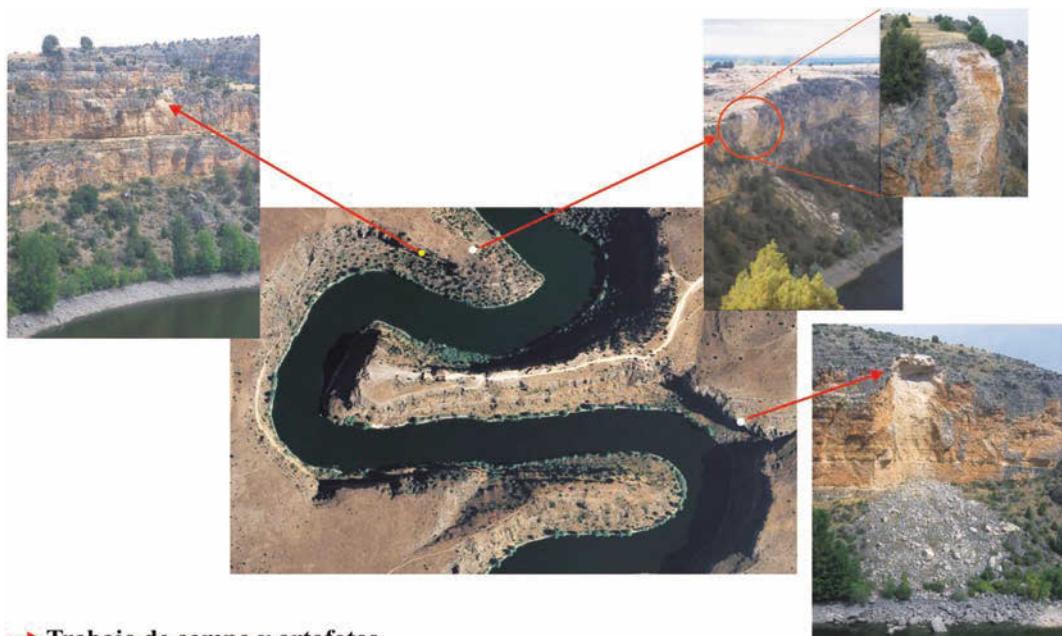
León, 2006, 25 cm de resolución-, se ha centrado en el reconocimiento detallado de los escarpes y de los bloques caídos. En las paredes del cañón es posible distinguir las cicatrices dejadas por las masas de rocas desprendidas, de modo que estas áreas fuente de cada uno de los desprendimientos se han localizado sobre las ortofotos (FIG. 7). Además, se han diferenciado los desprendimientos más recientes de los más antiguos, según el grado de alteración de la cicatriz, manifestado por las tonalidades de su color. También se han delimitado el contorno de los bloques acumulados sobre los taludes de derrubios y sobre el fondo aluvial. El reconocimiento de campo permitió identificar 288 desprendimientos que se representaron cartográficamente en un SIG mediante una capa vectorial de puntos, cada uno de los cuales indica el lugar de origen de cada desprendimiento. Asimismo, los bloques desprendidos se han representado mediante una capa vectorial de polígonos.

### 3.3.2. *La elaboración del Modelo Digital de Elevaciones*

El Modelo Digital de Elevaciones (MDE) del área del cañón de Duratón se ha elaborado usando el software ArcGis 9.2. La información de partida ha sido el mapa topográfico editado por la Junta de Castilla y León a escala 1:10.000, con una equidistancia de las curvas de nivel de 5 m. A partir de la interpolación de las curvas de nivel se ha obtenido la red irregular de triángulos (TIN), que posteriormente se convirtió a formato raster con un lado de celda de 1 m para facilitar el tratamiento de los datos y, sobre todo, la salida gráfica del mapa (TANARRO, 2002) (FIG. 8).

### 3.3.3. *La preparación de la base de datos alfanumérica*

A partir del MDE se ha generado el mapa de orientaciones. Este mapa se ha combinado con la capa vectorial de los desprendimientos, representados —como se dijo anteriormente— por medio de puntos, en el SIG ArcView Gis 3.1. De esta manera se ha calculado para cada punto (desprendimiento) su correspondiente valor de orientación, que representa el primer campo de la base de datos. A continuación, se han incorporado nuevos campos que expresan algunos caracteres significativos de los desprendimientos: su posición en la ladera (izquierda o derecha) del cañón, su relación con el buzamiento tectónico de los estratos (conforme o contraria) y su edad relativa (FIG. 9).



### → Trabajo de campo y ortofotos

- Identificación de las huellas de desprendimientos sobre las ortofotos mediante un punto  Huellas de desprendimientos recientes  Huellas de desprendimiento antiguas
  - Delimitación de los depósitos o bloques desprendidos   Bloques desprendidos

Fig. 7/ Proceso metodológico que incluye el reconocimiento inicial del origen de los desprendimientos y bloques desprendidos mediante el trabajo de campo y su identificación posterior en la ortofoto

Fuente: Elaboración propia. Foto central: ortofoto del PNOA (2006). Fotografías oblicuas: TANARRO

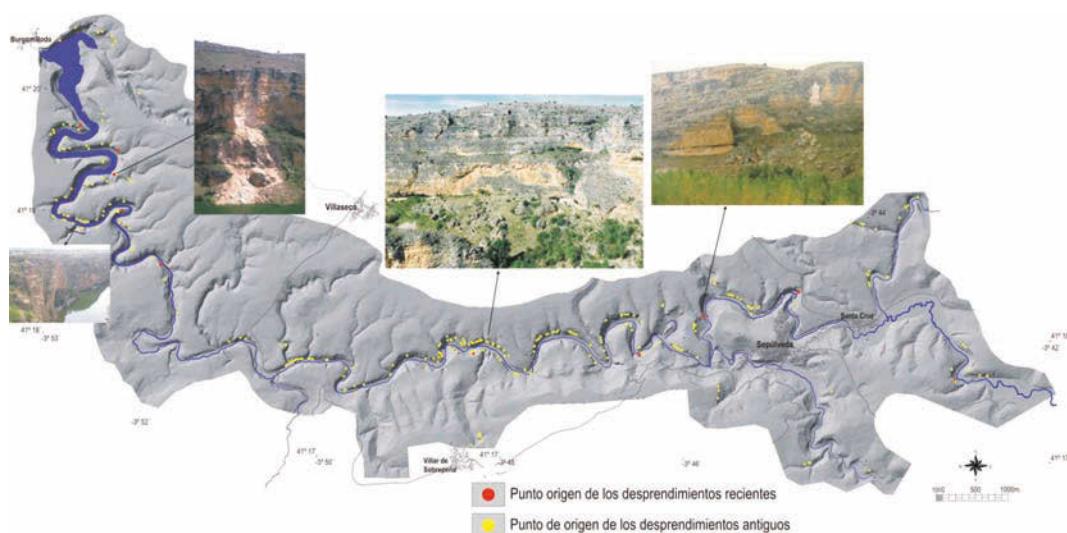


Fig. 8/ Visualización del MDE de las Hoces del Duratón con la capa vectorial de “puntos” que muestra la localización de cada desprendimiento. Y varias fotografías que muestran varios tipos de desprendimientos

Fuente: Elaboración propia. Fotos oblicuas: TANARRO

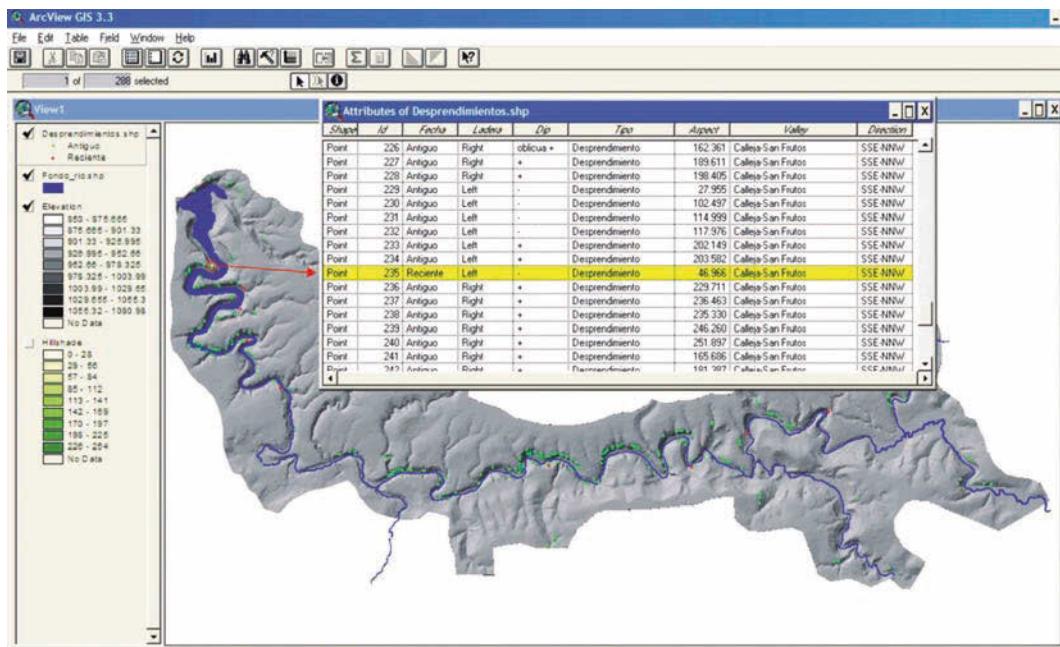


FIG. 9/ Ejemplo de la estructura de la base de datos de los desprendimientos en la Hoces del Duratón

Fuente: Elaboración propia

### 3.3.4. La preparación de la base cartográfica: la reclasificación de las pendientes

De igual modo, el MDE ha permitido calcular la variable topográfica de la pendiente. El mapa de pendientes, a su vez, se ha reclasificado con la finalidad de distinguir los principales escarpes del cañón, con el objeto de delimitar el área fuente potencial de los desprendimientos. Esta reclasificación se ha basado en una aproximación morfométrica, que permite de manera sencilla clasificar las unidades morfológicas del terreno a partir de la definición de umbrales de pendiente. Para la delimitación de las laderas escarpadas varios autores han propuesto diversos umbrales de pendiente (GUZZETTI & *al.*, 2003; AYALA-CARCEDO & *al.*, 2003; FRATTINI & *al.*, 2008; LOYE & *al.*, 2009). De acuerdo con estos estudios, las superficies con pendientes superiores a 35° se han considerado como laderas escarpadas, dentro de las cuales las celdas (*grid-cells*) con valores de pendiente superiores a 55° constituyen las áreas más favorables para la caída potencial de rocas. El resto de los valores de pendiente se han reclasificado atendiendo a criterios morfotopográficos, de modo que se han diferenciado las laderas suavemente inclinadas (pendientes entre 10 y 35°) y las áreas planas

que por lo general constituyen la superficie en la que se encaja el cañón. Además, para la representación final del mapa se han añadido algunos rasgos geomorfológicos y planimétricos que ayudan a su lectura e interpretación (FIG. 10).

### 3.3.5. Resultados de la aplicación

Este trabajo muestra el desarrollo metodológico llevado a cabo, básicamente en el entorno de un SIG, para abordar el problema geomorfológico de los desprendimientos en las Hoces del Duratón. El trabajo ha consistido en la realización de inventario geomorfológico que expresa a través de un mapa la distribución espacial de los desprendimientos, en el que aparecen cartografiados dos elementos: el lugar de origen de cada desprendimiento y los bloques desprendidos que yacen en los taludes basales o en el fondo del valle. Estos dos elementos se han superpuesto al mapa de pendientes, considerando que todo desprendimiento está estrechamente ligado a la presencia de escarpes rocosos de fuertes pendientes, constituyendo éstas las áreas fuente potenciales a sufrir este fenómeno.

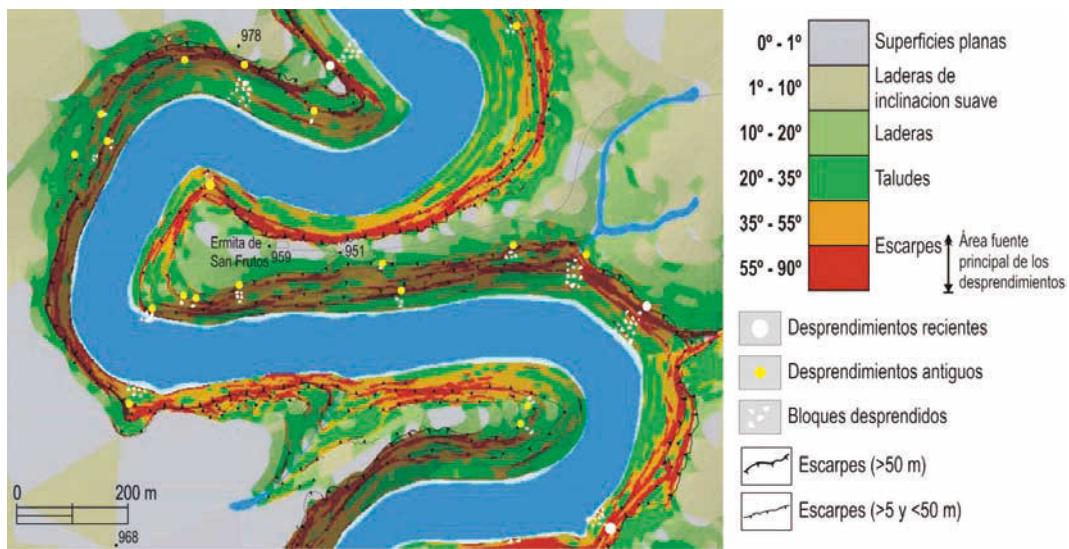


FIG. 10/ Fragmento del mapa inventario-geomorfológico de la distribución de los desprendimientos en el sector de la ermita de San Frutos, y su relación con la variable de la pendiente

Fuente: Elaboración propia

El inventario y el tratamiento de la base de datos asociada al mismo permiten, a su vez, realizar sencillos análisis de estadística descriptiva. En este sentido, los resultados muestran que la mayoría de los desprendimientos contabilizados ocurren preferentemente en orientaciones de componente Sur (el 65,6%), siendo la orientación media 170° S (FIG 11). También destaca la fuerte relación entre la

orientación y el buzamiento de los estratos: el 81% de los desprendimientos se sitúan en una posición concordante con el buzamiento de las series carbonatadas cretácicas en laderas encaradas al S, SW, y SE. Asimismo, el 71,6% se han producido en la ladera derecha del cañón, cuya pendiente coincide también con la inclinación estructural de los estratos dolomíticos.

FIG. 11/ Características de los desprendimientos en relación a su localización topoclimática, estructural y edad relativa

Orientación	Desprendimientos		Localización		Buzamiento		Edad relativa	
	Número	%	Ladera izquierda	Ladera derecha	A favor	Contrario	Antiguos	Recientes
Norte (0-22,5° & 337,5-360°)	18	6,2	17	1	1	17	16	2
Noreste (22,5-67,5°)	20	6,9	18	2	2	18	18	2
Este (67,5-112,5°)	34	11,8	10	24	25	9	32	2
Sureste (112,5-157,5°)	36	12,5	8	28	31	5	36	0
Sur (157,5-202,5°)	99	34,4	14	85	99	0	99	0
Suroeste (202,5-247,5°)	54	18,7	3	51	53	1	53	1
Oeste (247,5-292,5°)	9	3,1	1	8	7	2	9	0
Noroeste (292,5-337,5°)	18	6,2	11	7	15	3	17	1
	<b>288</b>	<b>100</b>	<b>82</b>	<b>206</b>	<b>233</b>	<b>55</b>	<b>280</b>	<b>8</b>
			(28,4%)	(71,6%)	(80,9%)	(19,1%)	(97,2%)	(2,8%)

Fuente: Elaboración propia

#### 4. Conclusiones

Desde el año 1994 hasta el año 2003 en el volcán Popocatépetl (Méjico) se dio una situación de alto riesgo debido a la posibilidad de una fusión masiva e inmediata del glaciar situado en su parte superior, a causa de la gran actividad eruptiva producida desde el cráter. El control del glaciar de forma directa era imposible al no ser accesible. Las técnicas SIG permitieron tratar la información procedente de la fotointerpretación y de la restitución fotogramétrica para llegar a conocer cuál era el retroceso del glaciar con respecto a su área y volumen entre dos fechas determinadas. De esta información se pudo deducir la masa de agua que se había fundido ante un determinado evento eruptivo y, por tanto, la cantidad de agua que había participado en la formación de flujos hidrovolcánicos. Esta información fue clave en posteriores trabajos de simulación numérica de estos flujos y en la determinación de máximos flujos posibles para las barrancas proglaciares que descienden por las laderas del volcán. Estas simulaciones permitieron esta-

blecer mapas de peligrosidad potencial en dichas barrancas.

En el caso del Cañón del río Duratón, sus laderas están cubiertas de restos de grandes desprendimientos en aparente desorden. Las técnicas SIG facilitaron el tratamiento de la información derivada de la cartografía de estos desprendimientos. Dicho tratamiento llevó a una clasificación de los desprendimientos con criterios genéticos, morfotopográficos y cronológicos, que será la base para establecer en el futuro mapas de peligrosidad geocronológicos.

Las técnicas SIG no solo permiten un almacenamiento coherente de la información, sino que participa en el proceso de análisis de datos y facilita la producción cartográfica con procesos de automatización de las tareas. Estos mapas de peligrosidad pueden ser dinámicos gracias a la facilidad de los SIG para incorporar nueva información, procedente de un sistema natural sumamente variable, y para deducir de forma automática sus consecuencias.

#### 5. Bibliografía

- ABELLÁN, A. & J. M. VILAPLANA & J. MARTÍNEZ (2006): "Application of a long-range terrestrial laser scanner to a detailed rockfall study at Vall de Núria (Eastern Pyrenees, Spain)", *Engineering Geology*, 88: 136-148.
- ALBERT, T. (2002): "Evaluation of remote sensing techniques for ice-area classification applied to the tropical Quelccaya ice cap, Peru", *Polar Geography*, 26: 3: 210-226.
- ALCALÁ, J. (2007): *La evolución de los glaciares en el Complejo Volcánico Ampato (Perú)*. Trabajo de investigación para la obtención del Diploma de Estudios Avanzados, Universidad Complutense de Madrid, Madrid, 86.
- ALCÁNTARA-AYALA, I. (2002): "Geomorphology, natural hazards, vulnerability and prevention of natural disasters in developing countries", *Geomorphology*, 47 (2-4): 107-124
- & A. GOUDIE (2010): *Geomorphological Hazards and Disaster Prevention*, Cambridge University Press, 291 pp.
- ANDRÉS, N. (2009): *TIG aplicadas al estudio del origen de los lahares y su experimentación en estratovolcanes tropicales*, Tesis Doctoral (inédita), Universidad Complutense de Madrid, Madrid, 476.
- & J. J. ZAMORANO & J. J. SANJOSÉ & A. ATKINSON & D. PALACIOS (2007): "Glacier retreat during the recent eruptive period of Popocatépetl volcano, Mexico", *Annals of Glaciology*, 45: 73-82.
- AYALA CARCEDO, F. J. (2007): *Riesgos naturales y desarrollo sostenible: impacto, predicción y mitigación*. Publicaciones del Instituto Geológico y Minero de España. Serie medio ambiente. Madrid, 280.
- & S. CUBILLO & A. ÁLVAREZ & M. J. DOMÍNGUEZ & L. LAÍN & R. LAÍN & G. ORTIZ (2003): "Large scale rockfall susceptibility maps in La Cabrera (Madrid) performed with GIS and dynamic analysis at 1: 5.000", *Natural Hazards*, 30: 325-340.
- AYALA-CARCEDO, F. J. & J. OLCINA CANTOS (2002): *Riesgos naturales*. Ariel Ciencia, 1512.
- AYALEW, L. & H. YAMAGISHI (2005): "The application of GIS-based logistic regression for landslide susceptibility mapping in the Kakuda-Yahiko Mountains, Central Japan", *Geomorphology*, 65: 15-31.
- BAI, S. B. & J. WANG & G. N. LÜ & P. G. ZHOU & S. S. HOU & S. N. XU (2009): "GIS-based and data-driven bivariate landslide-susceptibility mapping in the Three Gorges Area, China", *Pedosphere*, 19 (1): 14-20.
- BAJRACHARYA, B. & A. B. SHRESTHA & L. RAJBHANDARI (2007): "Glacial Lake Outburst Floods in the Sagarmatha. Hazard Assessment Using GIS and Hydrodynamic Modeling", *Mountain Research and Development*, 27: 4: 336-344.
- BALTSAVIAS, E. P. & H. LI & S. MASON & A. STEFANIDIS & M. SINNING (1996): "Comparison of two digital photogrammetric systems with emphasis on DTM generation: case study glacier measurement", *International Archives of Photogrammetry and Remote Sensing*, 31: 4: 104-109.
- BENSON, C. S. & A. B. FOLLET (1986): "Application of photogrammetry to the study of volcano-glacier interactions on Mount Wrangell, Alaska", *Photogrammetric Engineering and Remote Sensing*, 52: 6: 813-827.

- BERTI, M. & A. SIMONI (2007): "Prediction of debris flow inundation areas using empirical mobility relationships", *Geomorphology*, 90: 144-161.
- BISHOP, M. P. & J. A. OLSENHOLLER & J. F. SHRODER & R. G. BARRY & B. H. RAUP & A. B. G. BUSH & L. COPLAN & J. L. DWYER & A. G. FOUNTAIN & W. HAEBERLI & A. KÄÄB & F. PAUL & D. K. HALL & J. S. KARGEL & B. F. MOLNIA & D. C. TRABANT & R. WESSELS (2004): "Global land ice measurements from space (GLIMS). Remote sensing and GIS investigations of the Earth's cryosphere", *Geocarto International*, 19: 2: 57-84.
- BRECHER, H. H. & L. G. THOMPSON (1993): "Measurement of the retreat of Qori Kalis glacier in the tropical Andes of Peru by terrestrial photogrammetry", *American Society for Photogrammetry and Remote Sensing*, Bethesda, MD, ETATS-UNIS; 59: 6: 1017-1022.
- BROCK, B. & A. RIVERA & G. CASASSA & F. BOWN & C. ACUÑA (2007): "The surface energy balance of an active ice-covered volcano: Villarrica Volcano, southern Chile", *Annals of Glaciology*, 45: 104-114.
- BRYANT, E. (2005): *Natural Hazards*. Cambridge University Press, 328.
- BURROUGHS, W. J. (2007): *Climate Change: A Multidisciplinary Approach*. Cambridge University Press, 390.
- CALONGE, G. & A. DÍEZ-HERRERO (2002): "Páramos, valles y arenales al sur del Duero y Hoces del Duratón (Valladolid-Segovia)", *Geomorfología y Paisaje. Guía de excursiones. VII Reunión Nacional de Geomorfología*. Sociedad Española de Geomorfología. Universidad de Valladolid, Valladolid, 13-55.
- CAPRA, L. & M. A. POBLETE & R. ALVARADO (2004): "The 1997 and 2001 lahars of Popocatépetl volcano (Central Mexico): textural and sedimentological constrains on their origin and hazards", *Journal of Volcanology and Geothermal Research*, 131: 351-369.
- CAREY, M. (2010): "Melted Ice Destroys a City: Huaraz, 1941", en: *In the Shadow of Melting Glaciers*, Oxford University Press, 19-45.
- CARRARA, A. (1983): "Multivariate Models for Landslide Hazard Evaluation". *Mathematical Geology*, 15(3): 403-426.
- & M. CARDINALI & R. DETTI & F. GUZZETTI & V. PASQUI & P. REICHENBACH (1991): "GIS techniques and statistical models in evaluating landslide hazard", *Earth Surface Processes and Landforms*, 16: 427-45.
- CARRARA, A. & F. GUZZETTI & M. CARDINALI & P. REICHENBACH (1999): "Use of GIS technology in the prediction and monitoring of landslide hazard", *Natural Hazards*, 20: 117-35.
- CARRASCO, R. M. & J. PEDRAZA & J. F. MARTÍN-DUQUE & M. MATTERA & M. A. SANZ & J. M. BODON-DUQUE (2003): "Hazard zoning for landslides connected to torrential floods in the Jerte valley (Spain) by using GIS techniques", *Natural Hazards*, 30: 361-381.
- CARRIVICK, J. L. (2007): "Modelling coupled hydraulics and sediment transport of a high-magnitude flood and associated landscape change", *Annals of Glaciology*, 45: 143-154.
- COE, J. A. & E. L. HARP & A. C. TARR & J. A. MICHAEL (2005): "Rock-fall hazard assessment of Little Mill Campground, America Fork Canyon, Uinta National Forest, Utah", *U.S. Geological Survey Open-File Report 2005-1229*, 49.
- COPONS, R. & J. M. VILAPLANA (2008) "Rockfall susceptibility zoning at a large scale: From geomorphological inventory to preliminary land use planning", *Engineering Geology*, 102: 142-151.
- COROMINAS, J. (1989): "Clasificación y reconocimiento de los movimientos de ladera", en: COROMINAS, J. (ed.): *Estabilidad de taludes y laderas inestables*. Monografía nº 3. Sociedad Española de Geomorfología, 1-30.
- CRUDEN, D. M. (1991): "A simple definition of a landslide". *Bulletin International Association of Engineering Geology*, 43: 27-29.
- DÍEZ-HERRERO, A. & J. F. MARTÍN-DUQUE (2005): "Las raíces del paisaje: condicionantes geológicos del territorio de Segovia". Junta de Castilla y León, Valladolid, 461.
- DIKAU, R. & L. SCHROTT & M. DEHN (1997): "Topple", en: DIKAU, R. & D. BRUNSDEN & L. SCHROTT & M. L. IBSEN (eds.): *Landslide Recognition*. John Wiley & Sons, New York, 29-41.
- ERASO, A. & S. GRAÑO & F. ALONSO & T. BULLÓN & R. GARCÍA & V. LÓPEZ-ACEVEDO & V. SANTOS & T. TORRES & J. PEDRAZA & H. MORELL & R. CASTELLO & J. MORA (1980): "Estudio del karst del Cañón del Duratón (Segovia)", *Kobie*, 10: 53-127.
- FERNÁNDEZ, T. & C. IRIGARAY & R. EL HAMDOUNI & J. CHACÓN (2003): "Methodology for the assessment of slope susceptibility and mapping by means of a GIS. Application to the Contraviesa area (Granada, Spain)", *Natural Hazards*, 30: 297-308.
- FLAGEOLET, J. C. & D. WEBER (1997): "Fall", en: DIKAU, R. & D. BRUNSDEN & L. SCHROTT & M. L. IBSEN (eds.): *Landslide Recognition*. John Wiley & Sons, New York; 13-28.
- FOREL, F. A. (1895): "Les variations périodiques des glaciers. Discours préliminaire", *Extrait des Archives des Sciences physiques et naturelles*, XXXIV: 209-229.
- FOX, A. J. & A. M. NUTTALL (1997): "Photogrammetry as a research tool for glaciology", *Photogrammetric Record*, 15: 89: 725-738.
- FRATTINI, P. & G. CROSTA & A. CARRARA & F. AGLIARDI (2008): "Assessment of rockfall susceptibility by integrating statistical and physically-based approaches", *Geomorphology*, 94: 419-437.
- GCOS (GLOBAL CLIMATE OBSERVING SYSTEM) (2004): *Implementation plan for the Global Observing System for Climate in support of the UNFCCC*. Report GCOS - 92 (WMO/TD N° 1219): 136. (<http://www.wmo.int/pages/prog/gcos/index.php>)
- GERBAUX, M. & C. GENTHON & P. ETCHEVERS & C. VINCENT & J. P. DEDIEU (2005): "Surface balance of the glaciers in the French Alps: distributed modeling and sensitivity to climate change", *Journal of Glaciology*, 51: 175: 561-572.
- GOKCEOGLU, C. & E. SEZER (2009): "A statistical assessment on international landslide literature (1945-2008)", *Landslides*, 6: 345-351.
- GRISWOLD, J. P. (2004): *Mobility Statistics and Hazard Mapping for non-volcanic flows and rock avalanches*. Thesis for de Master of Sciences on Geology, Portland State University. 102.

- GUÐMUNDSSON, M. T. & F. SIGMUNDSSON & H. BJORNSSON (1997): "Ice-volcano interaction of the 1996 Gjálp subglacial eruption, Vatnajökull, Iceland", *Nature*, 389: 954-957.
- GUZZETTI F. & A. CARRARA & M. CARDINALI & P. REICHENBACH (1999): "Landslide hazard evaluation: a review of current techniques and their application in a multi-scale study, Central Italy", *Geomorphology*, 31: 181-216.
- GUZZETTI, F. & G. CROSTA & R. DETTI & F. AGLIARDI (2002): "STONE: a computer program for the three-dimensional simulation of rock-falls", *Computer and Geosciences*, 28 (9): 1079-1093.
- GUZZETTI, F. & P. REICHENBACH & G. F. WIECZOREK (2003): "Rockfall hazard and risk assessment in the Yosemite Valley, California, USA", *Natural Hazards and Earth System Sciences*, 3: 491-503.
- HADDAD, B. & M. PASTOR & D. PALACIOS & E. MUÑOZ-SALINAS (2010): "A SPH depth integrated model for Popocatépetl 2001 lahar (Mexico): Sensitivity analysis and runout simulation", *Engineering Geology*, 114 (3-4): 312-329.
- HAEBERLI, W. (1998): "Historical evolution and operational aspects of worldwide glacier monitoring", en: *Second century of world glacier monitoring: prospects and strategies*. UNESCO, Paris, 56: 35-51.
- (2007): "Changing views on changing glaciers", en: ORLOVE, B. & E. WIEGANDT & B. LUCKMAN (eds.): *The darkening peaks: Glacial retreat in scientific and social context*. University of California Press, 23-32.
- HALL, D. & A. T. C. CHANG & J. L. FOSTER & C. S. BENSON & W. M. KOVALICK (1989): "Comparison of in situ and Landsat derived reflectances of Alaskan glaciers", *Remote Sensing of Environment*, 28: 23-31.
- HEGGLIN, E. & C. HUGGEL (2008): "An Integrated Assessment of Vulnerability to Glacial Hazards. A Case Study in the Cordillera Blanca, Peru", *Mountain Research and Development*, 28: 3/4: 299-309.
- HERNÁNDEZ RUIZ, M. (2008): *Guía metodológica para la elaboración de cartografías de riesgos naturales en España*. Ministerio de la Vivienda e Ilustre Colegio Oficial de Geólogos. Madrid, 187.
- HOLMLUND, P. & P. JANSSON (2005): "A re-analysis of the 58-year mass balance record of Storglaciären, Sweden", *Annals of Glaciology*, 42: 1: 389-394.
- HUABIN, W. & L. GANGJUN & X. WEIYA & W. GONGHUI (2005): "GIS-based landslide hazard assessment: an overview", *Progress in Physical Geography*, 29(4): 548-567.
- HUGGEL, C. & H. DELGADO (2000): "Glacier monitoring at Popocatépetl volcano, México: glacier shrinkage and possible causes", en: HEGG, C. & D. VONDER MÜHLL (eds.): *Beiträge zur Geomorphologie. Proceedings der Fachtagung der Schweiz. Geom. Ges. Bramois*, 1068-97.
- HUGGEL, C. & A. KÄÄB & W. HAEBERLI & B. KRUMMENACHER (2003): "Regional-scale GIS-models for assessment of hazards from glacier lake outbursts: Evaluation and application in the Swiss Alps", *Natural Hazards and Earth System Sciences*, 3: 6: 647-662.
- HUGGEL, C. & A. KÄÄB & N. SALZMANN (2004): "GIS-based modeling of glacial hazards and their interactions using Landsat TM and Ikonos imagery", *Norwegian Journal of Geography*, 58: 61-73.
- HUTCHINSON, J. N. (1988): "General Report: Morphological and geotechnical parameters of landslides in relation to geology and hydrogeology", en: BONNARD, C. (ed.): *Proceedings, Fifth International Symposium on Landslides*, 1, 3-35. Rotterdam: Balkema.
- HYNDMAN, D. & D. HYNDMAN (2008): *Natural Hazards and Disasters*. Brooks Cole. 528.
- INSTITUTO NACIONAL DE ESTADÍSTICA Y GEOGRAFÍA DE MÉXICO (INEGI) (1983): *Fotomapla del volcán Popocatépetl*, E, 1: 20.000, E14B42-D.
- IRIGARAY, C. & J. CHACÓN (2003): "Métodos de análisis de la susceptibilidad a los movimientos de ladera mediante SIG", en: AYALA-CARCEDO F. & J. COROMINAS, (eds.): *Mapas de susceptibilidad a los movimientos de ladera con técnicas SIG*. Instituto Geológico y Minero de España. Serie Medio Ambiente, 4: 21-36.
- IRIGARAY, C. & T. FERNÁNDEZ & R. EL HAMDOUNI & J. CHACÓN (2007): "Evaluation and validation of landslide-susceptibility maps obtained by a GIS matrix method: examples from the Betic Cordillera (southern Spain)", *Nat Hazards*, 41:61-79.
- JENSON, S. K. & J. O. DOMINGUE (1988): "Extracting topographic structure from digital elevation data for geographic information system analysis", *Photogrammetric Engineering & Remote Sensing*, 54: 1593-1600, 1988.
- JULIO, P. & H. DELGADO (2003): "Fast hazard evaluation employing digital photogrammetry: Popocatépetl glaciers, Mexico", *Geofísica Internacional*, 42: 2: 275-283.
- KÄÄB, A. (2004): *Mountain glaciers and permafrost creep. Methodical research perspectives from earth observation and geoinformatics technologies*. Habilitation thesis, Department of Geography, University of Zurich, 205.
- & M. FUNK (1999): "Modelling mass balance using photogrammetric and geophysical data, A pilot study at Gries glacier, Swiss Alps", *Journal of Glaciology*, 45: 151: 575-583.
- KÄÄB, A. & W. HAEBERLI (2001): "Evolution of a high-mountain thermokarst lake in the Swiss Alps", *Arctic, Antarctic, and Alpine Research*, 33: 4: 385-390.
- KÄÄB, A. & C. HUGGEL & L. FISCHER & S. GUEX & F. PAUL & I. ROER & N. SALZMANN & S. SCHLAEFLI & K. SCHMUTZ & D. SCHNEIDER & T. STROZZI & Y. WEIDMANN (2005): "Remote sensing of glacier- and permafrost-related hazards in high mountains: an overview", *Natural Hazards and Earth System Sciences*, 5: 527-554.
- KÄÄB, A. & C. HUGGEL & F. PAUL & R. WESSELS & B. RAUP & H. KIEFFER & J. KARTEL (2003): "Glacier monitoring from ASTER imagery: accuracy and applications", *EARSeL eProceedings*, 2: 43-53.
- KÄÄB, A. & F. PAUL & M. MAISCH & M. HOELZLE & W. HAEBERLI (2002): "The new remote-sensing-derived Swiss glacier inventory: II. First Results", *Annals of Glaciology*, 34: 362-366.

- KAUFMANN, V. & R. LADSTÄDTER (2008): "Application of Terrestrial Photogrammetry for Glacier Monitoring in Alpine Environments", en: IAPRS, *Proceedings of the 21st Congress of ISPRS*, 37: B8: 813-818, Beijing, China.
- KELLER, E. A. & R. H. BLODGET (2007): *Riesgos naturales: procesos de la Tierra como riesgos, desastres y catástrofes*. Pearson Prentice Hall, 422.
- LAIN HUERTA, L. (2002): *Los sistemas de Información Geográfica en la gestión de los riesgos Geológicos y el medio ambiente*. Ministerio de Ciencia y Tecnología e Instituto Geológico y Minero. Madrid. 288.
- LILLESAND, T. M. & R. W. KIEFFER (2000): *Remote Sensing and image interpretation* Wiley, New York, 650.
- LOYE, A. & M. JABOYEDOFF & A. PEDRAZZINI (2009): "Identification of potential rockfall source areas at a regional scale using a DEM-based geomorphometric analysis", *Natural Hazards and Earth System Sciences*, 9, 1643-1653.
- LUCKMAN, B. H. (1976): "Rockfall and rockfall inventory data: some observations from Surprise valley, Jasper National park, Canada". *Earth Surface Processes*: 1: 287-298.
- MAJOR, J. J. & G. C. NEWHALL (1989): "Snow and ice perturbation during historical volcanic eruptions and the formation of lahars and floods", *Bulletin of Volcanology*, 52: 1: 1-27.
- MALAMUD, B. D. & D. L. TURCOTTE & F. GUZZETTI & P. REICHENBACH (2004): "Landslide inventories and their statistical properties", *Earth Surface Processes and Landforms*, 29, 687-711.
- MARQUINEZ, J. & R. MENÉNDEZ & P. FARIAS & M. JIMÉNEZ (2003): "Predictive GIS-based model on rockfall activity in mountain cliffs", *Natural Hazards*, 30, 341-360.
- MUÑOZ, E. (2007): *Los lahares del Popocatépetl: obtención y tratamiento de la información para la prevención de riesgos*, Tesis doctoral, Universidad Complutense de Madrid, 229.
- MUÑOZ-SALINAS, E. & M. CASTILLO-RODRÍGUEZ & V. MANEA & M. MANEA & D. PALACIOS (2009): "Lahar flow simulations using LAHARZ program: Application for the Popocatépetl volcano, Mexico", *Journal of Volcanology and Geothermal Research*, 182:1-2: 13-22.
- O'CALLAGHAN, J. F. & D. M. MARK (1984): "The extraction of drainage networks from digital elevation data", *Computer Vision Graphics and Image Proceedings*, 28: 323-344.
- OERLEMANS, J. (2005): "Extracting a Climate Signal from 169 Glacier Records", *Science*, 308: 5722: 675-677.
- PALACIOS, D. (1996): Recent Geomorphologic evolution of a glaciovolcanic active stratovolcano: Popocatépetl (México), *Geomorphology*, 16: 319-335.
- & J. MARCOS (1998): Deglaciation of Mexico's stratovolcanoes from 1994-95. *Journal of Glaciology*, 44: 63-67.
- PALACIOS, D. & J. J. ZAMORANO & A. GÓMEZ (2001): The impact of present lahars on the geomorphologic evolution of proglacial gorges: Popocatépetl, Mexico, *Geomorphology*, 37: 15-42.
- PAN, S. & H. NAKAMURA & T. NOZAKI & X. HUANG (2008): "A GIS-based landslide hazard assessment by multivariate analysis". *Journal of the Japan Landslide Society*, 45 (3): 187-195.
- PATERSON, W.S.B. (1994): *The physics of glaciers*. Pergamon Press, Oxford. 480 p.
- PAUL, F. & A. KÄÄB & M. MAISCH & T. KELLENBERGER & W. HAEBERLI (2002): "The new remote-sensing-derived Swiss glacier inventory: I. Methods", *Annals of Glaciology*, 34: 355-361.
- (2004): "Rapid disintegration of Alpine glaciers observed with satellite data", *Geophysical Research Letters*, 31:L21402, doi: 10.1029/2004GL020816.
- PIERSON, T. C. & R. J. JANDA & J. C. THOURET & C. A. BORRERO (1990): "Perturbation and melting of snow and ice by the 13 November 1985 eruption of Nevado del Ruiz, Colombia, and consequent mobilization, flow, and deposition of Lahar". *Journal of Volcanology and Geothermal Research*, 41: 17-66.
- PINE, J. (2009): *Natural Hazards Analysis*. Auerbach Publications, Taylor and Francis Group, Florida, 304.
- PITTOCK A. B. (2009): *Climate Change: The Science, Impacts and Solutions*. CSIRO PUBLISHING, Melbourne, Victoria, Australia. 368.
- PRADHAN, B. (2010): "Remote sensing and GIS-based landslide hazard analysis and cross-validation using multivariate logistic regression model on three test areas in Malaysia". *Advances in Space Research*, 45: 1244-1256.
- RAUP, B. H. & A. KÄÄB & J. S. KARTEL & M. P. BISHOP & G. HAMILTON & E. LEE & F. PAUL & F. RAU & D. SOLTESZ & S. J. S. KHALSA & M. BEEDLE & C. HELM (2007): "Remote Sensing and GIS technology in the Global Land Ice Measurements from Space (GLIMS) Project", *Computers and Geosciences*, 33: 104-125.
- RODOLFO, K. S. (1989): "Origin and Early Evolution of Lahar Channel at Mabinit, Mayon Volcano, Philippines", *Geological Society of America Bulletin*, 101: 414-426.
- SALZMANN, N. & A. KÄÄB & C. HUGGEL & B. ALLGÖWER & W. HAEBERLI (2004): "Assessment of the hazard potential of ice avalanches using remote sensing and GIS modelling", *Norwegian Journal of Geography*, 58: 2: 74-84.
- SANJOSE, J. J. & E. MARTÍNEZ & M. LÓPEZ (2004): *Topografía para estudios de grado*, Sección Geodesia y Topografía nº 10, Bellisco, 413.
- SILVERIO, W. & J. M. JAQUET (2005): Glacial cover mapping (1987-1996) of the Cordillera Blanca (Peru) using satellite imagery, *Rem. Sens. Env.*, 95, 342-350, 2005.
- SIMPSON, K. A. & M. STASIUK & K. SHIMAMURA & J. J. CLAGUE, P. FRIELE (2006): Evidence for catastrophic volcanic debris flows in Pemberton Valley, British Columbia, *Canadian Journal of Earth Sciences*, 43: 679-689.
- SMITH, G. A. & W. J. FRITZ (1989): Volcanic Influences on Terrestrial Sedimentation, *Geology*, 17: 375-376.
- STOFFEL, M. & A. WEHRLI & R. KÜHNE & L. K. A. DORREN & S. PERRET & H. KIENHOLZ (2006): "Assessing the protective effect of mountain forests against rockfall using a 3D simulation model", *Forest Ecology and Management*, 225: 113-122.

- TANARRO, L. M. (2002): "Cartografía geomorfológica de las Hoces del río Duratón (borde suroriental de la cuenca del Duero, provincia de Segovia) a escala 1: 10.000", en: SERRANO, E. & A. GARCÍA DE CELIS & J. C. GUERRA & C. G. MORALES & M. T. ORTEGA (edss): *Estudios Recientes (2000-2002) en Geomorfología. Patrimonio, montaña y dinámica territorial*. Sociedad Española de Geomorfología. Universidad de Valladolid. Valladolid. 285-299.
- & J. MUÑOZ (2010): "La evolución geomorfológica de las Hoces del Duratón en el macizo calcáreo de Sepúlveda (Segovia, España). *Cuaternario y Geomorfología*, 24 (1-2): 113-134.
- TANARRO, L. M. & J. J. ZAMORANO & D. PALACIOS (2005): Glacier degradation and lahar formation on the Popocatépetl volcano (Mexico) during the last eruptive period (1994-2003), *Zeitschrift Geomorphologie*, 140: 73-92.
- ÚBEDA, J. (2007): *Caracterización geomorfológica del sector septentrional de la Zona Volcánica Central (NZVC) de la Cordillera de los Andes*. Trabajo de Investigación para la obtención del DEA (inédito), Departamento de Análisis Geográfico Regional y Geografía Física, Universidad Complutense de Madrid, 312.
- VAN WESTEN, C. J. (1993): Application of Geographical Information System to landslide hazard zonation. Enschede: *ITC Publication*, 15, 245.
- VARNES, D. J. (1978): "Slope movement types and processes", en: SCHUSTER, R. L. & R. J. KRIZEK (eds.): *Special Report 176: Landslides: Analysis and Control*. Transportation and Road Research Board, National Academy of Science, Washington D. C., 11-33.
- WELCH, R. & T. R. JORDAN (1996): Using scanned air photographs, en: MORAIN, S. & S. L. BAROS (Eds): *Raster Imagery in geographic Information Systems*, Onward Press, 55-69.
- WGMS (2008): *Global Glacier Changes: facts and figures*. Zemp, M.; Roer, I.; Kääb, A.; Hoelzle, M.; Paul, F.; y Haeberli, W. (eds.), UNEP, World Glacier Monitoring Service, Zurich, Switzerland: 88.
- WIECZOREK G. F. & M. M. MORRISSEY & G. IOVINE & J. GODT (1998): "Rock fall Hazards in the Yosemite Valley", *US Geological Survey Open File Report*, 98-467.

# Avances en teledetección: instrumentos y aplicaciones

M. P. MARTÍN ISABEL (1) & M. GARCÍA ALONSO (2)  
& F. J. MARTÍNEZ VEGA (1)

(1) Centro de Ciencias Humanas y Sociales. Consejo Superior de Investigaciones Científicas  
(2) Departamento de Geografía. Universidad de Alcalá

**RESUMEN:** En las últimas décadas se ha producido un progreso significativo en el ámbito de las nuevas tecnologías de información geográfica (TIG) muy favorecido por el desarrollo de nuevas fuentes de información y análisis como la teledetección, que proporciona una perspectiva única para analizar eventos y procesos que tienen lugar sobre el territorio. La teledetección espacial ofrece una serie de ventajas indiscutibles en comparación con otros sistemas de observación de la Tierra, como la posibilidad de obtener una visión global de la superficie terrestre, su capacidad para captar información en regiones no visibles del espectro, así como la adquisición de datos a diversas escalas espaciales y con distinta frecuencia temporal. En este artículo se revisa la evolución y tendencias futuras de las principales misiones de teledetección, analizando las características más destacadas de los nuevos instrumentos de adquisición de información y sus aplicaciones, haciendo especial hincapié en los avances en teledetección hiperespectral y LiDAR. Se incluye, además, un repaso de las aplicaciones más recientes que demuestran la operatividad de la teledetección como herramienta de ordenación del territorio a diversas escalas.

**DESCRIPTORES:** Teledetección espacial. Hiperespectral. LiDAR. Ordenación del territorio.

## 1. Introducción

**E**n las últimas décadas se ha producido un progreso significativo en la aplicación de nuevas tecnologías de información geográfica (TIG) en diversos ámbitos de la sociedad actual, desde el puramente científico, al educativo, de comunicación y gestión e incluso de ocio. Este progreso se ha visto muy favorecido por el desarrollo de nuevas fuentes de información y análisis como la teledetección que ha permitido generar información geoespacial de gran utilidad que sirve de orientación

sobre las directrices a seguir en la gestión de los recursos naturales, humanos o de cualquier otra índole. La teledetección proporciona una perspectiva única para analizar eventos y procesos que tienen lugar sobre el territorio. Su ámbito de análisis es muy amplio, tanto en lo que se refiere a su relación con las diversas disciplinas científicas, como a su escala espacial y temporal. Las nuevas tecnologías (plataformas, sensores, equipos de recepción y procesado) facilitan la adquisición de información espacial de forma precisa, detallada y rápida.

---

Recibido: 14.09.2010; Revisado: 28.09.2010  
e-mail: mpilar.martin@cchs.csic.es;  
mariano.garcia@uah.es; javier.martinez@cchs.csic.es

---

Los autores agradecen a los evaluadores anónimos sus comentarios para la mejora del presente trabajo.

La teledetección como fuente de información espacial ofrece una serie de ventajas indiscutibles en comparación con otros sistemas de observación de la Tierra como la fotografía aérea o incluso la observación directa sobre el terreno. Entre las principales ventajas se encuentran la posibilidad de obtener una visión global de la superficie terrestre, su capacidad para captar información en regiones no visibles del espectro, así como la adquisición de datos espaciales a diversas escalas y con distinta frecuencia.

La teledetección espacial nos ofrece una visión global de nuestro Planeta, inédita hace tan sólo unas décadas. Esta visión global permite analizar los complejos procesos que ocurren sobre la superficie terrestre, proporcionando la información necesaria para relacionarlos con sus causas y estimar sus consecuencias. Satélites de órbita geoestacionaria como *Meteosat*, situados a unos 36.000 km de distancia de la superficie terrestre captan, en una sola imagen, información del disco completo de la Tierra. Su elevada frecuencia temporal (la tercera generación, cuyo lanzamiento está previsto en 2017, podrá adquirir una imagen cada 10 minutos) les hace idóneos para el seguimiento de fenómenos atmosféricos, aunque también son interesantes para otras aplicaciones ambientales de dimensión global. Otros sistemas de observación de la Tierra que operan a menor altitud siguiendo órbitas heliosíncronas, permiten obtener coberturas globales a diversas escalas espaciales y con distinta frecuencia temporal mediante la elaboración de mosaicos de imágenes. Numerosos proyectos internacionales promueven la creación de bases de datos globales a partir de imágenes de satélite. Un ejemplo interesante es el *Global Land Cover Facility* (<http://glcf.umiacs.umd.edu/index.shtml>) que impulsa el uso de la teledetección para generar información sobre la cobertura del suelo a escala global.

Además de su dimensión global, uno de los logros más importantes de la teledetección espacial respecto a otros sistemas de observación de la Tierra como la fotografía aérea, es su capacidad para obtener información en diversas regiones del espectro electromagnético. Los objetos presentan un comportamiento disimilar en distintas longitudes de onda por lo que la capacidad de obtener información en distintas regiones espectrales, no sólo en el visible e infrarrojo, sino también en el térmico y la región de las microondas, permite discriminarlos de otros objetos y analizar sus propiedades (composición química, estructura, etc.). Hasta hace muy poco la observación de un número eleva-

do de bandas espectrales, lo que se conoce como teledetección hiperespectral, se limitaba a sensores aerotransportados, pero en los últimos años, los avances tecnológicos han permitido el lanzamiento de misiones espaciales con capacidad hiperespectral como el sensor *Hyperspectral*, a bordo de la plataforma EO-1 (<http://eo1.gsfc.nasa.gov/new/general/firsts/hyperion.html>). Este sensor proporciona información en 220 bandas espectrales lo que resulta de enorme interés para un gran número de aplicaciones, ya que permite discriminar características de las distintas cubiertas que no serían espectralmente perceptibles con sensores convencionales de tipo multiespectral.

La creatividad tecnológica de las últimas décadas ha provocado una enorme evolución en el desarrollo de plataformas y sensores con características muy diversas, lo que ha incrementado de forma extraordinaria la cantidad y variedad de datos disponibles, desde los destinados a estudios de ámbito local, obtenidos a partir de instrumentos con resoluciones espaciales muy altas (inferiores a 1m<sup>2</sup>), hasta los de ámbito global con resoluciones bajas (de 1 a 5 km<sup>2</sup>), pasando por otros destinados a estudios de carácter regional con resoluciones medias (15 a 250 m<sup>2</sup>). Esta gran variedad de productos hace que sea posible obtener información sobre la misma zona de la superficie terrestre a muy diversas escalas espaciales y con distinta frecuencia temporal, lo que permite extrapolar espacialmente las observaciones así como analizar su evolución temporal, abordando estudios multiescalares de gran interés en el análisis de diversos fenómenos ambientales.

En sucesivos epígrafes tendremos la oportunidad de abordar con más detalle cuáles han sido los principales avances que la teledetección espacial ha experimentado en los últimos años. Presentaremos la evolución y tendencias futuras de las principales misiones de teledetección, analizando las características más destacadas de los nuevos instrumentos de adquisición de información. Revisaremos las nuevas técnicas de análisis de imágenes, como las desarrolladas específicamente para datos hiperespectrales y, finalmente, analizaremos las tendencias más destacadas en los principales ámbitos de aplicación de la teledetección y muy especialmente en la ordenación del territorio. Prestaremos especial atención a la tecnología LiDAR, acrónimo de *Light Detection and Ranging*, que en los últimos años ha experimentado un gran auge como herramienta de captura de información espacial en muy diversas temáticas, tales como la generación de modelos digitales del terreno y/o de super-

ficie (MDT/MDS), modelos urbanos tridimensionales, estimación de diversos parámetros forestales (alturas, volúmenes, biomasa, etcétera), cartografía de líneas eléctricas o estudios batimétricos (IRISH, 1998; MAAS, 1999; NÆSSET, 2004). Este auge viene motivado por algunas de las ventajas que ha mostrado frente a sensores pasivos comúnmente empleados en teledetección o incluso a otros sensores activos como el radar. Entre estas ventajas cabe destacar la capacidad del LiDAR para medir directamente parámetros estructurales de la vegetación (altura, distribución vertical de los componentes del dosel, volumen de copa) o la topografía subyacente así como la posibilidad de generar modelos urbanos tridimensionales de una forma rápida y precisa.

## 2. Misiones de teledetección: evolución y tendencias futuras

La historia de la teledetección, entendida como observación remota de la superficie terrestre, comienza oficialmente en el año 1858 con las primeras fotografías aéreas tomadas sobre París por Gaspard Félix Tournachon desde un globo situado a unos 80 metros de altitud. Un siglo después, a mediados de la década de los 60, se produjeron las primeras experiencias de teledetección desde plataformas espaciales. En plena era espacial, estas experiencias tuvieron su origen en las fotografías adquiridas por los tripulantes de misiones espaciales como Gemini y Apollo. Aunque estas misiones estaban destinadas a explorar el espacio exterior, la nueva visión de la superficie terrestre que proporcionaban las imágenes adquiridas por los astronautas, puso de manifiesto el interés científico de esta información y abrió el camino al desarrollo de misiones espaciales dedicadas al estudio de nuestro Planeta. Así, en el año 1966, el USGS (*United States Geological Survey*) anunció la puesta en marcha del primer proyecto civil de observación de la Tierra desde el espacio, conocido como EROS (*Earth Resources Observartion Satellites*). El USGS encomendó entonces a la Agencia Espacial Norteamericana (NASA) el diseño del *Earth Resources Technology Satellite* cuyo primer satélite, el ERTS-1, fue puesto en órbita el 23 de julio de 1972. Esta fecha es considerada un auténtico hito en la historia de la teledetección ya que constituyó el inicio de una larga y fructífera serie de satélites dedicados al estudio de la superficie terrestre, los famosos Landsat, que aún hoy continúan facilitando una valiosísima información para analizar los cambios que se han producido en nuestro Planeta en las cuatro últimas décadas. Desafortunada-

mente, su continuidad no está completamente garantizada más allá del lanzamiento del próximo satélite de la serie, previsto para 2012 (<http://ldcm.nasa.gov/>).

Podemos afirmar que nuestro Planeta ha sido “redescubierto” a través de la adquisición sistemática de una enorme cantidad de información durante más de medio siglo de observación espacial. Esta información ha sido utilizada en muy diversos campos de aplicación llegando a crear una dependencia de estos satélites de observación de la Tierra que hubiera sido inimaginable tan sólo unas décadas atrás (KRAMER, 2002).

El desarrollo de la teledetección ha estado ligado, desde sus inicios, a los avances tecnológicos, especialmente en lo que respecta a los instrumentos de adquisición de datos (plataformas y sensores) y de transmisión, almacenamiento y análisis de los mismos (sistemas de comunicación, hardware y software informático). Éstos han evolucionado de una forma extraordinariamente rápida en las últimas décadas dando lugar a una oferta cada vez mayor de información espacial con características muy diversas en lo que se refiere a su dimensión espacial, espectral y temporal. En la última edición de su libro *Observation of the Earth and its Environment*, KRAMER (2002) recoge, a lo largo de algo más de 1.500 páginas, una exhaustiva revisión de las principales misiones que se han desarrollado en el mundo desde los inicios de la teledetección hasta nuestros días.

Por lo que respecta a las plataformas espaciales, es decir, los satélites que llevan a bordo los distintos instrumentos de observación o sensores, su evolución ha estado ligada al desarrollo tecnológico en el campo de la aeronáutica, la electrónica y las comunicaciones así como a la propia evolución de los vehículos de lanzamiento. En los primeros años de la era espacial los satélites eran pequeños debido a la limitada capacidad de los vehículos de lanzamiento. Sin embargo, a medida que se produjeron avances en esta tecnología, especialmente entre los años setenta y ochenta del pasado siglo, los satélites se hicieron cada vez más grandes y más complejos. Esto tuvo como consecuencia un aumento significativo de los costes y, por tanto, una reducción en la frecuencia de lanzamiento de nuevas misiones. Sin embargo, en los años ochenta la empresa *Surrey Satellite Technology Ltd* (SSTL) (<http://www.sstl.co.uk>), pionera en el diseño de mini y microsatélites, planteó un cambio de tendencia hacia plataformas más pequeñas, sencillas y

modulares que permitían reducir costes lo que a su vez facilitó la proliferación de nuevas misiones financiadas por agencias estatales y/o empresas privadas. Esto permitió que países como Nigeria, Turquía o Argelia pudieran contar con su propio sistema de observación de la Tierra. En julio de 2009 la empresa *Deimos Imaging* puso en órbita el DEIMOS-1, primer satélite comercial español de observación de la Tierra, basado en el concepto Microsat-100 de la empresa SSLT. El DEIMOS-1 está concebido para obtener imágenes de la Tierra de una resolución suficientemente buena para el estudio de la cubierta vegetal terrestre (unos 20 m), pero con gran amplitud de campo visual para obtener dichas imágenes con alta resolución temporal y a costes reducidos. El satélite forma parte de la contribución española a la *Disaster Monitoring Constellation*, una constelación de satélites para el seguimiento de catástrofes que es coordinada por DMC International Imaging (<http://www.dmcii.com>). Esta constelación cuenta actualmente con 6 satélites (Beijing-1, AISat-1, NigeriaSat-1, UK-DMC-1, UK-DMC-2 y Deimos-1) al que se incorporará próximamente el NigerianSat-X que será lanzado a finales de 2010. Las imágenes DMC han sido utilizadas para la gestión de crisis por desastres naturales como el Huracán Katrina que afectó a la costa este de Estados Unidos en el año 2005 o el tsunami que arrasó Indonesia en diciembre de 2004. El éxito de estas misiones ha llevado a las grandes agencias espaciales como la estadounidense NASA o la europea ESA a replantear sus programas de observación de la Tierra, de tal forma que, aunque aún se mantienen grandes plataformas como Envisat, TERRA o AQUA, se tiende cada vez más hacia el diseño de misiones más pequeñas que resultan mucho más apropiadas a los ajustados presupuestos disponibles en los últimos años. Además de la citada DMC, existen otras constelaciones de pequeños satélites como por ejemplo RapidEye (<http://www.rapideye.de/>), desarrollada igualmente a partir de la tecnología de microsatélites, en este caso por una empresa alemana. Esta constelación permite la observación continua de la superficie terrestre llegando a captar 4 millones de km<sup>2</sup> de imágenes cada día. Los satélites RapidEye tienen una resolución espacial de 5 m y son los primeros satélites comerciales que ofrecen la capacidad de obtener información en la regiónpectral denominada Red-Edge (690 a 730 nanómetros), situada entre el visible y el infrarrojo cercano. Esta región es particularmente sensible a los cambios en contenido de clorofila y nitrógeno, lo que ofrece un amplio rango de posibles aplicaciones al estudio de la cubierta vegetal.

En los últimos años la Agencia Espacial Europea (ESA) ha centrado buena parte de su programa de observación de la Tierra en el desarrollo de pequeñas misiones diseñadas para el estudio de aspectos específicos de la atmósfera, biosfera, criósfera e hidrosfera terrestres. El objetivo de estas misiones, conocidas como *Earth Explorer*, es aprender más acerca de las interacciones entre estos componentes y el impacto que la actividad humana está teniendo en los procesos naturales. De los seis satélites previstos, tres ya han sido puestos en órbita: GOCE, SMOS y CryoSat-2. El satélite GOCE está destinado al estudio del campo gravitatorio de la Tierra, permitirá modelizar el geóide con una elevadísima precisión y avanzar en el conocimiento de la circulación oceánica. La misión SMOS cuenta con una importante participación de investigadores españoles y tiene como objetivo la observación de la humedad del suelo y la salinidad de los océanos. Estas medidas son esenciales para los modelos climáticos e hidrológicos, entre otros. Los datos SMOS han sido utilizados para el seguimiento de inundaciones como las que afectaron a Pakistán este mismo verano. Por su parte, el CryoSat-2 se dedica a la observación de las masas de hielo. En los años 2011 a 2013 está previsto el lanzamiento de las plataformas Swarm, ADM-Aeolus y EarthCARE dedicadas, respectivamente, al estudio del campo magnético terrestre, de perfiles de viento a escala global y a la interacción entre nubes, aerosoles y radiación. Paralelamente, ESA desarrolla otras cinco nuevas misiones conocidas como *Sentinel* cuyo lanzamiento está previsto entre los años 2011 y 2019. Cada una de las misiones *Sentinel* estará formada por una constelación de 2 satélites y tienen como objetivo cubrir las necesidades de información de la iniciativa GMES (*Global Monitoring for Environment and Security*), dedicada al análisis y gestión medioambiental en Europa (<http://www.gmes.info/>).

Otro de los avances más recientes en el ámbito de las misiones de teledetección es el desarrollo de satélites comerciales de alta resolución espacial. Se trata de una nueva generación de satélites, habitualmente promovidos por empresas privadas, que ha permitido introducir la teledetección en mercados hasta el momento reservados a la fotografía aérea. Esto es así gracias a las características técnicas de estos equipos, cuya tecnología se basa en la desarrollada para satélites destinados a uso militar, que permite obtener imágenes con resoluciones espaciales muy altas, en muchos casos inferiores a 1 m<sup>2</sup>. Una de las empresas más importantes en este sector de la alta resolución espacial es la estadounidense GeoEye, propie-

taria de las plataformas IKONOS y Geo-Eye. IKONOS fue puesto en órbita en diciembre de 1999 y se convirtió en el primer satélite comercial con resolución espacial sub-métrica ya que permitía captar imágenes con una resolución de 4 m en el modo multiespectral (bandas del visible e infrarrojo cercano) y de 0,8 m en la banda pancromática. Su sucesor, el Geo-Eye-1, lanzado en septiembre de 2008, es actualmente el satélite comercial con mayor resolución espacial pues permite adquirir imágenes con un tamaño de píxel de 1,65 m en modo multiespectral y 0,41 m en la banda pancromática. El Geo-Eye 2 se encuentra ya en fase de planificación aunque no existe fecha prevista de lanzamiento. Este nuevo satélite permitiría obtener imágenes con una resolución espacial de 0,25 m, si bien estas imágenes, en principio, sólo podrían ser utilizadas por usuarios del gobierno de Estados Unidos o aliados pues actualmente la mayor resolución espacial permitida en los satélites comerciales, según la regulación de este país, es de 0,5 m. En cualquier caso, las posibilidades que estas imágenes ofrecen para estudios de escala local son enormes, destacando, entre otras, las aplicaciones al estudio de la red urbana, compitiendo con la fotografía aérea como principal fuente de información. Las principales ventajas que ofrecen frente a la fotografía aérea los satélites de alta resolución son la mayor homogeneidad de las adquisiciones cuando se quiere cubrir un territorio relativamente extenso y su mayor resolución espectral (habitualmente proporcionan información en cuatro o cinco bandas espectrales en las regiones del visible e infrarrojo cercano). En cambio, entre las principales limitaciones se encuentra su elevado precio y la falta de adquisiciones sistemáticas de toda la superficie terrestre, lo que en ocasiones condiciona la disponibilidad de imágenes.

En el extremo opuesto desde el punto de vista de la escala espacial, es decir, en el ámbito de las aplicaciones globales de la teledetección, uno de los programas más ambiciosos desarrollados en las últimas décadas es el conocido como EOS (*Earth Observing System*) que incluye diez plataformas actualmente operativas, entre ellas el Landsat 7, y dos más en proyecto. Entre las primeras, destacan, por su enorme valor como fuente de información a escala global, las plataformas TERRA y AQUA que fueron puestas en órbita en 1999 y 2002, respectivamente. Aunque coordinadas por la NASA, se trata de misiones de colaboración internacional ya que llevan a bordo sensores desarrollados por otros países como Japón y Canadá. Estos satélites proporcionan medidas globales y estacionales del sistema terrestre.

El objetivo principal de estas misiones es estudiar cómo está cambiando nuestro Planeta y cuáles son las consecuencias que esos cambios pueden tener para la vida en la Tierra. Su éxito se debe en gran parte a la enorme facilidad de acceso a los datos, ya que la mayor parte son gratuitos y accesibles a través de Internet (<http://nasadaacs.eos.nasa.gov>).

Como ya hemos indicado, una de las principales ventajas de la teledetección frente a otros sistemas de observación de la Tierra es su capacidad para facilitar información en distintas regiones del espectro electromagnético. Desde sus inicios, las misiones espaciales de observación de la Tierra contaron con capacidad multiespectral, ya que permitían obtener información en varias bandas (habitualmente entre 3 y 7) localizadas fundamentalmente en las regiones espectrales del visible e infrarrojo cercano y, menos frecuentemente, en las del infrarrojo medio y térmico. Sin duda uno de los principales avances experimentados por la teledetección en los últimos años, es el creciente empleo de sensores hiperespectrales que permiten obtener información en un gran número de bandas (entre 20 y 250). Hasta hace tan sólo una década este tipo de teledetección hiperespectral estaba reducida a sensores aeroportados como el AVIRIS (*Airborne Visible/Infrared Imaging Spectrometer*), primer sensor capaz de obtener imágenes en más de 200 bandas en el rango espectral del visible al infrarrojo medio de onda corta (400 a 2.500 nanómetros). Actualmente existe un gran número de sensores hiperespectrales, como pueden ser el alemán DAIS (*Digital Airborne Imaging Spectrometer*) que opera desde el año 1995 o el australiano HyMap que ofrece información en 126 bandas espectrales. En España el Instituto Cartográfico de Cataluña adquirió en 1991 el sensor CASI (*Compact Airborne Spectrographic Imager*), que ofrece la posibilidad de selección de bandas hasta un máximo de 288 a escoger en el rango de 400 a 960 nanómetros (visible e infrarrojo cercano), en intervalos de 1,8 nanómetros. Desde el año 2004 el Instituto Nacional de Técnica Aeroespacial (INTA) proporciona imágenes adquiridas por el sensor AHS (*Airborne Hyperspectral System*), que obtiene información en 80 bandas espectrales desde el visible al infrarrojo térmico. El rango de aplicaciones de este tipo de imágenes es muy amplio aunque destacan los estudios sobre características de la cubierta vegetal, así como los estudios geológicos y edafológicos. El principal problema de este tipo imágenes es su elevado coste y su adquisición no sistemática que condiciona la disponibilidad de imágenes para aplicaciones operativas.

Debido al gran potencial que han demostrado las imágenes hiperespectrales aeroportadas, algunas de las grandes misiones espaciales como TERRA/AQUA y Envisat han incorporado sensores semi-hiperespectrales como MODIS y MERIS que adquieren información en 36 y 15 bandas respectivamente. Aunque estos sensores no realizan un registro continuo del espectro, constituyen un avance significativo respecto a los sensores multiespectrales al ofrecer un número considerablemente mayor de bandas, algunas localizadas en regiones espectrales de gran interés para el estudio de determinados fenómenos como la región denominada Red Edge situada entre el rojo y el infrarrojo cercano. En realidad el primer sensor hiperespectral espacial fue el FTHSI (*Fourier Transform HyperSpectral Imager*), lanzado en julio de 2000 a bordo del MightySat II. Este sensor era capaz de obtener información en 256 bandas en el espectro visible e infrarrojo cercano. Sin embargo, el sensor hiperespectral espacial más conocido es, sin duda, el Hyperion lanzado tan sólo unos meses después del FTHSI, en noviembre de 2000, como parte de la carga útil de la plataforma Earth Observing-1 (EO-1). Hyperion obtiene imágenes en 220 bandas espectrales con una resolución espacial de 30 metros (<http://eo1.usgs.gov/hyperion.php>) abarcando en cada escena un área de  $7,5 \times 100$  km. Como el resto de sensores a bordo de la plataforma EO-1, Hyperion se diseñó como un equipo experimental, lo que ha reducido mucho su difusión, ya que no ofrece una cobertura global sistemática. En esta misma línea de misiones experimentales la Agencia Espacial Europea lanzó en octubre de 2001 la plataforma Proba (*Project for On-Board Autonomy*) que incluía un sensor hiperespectral (CHRIS) cuyo objetivo era explorar las posibilidades de este tipo instrumentos a bordo de pequeñas plataformas espaciales. El sensor CHRIS tiene tan sólo 14 kg de peso y admite distintas configuraciones, pudiendo obtener información en 63 bandas espectrales del visible al infrarrojo cercano con una resolución espacial de 34 metros, aunque teóricamente es capaz de obtener información hasta en 156 bandas. Una de las características más interesantes de este instrumento es su capacidad para obtener información con distintos ángulos de observación lo que permite abordar análisis del BRDF (*Bidirectional Reflectance Distribution Function*) para una mejor caracterizaciónpectral de las cubiertas. Esta es, sin duda, una de las tendencias con mayor interés en el desarrollo de futuras plataformas.

Para finalizar este repaso a los principales avances y tendencias futuras de las misiones

de teledetección haremos referencia a las misiones dedicadas a obtener información de la superficie terrestre a partir de sensores activos, es decir, aquellos que disponen de su propia fuente de energía como los sensores radar y LiDAR. Aunque menos populares que los sensores pasivos, debido a la mayor complejidad de los procesos de corrección, tratamiento e interpretación de las imágenes que captan, este tipo de instrumentos han demostrado su interés en múltiples aplicaciones, debido fundamentalmente a su gran flexibilidad, ya que pueden trabajar con independencia de la iluminación solar (día o noche), en cualquier condición atmosférica (radar) o proporcionar medidas en 3D de manera directa (LiDAR).

El primer satélite en incorporar un equipo radar para adquisición de imágenes fue el Seasat, lanzado en 1978. La misión fue diseñada para el seguimiento de fenómenos oceanográficos y con el propósito de determinar los requisitos de un sistema operativo de control por satélite de los océanos. Aunque el Seasat estuvo operativo solamente durante 105 días, muchas misiones posteriores basadas en tecnología radar han sido posibles gracias a su legado. Desde sus inicios, los progresos en la tecnología radar se han dirigido a obtener equipos más versátiles, que mejoren la resolución espacial y ofrezcan observación multiangular, multifrecuencia y multipolarización (CHUVIECO, 2008). Entre las misiones radar más importantes se encuentran RADARSAT, de la agencia espacial canadiense y ERS y Envisat de la agencia espacial europea. El primer satélite de la serie RADARSAT fue lanzado en 1995. Utilizaba un radar de apertura sintética (SAR) para obtener imágenes con resoluciones espaciales entre 10 y 100 m (dependiendo del modo de operación del instrumento) con una frecuencia temporal de 24 días. Su sucesor, el RADARSAT-2, lanzado en 2007, ha mejorado las características técnicas de la primera misión al incorporar el SAR comercial (en banda C) más avanzado del mundo, con una resolución espacial máxima de 3 m y flexibilidad en la selección de la polarización. En cuanto a las plataformas radar europeas, el primer satélite de teledetección de la ESA, el ERS (*European Remote Sensing Satellite*), lanzado en 1991, fue precisamente un satélite radar pues su carga útil se componía básicamente de dos sensores radar y un sensor térmico. En 1995 se lanzó el ERS-2, muy similar al anterior pero que incorporaba un sensor (GOME) para el seguimiento global del ozono. Sin embargo, la misión más ambiciosa de la agencia europea es la plataforma Envisat lanzada en 2002. Con un peso de más de 8 toneladas, esta enorme

plataforma espacial ha permitido continuar y mejorar las observaciones radar iniciadas con la serie ERS al incorporar un radar de apertura sintética más avanzado, el ASAR, que presenta una resolución espacial de 30 metros y 5 modos de polarización. Pero Envisat incorpora, además, numerosos sensores dedicados a mediciones de la atmósfera y de la superficie terrestre, de gran interés para aplicaciones a escala regional y global, entre los que destaca el MERIS (*Medium Resolution Imaging Spectrometer*) que obtiene información en 15 bandas espectrales entre el visible y el infrarrojo cercano, proporcionando una cobertura global de la Tierra cada 3 días a una resolución espacial de 300 m.

Por lo que respecta a los sensores LiDAR, que analizaremos con más detalle en el siguiente epígrafe, la inmensa mayoría de los estudios se han basado en datos tomados con sensores aeroportados o sistemas terrestres. Hasta la fecha sólo ha habido una misión espacial que haya proporcionado datos LiDAR de manera global, la misión ICESat. Sin embargo, los prometedores resultados obtenidos han dado lugar a futuras misiones que incluirán sistemas LiDAR como son: ICESat-2, DESDynI y LIST. No obstante, estas misiones están todavía en fase de diseño y su lanzamiento no está asegurado (NELSON, 2010).

El sensor *Geoscience Laser Altimeter System* (GLAS), desarrollado por la NASA, *Earth Science Enterprise* (ESE) como parte del programa *Earth Observing System* (EOS), es el único sensor a bordo del satélite *Ice, Cloud and land Elevation Satellite* (ICESat) lanzado el 13 de enero de 2003. Este es el único sistema, hasta la fecha, que ha proporcionado datos LiDAR desde satélite de manera global, y fue diseñado para medir la topografía de las masas de hielo y los cambios experimentados por estas masas como consecuencia del calentamiento global, así como para medir importantes propiedades atmosféricas como distribución de aerosoles o la altura y espesor de las nubes. Además, dado el carácter global de sus observaciones, este sensor ha proporcionado datos que permiten caracterizar la vegetación y la topografía a escala global sin precedentes. Los resultados obtenidos por la misión ICESat, unidos a los cambios observados en las masas de hielo polar, han favorecido el desarrollo de una segunda misión ICESat-2 (ABDALATI & al., 2010). Los principales objetivos de esta misión son medir los cambios de las masas de hielo polar y las masas de hielo marinas. A diferencia de la primera misión ICESat, la medida de la biomasa es

también un objetivo específico de esta segunda misión (ABDALATI, 2010).

La misión DESDynI se caracteriza por integrar un sensor radar y un sensor LiDAR, con el objetivo de estudiar riesgos naturales (deslizamientos, terremotos y erupciones volcánicas), los efectos del cambio climático en las masas de hielo y los efectos del cambio climático y cambios en el uso del suelo en distintos hábitat así como en el contenido de carbono (<http://desdyni.jpl.nasa.gov/>). El uso combinado de la tecnología radar y la tecnología LiDAR permite aprovechar las ventajas de ambas. Así, hará uso de la precisión proporcionada por los datos LiDAR para calibrar y validar las medidas radar, permitiendo obtener una cobertura completa a partir de este último sensor. Todavía no se ha decidido si ambos sensores irán montados sobre la misma plataforma o en plataformas separadas (<http://desdyni.jpl.nasa.gov/>). El lanzamiento de esta misión está previsto para 2017 (NELSON, 2010) con una vida útil de 5 años. Por último, la misión LIST, cuyo lanzamiento está previsto para 2017-2019, tiene como objetivo proporcionar datos topográficos globales con una resolución menor que los 30-90 m disponibles actualmente con la misión SRTM, y con una precisión de 10 cm, mucho mejor que los 10 m de los datos disponibles actualmente. Esta configuración permitirá cartografiar deslizamientos de tierras o encontrar fallas activas, permitiendo mejorar la evaluación del riesgo de terremotos y proporcionará datos globales sobre la estructura de las masas forestales (<http://cce.nasa.gov/pdfs/LIST.pdf>).

### 3. Nuevos sensores, nuevas técnicas: teledetección hiperespectral y LiDAR

El desarrollo experimentado por los sistemas de adquisición de datos ha implicado el desarrollo de nuevas técnicas que permiten extraer la máxima información posible de los mismos de una manera eficaz. En este epígrafe nos centraremos en los que consideramos, dos de los avances más significativos experimentados por la teledetección en los últimos años, la teledetección hiperespectral y LiDAR.

#### 3.1. Teledetección hiperespectral

La espectroscopia lleva más de un siglo utilizándose en los laboratorios para la identificación de materiales y el análisis de sus características físico-químicas. Sin embargo, sólo en los últimos años los avances tecnológi-

cos han permitido aplicar la espectroscopía de imagen a la observación de la Tierra. Así surge, a mediados de los años ochenta, el concepto de teledetección hiperespectral. A pesar de ser una tecnología relativamente nueva, su enorme potencial ha permitido un rápido desarrollo, ampliando el rango inicial de aplicaciones geológicas, a estudios muy diversos, entre los que destacan los relacionados con el estado y características de la vegetación.

Las imágenes hiperespectrales cuentan con un elevado número de bandas (habitualmente entre 50 y 250) cuya anchura media oscila entre 1 y 15 nanómetros (en las imágenes multiespectrales el ancho de banda suele oscilar entre 50 y 120 nanómetros). Estas imágenes se representan habitualmente como un cubo de datos con la información espacial recogida en el plano XY y la informaciónpectral representada en la dirección Z. Los datos hiperespectrales se representan como espectros o curvas espectrales que permiten caracterizar una cubierta u objeto. Pueden considerarse como puntos en un diagrama de dispersión n-dimensional. Cada punto representa la reflectividad de un píxel en el n-número de bandas que integran la imagen. La distribución de los datos hiperespectrales en ese espacio n-dimensional es utilizada para comprender las características espectrales de los materiales que componen cada espectro. Con esta información se elaboran las llamadas librerías espectrales que son bases de datos o bibliotecas de espectros en los que cada elemento está caracterizado por su comportamientopectral en las longitudes de onda que registra el sensor.

La teledetección hiperespectral combina imagen y espectroscopía en un único sistema que a menudo implica manejar gran cantidad de información, lo que requiere técnicas de procesamiento distintas a las utilizadas con imágenes multiespectrales. Por lo que respecta a las técnicas de preprocesamiento, una de las mayores particularidades de las imágenes aeroportadas, habitualmente utilizadas en teledetección hiperespectral, frente a las adquiridas desde plataformas espaciales, es que muchas veces el estudio de una zona de escala local o regional comprende la adquisición de varias pasadas que alargan el tiempo de adquisición lo que hace que la variabilidad de las condiciones atmosféricas, pero sobre todo de iluminación, sea importante. Por esta razón los métodos de corrección basados en parámetros estándar no siempre funcionan adecuadamente en este tipo de imágenes. En muchas ocasiones, la calibración de imágenes hiperespectrales aeroportadas requiere la adquisición de información

espectral en terreno, simultánea a la toma de imágenes, para lo que se utilizan espectro-radiómetros con una resolución y rangopectral similar al del sensor aeroportado. En cuanto a las técnicas utilizadas para extraer información de la imagen, tienen especial interés aquellas que se basan en la caracterización de píxeles mezcla como el ALME (Análisis Lineal de Mezclas Espectrales); las que se dirigen a reducir la dimensionalidad de la imagen con objeto de solventar los problemas de almacenamiento de datos y redundancia de la información, como el MNF (*Minimun Noise Fraction*) y las relacionadas con el análisis de espectros, que permiten comparar la información que se deriva de las imágenes, con otra que puede considerarse de referencia obtenida a partir de mediciones de campo y/o laboratorio. Entre estas técnicas de análisis de espectros destacan los llamados clasificadores angulares, como el *Spectral Angle Mapper* (SAM), que permite indentificar y/o clasificar elementos de la imagen determinando la similitud entre la información contenida en cada píxel y uno o varios espectros de referencia mediante el cálculo de la distancia angular que les separa.

La posibilidad que brinda la teledetección hiperespectral de obtener información en bandas muy estrechas hace que sea posible discriminar parámetros de la vegetación o los suelos que no serían perceptibles con sensores convencionales. En el ámbito de la agricultura las imágenes hiperespectrales se han utilizado, por ejemplo, para la estimación de parámetros relacionados con el crecimiento y productividad de los cultivos como el contenido en clorofila y la biomasa (PATEL, 2001) o para la detección y seguimiento de plagas (THENKABAIL, 2002). La teledetección hiperespectral ha sido también utilizada con éxito para estimar la calidad de las aguas a partir del análisis de parámetros como la turbidez y el contenido en clorofila (KOPONEN, 2002) e incluso para la cartografía de vegetación subacuática (WILLIAMS, 2003). También son frecuentes los trabajos sobre vegetación natural para la estimación de parámetros biofísicos como el contenido en clorofila (SAMPSON, 2003). Aunque, sin duda, las aplicaciones más numerosas se encuentran en el campo de la geología, donde las imágenes hiperespectrales se han utilizado profusamente para identificar y cartografiar minerales (HÖRING, 2001).

### 3.2. Sistemas LiDAR

Los sistemas LiDAR son sistemas activos que utilizan la emisión de un pulso láser para de-

terminar la distancia entre el sensor y los distintos objetos sobre los que incide el pulso en su trayectoria. El principio de medida se basa en la determinación muy exacta del tiempo transcurrido entre la emisión de un pulso láser y su retorno, tras reflejarse en la superficie que se observa. A partir de ese tiempo, se calcula la distancia entre el sensor y el objeto sobre el que incide el pulso. Puesto que el sistema mide el tiempo transcurrido desde la emisión del pulso hasta el registro del retorno, para determinar la distancia entre el sensor y el objeto es necesario dividir este tiempo por dos.

Los sistemas LiDAR están compuestos por las siguientes unidades: unidad de medida de distancias, escáner y unidad de control y procesamiento, la cual incluye un sistema GPS/IMU que permite determinar la posición y orientación del sensor (WEHR, 1999). La combinación de los datos proporcionados por estos subsistemas permite determinar la coordenadas (X, Y, Z) del punto donde se refleja el pulso emitido.

En cuanto al principio de medida de distancias, podemos distinguir dos métodos fundamentales. El primer método, más directo, consiste en medir el tiempo transcurrido desde la emisión de un pulso hasta su recepción mediante relojes ultra-precisos, y es empleado por la mayoría de los sistemas comerciales. El segundo se basa en determinar la diferencia de fase entre el pulso emitido y el recibido. En este caso el tiempo empleado por el pulso en recorrer la distancia sensor-objeto es directamente proporcional a la diferencia de fase observada. Además del método empleado en la determinación de la distancia sensor-objeto, podemos emplear otros criterios para clasificar los sistemas LiDAR, como por ejemplo:

1. El número de retornos que pueden almacenar: actualmente, los sistemas son capaces de almacenar uno o varios retornos correspondientes a las distintas superficies interceptadas por el pulso en su trayectoria. Estos sistemas suelen recibir el nombre de sistemas discretos. Algunos sistemas, también pueden almacenar la señal de retorno prácticamente de manera continua, en pequeños intervalos de tiempo (por ejemplo cada 1 ns), lo que permite generar una huella completa de la onda emitida y reflejada.
2. Tamaño de la huella: podemos distinguir dos tipos de sistemas de huella pequeña (varios centímetros) o de huella grande (varios metros). Debido a la gran cantidad de información que es necesario almacenar cuando se registra la huella completa,

estos sistemas emplean tamaños de huella grande, mientras que los sistemas que registran pulsos discretos emplean tamaños de huella de pocos centímetros. La ventaja de almacenar toda la huella, junto a los continuos avances en los sistemas LiDAR y capacidad de almacenamiento, ha dado lugar al desarrollo de sistemas de huella completa con tamaños de huella pequeña.

3. Plataforma: como ya hemos mencionado, la mayoría de los sistemas LiDAR están montados sobre aviones, si bien en los últimos años se están extendiendo los sistemas terrestres. Estos últimos consisten en un sistema LiDAR que se coloca sobre un trípode y realiza un escaneo de un área próxima (con alcances de unos 300 m aproximadamente). Un tercer grupo, atendiendo a este criterio, son los sistemas espaciales, aunque como se dijo en el apartado anterior, hasta la fecha el único sistema LiDAR a bordo de una plataforma espacial ha sido ICESat.

En el tratamiento de datos LiDAR, el primer paso a realizar, una vez generada la nube de puntos que caracterizará la superficie terrestre que ha sido observada, es el filtrado o clasificación de los mismos. Mediante este proceso se pretende separar aquellos puntos que corresponden a retornos ocurridos sobre el terreno, de aquellos que corresponden a retornos ocurridos sobre los distintos objetos situados sobre la superficie terrestre (árboles, edificios, etc.). Este es un proceso crítico ya que los resultados que se obtengan en posteriores aplicaciones dependerá de la calidad de este proceso de filtrado. Una vez que se han separados los puntos terreno de los punto no-terreno, es posible generar superficies continuas a partir de estos datos mediante distintas técnicas de interpolación.

La capacidad de los sistemas LiDAR para muestrear la superficie terrestre mediante una densa nube de puntos ha supuesto un gran avance en la generación de modelos digitales del terreno (MDT) con precisiones superiores a otros métodos. Sin embargo, uno de los campos donde mayor auge está experimentando la tecnología LiDAR es en el ámbito forestal. Son numerosos los estudios que han mostrado el potencial de esta tecnología debido a su capacidad para proporcionar información sobre la estructura vertical de la vegetación, la cual tiene que ser inferida cuando se trabaja con sensores pasivos. Entre las variables que se pueden obtener a partir de datos LiDAR se encuentran la altura de los árboles (HOLMGREN,

2004), la fracción de cabida cubierta (HOPKINSON, 2009), la altura de la base de las copas (RIAÑO, 2003), el índice de área foliar (ZHAO, 2009), la biomasa aérea o la clasificación de especies (BRANDTBERG, 2007) por citar sólo algunas. Algunas de estas variables se pueden obtener de manera directa, como por ejemplo la altura, sin embargo otras variables como la biomasa son inferidas a partir de modelos estadísticos que relacionan la variable de interés con variables derivadas a partir de datos LiDAR.

Otra característica importante de los estudios realizados empleando datos LiDAR es la escala. Así, es posible estimar diversas propiedades para una parcela o bien para todo un rodal, y en aquellos casos en los que la cantidad de puntos por metro cuadrado (densidad) es lo suficientemente alta, es posible estimar propiedades a nivel de árbol individual. En este caso es necesario identificar los puntos correspondientes a cada árbol para posteriormente poder estimar sus propiedades. Se han desarrollado diversos algoritmos capaces de detectar árboles, sin embargo, estos algoritmos no son capaces de detectar aquellos árboles cuya copa queda oculta por la de los árboles dominantes del dosel. Recientemente se ha publicado el primer mapa global que detalla la altura de los bosques. Este mapa, con una resolución de 5 km, se ha realizado en la Universidad Estatal de Colorado a partir de datos ICESat y datos MODIS (<http://www.nasa.gov/topics/earth/features/forest-height-map.html>).

Los modelos de planificación urbana también se han visto beneficiados por el desarrollo de la tecnología LiDAR. A partir de datos LiDAR es posible generar modelos 3D de las ciudades, los cuales son esenciales para muchas aplicaciones como gestión de emergencias en casos de desastres (por ejemplo inundaciones), cartografía de edificios y sus alturas, actualización catastral, detección de cambios, instalación de antenas de telefonía o incluso generación de escenarios virtuales. Puesto que la digitalización manual y la reconstrucción de superficies llevan mucho tiempo y son muy costosas, el desarrollo de algoritmos automáticos o semiautomáticos para la extracción de elementos es de gran importancia por lo que se han convertido en una importante área de investigación. Un método para clasificar los edificios de manera casi automática fue propuesto por You (2003). Consiste en generar en primer lugar un modelo digital de superficie y filtrar aquellos puntos que tenga una altura superior a un umbral determinado. Es evidente que los puntos más altos de-

ben corresponder a edificaciones o vegetación. Posteriormente esta clasificación es refinada mediante el ajuste de los potenciales edificios a diversas figuras geométricas (primitivas) que pueden ser definidas matemáticamente. Estas primitivas formas (planos, esferas, cubos, cilindros, etc.) pueden combinarse para dar lugar a figuras complejas que forman algunos edificios.

#### 4. La teledetección como herramienta de ordenación territorial

La teledetección es una técnica de gran interés en todas aquellas aplicaciones vinculadas, directa o indirectamente, con la ordenación del territorio. Algunas de las cualidades de la teledetección más apreciadas por los gestores del territorio son la versatilidad de las observaciones de acuerdo a la resolución espacial de los instrumentos, lo que permite aproximaciones multiescalares, y la repetitividad de las mismas. Esta última capacidad permite a los planificadores disponer de un gran volumen de información sobre los territorios que tienen que gestionar, de manera que pueden realizar seguimientos multitemporales de diversos fenómenos, recursos o sistemas (sistema urbano, agua, recursos naturales, incendios forestales, contaminación, etc.), que inciden, positiva o negativamente, sobre el equilibrio de los territorios. A partir del análisis pormenorizado de la información derivada de las imágenes espaciales, los gestores toman decisiones, legislan y planifican el territorio de una forma más eficiente.

A continuación, haremos un breve repaso de las aplicaciones más recientes que demuestran la operatividad de la teledetección como herramienta de ordenación del territorio, desde el nivel local al global. En esta breve revisión, citaremos no sólo los trabajos vinculados con la ordenación territorial, entendida de una forma global, sino que también presentaremos algunos estudios relacionados con planificaciones sectoriales. En las últimas décadas, existe una tendencia generalizada a realizar planes sectoriales (forestales, paisajísticos, hidrológicos, de conservación de la naturaleza, urbanísticos, etc.) con un enfoque más holístico o integrado, es decir, más conectados con las directrices generales de ordenación del territorio y con el resto de planes sectoriales con los que pueden estar imbricados cada uno de ellos.

A nivel local, la aplicación más repetida de la teledetección es el planeamiento urbanístico. Buena parte de las autoridades municipales utilizan mosaicos de ortoimágenes de alta re-

solución espacial para realizar un seguimiento espacio-temporal del crecimiento de las zonas urbanas y compararlo con las zonas definidas en los planes generales de ordenación urbana y con su calificación y clasificación correspondientes, con objeto de tomar decisiones, en caso de incumplimiento del planeamiento, o de reajustar éste a las nuevas circunstancias. La teledetección espacial también aporta información de gran interés en trabajos arqueológicos y urbanísticos. COLOSI (2009) utiliza imágenes QuickBird para estudiar el complejo arqueológico Chan-Chan (Perú), una de las ciudades precolombinas más grandes de América. Propone la creación de un parque arqueológico para proteger el yacimiento de la desordenada e incontrolada expansión urbana de la colindante ciudad de Trujillo.

En la planificación de áreas protegidas, MARTÍNEZ (2010) emplea imágenes Landsat multitemporales para monitorizar la pérdida de biodiversidad en la Reserva de las Tierras del Miño, midiendo los cambios producidos en el territorio mediante indicadores de ecología del paisaje. La gestión de la biodiversidad es un campo prioritario en Europa para asegurar la conservación de los hábitats más valiosos y de la naturaleza, en general.

En el contexto de la planificación hidrológica, la proliferación de los cultivos bajo plástico en las últimas décadas está generando grandes problemas ambientales en zonas áridas particularmente vulnerables. La sobreexplotación de acuíferos subterráneos, la intrusión de agua marina y las afecciones sobre otras reservas naturales próximas son el centro de atención de los planificadores que deben regular y ordenar el aprovechamiento de los escasos recursos hídricos disponibles en la cuenca. En este sentido, AGÜERA (2009) propone la identificación y delineación automática de los invernaderos mediante imágenes de muy alta resolución espacial (*Ikonos* y *QuickBird*) en el campo de Níjar, Almería. La teledetección espacial demuestra su potencial en el inventario, cartografía y seguimiento de estas infraestructuras agrarias.

En los últimos años, los responsables de la ordenación del territorio prestan especial atención a las zonas costeras y litorales mediante enfoques de gestión integrada, considerando que se trata de zonas complejas y vulnerables donde interaccionan y se superponen procesos típicos de ecosistemas terrestres y marinos. GANGAI (2010) cuantifica los cambios de usos del suelo en la costa de Túticorín (India), mediante imágenes Landsat TM e IRS. Adicionalmente, comparan los usos actuales con los

usos permitidos por las leyes, evidenciando una disparidad entre ellos.

En España, a escala regional, la mayor parte de las Comunidades Autónomas utilizan las imágenes de satélite, de forma operativa y habitual, para generar y actualizar la cartografía de ocupación y usos del suelo de sus territorios correspondientes a escalas comprendidas, normalmente, entre 1:25.000 y 1:200.000. Son muchos los trabajos que se pueden referenciar en esta línea. A modo de ejemplo, citaremos algunos realizados en Cataluña (BURRIEL, 2004), Castilla y León (TAPIADOR, 2001) y en la Región de Murcia (PÉREZ CUTILLAS, 2004). Esta cartografía temática es básica en las tareas relacionadas con la ordenación del territorio y con la planificación estratégica. Por su carácter multitemporal, es idónea para realizar un seguimiento de las principales tendencias de los usos, de manera que se puede realizar una ordenación adaptativa para reforzar o corregir esas tendencias, en el contexto de un desarrollo sostenible.

Además de esta aplicación generalizada, algunas autoridades regionales utilizan las imágenes de satélite para otros fines relacionados con la planificación territorial o sectorial. Así por ejemplo, la Comunidad de Madrid, en el contexto de la Política Agraria Común, emplea la teledetección para realizar controles, obligatorios para el acceso a las ayudas directas de superficie, verificando el cumplimiento de las limitaciones agroambientales en las parcelas afectadas.

Por otra parte, el Instituto Geológico y Minero de España empleará imágenes radar de ERS-1, ERS-2, Envisat y TerraSAR-X sobre las Islas Baleares con objeto de delimitar las zonas con mayores riesgos de deslizamientos de ladera y prevenir problemas ambientales y socioeconómicos en caso de intensas lluvias como las que ocurrieron en 2009.

En Galicia, las imágenes de satélite han sido fuentes principales de información para la elaboración de los Planes de Desarrollo Comarcal en los que, bajo una misma estrategia de ordenación del territorio, la comarca era considerada la unidad básica para el desarrollo integral de la región (GALLEGO, 1998).

En Castilla-La Mancha, BEA (2009) y MARTÍNEZ-VEGA (2008), mediante imágenes Landsat-TM, han realizado un seguimiento temporal del incremento de la superficie regada, evidenciando los problemas ambientales (sobreexplotación del acuífero de La Mancha Occidental,

desección de los humedales relacionados con Las Tablas de Daimiel, combustión espontánea de turberas, etc.) ocasionados por este insostenible modelo de desarrollo.

En Andalucía, entre otras aplicaciones de la teledetección, queremos resaltar el seguimiento de sequías mediante satélite, en el contexto de la Red de Información Ambiental de Andalucía. Utilizando imágenes de muy alta resolución espacial se pretende realizar un seguimiento del estado de piscinas, jardines y campos de golf en el sector occidental de la Costa del Sol y en el área metropolitana de Málaga, con objeto de estimar los recursos hídricos gastados en estos usos y ayudar en la gestión del agua en esta zona vulnerable.

Además de estos trabajos institucionales, en su mayor parte, a continuación citaremos algunos trabajos recientes relacionados con la planificación sectorial, a escala regional.

En el ámbito de la planificación forestal, los mapas de ocupación y uso del suelo, derivados de las imágenes de satélite, son fundamentales para la identificación de áreas prioritarias para la restauración forestal (ORSI, 2010) y para hacer un seguimiento de los procesos de deforestación que afectan a extensas áreas, de gran valor ecológico, en las selvas ecuatoriales y tropicales (ZELEDON, 2009).

Otros trabajos modelan el riesgo de incendios forestales a escala regional en España, desde un enfoque integrado (CHUVIECO, 2010). Entre otros componentes del modelo, se presta especial atención a la humedad del combustible vivo, estimado a partir de compuestos de 8 días con imágenes de satélite. La cartografía de riesgo de incendio, actualizada cada 8 días, es puesta a disposición de los responsables de la gestión forestal a través de servicios *web-mapping* para facilitar su toma de decisiones sobre el terreno.

En los últimos años, los gestores del territorio prestan mucha atención a la planificación del paisaje, entendiendo que el mantenimiento de la actual biodiversidad de las áreas protegidas depende de la calidad del paisaje de las zonas que rodean a aquéllas. SVANCARA (2009) evalúa el riesgo de conversión/conservación de las áreas que envuelven a los espacios protegidos de Estados Unidos, considerando, entre otros, datos socioeconómicos y de satélite. En la misma línea, PINO (2000) utiliza imágenes *Landsat-TM* para estudiar el papel complementario de las áreas rurales, situadas entre parques naturales, en la conservación de la riqueza de especies de aves.

También, las imágenes de satélite son usadas para crear modelos de hábitats potenciales de determinadas especies protegidas de fauna (RUBINO, 2003) y flora, a escala regional. Debido a la diversidad de plataformas y sensores, la teledetección es una tecnología idónea para el seguimiento de los hábitats singulares a diversas escalas, desde la local hasta la paneuropea (WEIERS, 2004).

Con el propósito de implementar los principios de la Directiva Marco del Agua y de integrar la planificación hidrológica y la planificación regional, GRINDLAY (2010) utiliza una serie temporal de imágenes Landsat para evaluar la expansión del regadío en la semiárida cuenca del Segura. Pretenden sensibilizar a los responsables de la gestión del agua de la cuenca, por una parte, y a los responsables municipales, por otra, para que definan planes urbanísticos acordes a la disponibilidad de agua, aplicando principios de sostenibilidad.

En el ámbito de la planificación estratégica del territorio y, en concreto, de la planificación energética, hay distintos trabajos que muestran el interés de las imágenes de satélite y de los datos derivados (mapas de ocupación y usos del suelo, mapas de temperaturas de superficie, de rugosidad del terreno, radiación solar, etc.) para evaluar el potencial de las energías renovables, en general (BELMONTE, 2009), ya sea solar, eólica o la hidroeléctrica, y de alguna energía renovable particular como la biomasa agrícola y forestal (BECCALI, 2009; FROMBO, 2009).

Como mencionamos anteriormente, la teledetección es una técnica idónea por el recubrimiento global de los satélites. En este nivel, hemos mencionado antes algunos proyectos, de alcance e interés global, relacionados con la cobertura de ocupación y usos del suelo (*Global Land Cover Facility* y proyecto *LUCC*, *Land Use and Cover Change*, <http://www.ihdp.uni-bonn.de/html/projects/i-lucc.html>), en los que las imágenes de satélite son protagonistas. Sin embargo, su aplicación en la ordenación del territorio, a escala global, se encuentra un tanto limitada, ya que las competencias en esta materia las ostentan las autoridades locales, regionales y nacionales. Los organismos internacionales (Naciones Unidas, por ejemplo) recomiendan pero sus decisiones, en materia de ordenación territorial, no tienen un carácter vinculante. Tan sólo la Unión Europea tiene un estatus supranacional y sus directivas tienen un carácter vinculante para los estados miembros,

obligados a transponer aquéllas a sus ordenamientos jurídicos. Las directivas marco sobre agua y aire tienen capacidad para reorientar políticas sectoriales o integradas con repercusiones sobre la ordenación del territorio. En el ámbito geográfico de la Unión, el mapa *CORINE-Land Cover* (<http://www.eea.europa.eu/publications/COR0-landcover>), generado y actualizado a partir de imágenes de satélite, es una herramienta básica para las políticas europeas y también lo es para la toma de decisiones de los gestores regionales y nacionales.

Otros trabajos recientes poseen un objetivo global. El proyecto *FIREGLOBE* (<http://www.fireglobe.es/>) está aplicando la metodología de CHUVIECO (2010) a escala nacional, en España, y global. Como ya vimos, el estado hídrico del combustible es calculado a partir de compuestos de imágenes de satélite.

En resumen, este repaso evidencia la operatividad y el interés de la teledetección en el contexto de la ordenación territorial desde un punto de vista integrado y sectorial y desde una perspectiva multiescalar.

## 5. Bibliografía

- ABDALATI, W. & H. J. ZWALLY & R. BINDSCHADLER & B. CSATHO & S. L. FARREL & H. A. FRICKER & D. HARDING & R. KWOK & M. LEFSKY & T. MARKUS & A. MARSHAK & T. NEUMANN & S. PALM & R. SCHUTZ & B. SMITH & J. SPINHIRNE & C. WEBB (2010): "The ICESat-2 Laser Altimetry Mission", *Proceedings of the IEEE*, 98: 735-751.
- AGÜERA, F. & J. G. LIU (2009): "Automatic greenhouse delineation from QuickBird and Ikonos satellite images", *Computers and Electronics in Agriculture*, 66: 191-200.
- BEA, M. & S. MONTESINOS & C. MORUGÁN & S. MORALEDA (2009): "Análisis comparativo de las superficies regadas en los acuíferos del Campo de Montiel y La Mancha Occidental en el periodo 2004-2008", en *Teledetección: Agua y desarrollo sostenible. XIII Congreso Nacional de la Asociación Española de Teledetección*, Calatayud: 141-144. <http://www.aet.org.es/congresos/xiii/cal36.pdf>
- BECCALI, M. & P. COLUMBA & V. D'ALBERTI & V. FRANZITTA (2009): "Assessment of bioenergy potential in Sicily: a GIS-based support methodology", *Biomass & Bioenergy*, 33: 79-87.
- BELMONTE, S. & V. NÚÑEZ & J.G. VIRAMONTE & J. FRANCO (2009): "Potential renewable energy resources of the Lerma valley, Salta, Argentina for its strategic territorial planning", *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 13: 1475-1484.
- BRANDTBERG, T. (2007): "Classifying individual tree species under leaf-off and leaf-on conditions using airborne LiDAR", *ISPRS Journal of Photogrammetry and Remote Sensing*, 61: 325-340.
- BURRIEL J. A. & J. J. IBÁÑEZ, (2004): "Actualización del mapa de cubiertas del suelo de Cataluña: aportaciones a la cartografía detallada del territorio catalán", en *El empleo de los SIG y la teledetección en planificación territorial*, 333-342, AGE-Universidad de Murcia, Murcia.
- CHUVIECO, E. (2008): *Teledetección ambiental. La observación de la Tierra desde el Espacio*, Ariel, Barcelona.
- CHUVIECO, E. & I. AGUADO & M. YEBRA & H. NIETO & J. SALAS & M. P. MARTÍN & L. VILAR & J. MARTÍNEZ-VEGA & S. MARTÍN & P. IBARRA & J. DE LA RIVA & J. BAEZA & F. RODRÍGUEZ & J. R. MOLINA & M. A. HERRERA & R. ZAMORA (2010): "Development of a framework for fire danger assessment using Remote Sensing and Geographic Information System technologies", *Ecological Modelling*, 221: 46-58.
- COLOSI, F. & G. FANGI & R. GABRIELLI & R. ORAZI & A. ANGELINI & C. A. BOZZI (2009): "Planning the Archaeological Park of Chan Chan (Peru) by means of satellite images, GIS and photogrammetry", *Journal of Cultural Heritage*, 10S: e27-e34.
- FROMBO, F. & R. MINCIARDI & M. ROBBA & F. ROSSO & R. SACILE (2009): "Planning woody biomass logistics for energy production: a strategic decision model", *Biomass & Bioenergy*, 33: 372-383.
- GALLEGOS, M. & F. FANEGO & F. GARCÍA PAZOS (1998): "Intergraph-SITGA: El Sistema de Información Territorial de Galicia", *Mapping*, 49. [http://www.mappinginteractivo.com/plantilla-ante.asp?id\\_articulo=493](http://www.mappinginteractivo.com/plantilla-ante.asp?id_articulo=493)
- GANGAI, I. P. D. & S. RAMACHANDRAN (2010): "The role of spatial planning in coastal management. A case study of Tuticorin coast (India)", *Land Use Policy*, 27: 518-534.
- GRINDLAY, A. L. & M. ZAMORANO & M. I. RODRÍGUEZ & E. MOLERO & M. A. URREA (2010): "Implementation of the European Water Framework Directive: integration of hydrological and regional planning at the Segura river basin, southeast Spain", *Land Use Policy*, doi: 10.1016/j.landusepol.2010.06.005
- HOLMGREN, J. (2004): "Prediction of Tree Height, Basal Area and Stem Volume in Forest Stands Using Airborne Laser Scanning", *Scandinavian Journal of Forest Research*, 19: 543-553.
- HOPKINSON, C. & L. CHASMER (2009): "Testing LiDAR models of fractional cover across multiple forest ecozones", *Remote Sensing of Environment*, 113: 275-288.
- HÖRING, B. & F. KÜHN & F. OSCHÜTZ & F. LEHMANN (2001): "HyMap hyperspectral remote sensing to detect hydrocarbons", *International Journal of Remote Sensing*, 22: 1413-1422.
- IRISH, J. L. & T. E. WHITE (1998): "Coastal engineering applications of high-resolution LiDAR bathymetry", *Coastal Engineering*, 35: 47-71.
- KOPONEN, S. & J. PULLIAINEN & K. KALLIO & M. HALLIKAINEN (2002): "Lake water quality classification

- tion with airborne hyperspectral spectrometer and simulated MERIS data", *Remote Sensing of Environment*, 79: 51-59.
- KRAMER, H. J. (2002): *Observation of the Earth and its environment. Survey of missions and sensors*, Springer, Nueva York.
- MARTÍNEZ, S. & P. RAMIL & E. CHUVIECO (2010): "Monitoring loss and biodiversity in cultural landscapes. New methodology based on satellite data", *Landscape and Urban Planning*, 94: 127-140.
- MARTÍNEZ VEGA, J. & P. ECHAVARRÍA (2008): "Detec-  
ción de cambios en la ocupación del suelo y sus  
impactos ambientales sobre los ecosistemas  
acuáticos: el caso de La Mancha Occidental (Es-  
paña Central)", en *España y el Mediterráneo: una  
reflexión desde la Geografía española. Aporta-  
ción Española al 31.º Congreso Internacional de  
la Unión Geográfica Internacional*, Real Sociedad  
Geográfica-AGE-Instituto Geográfico Nacional,  
Madrid, 25 pp.
- MAAS, H. G. & G. VOSSELMAN (1999): "Two algorithms  
for extracting buildings models from raw laser alti-  
metry data", *ISPRS Journal of Photogrammetry  
and Remote Sensing*, 54: 153-163.
- NÆSSET, E. & T. GOBAKKEN & J. HOLMGREN & H.  
HYYPÄ & J. M. M. HYYPÄ & M. NILSSON & H.  
OLSSON & A. PERSSON & U. SÖDERMAN (2004):  
"Laser scanning of forest resources: The Nordic  
experience", *Scandinavian Journal of Forest  
Research*, 19: 482-499.
- NELSON, R. (2010): "Model effects on GLAS-based  
regional estimates of forest biomass and carbon",  
*International Journal of Remote Sensing*, 31:  
1359-1372.
- ORSI, F. & D. GENELETTI (2010): "Identifying priority  
areas for forest landscape restoration in Chiapas  
(Mexico): an operational approach combining  
ecological and socioeconomic criteria", *Landsca-  
pe and Urban Planning*, 94: 20-30.
- PATEL, N. K. & C. PATNAIK & S. DUTTA & A. M. SHEKH  
& A. J. DAVE (2001): "Study of crop growth para-  
meters using airborne imaging spectrometer  
data", *International Journal of Remote Sensing*,  
22: 2401-2411.
- PÉREZ CUTILLAS, P. & J. C. GONZÁLEZ ROJAS & J. A.  
PALAZÓN (2004): "La teledetección en la planifica-  
ción territorial. Aplicación de técnicas de  
clasificación para la elaboración de cartografía de  
los usos del suelo", en *El empleo de los SIG y la  
teledetección en planificación territorial*, AGE-  
Universidad de Murcia, Murcia, 2004: 27-41.
- PINO, J. & R. RODÀ & J. RIBAS & X. PONS (2000):  
"Landscape structure and bird species richness:  
implications for conservation in rural areas be-  
tween natural parks", *Landscape and Urban Plan-  
ning*, 49: 35-48.
- RIAÑO, D. & E. MEIER & B. ALLGOWER & E. CHUVIECO  
& S. L. USTIN (2003): "Modeling airborne laser  
scanning data for the spatial generation of critical  
forest parameters in fire behavior modeling", *Re-  
mote Sensing of Environment*, 86: 177-186.
- RUBINO, M. J. & G. R. HESS (2003): "Planning open  
spaces for wildlife 2: modelling and verifying focal  
species habitat", *Landscape and Urban Planning*,  
64: 89-104.
- SAMPSON, P. H. & P. J. ZARCO-TEJADA & G. H. MOHA-  
MMED & J. R. MILLER & T. L. NOLAND (2003): "Hy-  
perspectral remote sensing of forest condition:  
estimating chlorophyll content in tolerant hard-  
woods", *Forest Science*, 49: 381-391.
- SVANCARA, L. K. & J. M. SCOTT & T. R. LOVELAND &  
A. B. PIDGORMA (2009): "Assessing the landscape  
context and conversion risk of protected areas  
using satellite data products", *Remote Sensing of  
Environment*, 113: 1357-1369.
- TAPIADOR, F. J. & J. L. CASANOVA (2001): "Aplicacio-  
nes de la fusión de datos en la ordenación terri-  
torial", en *IX Congreso Nacional de Teledetección:  
Teledetección, Medio Ambiente y Cambio Global*,  
Asociación Española de Teledetección, Lleida:  
508-511. <http://www.aet.org.es/congresos/ix/Lleida111.pdf>
- THENKABAIL, P. & R. SMITH & E. DEPAUW (2002):  
"Evaluation of narrowband and broadband vegeta-  
tion indices for determining optimal hyperspec-  
tral wavebands for agricultural crop  
characterization", *Photogrammetric Engineering  
and Remote Sensing*, 68: 607-621.
- WEHR, A. & U. LOHR (1999): "Airborne laser scan-  
ning: an introduction and overview", *ISPRS Jour-  
nal of Photogrammetry & Remote Sensing*, 54:  
68-82.
- WEIERS, S. & M. BOCK & M. WISSEN & G. ROSSNER  
(2004): "Mapping and indicator approaches for  
the assessment of habitats at different scales  
using remote sensing and GIS methods", *Lands-  
cape and Urban Planning*, 67: 43-65.
- WILLIAMS, D. J. & N. B. RYBICKI & A. V. LOMBANA & T.  
M. O'BRIEN & R. B. GÓMEZ (2003): "Preliminary  
investigation of submerged aquatic vegetation  
mapping using hyperspectral remote sensing",  
*Environmental Monitoring and Assessment*, 81:  
383-392.
- YOU, S. & J. HU & U. NEUMANN & P. FOX (2003):  
"Urban Site Modeling From LiDAR", *Second Inter-  
national Workshop on Computer Graphics and  
Geometric Modeling CGGM'2003*, Montreal, Ca-  
nadá.
- ZHAO, K. & S. POPESCU (2009): "LiDAR-based map-  
ping of leaf area index and its use for validating  
GLOBCARBON satellite LAI product in a tem-  
perate forest of the southern USA", *Remote Sensing  
of Environment*, 113: 1628-1645.
- ZELEDON, E. & N. M. KELLY (2009): "Understanding  
large-scale deforestation in southern Jinotega, Ni-  
caragua from 1978 to 1999 through the examina-  
tion of changes in land use and land cover", *Journal  
of Environmental Management*, 90: 2866-2872.

# Breve presentación de los sistemas de información nacionales y autonómicos

M. D. AGUADO FERNÁNDEZ

Subdirectora General de Política de Suelo

**RESUMEN:** En la década de los ochenta, ante la necesidad de una cartografía al servicio de determinadas políticas públicas, surgen los SIG; programas informáticos orientados a la gestión de datos espaciales georreferenciados. Son herramientas que permiten a los usuarios crear consultas interactivas, analizar la información espacial, editar datos, mapas y presentar los resultados de estas operaciones. De forma resumida, podemos distinguir entre aquellos que van dirigidos a *usuarios especializados*, como es el caso del Sistema Automático de Información Hidrológica, o bien, aquellos dirigidos a diferentes perfiles de usuarios, teniendo muy presentes a los *ciudadanos* (usuarios no especializados) como es el caso del SIG Catastral. Las CCAA también han ido creando sus propios sistemas de difusión de planeamiento, aunque con cierta falta de homogeneidad lo que dificulta una visión de conjunto. Nace así el SIU como respuesta a la necesidad de crear un *SIG Nacional*, sistema público general e integrado de información sobre suelo y urbanismo.

**DESCRIPTORES:** Sistemas de Información Geográfica. Sistema de Información Urbana (SIU). España.

## 1. Nacimiento y profusión de los Sistemas de Información Geográfica

Los Sistemas de Información Geográfica (SIG) se han convertido en los últimos años en herramientas muy utilizadas, tanto que, podríamos afirmar que es difícil conocer cuantos existen en nuestro territorio. Y todo ello ha ocurrido en un periodo de tiempo, históricamente muy corto, pero en el que los avances tecnológicos han propiciado un cambio sustancial tanto en su configuración, como en su utilización.

Es a finales de los setenta cuando comienzan a aparecer una serie de programas informáticos orientados a la gestión de datos espacia-

les georreferenciados. Pero, es en la década de los ochenta y, más bien a finales de la misma, cuando las necesidades de cartografía para proyectar, realizar y gestionar determinadas políticas públicas ponen en evidencia la obsolescencia de un modelo. La cartografía convencional o realizada por procedimientos analógicos es costosa, se desactualiza con rapidez, dificulta el conocimiento del territorio continuo... Y mientras, los avances tecnológicos han conseguido ofrecer productos cada vez más potentes y fiables.

Aunque pudiera parecer innecesario definir que es un SIG en estos momentos, sí es necesario hacer una breve referencia que ayude a comprender porqué figuran en este número monográfico unos determinados.

Varios autores coinciden en que, en las definiciones, se puede (y se suele) hacer un mayor hincapié en alguno de los tres siguientes aspectos, todos ellos importantes en un SIG: disciplina, proyecto y software. Las definiciones podrían pues, ser distinguidas como globales, funcionales o tecnológicas.

Deteniéndonos en las globales, se han seleccionado las dos que figuran a continuación por la siguiente razón: la primera que se incluye es, probablemente, la más citada en artículos, libros, páginas web, etc., y la segunda, incorpora, a nuestro entender, un elemento fundamental como es el usuario.

- Un sistema de hardware, software y procedimientos diseñados para soportar la captura, gestión, manipulación, análisis, modelado y visualización de datos espacialmente-referenciados para resolver problemas complejos de planeamiento y gestión.
- Un Sistema de Información Geográfica es una integración organizada de hardware, software y datos geográficos diseñado para capturar, almacenar, manipular, analizar y desplegar en todas sus formas la información geográficamente referenciada con el fin de resolver problemas complejos de planificación y gestión. También puede definirse como un modelo de una parte de la realidad referido a un sistema de coordenadas terrestre y construido para satisfacer unas necesidades concretas de información. En el sentido más estricto, es cualquier sistema de información capaz de integrar, almacenar, editar, analizar, compartir y mostrar la información geográficamente referenciada. En un sentido más genérico, los SIG son herramientas que permiten a los usuarios crear consultas interactivas, analizar la información espacial, editar datos, mapas y presentar los resultados de todas estas operaciones.

Conforme a estas dos definiciones podríamos establecer una primera distinción entre sistemas: en unos casos son instrumentos fundamentalmente pensados para el planificador, gestor o responsable de un proyecto. Su información puede hacerse pública pero sus usuarios son, necesariamente, especialistas internos. Podríamos encontrar múltiples ejemplos de ellos, desde los que no hacen públicos los datos pero, son utilizados para el trabajo de los "especialistas" hasta los que al hacer públicos los datos prestan un servicio que puede llegar a ser de gran importancia pero no tuvieron al ciudadano como referente en su diseño. Un ejemplo de estos últimos podría ser el Sistema Automático de Información Hidrológica concebi-

do para prever inundaciones, localizar las zonas con mayores riesgos, etc. En otros casos, los usuarios toman un mayor protagonismo y, además, pueden presentar perfiles muy diferenciados. Un ejemplo muy claro de éstos es el SIG catastral. Un objetivo muy importante era facilitar determinadas tareas a los ciudadanos, desde la solicitud de una certificación relativa a sus bienes inmuebles, hasta el cumplimiento de determinadas obligaciones.

Vemos pues, que aún incorporando a los usuarios en la definición es necesario hacer una división entre los mismos y la generalmente aceptada es la división entre usuarios especializados y no especializados incluyendo en el grupo de no especializados al ciudadano. El protagonismo de unos y otros será diferente en función de los objetivos del Sistema pero, siempre es necesario tener presente que para que el ciudadano se convierta realmente en usuario, el Sistema debe ser "amigable".

En definitiva, el territorio puede ser observado de múltiples formas y de cada una se puede conseguir una gran información. Seleccionar la más adecuada a los objetivos perseguidos, organizarla, añadir información adicional no estrictamente territorial o geográfica, serán decisiones necesarias a tomar en el camino de su configuración pero, *siempre será necesaria una información geográfica que supone importantes costes y que necesita de una cuasi permanente actualización*.

El alto coste de la obtención de la información y de su mantenimiento ha llevado al fracaso muchos proyectos. Esto, unido al enorme potencial que ofrecen actualmente las redes de comunicación y en particular Internet llevó a la UE a la definición de unas normas y recomendaciones que derivaron en la Directiva INSPIRE cuyo objetivo principal es la creación de una Infraestructura de Datos Espaciales Europea.

## 2. El futuro inmediato

Son muchos los proyectos que ya venían incorporando las recomendaciones de INSPIRE pero, ha llegado el momento de la transposición de determinados preceptos a nuestro ordenamiento jurídico. Ese es el objetivo de la Ley sobre las Infraestructuras y los Servicios Públicos de Información Geográfica actualmente en tramitación parlamentaria (en la fecha de redacción del artículo, hoy Ley 14/2010, de 5 de julio. BOE 6 de julio de 2010). Destaquemos algunos párrafos que figuran en la Exposición de Motivos del Proyecto de Ley:

"La posibilidad de acceso a la información geográfica generada por las instancias públicas es algo habitual a través de los distintos sitios y portales habilitados por diversos agentes en la Red Internet, pero la posibilidad de manejar conjuntamente información geográfica generada y distribuida por tales agentes requería, hasta ahora, la integración de las distintas informaciones geográficas en el sistema de información geográfica del propio usuario o de un integrador especializado, lo que conllevaría, en general, complejos y costosos procesos de transformación, armonización e integración de datos."

"Una infraestructura de información geográfica es una estructura virtual en red integrada por datos geográficos, y por lo tanto georreferenciados, y servicios interoperables de información geográfica distribuidos en diferentes sistemas de información bajo la responsabilidad y gestión de distintas instancias, del sector público o privado, que es accesible vía Internet con un mínimo de protocolos y especificaciones normalizadas, que se establecen con la finalidad de facilitar el acceso a todos esos datos y, lo que es más importante, de posibilitar el acceso encadenado a los servicios interoperables basados en la información geográfica, de forma integrada, para conseguir una información más completa y útil que cuando se maneja separadamente la de cada agente."

"Teniendo en cuenta la diversidad de situaciones existentes en los distintos países miembros de la Unión Europea, el Parlamento y el Consejo consideran necesario establecer un cierto grado de coordinación entre los usuarios y proveedores de la información, de manera que puedan combinarse información y conocimientos procedentes de diferentes sectores.

En este sentido, han considerado que los problemas relativos a la disponibilidad, calidad, organización, accesibilidad y puesta en común de información geográfica son comunes a un gran número de políticas y de temáticas, y se hacen sentir en los diferentes niveles de la autoridad pública; y la forma de resolver estos problemas pasa por adoptar medidas que atiendan al intercambio, puesta en común, acceso y utilización de datos geográficos y de servicios interoperables de información geográfica, medidas todas ellas que conciernen a los diferentes niveles de la autoridad pública."

Esperamos, pues, que el futuro inmediato sea disponer todos de mayor información territorial a menor costo y todo ello por el simple hecho de compartirlo.

Los dos sistemas nacionales tratados en este número nacieron *creyéndose INSPIRE* y con vocación de compartir. De ellos, especialmente

del catastral, hemos aprendido y nos ha servido de inspiración para el SIU y, no solamente porque la Disposición adicional primera de la Ley de Suelo así lo estableciera, si no, por convencimiento propio. Además, en los dos, el "usuario no especializado" ha sido figura relevante y facilitarle determinadas tareas, un objetivo prioritario. Claro está que, ello redundaba en facilitar también las tareas a la propia administración y en ello está el mayor éxito: menos colas, menos tiempo y personal en atención al público, menos trámites administrativos...

Pero, curiosamente, la ordenación del territorio y el urbanismo han sido materias olvidadas en el ámbito nacional de los SIG. Y no resulta válido el argumento de la ausencia de competencia de la administración central en las materias citadas porque, si hablamos de *territorio*, precisamente la concurrencia de competencias de los tres niveles de administración aconsejaría un SIG nacional.

### 3. Los SIG como instrumentos para una nueva cultura del territorio

En esta necesidad de un instrumento *para todos*, como en otras materias, Javier García Bellido fue un visionario e intentó, con tesón, la difusión del programa HIPÓDAMOS,

"basado en un SIG catastral sobre el que se proyecta la información geométrica y las bases de datos por capas y atributos de cualquier escala de planeamiento urbanístico municipal, permitiendo su gestión y seguimiento continuos, con todo tipo de información registral, urbanística y catastral hasta el nivel de subparcela urbanística y emisión de cédulas, cuadros y estados de planeamiento y su desarrollo." GARCÍA-BELLIDO & al. (2000).

No consiguió lo que pretendía. Mientras, algunas Comunidades Autónomas iban avanzando en proyectos orientados a difundir el planeamiento. No todos eran SIG, no todos eran capaces de "comunicarse" con otros sistemas,... En definitiva, ausencia de homogeneidad que dificultaba o, directamente, impedía una visión de conjunto.

En julio de 2004, el Real Decreto que desarrolló la estructura orgánica básica del Ministerio de Vivienda recoge, como una de las funciones de la, entonces, Dirección General de Urbanismo y Política de Suelo:

"El diseño, la creación y el mantenimiento de un sistema de información urbana, para la reco-

gida y tratamiento de datos estadísticos sobre urbanismo y suelo, en la totalidad del territorio nacional".

Germen de lo que, posteriormente, sería el contenido de la Disposición adicional primera de la Ley 8/2007, de 28 de mayo, de Suelo. En ese mismo año, de nuevo, Javier García Bellido se *adelanta* y publica en esta revista un editorial bajo el título "Y, cuando se acabe el suelo de los municipios... ¿qué hacer?", texto considerado premonitorio para lo que, dos años después, sería el Manifiesto por una nueva cultura del Territorio. No me resisto a citar dos breves párrafos del texto:

"Ahora la visión global regional es más que útil o necesaria, es vital, es urgente e irrenunciable, si queremos sobrevivir a la saturación irreversible de todo lo que rodea a las grandes áreas metropolitanas. El espacio metropolitano disponible se acaba."

"El municipio, el ámbito local se ahoga, se acaba en las dinámicas de globalización del siglo XXI y es necesario pensar el territorio ya desde esa globalidad comarcal, subregional o regional." GARCÍA-BELLIDO (2004).

El comienzo de un nuevo siglo invita a reflexionar sobre lo acontecido en el anterior y si observamos lo ocurrido en la segunda mitad del siglo XX conoceremos que fue el periodo en el que se produjo un mayor desarrollo urbanístico en todo el mundo. La población urbana se multiplicó por tres llegando a representar el 50% de la población mundial, fenómeno que continua y que supondrá que en 2050 el citado porcentaje se eleve al 70%.

El desarrollo urbano sostenible comienza, asimismo, a ser motivo de preocupación e interés en la Unión Europea. Una primera fecha relevante es marzo de 2000 cuando se aprueba la Estrategia de Lisboa. Comienzan a cuestionarse determinadas formas de desarrollo urbano y en 2005 se revisa la Estrategia para un desarrollo sostenible.

El Marco de Actuación para el Desarrollo Urbano Sostenible en la Unión Europea va dirigido a coordinar y orientar mejor la intervención comunitaria en los problemas urbanos y se organiza en torno a cuatro objetivos de actuación independientes, una vez que se apuesta por un determinado modelo de ciudad: la ciudad compacta, con mixtura de usos, destinando a nueva urbanización únicamente el suelo idó-

neo, necesario y suficiente para atender a las demandas sociales.

En mayo de 2006 se firma el Manifiesto por una nueva cultura del territorio<sup>1</sup> que anteriormente hemos citado y en el que se menciona que:

"la práctica del urbanismo ha devenido demasiado a menudo sinónimo de opacidad, de "mala política" y aún de corrupción".

Coinciendo con el arquitecto Charles Correa que afirma que:

"lo peor del urbanismo actual es que el poder político utiliza suelo urbano para financiarse".

La importancia del planeamiento aparece en tres (números 5, 6 y 7) de los diez principios:

5. El planeamiento territorial y urbanístico es un instrumento esencial para la actuación de los poderes públicos.
6. El planeamiento municipal debe tener como principal objetivo facilitar el acceso a la vivienda,
7. El planeamiento territorial debe proveer acuerdos básicos sobre el trazado de las infraestructuras, el desarrollo de los asentamientos y el sistema de los espacios abiertos.

La crisis de 2008 motiva que los promotores del Manifiesto ratifiquen posturas en el documento "Territorio, Urbanismo y Crisis" de febrero de 2009 y subrayan que:

"Sobre las Comunidades Autónomas, por su capacidad para elaborar instrumentos reguladores supramunicipales, recae en el momento actual la mayor responsabilidad en beneficio de los intereses generales; especialmente para controlar un urbanismo excesivamente localista y tergiversado por la obtención de recursos económicos inmediatos".

La tradición y evolución de otros trabajos que habíamos venido realizando, especialmente el Atlas Estadístico de Áreas Urbanas, nos llevaron a enfocar el diseño del prototipo del SIU teniendo muy presente que debía servir a distintas políticas públicas y por ello:

- La información a incorporar al Sistema debía facilitar al ciudadano su participación en la toma de decisiones en relación con el ur-

<sup>1</sup> <http://nuevaculturadelterritorio.files.wordpress.com/2008/05/manifiesto-por-una-nueva-cultura-del-territorio.pdf>

banismo. Por tanto, la accesibilidad y facilidad de manejo tenían que estar garantizadas.

- Tendría que permitir tender hacia un modelo que permitiera análisis supramunicipales. El análisis a nivel municipal es, hoy en día, insuficiente si observamos como se ha desarrollado el territorio en los últimos años y los entornos donde se concentra la población. Es necesario definir unos indicadores de desarrollo territorial y urbano sostenible y para ello hay que ir más allá del estricto término municipal.
- Además, el sistema debía estar coordinado con el resto de los sistemas de información territorial existentes en España, garantizando la compatibilidad tecnológica y temática, especialmente porque el Sistema nacional necesita la colaboración de las administraciones territoriales competentes en materia de urbanismo.

#### 4. Bibliografía

GARCÍA-BELLIDO GARCÍA DE DIEGO, J. & R. SANTOS DIEZ & M. ÁLVAREZ ARENAS (2000): "Simulación del diseño y la gestión del planeamiento urbanístico en

Este Sistema está basado en variables estadísticas sociodemográficas e información cartográfica que permite consultar y conocer la realidad urbana y territorial del país, que puede servir como soporte para la elaboración de informes y para los procesos de toma de decisiones en la aplicación de políticas activas de vivienda y suelo. Como la mayoría de los SIG, no puede considerarse un modelo cerrado que únicamente precisa, para completarse, la incorporación de todos los municipios con algún tipo de planeamiento y el mantenimiento de la información. Es un modelo abierto a la incorporación de nueva información relacionada con el territorio como es la relacionada con la sostenibilidad de los desarrollos, tarea en la que actualmente estamos embarcados paralelamente con la de incorporar el mayor número de municipios posible y en las que lograremos importantes avances por la extraordinaria colaboración que nos están prestando las Comunidades Autónomas.

el programa *Hipódamos*®, CyTET, 124: 209-246.  
 GARCÍA-BELLIDO, J. (2004): "Y, cuando se acabe el suelo de los municipios... ¿qué hacer?", CyTET, 139: 5-13.



# El Sistema de Información Urbana

E. LÓPEZ ROMERO & M. BAIGET LLOMPART & M. I. MADURGA CHORNET

Subdirección General de Política de Suelo. Dirección General de Suelo y Políticas Urbanas

**RESUMEN:** El artículo describe los objetivos, la estructura y contenidos así como las bases tecnológicas del Sistema de Información Urbana (SIU) del Ministerio de Vivienda, cuya razón de ser es promover la máxima transparencia en suelo y urbanismo en España sobre la base de la coordinación y complementación con las Administraciones Públicas y asegurando la compatibilidad con el resto de sistemas de información. La máxima transparencia se persigue ofreciendo información comparable y homogénea de los instrumentos de ordenación urbanística, lo que permite alcanzar un entendimiento global de la realidad de nuestras ciudades y territorio, pero también de sus previsiones de crecimiento y transformación. La coordinación y complementación con las administraciones competentes se consigue, con carácter general, a través del Grupo de Trabajo del SIU, como punto de encuentro para avanzar en los aspectos tecnológicos y temáticos y, con carácter específico y adaptado a la situación y características de cada Comunidad Autónoma, a través de la suscripción de Convenios de Colaboración para el desarrollo del SIU. Finalmente, la compatibilidad con el resto de sistemas de información se apoya en el uso de estándares tecnológicos comunes y en el espíritu marcado por la Directiva europea INSPIRE, reforzado especialmente en el ámbito urbanístico en su transposición al ordenamiento jurídico español, todo ello, con el objetivo de que el SIU avance hacia una auténtica infraestructura de datos espaciales urbanos.

**DESCRIPTORES:** Sistemas de Información Geográfica. Sistema de Información Urbana. Planeamiento. Urbanismo. Suelo

## 1. Introducción

Para describir adecuadamente el Sistema de Información Urbana parece necesario comenzar apuntando algunas de las características de una realidad española cada vez más urbana pero que, sin embargo, se despliega en un territorio diverso que continúa siendo predominantemente rural. Nuestra estructura municipal compuesta por más de 8.000 municipios, cuenta con casi 7.000 que tienen una población inferior

a los 5.000 habitantes. Además, pese a que a nivel nacional se ha producido un incremento de la población superior al 13 por ciento durante los primeros años de este siglo, prácticamente la mitad de los municipios españoles ha experimentado una disminución de la población, la mayoría de ellos, de carácter rural. Todo ello forma parte de un proceso de concentración de la población en áreas urbanas o metropolitanas que han aumentado en las últimas décadas tanto en número como en superficie y población<sup>1</sup>.

Recibido: 27.07.2010  
e-mail: elromero@fomento.es; mbaiget@vivienda.es;  
imadurga@mir.es

<sup>1</sup> La población que reside en grandes áreas urbanas se ha

incrementado un 23,4 por ciento en el periodo 1991-2009 (de 25,8 a 31,8 millones de habitantes), superior al incremento del 20,3 por ciento registrado por el conjunto de la población española en el mismo periodo (de 38,9 a 46,8 millones de habitantes).

En este contexto de continuo crecimiento de la población urbana, que debe entenderse como parte de un fenómeno global<sup>2</sup>, se aprobó la Ley 8/2007, de 28 de mayo, de Suelo, cuya Disposición Adicional Primera, “Sistema de Información Urbana”, establece que:

“Con el fin de promover la transparencia, la Administración General del Estado, en colaboración con las Comunidades Autónomas, definirá y promoverá la aplicación de aquellos criterios y principios básicos que posibiliten, desde la coordinación y complementación con las administraciones competentes en la materia, la formación y actualización permanente de un sistema público general e integrado de información sobre suelo y urbanismo, procurando, asimismo, la compatibilidad y coordinación con el resto de sistemas de información y, en particular, con el Catastro Inmobiliario.”

A través de esta disposición, posteriormente recogida en el Texto Refundido de la Ley de Suelo (TRLs), aprobado por Real Decreto Legislativo 2/2008, de 20 de junio, se sientan las bases del Sistema de Información Urbana, en adelante, SIU.

## 2. Principales objetivos

Sobre la base del contenido de esta disposición legal, se pueden desarrollar los cinco grandes objetivos del SIU:

**Primero. Asegurar la máxima transparencia en suelo y urbanismo.** El principal objetivo y la razón de ser del SIU es *promover la transparencia* a través de un sistema de información sobre suelo y urbanismo que, tratando de avanzar hacia un conocimiento preciso y actual del fenómeno urbano y territorial y considerando las principales determinaciones de los instrumentos de ordenación, ponga tal información al servicio de todos los agentes implicados en el desarrollo urbano y a disposición del conjunto de los ciudadanos, utilizando para ello las posibilidades que ofrecen las nuevas tecnologías.

Este objetivo de la búsqueda de la transparencia a través de la puesta a disposición de información urbanística que es clave para hacer frente a la opacidad que en numerosas ocasiones ha caracterizado los procesos urbanísticos

—y que ha sido el germen y el caldo de cultivo de la corrupción urbanística—, facilitará en gran medida avanzar hacia una participación ciudadana real en todo el proceso de desarrollo urbano, para lo cual parece resultar imprescindible acercar a los ciudadanos unos instrumentos de planeamiento que de por sí son complejos, en buena medida, como resultado de reflejar la propia complejidad del modelo urbano y territorial y de los sistemas de gestión y ejecución urbanística.

En este punto puede ser oportuno recordar algunas de las medidas que introduce el TRLS para avanzar en esta misma línea<sup>3</sup>, entre las que puede destacarse la obligación de incluir entre la documentación expuesta al público en los procedimientos de aprobación o de alteración de instrumentos de ordenación urbanística, un resumen ejecutivo que detalle las principales implicaciones de la aprobación del nuevo instrumento, o el deber por parte de las Administraciones Públicas competentes de impulsar la publicidad telemática del contenido de los instrumentos de ordenación territorial y urbanística en vigor, así como del anuncio de su sometimiento a información pública.

Unas medidas que se ven complementadas con el SIU que, para la consecución del objetivo de transparencia, realiza un esfuerzo adicional de simplificación que facilita un entendimiento global de la realidad urbana y territorial así como de las principales previsiones de crecimiento y transformación establecidas en el planeamiento, homogeneizando determinados conceptos para evitar que las meras diferencias terminológicas o semánticas dificulten la lectura uniforme del territorio. En este sentido, el SIU se construye sobre la base del establecimiento de unas pautas de normalización y sistematización en torno a unos contenidos mínimos de carácter urbanístico que facilitan el acceso a la información urbana y territorial en unos términos homogéneos y comparables.

De esta manera, en cuanto infraestructura abierta a los ciudadanos y al ejercicio de sus actividades profesionales, para el desarrollo de las cuales en muchos casos es necesario disponer de la información más actual, homogénea y comparable acerca de las ciudades y del territorio, el SIU también puede entenderse

<sup>2</sup> En el informe “Estado de la Población Mundial 2007” del UNFPA, Fondo de las Naciones Unidas para la Población, se anuncia: “en 2008 el mundo alcanzará un hito invisible pero trascendental: por primera vez, más de la mitad de su población humana, 3.300 millones de

personas, vivirán en zonas urbanas. Se prevé que para 2030, esa cantidad habrá llegado a casi 5.000 millones.”

<sup>3</sup> Recogidas específicamente en el artículo 11, Publicidad y eficacia en la gestión pública urbanística, del TRLS.

como un instrumento para la mejora de la productividad de la economía, siendo de gran utilidad en muchos procesos de toma de decisiones, tanto para las Administraciones Públicas como para el sector privado.

**Segundo. Conocer el planeamiento en vigor.** El SIU debe facilitar el acceso a información actualizada acerca de los instrumentos de ordenación vigentes en cada término municipal. Esta información, junto con la relativa al contexto legislativo y normativo en materia de urbanismo y ordenación del territorio aplicable en cada ámbito territorial, permite una rápida selección de aquellos documentos de referencia a los que debe acudirse para conocer la realidad urbanística e interpretar adecuadamente sus determinaciones.

Pero además, el SIU debe facilitar el acceso al propio contenido de los instrumentos de planeamiento en vigor, incorporando sus principales determinaciones, considerando para ello todas aquellas modificaciones de planeamiento que puedan afectar a la vigencia de las mismas.

De esta manera, el SIU debe entenderse, en primer lugar, como una fuente de información urbanística homogeneizada del contenido de los diferentes instrumentos de planeamiento y, en segundo lugar, como una vía de acceso a los propios instrumentos de planeamiento en vigor para que, a través de los diferentes órganos competentes, pueda recabarse en caso necesario la información dotada de plena validez jurídica.

**Tercero. Conocer la disponibilidad de suelo y la evolución en su ocupación.** El artículo 2 del TRLS establece que:

“las políticas públicas relativas a la regulación, ordenación, ocupación, transformación y uso del suelo tienen como fin común la utilización de este recurso conforme al interés general y según el principio de desarrollo sostenible”.

De acuerdo con este principio, el SIU debe aportar información sobre el uso del suelo, entendido como un recurso natural, escaso y no renovable, y, en especial, sobre la disponibilidad de aquel suelo que el planeamiento ha considerado adecuado para su transformación a través de la urbanización y para el que ya ha establecido las condiciones para su desarrollo.

De esta manera, el SIU debe ofrecer, en primer lugar, una aproximación a un censo del suelo disponible, dentro de aquél ya clasificado urbanísticamente y programado para el desarrollo

urbano y, en segundo lugar, considerando la información relativa a la potencialidad edificatoria de este suelo, los usos y aprovechamientos previstos por el planeamiento, una estimación del censo de “techo disponible”, expresando la edificabilidad potencial del suelo disponible para cada uno de los principales usos.

Pero para cumplir adecuadamente con este objetivo, no basta con conocer el suelo que el planeamiento ha programado para una próxima transformación y sus principales determinaciones urbanísticas, sino que es preciso aproximarse a su realidad actual, conocer en qué grado de desarrollo se encuentra y en qué medida puede haber culminado el proceso de urbanización y edificación para quedar finalmente integrado en la malla urbana.

**Cuarto. Compatibilidad y coordinación con los sistemas de información.** El SIU debe buscar la máxima compatibilidad y desarrollarse de manera coordinada con los principales sistemas de información urbanística, y de modo especial, con aquellos que han sido implementados o en fase de desarrollo por parte de las administraciones autonómicas y que, en muchos casos, se han basado en rigurosos procesos e instrucciones de sistematización y normalización, que son imprescindibles cuando se pretende incorporar información urbanística en sistemas de información sujetos a una estructura de modelo de datos.

Ante este futuro escenario de diferentes sistemas de información urbanística normalizados y sistematizados de acuerdo con la respectiva legislación urbanística de aplicación, el SIU debe buscar las necesarias pasarelas de conversión e intercambio de información teniendo siempre presente, siguiendo el espíritu de la directiva INSPIRE, la necesidad de garantizar que el almacenamiento, disponibilidad y mantenimiento de la información urbanística se encuentre siempre en el nivel más adecuado, de tal manera:

- que sea posible combinar información urbanística de diversas fuentes y que ésta pueda ser compartida entre diferentes usuarios y aplicaciones;
- que sea posible que la información urbanística recogida a un determinado nivel de la autoridad pública sea compartida con otras autoridades públicas;
- que pueda darse difusión a la información urbanística en condiciones que no restrinjan indebidamente su utilización generalizada; y,
- que sea posible localizar la información urbanística disponible y evaluar su adecuación para un determinado propósito.

**Quinto. Coordinación y complementación con las administraciones competentes.** La citada Disposición Adicional Primera del TRLS señala que la formación y actualización permanente del SIU debe hacerse:

“desde la coordinación y complementación con las administraciones competentes en la materia”.

Si antes se señalaba que la búsqueda de la máxima transparencia en suelo y urbanismo constituye la razón de ser del SIU, esta coordinación y complementación con las actividades convergentes que se están desarrollando por parte de las diferentes Administraciones Públicas, evitando duplicidades y con un espíritu de colaboración activa, constituye su eje vertebrador, y el principal elemento para la consecución de este objetivo es el Grupo de Trabajo del SIU.

### 3. Estructura organizativa

#### 3.1. El Grupo de Trabajo del SIU

En el año 2008 la Dirección General de Suelo y Políticas Urbanas del Ministerio de Vivienda presentó un prototipo del SIU a los representantes de las distintas Comunidades Autónomas con responsabilidades en materia urbanística. La buena acogida que recibió dicho prototipo permitió la creación de un Grupo de Trabajo estructurado en dos áreas, una centrada en los aspectos temáticos y otra en los aspectos tecnológicos.

El principal objetivo del Grupo de Trabajo del SIU es el de facilitar la **cooperación y coordinación** de las administraciones competentes en la materia, así como favorecer la complementariedad de sus actividades, para avanzar hacia un acuerdo sobre unos **contenidos temáticos comunes** sobre la base de unos **estándares tecnológicos** que permitan el intercambio de información y la interoperabilidad entre sistemas. Además, el Grupo de Trabajo se crea, de manera adicional, para propiciar un punto de encuentro de los principales agentes implicados y lugar de intercambio de experiencias y de líneas de trabajo.

En el Grupo de Trabajo del SIU tienen representación los principales agentes públicos relacionados con el urbanismo: Administración General del Estado, además del propio Ministerio de Vivienda, representantes de la Dirección General del Catastro, del Instituto Geográfico Nacional, o de la entidad pública Red.es, repre-

sentantes de Comunidades Autónomas, de la Federación Española de Municipios y Provincias, así como representantes de otros organismos e instituciones relacionados con la materia, como el Observatorio de la Sostenibilidad en España o el Colegio de Registradores.

A lo largo de las diferentes reuniones del Grupo de Trabajo se han ido estudiando y debatiendo diferentes cuestiones en torno al avance del proyecto, acordando determinados aspectos, tanto en cuanto a contenidos como en materia tecnológica. Además, ha constituido una plataforma para la puesta en común y difusión de diferentes proyectos e iniciativas, y la presentación de novedades que han contribuido a favorecer el avance del proyecto y enriquecer las sesiones de trabajo.

#### 3.2. Convenios

Como se ha señalado anteriormente, la coordinación y complementación con las administraciones competentes constituye el eje vertebrador del SIU. Desde el comienzo del proyecto se ha buscado la máxima implicación y colaboración de las Comunidades Autónomas, que se entiende como imprescindible tanto para su definición como para su mantenimiento y actualización, a través de la puesta en común de la información urbanística. Los términos de esta colaboración se explicitan en la firma de **Convenios** o acuerdos específicos que tienen como objeto general la creación de un marco que fomente la colaboración institucional para el intercambio de información relacionada con el planeamiento urbanístico, y permiten implantar acciones encaminadas a establecer la necesaria coordinación y complementación para que la información urbanística sea efectivamente accesible y pública al máximo nivel. De esta manera, la colaboración se adapta a la situación concreta de cada Comunidad Autónoma, considerando sus singularidades, su contexto legislativo y normativo, las características de sus sistemas de información así como la disponibilidad de datos y los diferentes proyectos en curso en materia de sistematización y normalización o aquellos encaminados a la recogida, gestión y tratamiento de información urbanística.

Por todo ello, se puede decir que estos Convenios constituyen una herramienta para asegurar la **disponibilidad** de información urbanística en el SIU y garantizar su mantenimiento y actualización siendo, por lo tanto, piezas clave en su estructura organizativa, y, en definitiva, en la **calidad** del dato publicado.

## 4. Contenidos

El objeto y principal materia de trabajo del SIU, como puede desprenderse de todo lo expuesto hasta aquí, es la **información urbanística**. Sin embargo, en cuanto sistema general e integrado de información, también está llamado a ofrecer una visión global de la realidad urbana y territorial que ayude a interpretar adecuadamente las determinaciones del planeamiento, por lo que adicionalmente se incorpora un conjunto de **información de referencia** acerca de las diferentes entidades territoriales.

Estas dos categorías de información, urbanística y de referencia, se estructuran en un modelo de datos que se encuentra agregado a diferentes niveles administrativos —municipio, provincia, comunidad autónoma y nivel estatal—. Pero además, con la clara voluntad de facilitar siempre una lectura del territorio en toda su complejidad, considerando las relaciones funcionales que se establecen entre los diferentes municipios, la información se encuentra agregada también a nivel de área urbana, que constituye una escala de análisis de particular interés.

### 4.1. La información urbanística

La información urbanística en el SIU se encuentra dividida en dos bloques: las Clases de Suelo y las Áreas de Suelo de Desarrollo.

#### Bloque 1: Las Clases de Suelo en el SIU

El planeamiento urbanístico divide el territorio en clases y categorías urbanísticas de suelo, una clasificación y categorización cuya base se ha ido definiendo tanto en la propia legislación estatal como, posteriormente, en las diferentes legislaciones urbanísticas autonómicas a medida que éstas han venido ejerciendo sus competencias en la materia. Así, las diferentes legislaciones han venido adecuando las distintas denominaciones y definiciones de cada una de las clases y categorías de suelo a sus diferentes realidades socio-económicas o contextos culturales y territoriales.

Sin embargo, a pesar de estas diferencias, es posible encontrar determinados conceptos o contenidos comunes en torno a los cuales puede establecerse un conjunto de clases de suelo a efectos del SIU. Ello implica que para incorporar información sobre clases urbanísticas de suelo en el SIU, es necesario trabajar sobre tablas de equivalencias que faciliten la traducción de la denominación concreta de

una clase de suelo según el instrumento de planeamiento vigente a una de las clases homogeneizadas a efectos del SIU. Debe señalarse que esta homogeneización no constituye en absoluto una novedad, sino que es un proceso bastante habitual en la mayor parte de las Comunidades Autónomas, por el simple hecho de que no todo el planeamiento se encuentra siempre adaptado a las clases de suelo definidas por la legislación urbanística vigente en cada momento y por la necesidad de obtener datos e información agregada a nivel supramunicipal.

De esta manera, y a los efectos del SIU, se han establecido cinco clases de suelo:

- **Suelo Urbano Consolidado.**
- **Suelo Urbano No Consolidado.**
- **Suelo Urbanizable Delimitado o Sectorizado.**
- **Suelo Urbanizable No Delimitado o Sectorizado.**
- **Suelo No Urbanizable.**

Además, de manera adicional a estas cinco clases de suelo, el SIU contempla e incorpora en razón de sus especiales características el **Suelo de Núcleo Rural** y los **Sistemas Generales** de acuerdo con determinados criterios que se apuntan más adelante.

**El Suelo Urbano Consolidado.** Se corresponde con la “ciudad consolidada”, comprende aquellos terrenos que están integrados de forma legal y efectiva en la malla urbana, que han completado el proceso de transformación y se encuentran completamente urbanizados o con el suficiente grado de urbanización y/o consolidación que hace que éstos tengan la condición de solar o que puedan adquirir tal condición mediante determinadas obras accesorias o simultáneas a las de edificación sin necesidad, por tanto, de desarrollar actuaciones integradas de urbanización o de dotación.

Las distintas legislaciones urbanísticas definen en unos términos bastante similares esta clase de suelo que suele estar caracterizada por contar con determinados elementos de urbanización o servicios urbanísticos: acceso rodado, abastecimiento de agua, evacuación de aguas y suministro de energía eléctrica.

**El Suelo Urbano No Consolidado.** Se corresponde con zonas urbanas sujetas a transformaciones urbanísticas, comprende aquellos terrenos clasificados como suelo urbano en los que se precisan, para alcanzar la condición de urbano consolidado, determinadas acciones

de urbanización o de dotación, de renovación, reforma interior o de transformación urbanística, que requieran el desarrollo de actuaciones integradas.

En las distintas legislaciones se aprecian determinados elementos comunes a la hora de definir esta categoría de suelo urbano, en la que los propietarios de suelo tienen pendientes determinados deberes, como los deberes de cesión de sistemas generales y locales, la cesión de un porcentaje de aprovechamiento del ámbito y/o la distribución equitativa de beneficios y cargas.

**El Suelo Urbanizable Delimitado o Sectorizado.** Se corresponde con el suelo programado para su transformación e incorporación en el tejido urbano, comprende los terrenos delimitados por el planeamiento para su integración en la malla urbana y en los que haya establecido las condiciones para su desarrollo a través de un proceso de transformación por la urbanización en los plazos temporales previstos en el correspondiente programa.

Las legislaciones urbanísticas utilizan diferentes denominaciones para referirse a esta clase o categoría de suelo que abarca aquellos terrenos que el planeamiento considera idóneos o prioritarios para satisfacer las necesidades previsibles e inmediatas de crecimiento urbano y garantizar así un desarrollo urbano racional.

**El Suelo Urbanizable No Delimitado.** Se corresponde con el suelo que podrá ser objeto de un futuro desarrollo urbano pero no de una manera prioritaria, comprende aquellos terrenos que quedan excluidos del desarrollo urbano en tanto el planeamiento urbanístico no defina las condiciones para su desarrollo y programe los plazos para su transformación en suelo urbano.

Estos terrenos no están sujetos a regímenes de protección que impidan su transformación sino que el planeamiento, de acuerdo con su modelo territorial y urbano, no los considera como prioritarios para su desarrollo a través de la urbanización sino que su incorporación a la malla urbana tiene un carácter diferido y no explicitado en términos temporales.

**El Suelo No Urbanizable.** Corresponde al suelo excluido del desarrollo urbano, comprende aquellos terrenos que han quedado apartados del proceso de transformación a través de la urbanización. Pueden existir diferentes razones que justifican esta exclusión del desarrollo

urbano que se explicitan a través de su categorización: el suelo de reserva urbana que pueda ser inadecuado para su incorporación inmediata al proceso urbanizador, el sujeto a diferentes regímenes de protección, el preservado por unos determinados valores, el sujeto a limitaciones o servidumbres para la protección del dominio público o el suelo que pueda estar amenazado por riesgos naturales o tecnológicos que lo hagan incompatible con su transformación, entre otros.

El Suelo No Urbanizable cuenta en las diferentes legislaciones urbanísticas con una categorización y subcategorización muy compleja que viene a definir las diferentes circunstancias que motivan la exclusión de los terrenos de la transformación urbanística. Entre los valores que, según las legislaciones urbanísticas, pueden justificar esta exclusión del proceso urbanizador pueden citarse, entre otros, los valores naturales, ambientales, paisajísticos, productivos, históricos, arqueológicos, culturales, científicos, educativos o recreativos.

**El Suelo de Núcleo Rural.** Se corresponde con el suelo ocupado por determinados asentamientos tradicionales en el entorno natural, comprende aquellos terrenos que sirven de soporte a asentamientos rurales de población singularizados en función de unas determinadas características morfológicas, tipología tradicional de las edificaciones, vinculación con la explotación racional de los recursos naturales o de circunstancias de otra índole y que cuentan con un régimen de derechos y deberes así como unas condiciones de uso y edificación que se aleja de manera sustancial de las otras clases o categorías de suelo. La consideración de los núcleos rurales en la clasificación y categorización varía en las distintas legislaciones urbanísticas y el SIU recoge en su modelo de datos esta clase o categoría de suelo de manera flexible y acorde a su definición y características.

**Sistemas Generales.** Aunque con carácter general no constituyen propiamente una clase urbanística de suelo, a los efectos del SIU, comprenden aquellos terrenos ocupados por sistemas generales cuando por su carácter supramunicipal o singular y de acuerdo con el planeamiento, no proceda su adscripción a ninguna de las clases anteriores. En algunas legislaciones urbanísticas se establece que estos terrenos destinados a sistemas generales pueden ser excluidos de la clasificación del suelo, sin perjuicio de su adscripción a una de las clases urbanísticas de suelo a los efectos de su valoración y obtención.

## Bloque 2: Las Áreas de Suelo de Desarrollo

El segundo bloque de información urbanística del SIU es el relativo a las **Áreas de Suelo de Desarrollo**. Para entender el destacado papel que el SIU otorga a estas áreas, es preciso considerar la especial importancia que tienen, para el presente y futuro de nuestras ciudades y territorio, aquellas zonas en las que el planeamiento prevé transformaciones urbanas. En este sentido, la consideración y análisis pormenorizado de estas zonas en el SIU, debidamente definidas y delimitadas, es fundamental para aportar la perspectiva temporal que permite reconocer las previsiones de crecimiento y transformación de las ciudades y del territorio.

Así, por un lado, el SIU incorpora sus determinaciones básicas contenidas en el planeamiento urbanístico que permiten cuantificar su potencialidad edificatoria y sus principales usos y, por otro lado, recoge información acerca de su situación actual, evaluando en qué medida se han materializado las transformaciones previstas en el planeamiento y cuantificando su grado de desarrollo. Incorporar esta doble información resulta necesario para poder hacer una estimación del suelo disponible y la nueva edificabilidad y usos que pueden desarrollarse.

Las Áreas de Suelo de Desarrollo a efectos del SIU se corresponden con aquellos ámbitos o sectores delimitados por el planeamiento en los que éste prevé transformaciones urbanas y ha establecido las condiciones para su desarrollo, estando formadas por el suelo clasificado como Suelo Urbanizable Delimitado o Sectorizado así como por suelo clasificado como Suelo Urbano No Consolidado en el que el planeamiento prevea transformaciones que afecten a usos o intensidades de uso respecto a los existentes, en los que no haya culminado el proceso de transformación urbanística. Por lo tanto, la base de las Áreas de Suelo de Desarrollo la constituye las dos clases de suelo que representan las zonas del territorio en transformación.

**Determinaciones Básicas.** El planeamiento general establece la ordenación estructural del término municipal y define para cada uno de los ámbitos o sectores de planeamiento, unas determinaciones urbanísticas que, posteriormente, pueden ser objeto, en su caso, de una mayor pormenorización a través de nuevos instrumentos de planeamiento. Las determinaciones urbanísticas básicas que re-

coge el SIU son: los datos identificativos del sector, superficie de suelo, las edificabilidades y principales usos, y el número previsto de viviendas.

### Situación actual y grado de desarrollo.

Como se ha señalado anteriormente, para mostrar adecuadamente cómo se está produciendo el desarrollo urbano y territorial, no basta con conocer las principales determinaciones de planeamiento de las zonas en las que se producen las transformaciones urbanas, sino que también es necesario conocer cuál es la situación actual de las Áreas de Suelo de Desarrollo en cuanto a su grado de urbanización y su grado de edificación.

El establecimiento de una metodología para la determinación o estimación del grado de desarrollo constituye una línea de trabajo abierta dentro del Grupo de Trabajo del SIU. Una de las posibilidades para analizar el grado de desarrollo de las Áreas de Suelo de Desarrollo —y la que ha venido siendo utilizada hasta la fecha— es realizar un análisis basado en las imágenes satelitales u ortofotografías disponibles más recientes. Sin embargo, es conveniente señalar que utilizar la fotointerpretación en la estimación del grado de desarrollo presenta ventajas e inconvenientes: entre las ventajas se puede destacar la homogeneidad de la fuente de información, la posibilidad de disponer de una imagen que cubra la totalidad del territorio con una antigüedad razonable y las constantes mejoras tanto de la calidad de las imágenes como de su disponibilidad periódica; mientras que entre los inconvenientes se pueden mencionar sus evidentes limitaciones para la estimación del grado de urbanización y edificación de una manera precisa.

Por todo ello, se están explorando y evaluando otras posibilidades para la determinación del grado de desarrollo, utilizando otras fuentes de información de las que pueda disponerse con carácter general como puede ser la base de datos catastral, así como otras metodologías de cálculo.

## 4.2. La información de referencia

Como se ha señalado anteriormente, con objeto de ofrecer un adecuado contexto a la información del planeamiento urbanístico, el Sistema ofrece una serie de datos de diferente carácter, superficie, población, densidad, hogares, viviendas o suelo de naturaleza urbana, entre otros. Lo que se pretende es utilizar un

reducido número de datos para describir los aspectos más significativos de la entidad territorial que se está contemplando, pero sin el propósito de recoger y presentar de una manera sistemática su información estadística, que es propio de otros servicios en línea como puede ser el propio Atlas Digital de las Áreas Urbanas de España<sup>4</sup>.

Además, se ofrece información sobre la ocupación del suelo en España, a través de proyectos como CORINE Land Cover, o el Sistema de Información de la Ocupación del Suelo en España (SIOSE), subrayando especialmente aquellas características que definen los procesos de urbanización o “artificialización” del suelo, con datos agregados a los diferentes niveles, comenzando por el nivel municipal. No parece necesario subrayar el interés que puede tener contrastar la realidad fáctica de la ocupación de suelo con la información del planeamiento urbanístico que establece los diferentes regímenes de utilización del suelo y las previsiones de crecimiento definiendo, en suma, el modelo de desarrollo urbano y territorial.

Finalmente, entre la información de referencia que aporta el SIU, como complementaria a la información urbanística, se encuentra la información sobre redes de espacios protegidos, y en particular, la Red Natura 2000, con sus delimitaciones de los Lugares de Importancia Comunitaria (LIC) y Zonas de Especial Protección para las Aves (ZEPA), a la que el propio TRLS hace particular referencia<sup>5</sup>.

## 5. Tecnología aplicada

La Exposición de Motivos de la Ley 11/2007, de 22 de junio, de acceso electrónico de los ciudadanos a los Servicios Públicos señala que “una Administración que esté a la altura de los tiempos” tiene que acompañar y promover en beneficio de los ciudadanos el uso de las comunicaciones electrónicas, aprovechando el salto producido en el campo de la tecnología de la información y las comunicaciones.

En esta misma línea, se puede afirmar que la componente tecnológica debe ser y es el pilar vertebrador del SIU, facilitando la integración de información procedente de fuentes diversas y proporcionando al sistema un canal de difusión y publicación global.

<sup>4</sup> <http://atlas.vivienda.es/>

### 5.1. Infraestructura de Datos Espaciales Urbanos

Los nuevos avances tecnológicos que se han producido en los últimos años en materia de información geográfica y su rápida evolución, han posibilitado un creciente interés de los ciudadanos por consultar y utilizar este tipo de datos. Es ya un hecho que, a día de hoy, es posible acceder a través de Internet de manera generalizada a toda clase de información geográfica, pero además, en muchos casos, es posible operar con ella y utilizarla para diversos fines. En vista de la cada vez más importante repercusión de este tipo de datos en la sociedad, a partir del año 2002 se empezó a desarrollar en nuestro país todo un entorno tecnológico conocido como las Infraestructuras de Datos Espaciales de España (IDEE).

Esta infraestructura tiene como objetivo integrar a través de Internet los datos, metadatos, servicios e información de tipo geográfico que se producen en España, a nivel nacional, regional y local.

De este modo, una Infraestructura de Datos Espaciales se define como una red de sistemas de información integrados por un conjunto de servicios Web dedicados a gestionar información geográfica, disponibles a través de Internet y que cumplen una serie de normas y especificaciones que facilitan la interoperabilidad.

Por lo anteriormente expuesto, desde su inicio el SIU asumió los principios que rigen la IDEE, aplicando los estándares y especificaciones recomendados para facilitar la interoperabilidad entre los sistemas de información geográfica.

Hoy en día, el SIU es parte integrante de la IDEE, mediante la publicación de un servicio de publicación de mapas sobre clases de suelo y áreas de desarrollo y un catálogo de metadatos. A su vez, el SIU utiliza los servicios proporcionados por la IDEE para acceder a imágenes satelitales, ortofotografías aéreas y a la información catastral.

En el futuro, el SIU llegará a convertirse en sí mismo en una auténtica Infraestructura de Datos Espaciales Urbanos en la que cada uno de los organismos involucrados ofrezcan servicios estandarizados sobre información urbana al resto de componentes de la infraestructura a través de Internet (FIG. 1).

<sup>5</sup> Artículo 13.4 del Texto Refundido de la Ley de Suelo.

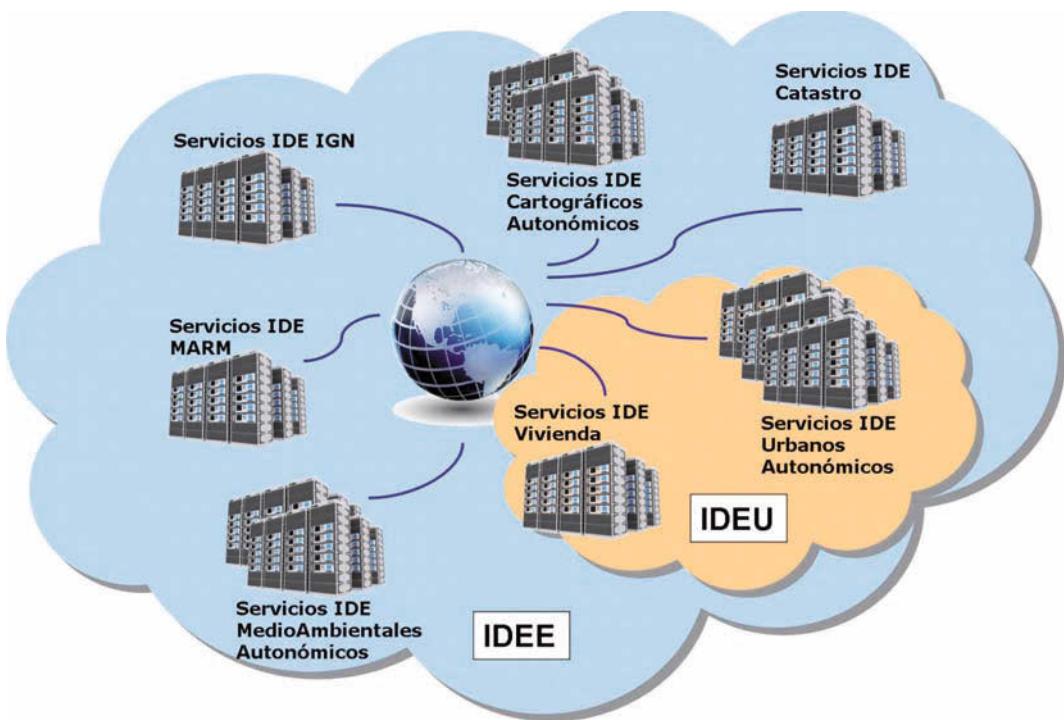


FIG. 1/ **La Infraestructura de Datos Espaciales Urbano (IDEU) como parte de la Infraestructura de Datos Espaciales de España (IDEE)**

## 5.2. La Directiva INSPIRE y su relación con el SIU

INSPIRE (*Infrastructure for Spatial Information in Europe*) es una iniciativa de la Comisión Europea cuyo funcionamiento se recoge en la Directiva 2007/2/CE del Parlamento Europeo y del Consejo, de 14 de marzo de 2007, que tiene como objetivo la creación de una Infraestructura de Datos Espaciales en Europa.

INSPIRE ha sido desarrollada en colaboración con los Estados miembros y países en proceso de adhesión con el propósito de mejorar la disponibilidad de información geográfica relevante, concertada y de calidad como instrumento para la formulación, aplicación, seguimiento y evaluación de la política medioambiental y, en general, de las políticas de impacto o de dimensión territorial, de toda la Unión Europea.

Para cumplir con sus objetivos, INSPIRE establece estándares y protocolos de tipo técnico, aspectos organizativos y de coordinación, políticas sobre la información que incluye el acceso a los datos y la creación y mantenimiento de información espacial.

En España, Ley 14/2010, de 5 de julio, sobre las infraestructuras y los servicios de información geográfica en España ha incorporado al ordenamiento jurídico español la Directiva 2007/2/CE estableciendo un marco general mínimo para la constitución de infraestructuras de información geográfica y servicios de información geográfica, de manera que se asegure su coordinación e integración en el ámbito del Estado español.

Los anexos de esta Ley contienen la relación y definición de los datos geográficos que constituyen la Información Geográfica de Referencia (Anexo I), que integra los Anexos I y II de la Directiva 2007/2/CE, los Datos Temáticos Fundamentales (Anexo II), que son los conjuntos de datos necesarios para la gestión medioambiental requeridos por la Directiva 2007/2/CE en su Anexo III, y los Datos Temáticos Generales (Anexo III), que deberán integrar las infraestructuras de información geográfica que constituyan las Administraciones Públicas.

Conviene destacar que, si bien la información urbanística no se menciona explícitamente en los tipos de datos geográficos de los Anexos de la Directiva 2007/2/CE, las categorías te-

máticas de "Uso del suelo" y de "Zonas sujetas a ordenación" constituyen un marco idóneo para la inclusión de los datos de carácter urbanístico. Por ello, desde el Ministerio de Vivienda se promovió las siguientes modificaciones en el entonces Proyecto de Ley sobre las infraestructuras y los servicios de información geográfica en España, que fueron aceptadas en su totalidad:

**ANEXO II** (Datos Temáticos Fundamentales)  
(...)

4. Uso del suelo, como caracterización del territorio, de acuerdo con su dimensión funcional o su dedicación socioeconómica actual o futura planificadas. **De acuerdo con el correspondiente marco normativo de aplicación, se considerará tanto la clasificación y categorización urbanística como los diferentes régimenes de utilización del suelo, en cuanto a usos (por ejemplo, residencial, industrial, comercial, agrario, forestal, recreativo) e intensidades de uso.**  
(...)
11. Zonas sujetas a ordenación, a restricciones o reglamentaciones y unidades de notificación, que constituyen zonas gestionadas, reglamentadas o utilizadas para la elaboración de informes para organismos internacionales, europeos, nacionales, regionales y locales. Se incluirán vertederos, zonas protegidas designadas para la captación de agua destinada al consumo humano, zonas de agua de baño, zonas declaradas sensibles en relación con los nutrientes, rutas marítimas o por grandes vías navegables reglamentadas, zonas de vertido, zonas de restricción de ruidos, zonas de prospección o extracción minera, demarcaciones hidrográficas, las correspondientes unidades de notificación y planes de ordenación de zonas costeras, **así como la delimitación de los ámbitos de aplicación de los diferentes instrumentos de ordenación territorial y urbanística.**

Así mismo se ha introducido un nuevo tipo de datos en el anexo III:

**ANEXO III** (Datos Temáticos Generales)  
(...)

- e) Urbanística, que recoge la información georreferenciada contenida en los instrumentos de ordenación urbanística y territorial e instrumentos de desarrollo, incluyendo

el conjunto de disposiciones y determinaciones estructurantes y pormenorizadas que afecten a un determinado ámbito, así como las relaciones entre ellas.

Con todo esto, el SIU pasa a formar parte de la estrategia del Estado español en materia de infraestructuras de datos espaciales y servicios geográficos, y se constituye como principal referente a nivel estatal en el campo de la información urbana, lo que supone un respaldo decisivo y una apuesta de futuro del Sistema.

### 5.3. El Portal de Suelo y Políticas Urbanas

El Portal de Suelo y Políticas Urbanas (<http://siu.vivienda.es>) constituye el punto de acceso principal al SIU, pudiéndose acceder a través de él tanto a la documentación asociada como al conjunto de servicios y datos generados (FIG. 2).

Desde el punto de vista tecnológico, las dos aplicaciones informáticas principales que ofrece el portal son: el visor SIU y el Catálogo de Datos. El primero, a través del cual se puede acceder al conjunto de información urbanística y de referencia del SIU, consiste en un visor cartográfico que ofrece un extenso abanico de posibilidades como acceso sincronizado a información gráfica y alfanumérica, navegación 3D, generación de informes, etc., todo ello a través de servicios Web que cumplen los estándares nacionales e internacionales, y permitiendo el acceso a través de Internet a la información de los servicios Web de las Comunidades Autónomas y Administraciones Locales (FIG. 3).

El segundo, da acceso al servicio estándar de catálogo, permitiendo la búsqueda y visualización de los metadatos que describen los datos del SIU.

El Portal de Suelo y Políticas Urbanas también ofrece otros contenidos estrechamente relacionados con el suelo y urbanismo, entre los que se puede destacar el Atlas Estadístico de las Áreas Urbanas, información sobre Buenas Prácticas del Programa Hábitat de Naciones Unidas, el Observatorio de la Vulnerabilidad Urbana y una serie de enlaces a proyectos e iniciativas de interés. Además, algunos de estos contenidos cuentan con aplicativos en línea de extensas funcionalidades, como es el caso del ya mencionado Atlas Digital de las Áreas Urbanas en España<sup>6</sup>.

<sup>6</sup> <http://atlas.vivienda.es/>



FIG. 2/ Portal de Suelo y Políticas Urbanas

Fuente: Ministerio de Vivienda

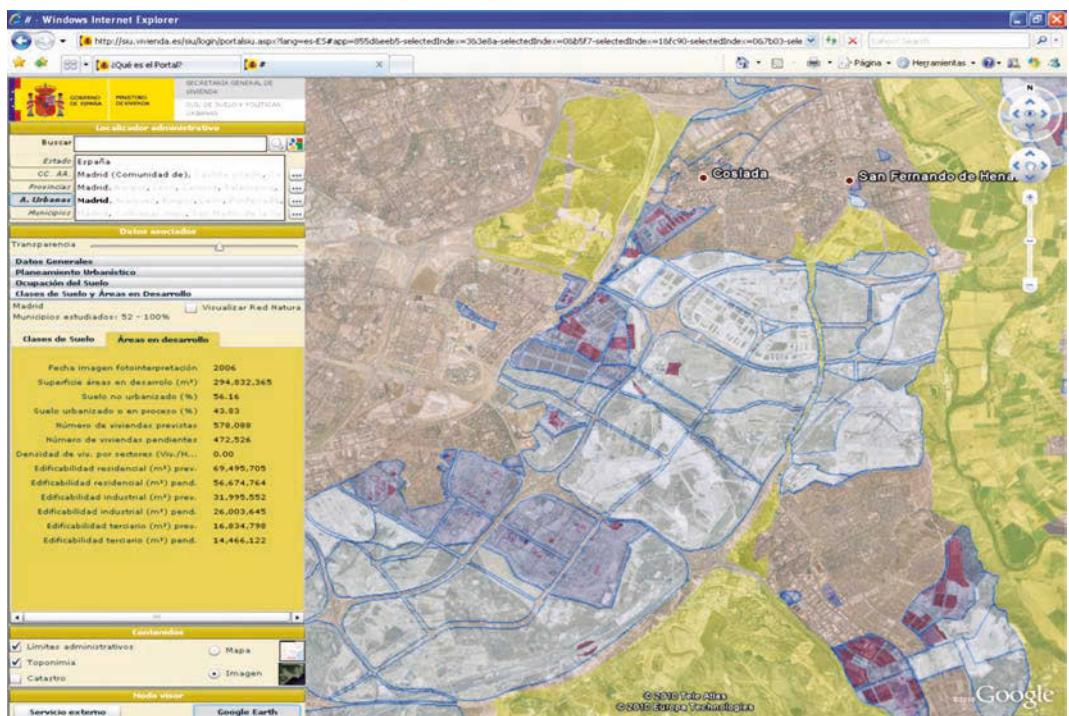


FIG. 3/ Visor SIU

Fuente: SIU

## 6. El SIU y el programa de impulso del urbanismo en red

La Entidad Pública Empresarial Red.es, adscrita al Ministerio de Industria, Turismo y Comercio a través de la Secretaría de Estado de Telecomunicaciones y para la Sociedad de la Información, tiene como misión contribuir al fomento y desarrollo de las telecomunicaciones y la sociedad de la información en España.

Red.es fomenta y desarrolla la Sociedad de la Información, de acuerdo a las iniciativas del Plan Avanza2. En el marco de este plan, Red.es gestiona, en coordinación con otras Administraciones Públicas y Organismos Públicos estatales, autonómicos y locales, diversos programas de difusión y extensión de la Sociedad de la Información.

En este sentido, y en ejecución de sus competencias, Red.es, a partir de un Convenio de Colaboración suscrito por el Ministerio de Industria, Turismo y Comercio, la Federación Española de Municipios y Provincias (FEMP) y la Entidad Pública Empresarial Red.es, puso en marcha el Programa "Impulso del urbanismo en Red" en febrero de 2007, con el objetivo de impulsar la introducción de las TIC en la gestión urbanística municipal.

El Programa "Impulso del urbanismo en Red" nació con el objeto de publicar los planes urbanísticos municipales a través de Internet, favoreciendo así un acceso a los mismos de manera fácil, personalizada y abierta a todos los ciudadanos, y contribuyendo a aumentar y potenciar la transparencia de la gestión pública en el ámbito del urbanismo. Asimismo, se persiguió facilitar una completa interoperabilidad entre las distintas administraciones y agentes implicados, a través de servicios electrónicos que permitieran la puesta a disposición de la información de planeamiento urbanístico, para ser utilizada en el ejercicio de sus respectivas funciones, competencias y/o actividades. Se puede afirmar que la puesta en marcha de este Programa sentó las bases para evolucionar hacia un sistema transaccional y de aplicación general, permitiendo la construcción de diferentes servicios orientados a la tramitación telemática del planeamiento urbanístico en España.

La complejidad inherente al lanzamiento de un Programa de estas características (necesidad de estandarización, volúmenes de información que se manejan en los planes urbanísticos, etc.), determinó la necesidad de acometer una fase inicial del Programa compuesta, en primer

lugar, de una fase previa de análisis, definición y normalización urbanística, llevada a cabo por un Comité de Expertos en urbanismo y TIC en el ámbito local y, en segundo lugar, de una fase posterior de puesta en valor y verificación de las recomendaciones en una serie de proyectos piloto en Entidades Locales.

A la vista del éxito de esta fase inicial del Programa y con el fin de fomentar el desarrollo de servicios públicos para el impulso de la Administración Electrónica y teniendo en cuenta la valoración casi unánime del Programa como necesario y de gran potencialidad en el ámbito del urbanismo, se acordó la ampliación del alcance del Programa, para lo cual, la Secretaría de Estado de Telecomunicaciones y para la Sociedad de la Información, a través de la entidad pública Red.es, y el Ministerio de Vivienda, a través de la Dirección General de Suelo y Políticas Urbanas, suscribieron el 5 de febrero de 2009 un Convenio Marco de Colaboración para la extensión del Programa al mayor número posible de Entidades Locales, durante un periodo de cuatro años (2009-2012), abierto a la participación de otras administraciones del ámbito estatal o autonómico, así como de otros organismos o asociaciones de carácter público a través de la suscripción de Adendas al Convenio que detallen los diferentes compromisos asumidos acordes a sus respectivos objetivos y ámbitos territoriales de actuación.

En esta línea, el propio Ministerio de Vivienda y las Ciudades Autónomas de Ceuta y Melilla han suscrito sendas Adendas al Convenio con el objeto de aplicar el Programa e impulsar la sistematización y publicación completa de la información del planeamiento urbanístico a través de Internet.

Una vez expuestos los principales objetivos y el desarrollo del Programa de "Impulso del Urbanismo en Red" no parece necesario abundar sobre las naturales relaciones que en buena lógica pueden establecerse entre éste y el SIU.

El SIU debe avanzar en la utilización de las nuevas tecnologías para acceder por medios telemáticos, y de manera sistemática y estandarizada, a la información urbanística ofrecida por las administraciones competentes, evitando, de este modo, la duplicación de recursos y las inconsistencias entre datos de diversos orígenes. En este sentido, el Programa de "Impulso del urbanismo en Red" ofrece una vía directa para el acceso a información urbanística actualizada, sistematizada y fácilmente integrable en la Base de Datos del SIU.

Sin embargo, conviene señalar que existen notables diferencias entre el modelo de datos propuesto en el marco del Programa "Impulso del Urbanismo en Red" y el modelo de datos del SIU. Así, si el objetivo del primero es ofrecer la totalidad del planeamiento de un término municipal de acuerdo con una estricta literalidad de un modo tal que permita valorar la posibilidad de avanzar en materia de validez jurídica de la información, por el contrario, en el caso del SIU, como ya se ha indicado, se pretende ofrecer las principales determinaciones establecidas en el planeamiento urbanístico de una manera homogénea y comparable, facilitando una lectura territorial a través de la agregación de la información en los diferentes niveles, desde el municipal al estatal.

Para superar estas diferencias, se ha elaborado desde el Ministerio de Vivienda una pasarela que permite que la información urbanística generada para cada municipio dentro del Programa pueda ser integrada de forma telemática, periódica y estandarizada en la base de datos del SIU (FIG. 4).

## 7. Conclusiones y perspectivas de futuro

Una vez expuesto el desarrollo y el estado actual del SIU, puede resultar oportuno destacar el carácter flexible y adaptable del modelo propuesto a unas circunstancias que son cambiantes, si bien, sobre la base de unos claros

objetivos y, como se ha señalado, de una razón de ser, que es la búsqueda de la máxima transparencia en suelo y urbanismo que, además, es exigida cada día con mayor claridad desde la sociedad.

A partir de esta definición abierta del modelo, se puede decir que en la actualidad el SIU tiene ante sí dos vías de trabajo que deben entenderse como complementarias: por un lado, fortalecer y consolidar el sistema en relación a lo que es su objeto principal, la información urbanística, estableciendo líneas estratégicas de colaboración con las administraciones competentes encaminadas a asegurar su necesario mantenimiento y actualización; y, por otro lado, explorar determinados elementos adicionales que es preciso considerar en el ámbito de la planificación urbanística y territorial.

Con respecto a la primera vía de trabajo, debe señalarse que la intensa cooperación y colaboración institucional que a lo largo de todo el desarrollo del SIU han venido prestando las diferentes administraciones, realizando valiosas aportaciones a su definición a través del Grupo de Trabajo del SIU, y que ha sido reforzada a través de la suscripción de Convenios, deberá conducir en el próximo futuro a construir sobre el trabajo realizado desde el plano estatal en materia de contenidos y contribuir a avanzar por el mismo camino, dando respuesta a la demanda de transparencia tan reclamada por los ciudadanos y que, de manera indudable, recae bajo la responsabilidad de los poderes públicos.

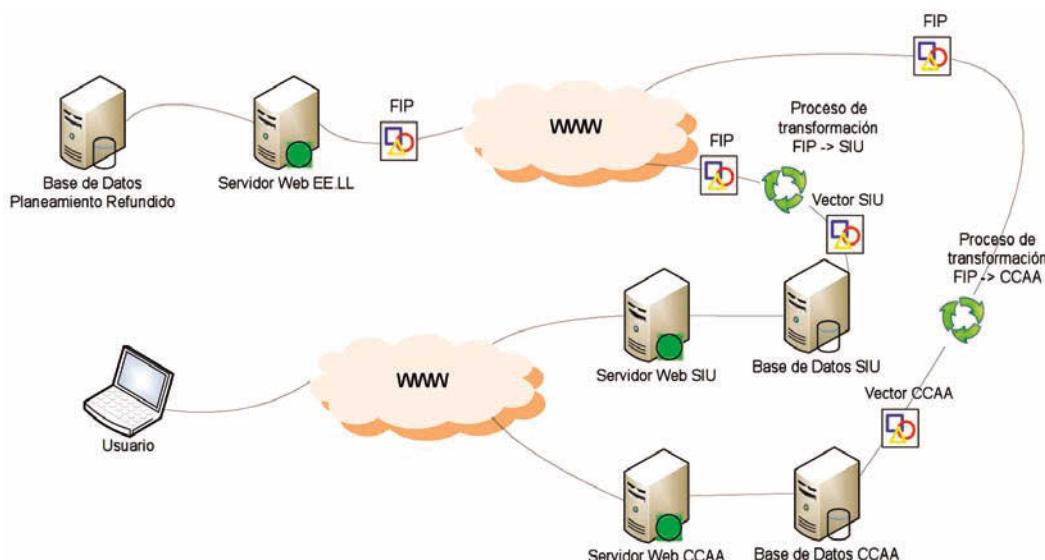


FIG. 4/ Reutilización de los servicios Web de los municipios generados por el proyecto

Y en relación con la segunda vía, pueden citarse en particular los trabajos que se están llevando a cabo en el marco del Grupo de Trabajo del SIU encaminados a avanzar en materia de indicadores de desarrollo territorial y urbano sostenible desde la perspectiva del citado artículo 2 del TRLS, contando para ello con la estrecha colaboración del Observatorio de la Sostenibilidad en España.

El recientemente publicado Libro Blanco de la Sostenibilidad en el Planeamiento Urbanístico Español señala que el SIU

“puede resultar un instrumento eficaz para permitir el diagnóstico y el seguimiento integrado de las calidades y usos del territorio y la edificación, así como del funcionamiento y las servidumbres de la ciudad y de los problemas de sus habitantes” FARIÑA & NAREDO (2010)

y es precisamente desde esta amplia perspectiva, desde la que el SIU puede realizar una aportación al intenso debate sobre la sostenibilidad abordando los aspectos más directamente

relacionados con las materias que le son propias: el suelo y el urbanismo, pero sin el objetivo de definir una nueva batería de indicadores que pretenda evaluar todos los aspectos de la sostenibilidad urbana entendida desde su necesaria perspectiva holística y multidisciplinar.

Debe destacarse el contexto especialmente propicio para avanzar en esta materia: tanto a nivel europeo, en el que pueden destacarse los trabajos desarrollados para la elaboración del Marco de Referencia para la Ciudad Europea Sostenible<sup>7</sup> presentado a nivel de prototípico en la Reunión Informal de Ministros de la Unión Europea sobre Desarrollo Urbano celebrada en Toledo el pasado 22 de junio; a nivel estatal, con el desarrollo y aplicación de las disposiciones contenidas en el propio TRLS y el despliegue de otra serie de iniciativas entre las que puede citarse la Estrategia Española de Sostenibilidad Urbana y Local (EESUL); como a nivel autonómico y local, con la puesta en marcha de un amplio abanico de acciones que abordan estas cuestiones desde muy distintos enfoques.

## 8. Bibliografía

FARIÑA, J. & J. M. NAREDO (dir.) ( 2010): *Libro Blanco de la sostenibilidad en el planeamiento urbanístico español*, Ministerio de Vivienda, Centro de Publicaciones, Madrid.

<sup>7</sup> <http://www.rfsustainablecities.eu/>

# La Sede Electrónica del Catastro

I. DURÁN Boo

Adjunto al Director General del Catastro. Director de "CT-Catastro"

**RESUMEN:** El Catastro ha sido en numerosas culturas y períodos de la historia una herramienta necesaria para el conocimiento del territorio. Esta necesidad, que incluye tanto el interés por el dato geográfico como por el jurídico, justifica la existencia y durabilidad del Catastro como un sistema de información con características propias, que tiene su unidad estructural básica en la parcela. En la actualidad, la Sede Electrónica del Catastro es la plataforma tecnológica sobre la que interactúan decenas de miles de personas diariamente. Con ella se cumplen los mandatos establecidos en la Ley 11/2007, siendo la herramienta para la aplicación de la administración electrónica en el Catastro, pero también es el canal por donde se facilita el acceso y la reutilización por ciudadanos y empresas de toda la información contenida en la base de datos catastral.

**DESCRIPTORES:** Catastro. Parcela. Sistemas de Información Geográfica. Administración Electrónica.

## 1. Introducción

**E**n diciembre de 2009 se aprobó la Orden Ministerial de creación de las sedes electrónicas del Ministerio de Economía y Hacienda, entre las que se incluye la Sede Electrónica del Catastro (SEC), que alberga todos los servicios de la anterior Oficina Virtual del Catastro, y los amplia con nuevas utilidades. Con el establecimiento de la SEC se cumple el mandato fijado en la Ley 11/2007, de 22 de junio, de acceso electrónico de los ciudadanos a los servicios públicos, según el cual la Administración General del Estado debería disponer, a 31 de diciembre de 2009, de las herramientas adecuadas para que los ciudadanos pudieran ejercer sus derechos por este nuevo canal.

Sin embargo, siendo este un cambio sustancial, no debe olvidarse que el Catastro, como órgano de la administración pública, es una de las instituciones más antiguas del país, con

raíces identificables varios miles de años atrás. Por ello, resulta adecuado antes de profundizar en la explicación sobre el carácter y contenido de la SEC, con resultados realmente importantes como luego se verá, realizar una breve reflexión sobre la función pública del Catastro y la parcela catastral.

## 2. Describiendo el entorno a través de la parcela catastral

En noviembre de 2006 se desarrollaron los trabajos para la construcción del AVE Madrid/Valladolid. El proyecto, que fue elaborado digitalmente, incluyó la descripción del trazado mediante coordenadas geográficas, lo que permitió que pudiera ser "dibujado" sobre la cartografía del Catastro, localizándose con ello de forma inmediata las fincas que tendrían que ser total o parcialmente expropiadas. Con esta simple acción se redujo a minutos el plazo tradicionalmente largo y tedioso de identifi-

cación de miles de propiedades y propietarios afectados por la ejecución de cualquier gran infraestructura pública de transporte, al tiempo que se generó una significativa mejora en la eficiencia financiera y de gestión.

Durante los trabajos de construcción de la línea ferroviaria surgieron los restos arqueológicos del Catastro romano de Sagunto, iniciado en el siglo I a.C., mediante el cual se definieron las parcelas de la colonia y las cargas tributarias que correspondían a sus propietarios.

El mismo territorio, la misma herramienta catastral, y veintiún siglos de diferencia.

La necesidad de identificar y representar el territorio, asociando las superficies y formas de las parcelas con los respectivos derechos, constituye la esencia del Catastro y la justificación de su existencia. Desde la época romana —y siglos antes en Mesopotamia, Egipto o los Andes— existió la necesidad de disponer de esta información con el fin de atender multitud de actividades. A través de la historia, el control del territorio ha sido la base del poder político. Los mapas y la información catastral, junto con la tasación asociada a los mismos, han jugado un importante papel en esta acción y han formado parte del debate social y político desde el origen de los tiempos<sup>1</sup>. Nuestro país no se mantuvo al margen de esta necesidad. Recorriendo la historia de España son varias las épocas en las que el debate sobre el conocimiento del territorio y el Catastro se situaron en la primera línea del interés político y social y generaron grandes debates públicos, de los cuales tuvieron que sufrir las consecuencias políticas de épocas tan dispares como el Marqués de la Ensenada, a mediados del siglo XVIII, o Carlos Solchaga, en los últimos años 80 del pasado siglo<sup>2</sup>.

Esta necesidad de disponer de una buena información es la que determina la permanente relación del Catastro con las técnicas punteras vigentes en cada momento de la historia. Se conservan multitud de ejemplos en los que se aprecia cómo las oficinas catastrales de las distintas épocas han ido reproduciendo con diversas técnicas el territorio, en cartografías y listados de características de las propiedades, con un objetivo constante: describir con precisión el territorio y los derechos que recaen sobre el mismo. La SEC sigue esta misma estela, al apostar por la renovación tecnológica como medio para la consecución de idéntico fin.

¿Sigue siendo necesario disponer de una fiable y accesible información catastral? Y si es así, ¿cuáles son los servicios que debe dar un Catastro moderno para atender las necesidades de la sociedad actual? Las respuestas a estas preguntas las encontramos en la característica principal que define al Catastro, que no es otra que el estar formado por millones de parcelas. Solo cabe hablar de Catastro cuando se trabaja sobre la parcela como unidad estructural básica, lo que permite relacionar y representar gráfica y simultáneamente la realidad física de un determinado territorio —objetivo y tangible—, con los derechos de propiedad —inicialmente subjetivos y abstractos— que recaen sobre ese territorio, consiguiéndose con ello convertir el derecho en un elemento material y mensurable. En suma, la cartografía catastral es la cartografía de los derechos y el plano parcelario la muestra de cómo se estructuran éstos sobre el territorio.

Esta asociación entre parcela y derecho ha quedado definitivamente establecida a través de la Ley 14/2010, de 5 de julio, sobre las infraestructuras y los servicios de información geográfica de España, en cuyo Anexo I se describe la parcela catastral como:

“porción de suelo que constituye el objeto geográfico básico de la cartografía catastral y que delimita la geometría del derecho de propiedad de un propietario o de varios pro indiviso,...”.

Se ratifica con ello la definición contenida en el artículo 6, del Real Decreto Legislativo 1/2004, de 5 de marzo , por el que se aprueba el texto refundido de la Ley del Catastro inmobiliario, cuando define lo que debe entenderse como bien inmueble a efectos catastrales como:

“la parcela o porción de suelo de una misma naturaleza, enclavada en un término municipal y cerrada por una línea poligonal que delimita, a tales efectos, el ámbito espacial del derecho de propiedad de un propietario o de varios pro indiviso y, en su caso, las construcciones emplazadas en dicho ámbito, cualquiera que sea su dueño, y con independencia de otros derechos que recaigan sobre el inmueble”.

Sobre la unión de estos dos elementos —territorio y derecho—, se configura la actual y creciente necesidad de disponer de un buen Catastro. Las sociedades modernas necesitan ubicar geográficamente todas las actividades

<sup>1</sup> Sobre la historia general del Catastro ver KAIN & BAIGENT (1984).

<sup>2</sup> Sobre la historia del Catastro en nuestro país, PRO (1992).

humanas y, además, identificar a sus propietarios y su valor. Podemos citar numerosos ejemplos: si necesitamos conocer con objetividad la capacidad económica de un ciudadano es preciso saber si es o no propietario de inmuebles y cuales son los emplazamientos, características y valor de estos. Si queremos hacer una efectiva gestión de las ayudas europeas a los agricultores, será necesario saber cómo son las fincas rústicas, su extensión y cultivos. Si se quiere desarrollar una eficiente planificación urbana, será necesario identificar la estructura territorial a través de sus parcelas, edificios y actividades.

Para atender estas y otras muchas necesidades de información geográfica que podrían citarse, resulta necesario disponer de información catastral completa, actualizada, accesible e interoperable. Estas son las cuatro características básicas que describen el actual modelo catastral español.

### 3. Un sistema completo y actualizado. El Catastro 4D

Cuando se establecen comparaciones entre los modelos catastrales existentes en diversos países, se utilizan distintos elementos de referencia. Pero, sin duda, los dos criterios más habituales para la comparación son el nivel de implantación territorial y el contenido —cuantitativo y cualitativo— de la información incorporada al sistema. Sobre estos elementos ha prosperado una clasificación que asocia el tipo de Catastro con el concepto de dimensión, y así se habla de catastros de 2 (2D), 3 (3D) o 4 (4D) dimensiones.

El Catastro de 2D es el modelo básico, construido sobre las coordenadas x e y, es decir un Catastro del suelo. Con estas dos coordenadas se dispone de las herramientas necesarias para definir la forma y el tamaño de las parcelas, y también su emplazamiento geográfico. La imagen más conocida del Catastro 2D es el plano parcelario, que está en la base de todo modelo catastral.

El Catastro 3D incorpora una nueva dimensión, al integrar en su base de datos las edificaciones. Se muestra así un Catastro tridimensional, donde esta integración de los edificios aporta una doble visión:

- Por un lado, la imagen puramente física del edificio, con su altura, sus características constructivas, sus usos o su estado de conservación.
- Pero también la tercera dimensión tiene un componente jurídico, pues permite incorporar al sistema fragmentaciones del derecho de propiedad derivadas de la existencia de un régimen de propiedad horizontal. De esta forma, cuando el Catastro incorpora información de un edificio sujeto a este régimen, integra también descripciones específicas de cada uno de los elementos que son susceptibles de ser poseídos de forma independiente, bien sean estos viviendas, locales, garajes o trasteros, identificando para cada uno de estos elementos no sólo a su propietario, sino también sus dimensiones, situación dentro del edificio, características constructivas y valor.

Sin embargo, en el momento actual, los modelos catastrales más avanzados no se quedan ahí, sino que incorporan otra nueva y fundamental dimensión: el tiempo. No se trata sólo de saber cómo son las parcelas y las edificaciones en un determinado momento, sino también poder conocer cómo fueron en el pasado y cómo ha ido evolucionando el territorio. Se construye así un Catastro 4D, dinámico y en permanente cambio, susceptible de incorporar todas las alteraciones que se producen en el territorio. El Catastro español responde a este último modelo. Es un Catastro en cuatro dimensiones, al tratarse de un sistema completo y permanentemente actualizado.

#### 3.1. Un sistema completo

El sistema catastral español cubre todo el territorio de régimen común<sup>3</sup>, siguiendo el principio de universalidad. Es decir, salvo error u omisión, no debe existir ni una sola parcela que no esté integrada en la base de datos. Esta vocación de universalidad se ha visto confirmada en los últimos años con la incorporación en el sistema de los llamados "bienes inmuebles de características especiales", grupo heterogéneo que incluye inmuebles tan dispares como los aeropuertos, los puertos comerciales, las autopistas de peaje, las centrales nucleares o las presas, que encajaban mal en la tradicional división catastral entre inmuebles rústicos y urbanos. Son muy pocos

<sup>3</sup> El territorio de régimen común supone, aproximadamente, el 95% de la superficie del país. El otro 5% corresponde a las comunidades autónomas del País Vasco y Navarra. En el País Vasco cada Diputación Foral cuenta con su propio

modelo de Catastro. En Navarra los Catastros, que toman sus datos del Servicio de la Riqueza Territorial dependiente del gobierno regional, pertenecen a los distintos Ayuntamientos, a quienes corresponde su conservación.

los sistemas catastrales existentes en el mundo que integran este tipo de bienes.

El resultado de este principio de universalidad es la existencia de un sistema de información completo que incluye todos los inmuebles existentes en los 7.575 municipios situados en territorio de régimen común, y que integra información de:

- 54 millones fincas
- 49 millones de elementos de construcción
- 52 millones de subparcelas cultivo
- 32 millones inmuebles urbanos
- 42 millones inmuebles rústicos
- 24 millones titulares

Toda esta información, además, se encuentra reflejada en la correspondiente cartografía digital del Catastro.

Para apreciar la importancia de esta base de datos, desde el punto de vista cuantitativo, basta indicar que en el Catastro de Suecia<sup>4</sup>, país con una extensión similar al territorio español de régimen común (450.000 km<sup>2</sup>), existen 3.3 millones de inmuebles, cuando sólo de la provincia de Lugo, como consecuencia del extremo minifundismo gallego, se encuentran inscritas en el Catastro más de 3.7 millones de parcelas rústicas.

### 3.2. Un sistema permanentemente actualizado

Pero para poder acreditar la existencia de un auténtico Catastro 4D, es necesario que esta información no sólo exista, sino que esté al día. Desde la experiencia que aporta la gestión diaria de la actividad catastral suelo afirmar, no sin cierta ironía, que “*nada se mueve más que la propiedad inmobiliaria*”, o dicho de otra forma, que los inmuebles ya no responden a las características de estabilidad e inmutabilidad que originaron su nombre en el antiguo derecho romano, puesto que hoy la configuración física de nuestros pueblos y ciudades es una realidad cambiante. Bien sea por la transformación urbana derivada de actos de urbanización y edificación, o bien por la profunda alteración del paisaje que se produce con las grandes infraestructuras, lo cierto es que cada día miles de inmuebles cambian de forma o de propietario, modifican sus condiciones urbanísticas o surgen nuevas cons-

trucciones, muchas veces previa demolición de las antiguas. Es cierto que en los últimos tiempos la tendencia ha disminuido de forma significativa, pero aún así, las alteraciones físicas o jurídicas de los inmuebles constituyen un flujo constante de información que hay que gestionar.

Todos estos cambios han de ser incorporados al Catastro, pero también cada uno de ellos ha de ser asociado a una determinada fecha, para facilitar su tratamiento en series históricas que permitan conocer la evolución del territorio. Resulta muy elocuente comparar el aspecto físico de determinadas zonas de nuestras ciudades en la actualidad con la situación existente dos, cinco, diez o veinte años atrás.

Cualquier cambio de propietario, integración de cotitularidades, modificación de lindero, segregación, agrupación o división de parcela, nueva construcción, ampliación o demolición de edificio, u otras acciones, producen alteraciones en la base de datos del Catastro. Basta señalar que en el pasado año se produjeron más de 4 millones de movimientos, y que en los últimos años se incorporaron a la base de datos un promedio anual de un millón de nuevas unidades urbanas. Estas modificaciones provienen de declaraciones presentadas por los ciudadanos que están obligados a ello, pero también de actuaciones de cooperación con distintas Administraciones públicas, Notarios y Registradores, o por actuaciones de inspección.

## 4. Accesibilidad e interoperabilidad

El valor real de un sistema de información geográfico viene definido por el uso que se hace de la información que contiene. Por este motivo, resulta imprescindible que, desde su diseño, cualquier sistema de estas características se oriente a facilitar el máximo acceso a sus datos, así como su integración en otros sistemas de información. Se precisa por tanto de un sistema accesible e interoperable, características ambas que están en el núcleo de la SEC.

### 4.1. Accesibilidad

La aplicación al ámbito catastral de las previsiones de la Ley 11/2007, de 22 de junio, antes

<sup>4</sup> Para profundizar en el conocimiento de los catastrados de los países de la Unión Europea se recomiendan las publicaciones recientemente elaboradas por el Comité Perma-

nente del Catastro en la Unión Europea. Pueden consultarse en: <http://www.eurocadastre.org/eng/documentseng5.html>

citada, hace imprescindible que la Dirección General del Catastro facilite el uso de medios electrónicos en los procedimientos que gestiona. Esta obligación fue ya asumida desde el primer momento, cuando empezó a prestar servicios la Oficina Virtual del Catastro. El derecho de acceso a la información catastral y el carácter obligatorio de la incorporación al Catastro de los bienes inmuebles y de sus alteraciones, determina que los procedimientos catastrales afecten a un número muy elevado y heterogéneo de ciudadanos, por lo que la prestación de servicios electrónicos a través de la SEC sería muy limitada si no atendiese ambas necesidades.

Toda la información catastral se encuentra abierta y es accesible en Internet, salvo que se trate de información protegida, lo que afecta al nombre del titular catastral, su DNI y el valor catastral individualizado de cada inmueble. Sólo podrán acceder a los datos protegidos, además del titular, las Administraciones Públicas y determinadas personas físicas o jurídicas que se encuentran en una determinada situación jurídica previa que habrán de demostrar, según una lista tasada regulada en la propia normativa catastral.

En el caso de información no protegida, el acceso es libre, mientras que en el caso de información que ha de protegerse, es necesario disponer de un certificado electrónico reconocido. Este mismo sistema de identificación será necesario para formalizar procedimientos electrónicos, presentar recursos, o realizar otro tipo de acciones en las que resulte preciso acreditar la personalidad.

#### 4.2. Interoperabilidad

La Ley 11/2007, de 22 de junio, de acceso electrónico de los ciudadanos a los servicios públicos, define el concepto de interoperabilidad como la capacidad de los sistemas de información, y por ende de los procedimientos a los que éstos dan soporte, de compartir datos y posibilitar el intercambio de información y conocimiento entre ellos.

El modelo actual de relación del Catastro con los agentes interesados se fundamenta en el principio de interoperabilidad, por lo tanto es un modelo que se estructura en torno a la colaboración administrativa y el intercambio de información con base en el uso de nuevas tecnologías. En este contexto se configuran diversas líneas de actuación orientadas a mejorar la calidad del dato catastral.

El catastro español es plenamente interoperable, como lo demuestra el hecho de su utilización masiva en numerosas Infraestructuras de Datos Espaciales públicas y sectoriales, o en conjunción con aplicaciones privadas, tipo Google Earth. La imagen catastral es frecuentemente asociada a información alojada en otros servidores, con el fin de obtener una imagen más rica y completa del territorio. Son muchos los ejemplos que se podrían poner de esta cualidad. Probablemente el más significativo sea la consulta a la Infraestructura de Datos Espaciales de España, invocando desde ella la capa de información catastral, alojada en los servidores del Catastro.

### 5. Contenidos y servicios de la Sede Electrónica del Catastro

En el momento actual la SEC ofrece una importante variedad de servicios y de información destinados a satisfacer las necesidades de todas las administraciones públicas, sean o no colaboradoras en el mantenimiento de la información, pero también de multitud de ciudadanos y empresas. Entre los servicios suministrados en la SEC, se incluyen los necesarios para la implementación de los modelos de colaboración, ofreciéndose como alternativas el acceso mediante sistemas desconectados (servicios de intercambio de ficheros (XML), según formatos públicos y formalmente aprobados), o mediante sistemas interconectados (mediante servicios web de consulta y actualización de información, tomando como base los formatos de intercambio anteriormente mencionados). Asimismo, y como antes se indicó, al integrarse en la base de datos catastral tanto información protegida como no protegida, resulta necesario discriminar desde el origen en cuanto a los distintos procedimientos y accesos.

Los servicios y productos que ofrece la SEC se encuentran en permanente adaptación a las necesidades de los usuarios. Por tanto, para conocer el catálogo de servicios y productos disponibles en la SEC la mejor opción es acceder directamente a la misma tecleando <https://www.sedecatastro.gob.es/>

En el momento de redacción de este trabajo los servicios ofrecidos pueden identificarse según una doble clasificación, según atendamos al tipo de servicio informático ofrecido o al tipo de usuario que accede a los mismos:

## 5.1. Clasificación por tipo de servicio ofrecido

Se distinguen ocho tipos de servicios.

- *Servicio de acceso a SEC.*
- *Servicio de consulta a datos catastrales*, distinguiéndose entre:
  - Libres: consulta de todo tipo de datos menos nombre, DNI, domicilio y valor catastral.
  - Protegidos: consulta a nombre, DNI, domicilio y valor catastral.
  - Certificados catastrales: con o sin datos protegidos. También se distingue entre certificaciones que contienen cartografía catastral o no.
- *Servicio de consulta y navegación por la cartografía catastral.* De acceso completamente libre.
- *Servidor de mapas*: Servicios Web Map Service. Ofrece mapas digitales no editables, con acceso libre, hasta un determinado volumen de información.
- *Servidor de elementos gráficos*: Servicios Web Feature Service. Ofrece mapas digitales editables, con acceso restringido en función del solicitante y el volumen de información solicitada.
- *Servicios de callejero*: Ofrece el callejero del Catastro, georreferenciado.
- *Servicios de coordenadas*: Ofrece coordenadas geográficas de los distintos elementos que configuran la cartografía catastral.
- *Descarga de ficheros de información estructurada y no estructurada*. Para transacciones que afectan a grandes volúmenes de información. Acceso restringido en función del solicitante, el uso de la información y el volumen de información solicitada.

## 5.2. Clasificación por tipo de usuario que accede a los servicios

### 5.2.1. Servicios a usuarios que no requieren identificación

Para acceder a información no protegida y a pequeños volúmenes de información. Incluye:

- Consulta a datos catastrales, cartografía catastral y búsqueda de referencia catastral (muy utilizado en la campaña de declaración del I.R.P.F.).
- Validación de certificados catastrales. Permite comprobar la validez de los certificados emitidos con anterioridad.

### 5.2.2. Servicios destinados a ciudadanos y empresas, que requieren identificación

Puede ser porque incluyen datos protegidos, o porque afectan a grandes volúmenes de información. Incluye:

#### A) Procedimientos y trámites:

1. Obtención de certificación catastral, con datos protegidos.
2. Presentación de declaraciones de cambio de dominio, obra nueva, demolición, segregación, cambio de cultivo, etc.
3. Presentación de solicitud de baja como titular catastral.
4. Presentación de recursos contra actos dictados por el Catastro.

#### B) Procedimientos masivos y consultas:

Destinados principalmente a Administraciones públicas, pero también a empresas y usuarios interesados en volúmenes masivos de información.

1. Consulta de datos y documentos catastrales protegidos y consulta masiva de datos.
2. Consulta de las certificaciones solicitadas por terceros.
3. Modificación del estado de tramitación de las certificaciones catastrales.
4. Consulta del estado de tramitación de los expedientes/procedimientos.
5. Descarga masiva de productos catastrales, cartográficos y alfanuméricos.

### 5.2.3. Servicios destinados a Administraciones (Ayuntamientos y Diputaciones) e instituciones que colaboran (Notarios y Registradores) en el mantenimiento del Catastro

Acceden mediante usuarios registrados, adscritos a distintos perfiles.

1. Servicios de consulta y certificación y servicios de consulta masiva.
2. Servicios de intercambio de información estructurada y no estructurada.
3. Servicio de registro de expedientes.
4. Servicio de tramitación de declaraciones de altas.
5. Descarga masiva de productos catastrales, cartográficos y alfanuméricos.

6. Consulta individual o masiva de datos y documentos protegidos.
7. Consulta de las certificaciones solicitadas por terceros.
8. Modificación del estado de tramitación de las certificaciones catastrales.
9. Consulta del estado de tramitación de los expedientes/procedimientos.

## 6. Algunos datos

Existen diversas maneras de evaluar una herramienta como la SEC. La primera de ellas, de carácter cuantitativo, consiste en contabilizar el número de accesos y usuarios en un periodo determinado de tiempo. Siguiendo este criterio y como veremos a continuación, existen numerosos datos que nos permiten afirmar que, desde el punto de vista cuantitativo, la SEC es una experiencia en administración electrónica en España que debe ser tenida en consideración.

Pero también existen otros indicadores, más difíciles de medir, que nos aportan valiosa información sobre cómo impacta la SEC en la sociedad, o cómo es visto este servicio fuera de nuestras fronteras. Posteriormente se hará un comentario a dos de ellos especialmente relevantes.

### 6.1. Indicadores cuantitativos<sup>5</sup>

A continuación se aportan diversas cifras relativas al volumen de uso de la SEC, muchas de ellas integradas en la serie histórica originada en 2003, fecha de puesta en marcha de la Oficina Virtual el Catastro, antecesora de la SEC como antes se citó.

#### Visitas:

Se considera dentro de una misma visita todos los accesos a la SEC que se realizan desde una misma dirección IP y siempre que no pase más de 30 minutos sin actividad. Desde el año 2003, el número de visitas acumuladas asciende a 75,6 millones de las que más de 20,8 millones se realizaron en 2009, con una media de 78.800 por día laborable. La evolución anual es la que se indica en la siguiente figura. El despegue del año 2005 se corresponde con la puesta a disposición de los servicios de cartografía.

<sup>5</sup> Los datos de actividad de la SEC han sido obtenidos de diversos trabajos elaborados por Dña. Carmen Conejo, Subdirectora General Adjunta de Estudios y Sistemas de Información, de la Dirección General del Catastro. Para aportar referencias homogéneas, se ha

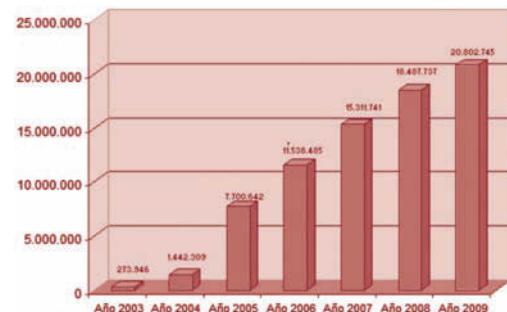


FIG. 1/ Evolución anual de visitas 2003-2009

Fuente: Elaboración propia

#### Consulta libre:

Permiten acceder a todos los datos catastrales no protegidos. El número de consultas acumulado superó los 263,6 millones, con más de 67,4 en 2009, una media de 256.000 consultas en días laborables y cifras superiores a 300.000 accesos diarios en las campañas de renta 2007 y 2008, debido a la exigencia de incluir la referencia catastral en el borrador de declaración del I.R.P.F.

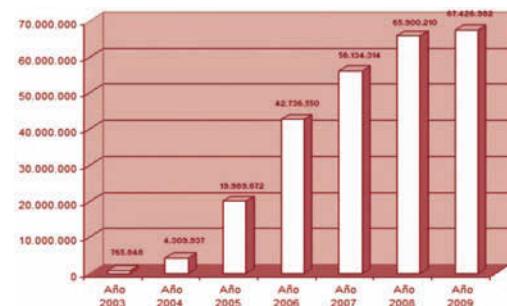


FIG. 2/ Evolución anual acceso a datos no protegidos 2003-2009

Fuente: Elaboración propia

#### Consulta a datos protegidos:

Las realizan los usuarios registrados o los titulares catastrales respecto a sus propios bienes. Los principales clientes de este servicio han sido los Ayuntamientos, con más de 18,5 millones de consultas acumuladas, seguidos de los notarios, con más de 9 millones. El número acumulado de consultas a datos personales supera los 47,8 millones con una media

preferido usar años completos, por lo que no se incluye información de resultados parciales ya obtenidos en 2010, si bien la mayor parte de ellos ratifican la tendencia de utilización creciente de los servicios de la SEC.

mensual en 2009 de 1,48 millones (67.200 de media en días laborables) y cifras superiores a 1,5 millones de accesos mensuales en campaña de I.R.P.F. 2009.

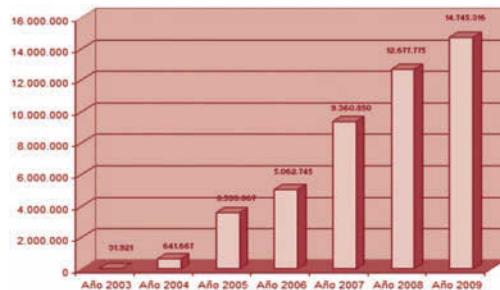


FIG. 3/ Evolución anual acceso a datos protegidos 2003-2009

Fuente: Elaboración propia

semanales en 2009, cifra que llegó a 3 millones (600.000 en cada jornada laboral) en alguna semana de la campaña de declaraciones de I.R.P.F. 2009.

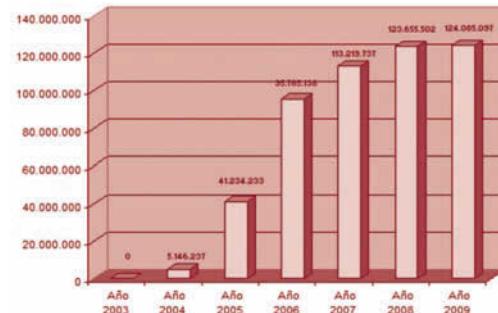


FIG. 5/ Evolución de los accesos a cartografía catastral 2005-2009

Fuente: Elaboración propia

### Certificados catastrales:

Los certificados son probablemente, junto con la cartografía, el producto estrella de la SEC. Se suministran certificados literales con o sin cartografía digital asociada. Desde 2003 se han emitido más de 16,6 millones de certificados telemáticos, de ellos casi 4,5 millones en 2009. Los principales clientes de los certificados son los notarios y registradores, con el fin de cumplir la obligación legal de coordinación con la información catastral.

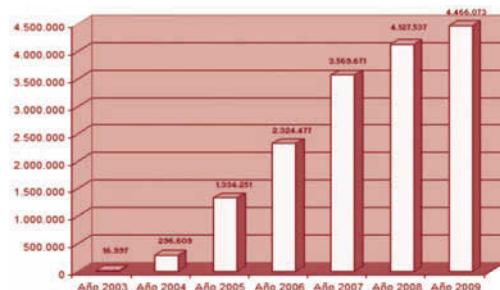


FIG. 4/ Evolución anual certificados catastrales 2003-2009

Fuente: Elaboración propia

### Visualización de mapas:

Este apartado considera la visualización de la cartografía catastral. Cada extensión de mapa generado utilizando las herramientas de navegación genera una consulta a la cartografía. Desde su incorporación a la Oficina Virtual del Catastro (ahora SEC) se han producido más de 516 millones de accesos interactivos a mapas, con una media de más de 2,5 millones

### Servidor de mapas (Web Map Service):

Comprenden los servicios de mapas Web (WMS) invocados directamente por otros portales. Las principales Infraestructuras de Datos Espaciales (IDE), locales, autonómicas, nacionales y temáticas lo tienen implementado. Los usuarios son muy heterogéneos y la lista de páginas que utilizan este servicio es amplia, ya que lo utilizan gran parte de las administraciones y empresas que requieren representar datos sobre el territorio. Además de las IDEs, lo invocan aplicaciones privadas como Google, Goolzoom, LocalGis, GVSig, o equipos de telefonía móvil con GPS. En 2009 se han servido más de 100 millones de mapas, con un promedio diario de 250.000 y puntas de 500.000 mapas/día.

### Servidor de mapas (Web Feature Service):

Permite la descarga de elementos de cartografía vectorial. Es un servicio para usuarios registrados y restringido a un número limitado de los mismos pertenecientes a administraciones públicas. Enfocado a usuarios expertos se utiliza para descargas en sistemas de información cartográfica. El número de descargas en 2009 rondó el millón y medio.

### Servicio de callejero:

Servicio Web que permite obtener el callejero catastral, descargando del mismo la denominación de las vías y números de portal, con sus coordenadas geográficas. Es un producto muy valorado por los sectores empresariales que realizan actividades de "geomarketing", a los que luego nos referiremos. Es también un

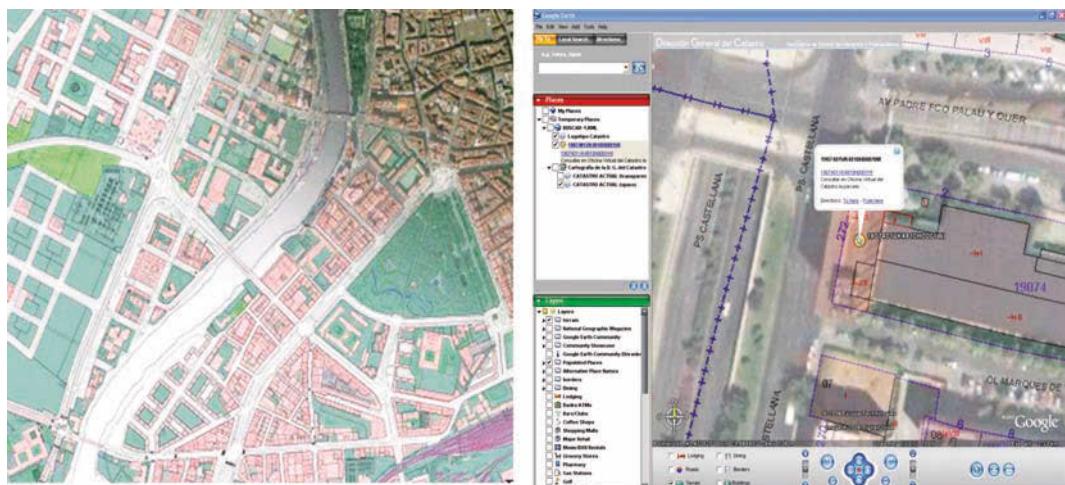


FIG. 6/ **Superposición de catastro y ortofoto, y servicio WMS y WFS catastral sobre Google Earth**

Fuente: Elaboración propia

servicio crucial para avanzar en el objetivo de definir un callejero único administrativo georreferenciado. Se encuentra en plena expansión, con más de 170.000 accesos día.

#### **Servicios de conversión de coordenada:**

Servicio Web que permite a partir del centroide de una parcela obtener las coordenadas UTM en las que se encuentra el inmueble; y viceversa, a partir de un par de coordenadas geográficas x,y obtener la parcela en la que se encuentra dicho punto. Básicamente está dirigido a usuarios con necesidades de información cartográfica de posicionamiento y es de gran utilidad en dispositivos móviles. Son casi 47 millones de datos los servidos en 2009, con semanas que superan los 2 millones de peticiones.

#### **Servicios de intercambio de ficheros:**

Destinados a usuarios registrados de entidades que colaboran en el mantenimiento catastral. Contempla el intercambio, tanto de ficheros catastrales de información estructurada (XML), como otros en formato no estructurado (fotos, dgn, dxf...). Desde 2004 han entrado a través de Internet más de 400.000 ficheros de todo tipo. En lo referente a servicios de altas y registro de expedientes directamente contra la SEC desde 2007, año en que fue implantado, se han realizado unas 422.000 altas por parte de entidades colaboradoras, y su demanda es claramente creciente. Con respecto al servicio de registro de expedientes se han registrado más de 145.000

desde su inicio. Estas herramientas son críticas para un desarrollo real de la administración electrónica. Los principales clientes de este servicio son los notarios y registradores con cerca del 70% de los intercambios realizados, seguidos de ayuntamientos y diputaciones.

## **6.2. Indicadores de impacto económico**

La evaluación de la forma en que los servicios públicos electrónicos impactan en la sociedad resulta más complicada que el cómputo de actividad en términos cuantitativos. No obstante lo anterior, empiezan ya obtenerse datos que permiten evaluar cómo la implantación de servicios catastrales en la SEC está incidiendo positivamente sobre la economía y la actividad de los ciudadanos.

Como consecuencia de la oferta de servicios electrónicos en la SEC, y antes en la OVC, las visitas personales y las certificaciones emitidas en formato tradicional suministradas en las oficinas territoriales del Catastro han descendido de forma clara, pasando de 2 millones en 2003 a algo menos de 250.000 en 2009.

Recientemente se ha elaborado por la consultora KPMG un reciente estudio para la Presidencia del Gobierno español en el que se midió en términos monetarios el impacto económico derivado de la aplicación de una serie de medidas establecidas en ejecución del Acuerdo de Consejo de Ministros de 17 de

abril de 2009, sobre reducción de cargas administrativas, entre las que se incluyeron varias relacionadas con la SEC. Pues bien, en este estudio se evalúa en 157 millones de euros el ahorro que ha producido a los ciudadanos y a las empresas la aplicación de servicios por la SEC, que les han evitado pérdidas de tiempo y gastos al no tener ya que desplazarse a las oficinas territoriales. La posibilidad de acceder a información puntual o masiva de inmuebles a través de la red supone un notable incremento de la productividad y una mejora de la eficiencia en términos económicos, en una cuantía que supera muy significativamente el presupuesto anual de la Dirección General del Catastro. Es una prueba contundente de la mejora en la productividad derivada de la aplicación de la administración electrónica.

### 6.3. Indicadores de reconocimiento

Finalmente, existen otras fuentes que vienen reconociendo el valor de la SEC como herramienta al servicio de los ciudadanos en particular y de la sociedad en su conjunto. Si bien son varias las referencias que podrían citarse, probablemente destaque entre todas ellas el reciente reconocimiento de la Comisión Europea a la labor del Catastro español.

A primeros de junio de 2010, la Comisión Europea ha decidido distinguir como 'buena práctica' la labor del Catastro español entre varios proyectos europeos y de otras regiones del mundo, como Australia, Canadá o Nueva Zelanda, por la facilidad de acceso público a sus datos y las posibilidades de su reutilización que ofrece a los agentes económicos. Dicho reconocimiento se ha realizado en el marco de la Directiva Europea INSPIRE, que entró en vigor en mayo de 2007 y pretende el establecimiento de una infraestructura de información espacial en Europa para facilitar la gestión de las políticas públicas europeas que precisen de un conocimiento detallado del territorio.

Bruselas otorga una gran importancia a estas cuestiones, pues considera que pueden contribuir de forma destacada al crecimiento económico, como se puso de manifiesto en la reciente reunión ministerial en Granada de responsables de políticas de sociedad de la información, donde se incluyeron estos criterios dentro de la denominada 'Declaración de Granada', que fijó las estrategias europeas hasta el 2020 para mejorar la competitividad global de la economía digital europea.

## 7. Los compromisos inmediatos

Para finalizar, resulta adecuada una reflexión sobre el futuro inmediato de la SEC. En tanto que herramienta, la SEC está comprometida a atender las necesidades de los usuarios que en cada momento se pongan de manifiesto. Por ello, son varias las iniciativas que actualmente se están implantando para mejorar y completar los servicios existentes. Como ejemplos, podemos citar dos iniciativas de inmediata aplicación: la primera, vinculada al desarrollo de la administración electrónica, y la segunda, orientada a facilitar la actividad de las empresas y el crecimiento de la economía.

### 7.1. Nuevo servicio de acceso a la SEC mediante clave concertada

El artículo 13.2.c) de la mencionada Ley 11/2007, faculta a las Administraciones Públicas para determinar, teniendo en cuenta los datos e intereses afectados y siempre de forma justificada, los supuestos y condiciones de utilización por los ciudadanos de otros sistemas de firma electrónica, como lo es la utilización de claves concertadas. Con el objeto de facilitar al máximo la relación electrónica con el Catastro, resulta conveniente que el ciudadano pueda utilizar, además del DNI electrónico o cualquier otro sistema de firma electrónica avanzada admitido por las Administraciones Públicas, una clave concertada que la propia Dirección General del Catastro le proporcione, garantizando en todo caso las máximas precauciones respecto a su generación, comunicación y utilización.

Con este fin, recientemente se acaba de aprobar la Orden del Ministerio de Economía y Hacienda por la que se aprueba la utilización del sistema de firma mediante clave concertada en los procedimientos catastrales, en virtud del marco establecido en los artículos 16 de la Ley 11/2007 y 11 del Real Decreto 1671/2009, de 6 de noviembre. La incorporación de este sistema de firma cumple los requisitos legales, puesto que su utilización tiene carácter voluntario, y facilita el acceso del interesado a las actuaciones catastrales, así como a los datos a los que afecta la gestión catastral.

El sistema aprobado en esta Orden Ministerial facilitará a los ciudadanos, que por cualquier causa no utilizan DNI electrónico u otro sistema de firma electrónica avanzada, el acceso a la SEC sin necesidad de desplazarse a ninguna oficina pública y en el momento que les resulte más cómodo. Del mismo modo, la ini-

ciativa generará importantes ahorros para la Administración, ya que el sistema de clave concertada es susceptible de ser utilizado en las millones de notificaciones que el Catastro realiza a lo largo del año y que suponen un importante coste en envíos postales tradicionales.

## 7.2. El fomento de la reutilización de la información catastral por las empresas, en apoyo de sus actividades

Junto a las funciones de naturaleza pública, la información catastral está siendo cada vez más utilizada por las empresas para sus propios fines. Compañías de diferentes sectores utilizan esta información, para generar nuevos productos y servicios de valor añadido. En este entorno se están desarrollando de forma creciente una serie de iniciativas comerciales que incorporan la información geográfica como herramienta de trabajo, dando lugar a un nuevo conjunto de procesos y actuaciones que se vienen agrupando bajo la denominación común de "geomarketing". Bien sea para la identificación de mercados, la localización de clientes, la gestión de flotas de distribución, o los estudios de entorno social o económico,

por citar algunos de los ejemplos más significados, el *geomarketing* se ha introducido de lleno en los procesos que están desarrollando muchas de las compañías y empresas más eficientes, pertenecientes a sectores tan variados como el de las comunicaciones, la energía, los transportes, los desarrollos y servicios informáticos, o el mercado inmobiliario, por citar sólo algunos ejemplos.

La utilización de la información catastral por las empresas se verá potenciada en los próximos meses con la aprobación de la Ley de Economía Sostenible, que introduce novedades que permitirán descargar a través de Internet grandes volúmenes de información catastral de manera completamente gratuita, sobre un nuevo modelo de licencia en línea que establecerá las condiciones jurídicas de este servicio. Esta reforma ampliará las posibilidades de la reutilización de la información catastral por las empresas, a través de un modelo que ha sido definido con la colaboración de la Asociación Multisectorial de la Información (ASEDIE), y sigue la iniciativa desarrollada por el Gobierno<sup>6</sup>, en paralelo a otras similares aplicadas en diversos países, como Estados Unidos o Gran Bretaña, donde la política de la reutilización de la información del sector público ha sido definida como prioritaria.

## 8. Bibliografía

KAIN Roger, P. & E. BAIGENT (1984): *The Cadastral Map in the Service of the State*. The University of Chicago Press. Chicago.

PRO, J. (ed.) (1992): *Estado, Geometría y Propiedad: los orígenes del Catastro en España (1715-1941)*. Ministerio de Economía y Hacienda. Madrid.

<sup>6</sup> Sobre la reutilización de la información del sector público en España, ver Proyecto APORTA : [www.aporta.es](http://www.aporta.es)  
Sobre la iniciativa del Gobierno Obama para abrir toda la información de las Agencias Federales a las empresas y ciudadanos, ver el Memorandum emitido el primer día de su mandato, sobre transparencia y gobierno abierto.

[http://www.whitehouse.gov/the\\_press\\_office/transparencyandgovernment/](http://www.whitehouse.gov/the_press_office/transparencyandgovernment/)  
Sobre las acciones similares incorporadas al programa del nuevo Primer Ministro británico, ver el Manifiesto Tecnológico del Partido Conservador.  
[http://www.conservatives.com/policy/where\\_we\\_stand/technology.aspx](http://www.conservatives.com/policy/where_we_stand/technology.aspx)



# El SIGPAC: “hoy las ciencias adelantan...”

F. MONTERO LABERTI

Jefe del Área de Sistemas de Información Geográfica. Fondo Español de Garantía Agraria.  
Mº de Medio Ambiente y Medio Rural y Marino

**RESUMEN:** El Sistema de Identificación Geográfica de Parcelas Agrícolas Español (SIGPAC) es la clave para la concesión de ayudas por superficie que la Política Agraria Común destina al sector agrario español. Actualmente las solicitudes de ayuda de los agricultores alcanzan un número superior a las 900.000 y el importe total abonado con la utilización de las bases de datos del SIGPAC como principal elemento de comprobación y verificación se acerca a los 5.000 millones de euros. Por otra parte, y sin lugar a dudas, el SIGPAC, actualmente, es un producto estrella entre las actuaciones que, en el campo de la introducción y utilización de las nuevas tecnologías de la información, ha emprendido la Administración española.

Pero los beneficios no se limitan al sector agrario; también millones de ciudadanos (arquitectos, ingenieros, notarios, registradores de la propiedad, gestores de planes urbanísticos, geógrafos, deportistas, turistas... y un largo etcétera), se acercan a las páginas Web del FEGA ó del MARM con el ánimo de conocer mejor el territorio, y con el fin de visualizar e imprimir las imágenes de cualquier porción de España. Todo ello de manera sencilla, rápida y con acceso totalmente libre.

En el presente trabajo los lectores encontrarán los fundamentos del SIGPAC; de su creación, de su funcionamiento y de su actualización permanente. El texto y las figuras de su contenido dan a conocer, de manera resumida, los pilares técnicos que lo soportan, su estructura organizativa y su acon-  
tecer diario.

**DESCRIPTORES:** Sistemas de información geográfica. Sistema de Identificación Geográfica de Parcelas Agrícolas Español (SIGPAC).

## 1. Introducción

**H**oy las ciencias adelantan que es una barbaridad...”. Esta frase, tomada del inicio de la zarzuela “La Verbena de la Paloma” da pie para titular este trabajo en el que se intenta exponer la verdadera dimensión del Sistema de Información Geográfica de Parcelas Agrícolas de España (SIGPAC), convertido, gracias a su vanguardismo tecnológico, en uno de los proyectos más modernos y evo-

lucionados desde la aparición de los sistemas de información geográfica.

¡Quién lo iba a decir en los años 90!... Sin lugar a dudas, el SIGPAC, actualmente, es una estrella de las nuevas tecnologías de la información y, en consecuencia, de la Administración española.

En los cinco años de existencia del SIGPAC no sólo los agricultores españoles se han conecta-

do a las páginas Web del MARM o del FEGA para conocer, comprobar la información relativa a sus parcelas y apoyarse en él para solicitar sus ayudas ; también millones de ciudadanos sin intereses agrarios, pero con el ánimo de conocer mejor el territorio (arquitectos, ingenieros, notarios, registradores de la propiedad, gestores de planes urbanísticos, geógrafos, deportistas, turistas..., y un largo etcétera), se han acercado a dicha Web, han visualizado las imágenes de cualquier porción de España, y han podido imprimir dichas imágenes. Todo ello de manera sencilla, rápida y, lo que es más llamativo y exitoso: con acceso totalmente libre.

En el presente trabajo los lectores encontrarán los fundamentos del SIGPAC; de su creación, de su funcionamiento y de su actualización permanente. Espero que el texto y las figuras de su contenido contribuyan a aumentar su popularidad, al mismo tiempo que se podrán conocer mejor, de manera resumida, los pilares que lo soportan, su estructura y su acontecer diario.

## 2. Nociones básicas

El uno de enero de 2005 vio la luz el Sistema de Información Geográfica de Parcelas Agrícolas de España (SIGPAC) que consiste en una base de datos de gran tamaño compuesta por la información siguiente:

a) De carácter gráfico. Representa la delimitación geográfica digitalizada de cada parcela catastral del terreno. Cada parcela la componen una o varias porciones de terreno (recintos), cada uno de ellos marcados en función de los usos o aprovechamiento del suelo.

Las capas de parcelas catastrales y de usos en los recintos dentro de ellas, se han superpuesto a un conjunto de imágenes fotográficas digitalizadas, obtenidas por ortorrectificación de fotografías aéreas que cumplen las normas exigibles a una cartografía de escala mínima 1:5.000, proporcionando una visión continua del terreno de todo el país.

b) El segundo tipo de información es alfanumérico, concretándose en una serie de datos de carácter agronómico e información administrativa de cada uno de los recintos que forman las parcelas.

El SIGPAC nace como consecuencia de la normativa de ayudas por la que se rige la PAC de la Unión Europea. El Fondo Español de Garantía Agraria (FEGA), Organismo Autónomo del hoy denominado Ministerio de Medio Ambiente, y Medio Rural y Marino, junto con las Consejerías con competencia en materia de Agricultura de las Comunidades Autónomas, fue el encargado de ponerlo en marcha y es el coordinador de su mantenimiento.

## COORDINACIÓN DEL SIGPAC

### FASE DE CREACIÓN Y DIFUSIÓN DEL SIGPAC

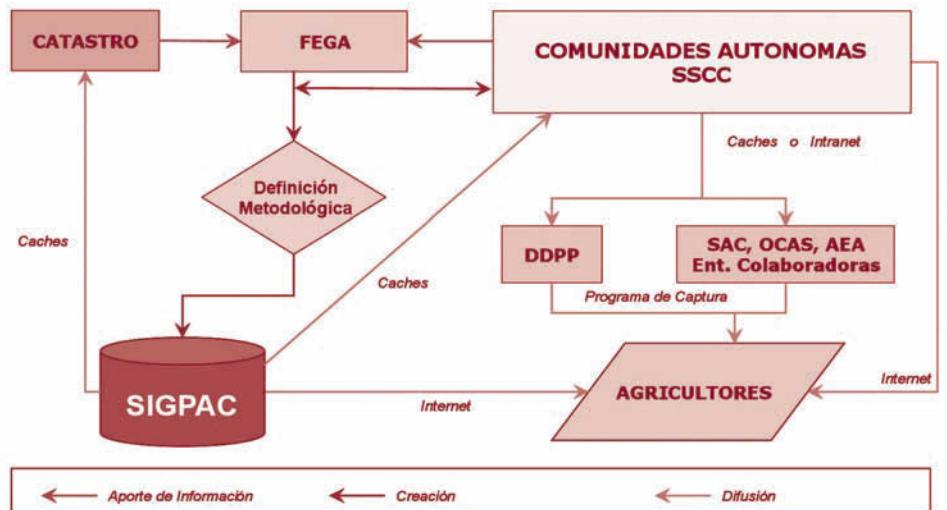


FIG. 1/ Esquema general de creación y difusión del sistema

Fuente: Elaboración propia

### 3. Objetivos

El principal motivo de creación del SIGPAC es el cumplimiento de la normativa comunitaria, como ya se ha mencionado. Esta normativa es compleja y detallarla provocaría una extensión excesiva del presente trabajo, por lo que espero de los lectores que entiendan su omisión.

El segundo de los objetivos del SIGPAC es facilitar las relaciones de las Administraciones competentes con los agricultores. Estos visualizan sus parcelas, consultan los datos gráficos y alfanuméricos de las mismas y, con ellos, rellenan las declaraciones y solicitudes de ayuda.

El tercer objetivo afecta a las Administraciones que realizan los controles de las ayudas.

Estas, al disponer de un único sistema de referencia efectúan más rápida y eficazmente las tareas inherentes a los controles, ya sean los puramente administrativos o los llamados “sobre el terreno”, esto es, con visita al campo.

### 4. Funcionamiento

El Real Decreto 2128/2004, de 29 de octubre, por el que se regula el SIGPAC, establece que, a partir del 1 de enero de 2005, será la única base de referencia para la identificación de parcelas agrícolas en el marco de la Política Agrícola Común, y lo define como un registro público, de carácter administrativo, dependiente del Fondo Español de Garantía Agraria y de las Consejerías con competencias en materia de agricultura de las Comunidades Autónomas.

Respecto al régimen de explotación y mantenimiento del SIGPAC, son las Comunidades Autónomas las responsables de asistir a los productores en su utilización; de atender y resolver las alegaciones que éstos puedan plantear, y de incorporar a la base de datos las actualizaciones de usos agrícolas y sistema de explotación de los recintos, las modificaciones por reasignación de recintos de una parcela y las referentes al resto de información contenida en el sistema.

Al FEGA se le encomienda la coordinación del correcto funcionamiento del SIGPAC, convirtiéndose en garante de la homogeneidad en su explotación y mantenimiento, a través del órgano colegiado creado al efecto y denominado Mesa de Coordinación del SIGPAC, en la que,

como se ha indicado, están representadas todas las Comunidades Autónomas, varias unidades del Ministerio de Medio Ambiente, y Medio Rural y Marino, la Dirección General de Catastro del Ministerio de Economía y Hacienda y el Instituto Geográfico Nacional del Ministerio de Fomento.

El Real Decreto dedica el artículo 8 de su texto a la colaboración entre las Administraciones Públicas. En él se dispone que, para el desarrollo de las actuaciones previstas, se establecerá el marco adecuado de colaboración técnica, financiera y administrativa entre el FEGA y las Comunidades Autónomas.

Por otra parte, el citado artículo, determina que la información contenida en el SIGPAC se coordinará con la del Catastro Inmobiliario, especialmente mediante la expresión de la referencia catastral de los inmuebles integrantes de las parcelas agrícolas y se establecerán las fórmulas de colaboración entre el FEGA y la Dirección General de Catastro, con el fin de mantener la adecuada coherencia entre los datos disponibles de ambos sistemas.

#### FASES DE TRABAJO SIGPAC



FIG. 2/ Fases en las que se ha dividido la constitución del SIGPAC

Fuente: Elaboración propia

### 5. Constitución del SIGPAC: características técnicas y metodología

#### 5.1. Ortofotos

El proceso se inició con los vuelos fotogramétricos que abarcan 505.957 Km<sup>2</sup>, es decir la superficie de toda España. La mayor parte de esta extensión se voló a escala 1:30.000, para obtener fotos de 0,5 m de píxel, excepto en la cornisa cantábrica, cuya parcelación necesita más resolución. Por este motivo, la escala fue de 1:18.000, suficiente para obtener un píxel de 0,25 m.

Posteriormente, se generaron las ortofotos digitales del terreno con una calidad equivalente a la de cartografías analógicas a escala 1:5.000.

La integración de la ortofoto en el SIGPAC se realizó generando mosaicos territoriales compatibles con el sistema gráfico.

## 5.2. Parcelario

La capa gráfica de bordes de las parcelas se generó a base de la documentación catastral acopiada en las Gerencias Provinciales del catastro de rústica digitalizándose cuando fue necesario.

Otra fuente de partida se encontró en el parcelario que ya había sido digitalizado y superpuesto en todos los polígonos con parcelas de olivar a una ortofoto anterior que sirvió de base para elaborar el SIG-Oleícola (Sistema Geográfico precursor del SIGPAC).

Como complemento a ambas documentaciones se utilizaron las procedentes de los SIG's citrícola y vitícola (creados en algunas Comunidades Autónomas); concentraciones parcelarias; obras civiles de gran envergadura y la recogida de los controles realizados mediante teledetección.

Esta documentación digitalizada se ubicó sobre la realidad del terreno observada en la ortofoto, haciéndola coincidir, a través de puntos homólogos identificados previamente, tales como caminos, carreteras, grandes parcelas ó parcelas de formas especiales. Es la denominada operación de "ajuste" ejecutada automáticamente por aplicaciones informáticas, aunque puede necesitar, posteriormente, una adecuación manual más exacta de ciertas parcelas de forma puntual.

## 5.3. Capa de recintos

En el SIGPAC un recinto es la porción continua de terreno que, dentro de una parcela catastral, tiene un determinado uso o aprovechamiento estable.

La subdivisión de la capa de parcelas en recintos y la asignación de usos a éstos se realizan en la fase de fotointerpretación de la ortofoto. Como es imposible distinguir la totalidad de los usos que existen en la realidad, se formaron grupos con aprovechamientos que responden a características similares respecto a la ges-

tión y control de las ayudas por superficie, estableciéndose finalmente los usos reflejados en la tabla de la FIG. 3.

FIG. 3/ Detalle de Usos

Código	Descripción
Ag	Corrientes y superficies de agua
Ca	Viales
Ci	Cítricos
Ed	Edificaciones
Fl	Frutos secos y olivar
Fo	Forestal
Fs	Frutos secos
Fv	Frutos secos y viñedo
Fy	Frutales
Im	Improductivos
Is	Islas
IV	Invernaderos y cultivos bajo plástico
Of	Olivar - frutal
Ov	Olivar
Pa	Pasto con arbolado
Pr	Pasto arbustivo
Ps	Pastizal
Ta	Tierras arables
Th	Huerta
Vf	Viñedo - frutal
Vi	Viñedo
Vo	Viñedo olivar
Zc	Zona concentrada no incluida en la ortofoto
Zu	Zona urbana
Zv	Zona censurada

Fuente: Elaboración propia

Los recintos SIGPAC se definen a partir de los diferentes usos observados, respetando siempre los límites de las parcelas catastrales existentes.

## 5.4. El sistema informático

El modelo informático del SIGPAC responde a una arquitectura de datos centralizada, cuya actualización se efectúa desde terminales o sistemas corporativos y/o locales ubicados en las Comunidades Autónomas, de acuerdo con los mismos requisitos técnicos en todas ellas.

A dichos requisitos se les añaden los correspondientes a la seguridad. En cada Comunidad existe la figura del administrador que es el encargado de autorizar, de forma individual, a las personas que trabajan en cada puesto y de definir los permisos de actuación.

Los servidores centrales residen en el MARM y son administrados por la Subdirección General de Informática y Comunicaciones del Departamento. Las bases de datos que almacenan la información son Oracle y MSQSL. El formato de las ortofotografías es TIFF.

Las funciones básicas que permite el sistema son:

1. Consulta por todos los agentes del sector (agricultores, entidades colaboradoras y Administraciones Públicas) y por cualquier ciudadano con un ordenador de mediana potencia y una conexión a Internet. Esta consulta se puede realizar a través de copias locales o directamente desde Internet.
2. Actualización de las bases de datos, ya sea por edición directa o sustitución de la información, desde los sistemas instalados

en las Comunidades Autónomas, previo sometimiento a los requerimientos de seguridad necesarios.

3. Exportación de información, desde la base datos, de una zona concreta del territorio, en distintos formatos, produciendo ficheros que se transmiten a través del sistema de comunicaciones, con los correspondientes requisitos de seguridad.

La FIG. 4 ilustra al lector sobre la arquitectura teórica del SIGPAC

El sistema de seguridad posee las siguientes características:

- Se basa en el par usuario-contraseña para funciones que impliquen actualización de datos, y está diseñado para permitir, en el futuro, la implantación de sistemas de certificación digital de identidad del usuario.
- Dispone de mecanismos de control de accesos para permitir asignar a cada usuario sus posibilidades de actuación

El Ministerio de Medio Ambiente y Medio Rural y Marino y las Comunidades Autónomas garantizan la seguridad e integridad de la in-

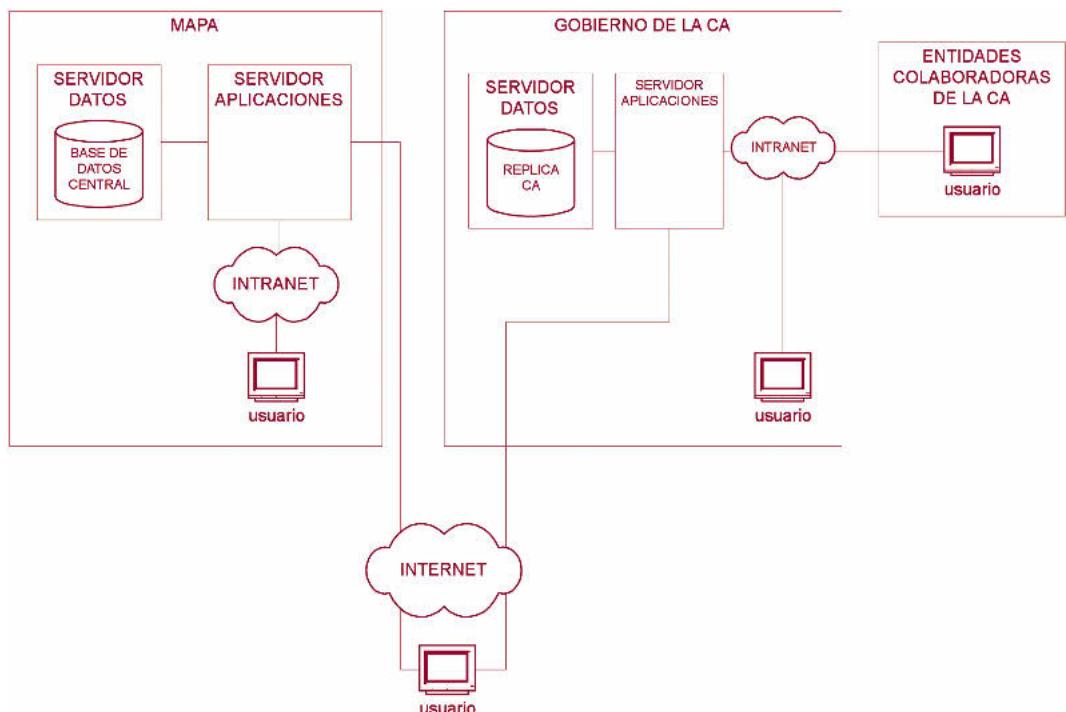


FIG. 4/ Arquitectura teórica del SIGPAC

Fuente: Elaboración propia

formación y el régimen de autorización y acceso al sistema. En todo caso se conocen: la identidad del autor de cualquier modificación y la fecha en la que ésta fue realizada, además de disponer, en todo momento, del acceso a la información a una fecha determinada.

### 5.5. Aplicaciones

El SIGPAC se prolonga más allá de las bases de datos mediante ciertas aplicaciones. A continuación, se describirán las tres más importantes.

La primera de ellas es el **VISOR**. Es la aplicación artífice de las imágenes que se visualizan en la pantalla de nuestros ordenadores. La tecnología utilizada para la representación de cuanto se ha indicado anteriormente es la Silver-light.

Consta de una zona de navegación con distintos botones de búsqueda de las parcelas y recintos, medir distancias y superficies, incluyendo un botón de ayuda, representado por una interrogación (?). Es, en realidad un manual que guía al visitante a fin de que ejecute

adecuadamente las operaciones que deseé. También le informa de todos los contenidos de la página.

Además existen dos cuadros con posibilidad de ocultación que dan la opción de visualizar la información geodésica (sistema de referencia y coordenadas) y de seleccionar las diferentes capas de información (parcelas, recintos, árboles.), y un zoom que permite acercarse o alejarse del terreno para efectuar la visualización a la escala que se deseé, incluyendo los distintos mapas topográficos representados.

Algunas Comunidades Autónomas han optado por configurar su propio Visor, a fin de que el nacional no soporte los ingentes volúmenes de peticiones de imágenes y de impresiones que se dan en algunos períodos de tiempo, principalmente en los meses que van de febrero a mayo, época en la que han de cumplimentarse las solicitudes de ayuda de la PAC.

Para todo aquél que no ha navegado por el SIGPAC, se proporciona la dirección de Internet adecuada: <http://sigpac.mapa.es/fea/visor/>

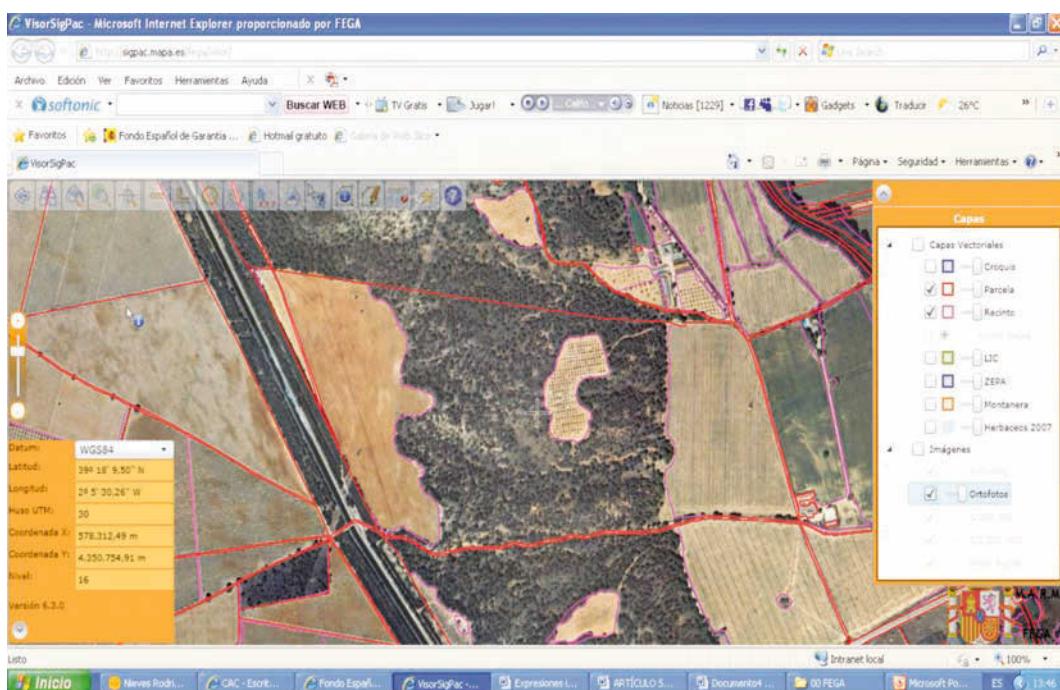


FIG. 5/ Interfaz del Visor implantado en la campaña de Solicitud Única 2010-2011

Fuente: Elaboración propia

### VISORES AUTONÓMICOS DEL SIGPAC

FIG. 6/ **Visores autonómicos SIGPAC**

Fuente: Elaboración propia

La segunda aplicación se conoce con el nombre de **DNEDITOR** y se creó a fin de facilitar el mantenimiento y actualización del SIGPAC que realizan las Comunidades Autónomas y el propio FEGA a través de la asistencia técnica contratada para ello con la misma empresa que intervino en la elaboración del sistema.

Con esta herramienta se pueden modificar las capas del SIGPAC, aunque las posibilidades de operar en cada una dependen, como ya se ha explicado, de las opciones permitidas. Como regla general, el personal de una Comunidad únicamente puede ejecutar las tareas de los cambios (p.e. usos ó sistemas de explotación) en los recintos que se hallan dentro de su territorio.

El editor permite seleccionar las entidades geográficas por medio de identificadores alfanuméricos y visualizarlas, así como comprobar el historial de cambios producidos en cada una de ellas.

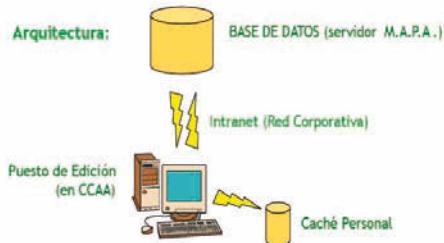
Cada cambio que se introduce lleva aneja la obligación de anotar el motivo por el que se ha efectuado. Por ejemplo, resultados de controles, por alegaciones o solicitudes de modificación de los agricultores, por renovación de la ortofoto etc...

Los procesos llevan aparejadas medidas exhaustivas para salvaguardar la coherencia de los datos, de manera que cada vez que se introduce nueva información se verifica internamente el cumplimiento de una serie de reglas que siempre han de respetarse.

### DNEDITOR

Permite acceder y modificar la información gráfica y alfanumérica de todas las capas de la base de datos central SIGPAC.

- Información almacenada en las Bases de Datos (servidores del M.A.P.A.)
- Geometrías, puntos y datos alfanuméricos asociados

FIG. 7/ **DNEDITOR**

Fuente: Elaboración propia

Como tercera herramienta, el SIGPAC cuenta con la aplicación denominada **CROQUIS**, cuya finalidad es servir de apoyo a los distintos sistemas de gestión de declaraciones de cultivo y solicitudes de ayuda que cada Comunidad Autónoma ha puesto a disposición de sus propias unidades, de las entidades colaboradoras que intervienen en la presentación de las solicitudes y de los propios agricultores.

Se han puesto a punto dos versiones de CROQUIS. La más utilizada es la que está incluida en el VISOR, puesto que desde él, situándose en la zona de navegación y apoyándose en el icono de medir superficies, puede trazarse un dibujo de aquellas porciones de las parcelas catastrales ó de los recintos que se deseé acotar. El croquis que dibuja el propio interesado (o quien le ayude a la hora de la cumplimentar de la solicitud), queda asociado a la declaración del agricultor, el cual aporta, junto con la solicitud, la salida gráfica obtenida con el título "CROQUIS DE APOYO A LAS SOLICITUDES DE AYUDA RELACIONADAS CON LA SUPERFICIE", contiene toda la información sobre el recinto nuevo, objeto de la solicitud a fin de que el gestor pueda identificarlo inequívocamente

Una versión más moderna del CROQUIS es el **CROQUIS WEB**, aplicación que, utilizando el protocolo de la red (http), intercambia información entre las aplicaciones de gestión de ayudas de las Comunidades y los servidores de datos de las mismas, ofreciendo, también la posibilidad de poder anexar la información gráfica a la declaración.

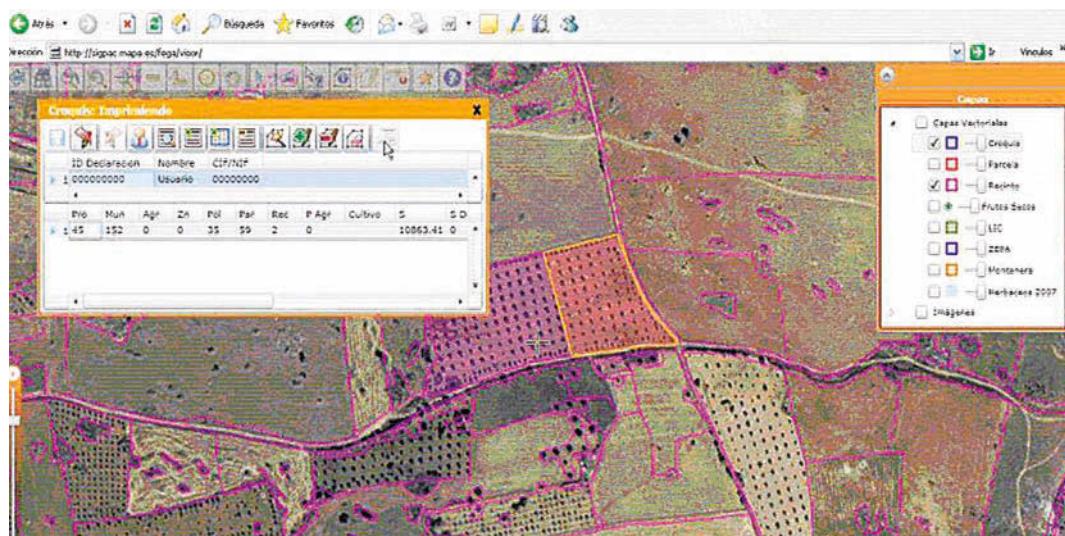


FIG. 8/ CROQUIS desde el Visor

Fuente: Elaboración propia

Además de estas aplicaciones el SIGPAC cuenta con otra serie de servicios, algunos de los cuales los utilizan exclusivamente las Comunidades Autónomas o unidades concretas de la Administración a la que se les ha suministrado las bases de datos completas.

Así mismo, el público en general puede acceder al servicio Open Gis WMS del SIGPAC en el que se hallan todas las ortofotos y la información gráfica para que cualquier persona pueda consultarlas y visualizarlas conjuntamente con otras capas que existen en servidores pertenecientes a distintos órganos de las Administraciones. Este servicio forma parte de la llamada IDEE o Infraestructura Espacial de Datos de España, cuya coordinación y responsabilidad es competencia del IGN (Instituto Geográfico Nacional) perteneciente al Ministerio de Fomento. Su dirección es <http://www.idee.es>.

Actualmente está en proyecto la implantación de un nuevo servicio Open Gis, es el WFS, que posibilitará la descarga de las demás capas del sistema, permitiendo a los internautas cualquier tipo de operación.

## 6. Renovación y actualización del SIGPAC

La puesta al día de las bases de datos del SIGPAC se efectúa mediante las herramientas que se acaban de comentar, empleándose de manera más intensa la aplicación DNEDITOR.

Las actuaciones se llevan a cabo, bien como consecuencia de la petición de los agricultores, para lo cual existe un procedimiento de alegaciones homogéneo en todo el territorio nacional, bien de oficio, es decir, una vez realizados los controles sobre el terreno, aquellos resultados que muestran diferencias con los datos reflejados en el SIGPAC, se introducen en el sistema sustituyendo a los anteriores.

El FEGA interviene en las tareas de actualización, complementando las actividades de las Comunidades, siempre que la envergadura de los trabajos (ej. renovación de orto ó el plan de convergencia con Catastro), ó la especial tecnología a aplicar en la ejecución de las tareas, lo requiera, como se puede comprobar:

### 6.1. Renovación de ortofoto

La obligación reglamentaria es que una misma fotografía no puede permanecer en el sistema más de cinco años.

Todo el territorio no se puede sustituir en la misma fecha y tampoco las ortofotos originales datan del mismo año de vuelo. Por estas razones la renovación de las ortofotos se realiza teniendo en cuenta primero las prioridades de caducidad de las que aparecen en el Visor, y después sus disponibilidades materiales.

Las ortofotos utilizadas para sustituir las primarias (cuya propiedad la compartían el propio

FEGA y las Comunidades) proceden del llamado Plan Nacional de Ortofotografía Aérea (PNOA), cuya coordinación está a cargo del IGN y, para el cual dicho Instituto suscribió los oportunos Convenios con todas las Comunidades Autónomas.

## 6.2- Convergencia con Catastro

La Dirección General de Catastro y el FEGA han llegado a un acuerdo, reflejado en un Convenio de colaboración, que tiene como objetivo alcanzar una malla común de parcelas para, posteriormente, actualizarla simultáneamente, de tal manera que en el horizonte del año 2012 no exista ninguna diferencia entre los parcelarios de ambos sistemas, salvo las lógicas debidas a las características propias de cada uno y a los diferentes fines para los que se crearon.

Concretando y para precisar los cometidos a fin de que no haya lugar a dudas: la capa de parcelas es responsabilidad de la Dirección General de Catastro y la capa de recintos es responsabilidad del FEGA y de las Comunidades Autónomas

## 7. Introducción de nueva información

En los cinco años de vigencia del SIGPAC ha aumentado, de manera importante, la cantidad de información contenida en las bases de datos. Se enumeran las actuaciones que han ampliado la información desde 2005:

- **Incorporación del SIG de frutos secos** con la localización de cada árbol y de la especie distinguiendo entre: almendros, avellanos, nogales, pistachos y algarrobos.
- **Incorporación de la “superficie admisible oleícola”**, como resultado de la aplicación del método común de cálculo de dicha superficie establecido por la reglamentación europea (ya desaparecida como consecuencia de los cambios en la normativa comunitaria).
- **Incorporación de datos referidos a:** pendiente media de los recintos; porcentajes de admisibilidad en lo que respecta a las ayudas de las superficies. Clasificación de los olivares según categorías (ayuda acoplada a este cultivo, vigente hasta la campaña 2009-2010 y, por tanto, también suprimida).
- **Revisión y actualización de todos los recintos de uso “Viñedo” (VI) y sus asociaciones “Viñedo-Frutal” (VF), “Viñedo-Olivar” (VO) y “Frutos Secos y Viñedo” (FV), e integración de aquellas plantaciones recientes,**

no recogidas en las tareas de creación del sistema.

- **Integración de la Red Natura 2000.** Los reglamentos comunitarios y el Marco Nacional de Desarrollo Rural 2007-2013 establecen diversas ayudas para las explotaciones comprendidas en el territorio delimitado por la Red Natura 2000, capas de zonas de Especial Protección de Aves (ZEPA) y de Lugares de Interés Comunitario (LIC), hecho que hizo necesario incluir en el SIGPAC las capas correspondientes que identifican las parcelas y recintos pertenecientes a dicha Red.
- **Capa de Montanera.** Para dar cumplimiento a lo recogido en el Real Decreto 1469/2007, de 2 de noviembre, por el que se aprueba la norma de calidad para la carne, el jamón, la paleta y la caña de lomo ibéricos, se creó un atributo asociado a los recintos, que determina la pertenencia de cada recinto a explotaciones en las que los cerdos ibéricos se alimentan en “montanera”.
- **Capa de zonas vulnerables a Nitratos** Se ha incorporado al SIGPAC la capa gráfica que define si un determinado recinto está incluido en las zonas vulnerables a  $\text{NO}_3^-$  y está sujeto, en consecuencia, a los planes de actuación correspondientes.
- **Capa de Herbáceos o de admisibilidad 2007.** Como consecuencia de la puesta en marcha del Programa Nacional para el Fomento de las Rotaciones en Tierras de Secano, previsto en el Real Decreto sobre aplicación de pagos directos a la agricultura y la ganadería en el año 2010 y 2011, se ha creado una capa específica en la que se encuentran aquellos recintos que, en principio, se admiten como posibles beneficiarios de esta ayuda.

## 8. Algunas cifras

Siempre resulta ilustrativo aportar ciertos datos que proporcionen al lector una idea de la envergadura de los trabajos descritos, por ello se proporcionan algunas de las cifras que definen al SIGPAC:

- Se han identificado 70 millones de recintos.
- Las ortoimágenes corresponden a 505.959 Km 2 de 0,50 y 0,25 cm de píxel.
- Se han contabilizado 309 millones de olivos localizados individualmente y 75 millones de árboles de frutos secos.
- El tamaño actual de la base de datos es de 340 GB.
- Las tablas de datos contienen la historia on line de registros modificados pertenecientes a 6,3 millones de actualizaciones gráficas al

año y 13,3 millones de actualizaciones alfanuméricas al año en los recintos.

- Se contabilizan, como media, más de 500.000 usuarios mensuales que visitan el Visor SIGPAC.
- Las solicitudes de ayuda por superficie con-

troladas mediante el SIGPAC asciende a 926.000 en cada campaña.

- Los fondos de la Unión Europea que se abonan a los beneficiarios correspondientes a estas solicitudes de ayuda, alcanzan los 4.600 millones de € como media anual

# Estrategias para implantar las TIC en el urbanismo: la experiencia en Castilla y León

A. GONZÁLEZ MONSALVE

Jefe del Centro de Información Territorial, D.G. de Urbanismo y P.S.– Consejería de Fomento, Junta de Castilla y León

**RESUMEN:** En el presente artículo he pretendido mostrar una visión de la situación actual de la implantación de las tecnologías de la información en el urbanismo, desde la perspectiva de la experiencia en una Comunidad Autónoma como Castilla y León.

Los avances en los últimos años en la implantación de las tecnologías de la información en el urbanismo han sido espectaculares, pero aún queda mucho camino por recorrer y muchos retos por delante que superar. En cualquier caso, ya no habrá marcha atrás y la forma en la que la información y la gestión urbanísticas se han venido realizando cambiarán definitivamente.

**DESCRIPTORES:** Urbanismo. Nuevas tecnologías. Castilla y León. Sistema de Información Urbanística de Castilla y León (SIUCYL)

## 1. Visión general

Para hablar de la implantación de las Tecnologías de la Información y el Conocimiento en el ámbito del urbanismo, es de consulta obligada el Informe “Urbanismo y TIC en España” (AAVV, 2008). Dicho informe no se limita a dar una visión completa y acertada del diagnóstico y la situación actual, sino que desarrolla con cierto detalle las soluciones técnicas y metodológicas para trasladar a bases de datos todas las determinaciones urbanísticas que afectan a un municipio, generando un refrendo digital con validez jurídica.

El alcance y los componentes de la solución que plantea, son muy ambiciosos y tecnológicamente muy desarrollados y avanzados, aunque habría que matizarlos en cuanto al ámbito administrativo de su aplicación y a los plazos para la puesta en práctica de las estrategias

más avanzadas que propone. Alguien ajeno al urbanismo que no conozca sus particularidades jurídico-administrativas y leyera el Informe, podría pensar que resultará sencilla la implantación de las soluciones planteadas, ya que en principio parecen resueltos todos los problemas que se enuncian.

Nos encontramos, sin embargo con la cruda realidad de la compleja organización administrativa. Me refiero a toda esa maraña de actos y trámites administrativos que comprenden todo el proceso urbanístico, empezando por la decisión política de elaborar unas normas urbanísticas, continuando por su elaboración por los técnicos competentes, informes sectoriales, aprobaciones iniciales, información pública, aprobaciones provisionales y definitivas, y finalizando con su publicación. Por no hablar de las aprobaciones parciales o condicionadas, recursos, sentencias anulatorias,

modificaciones, correcciones de errores, etc, que confieren un entramado jurídico-administrativo que será complicado trasladar al mundo digital.

Aún así, es necesario emprender esa tarea, y hay que decir que desde las diferentes Administraciones Públicas estamos dando pasos firmes para llegar a ello. Según se indica en el citado Informe puede haber varias estrategias para aproximarnos al objetivo final que no es otro que conseguir gestionar el urbanismo mediante bases de datos digitales.

Ahora bien, teniendo ese objetivo que alcanzar, es importante determinar los plazos y los pasos intermedios para conseguirlo de forma eficiente con los recursos disponibles. Primariamente conviene fijar los objetivos y prioridades de la información urbanística que se quiere ofrecer a los ciudadanos, y las necesidades en relación con la gestión urbanística. De esta forma se determinarán las estrategias a utilizar en cada momento.

También hay que tener en cuenta que los objetivos y prioridades desde el punto de vista municipal, regional y estatal, pueden ser diferentes. Los ayuntamientos pueden tener como objetivo no solo ofrecer información urbanística a los ciudadanos, sino también el disponer de herramientas para la gestión urbanística municipal. En cambio, para la administración regional, el objetivo fundamental es asegurar la transparencia e información urbanísticas del conjunto de la Comunidad, y obtener información supramunicipal. Por tanto, las estrategias también pueden ser diferentes en función del tipo de Administración.

Es evidente que el futuro pasa por introducir el urbanismo en bases de datos, pero hay dos cuestiones que todavía están por resolver y que es donde habrá que incidir a partir de ahora: conceder validez jurídica a las bases de datos, e implantar el uso de herramientas de elaboración y gestión del planeamiento a los técnicos redactores y a los técnicos municipales.

Ambas cuestiones son complicadas de llevar a la práctica de forma generalizada. En cuanto a la validez jurídica de las bases de datos, entramos en cuestiones que sobrepasan los aspectos puramente tecnológicos, para entrar en materia jurídico-administrativa. Sería necesaria la modificación de la legislación urbanística y sobre todo transformar la tramitación en un proceso digital. Estas dos cuestiones ya están planteadas en el Informe "Urbanismo y

TIC en España" pero estos procesos de transformación necesitarán todavía bastante tiempo para que lleguen a implantarse en su totalidad.

En efecto, para llegar a conseguir el objetivo de la implantación total de las TIC en el Urbanismo, resulta imprescindible la implicación de los tres agentes fundamentales que intervienen en el proceso de elaboración y aprobación del planeamiento, que son: los ayuntamientos, los técnicos redactores y la administración regional. Si uno de ellos falla, la cadena se rompe.

Salvo en el caso de los grandes municipios, el eslabón más débil estará en los ayuntamientos. A pesar de tener amplias competencias en materia de urbanismo, disponen de escasos medios técnicos y humanos. Baste indicar que en Castilla y León hay casi 2.000 municipios de menos de 1.000 habitantes.

En cuanto a los técnicos redactores, a priori podrían considerarse los agentes implicados en el urbanismo con mayor capacidad de adaptación a las nuevas tecnologías de la información, sin embargo, existe una gran heterogeneidad entre ellos. En muchos casos tienen mucha inercia en el uso de las herramientas y metodología de trabajo, requiriéndoles un gran esfuerzo en su adaptación. Hay grandes diferencias en función de la edad, el tamaño del estudio, o la especialidad. Esto trae consigo que la utilización de sistemas de información geográfica para la elaboración del planeamiento sea todavía escasa.

Respecto al último eslabón de la cadena que es la Administración Regional, como competente en la mayoría de los casos de la aprobación definitiva del planeamiento, en principio sería la que tendría más sencilla su adaptación.

En cualquier caso, será necesario que las tres partes implicadas estén coordinadas, compartiendo un mismo modelo de datos, e incluso la misma plataforma informática. Mientras no se extienda y generalice el uso de una plataforma informática común entre los técnicos redactores y los técnicos municipales, no quedará otra solución para introducir el urbanismo en bases de datos que hacerlo a posteriori por el propio ayuntamiento, con los inconvenientes que trae consigo de costes y tiempo. Ya que, por mucho que se trabaje en la sistematización del planeamiento urbanístico no podrá obligarse a utilizar un modelo de datos complejo y rígido, si no se aportan las herramientas necesarias para aplicarlo.

## 2. Objetivos y estrategias

Castilla y León es la región más extensa de España con 94.225 Km2, repartidos en 9 provincias y 2.248 municipios, de los cuales, tan sólo 15 superan los 20.000 habitantes, y con una población total de la Comunidad de 2,5 millones de habitantes. Por lo tanto, existen 2.248 ayuntamientos que disponen de competencias en materia de urbanismo, y sin embargo con medios y recursos muy escasos en la mayoría de ellos.

Como ya he comentado antes, para fijar la estrategia a seguir, primeramente analizamos los objetivos y prioridades que desde la Administración Regional nos marcamos para mejorar la información y gestión urbanísticas, y que pasaba desde luego por la implantación paulatina de las TIC en el urbanismo.

Para ello, se fijaron los siguientes objetivos:

### Objetivos de interés general:

- Normalizar la elaboración del planeamiento.
- Favorecer el uso de las TIC en el Urbanismo.
- Disponer de un sistema de información lo más eficiente posible.

### Objetivos de interés para los ciudadanos:

- Facilitar a los ciudadanos el acceso y la comprensión del planeamiento.
- Facilitar la participación en fases de información pública.
- Ofrecer la información a través de internet.
- Poder consultar todos los documentos completos.
- Poder comprobar la autenticidad de los documentos (escaneo del original, certificados, o firma electrónica).
- Dar información de todos los municipios de Castilla y León.
- Ofrecer la información actualizada.

### Objetivos de interés para la Administración regional:

- Obtener una visión supramunicipal del urbanismo.
- Obtener información estadística a nivel supramunicipal y regional.

La solución para el cumplimiento de estos objetivos podría ser la traslación de todo el planeamiento urbanístico vigente a bases de datos refundidas, aplicando la estrategia de conversión completa o conversión incremental que propone el Informe "Urbanismo y TIC en

España". Pero la prioridad desde la Administración Regional no era implantar las soluciones más avanzadas en unos pocos municipios, sino asegurar la información urbanística en el conjunto de los 2.248 municipios de Castilla y León. Aunque el hecho de que no sea prioritario no significa que se abandone o se de la espalda a avanzar en esas líneas de trabajo, como expondré más adelante.

## 3. Líneas de actuación

Para el cumplimiento de estos objetivos se diseñaron las siguientes líneas de actuación:

- Potenciar el Archivo de Planeamiento Urbanístico (PLAU) e incorporar el planeamiento en fase de información pública.
- Modificar la legislación para favorecer la información urbanística.
- Elaborar Instrucciones de normalización del planeamiento.
- Facilitar herramientas a los técnicos redactores (Plurcad) y favorecer el uso de SIG.
- Ofrecer las determinaciones del planeamiento general vectorizadas, a través de un visor cartográfico (SIUCyL) enlazado con el PLAU.

Al conjunto de estas actuaciones se le denominó como Proyecto Normaplur, si bien, ahora se integran en el actual Sistema de Información Urbanística de Castilla y León (SIUCyL).

### 3.1. El Archivo de Planeamiento Urbanístico (PLAU)

Como decía, ofrecer a los ciudadanos la información urbanística en internet para favorecer la transparencia en la actividad urbanística ha sido una de las prioridades de la Comunidad Autónoma. Así, la Consejería de Fomento de la Junta de Castilla y León viene ofreciendo desde hace más de diez años a través de internet, el servicio del Archivo de Planeamiento Urbanístico (PLAU) [www.jcyl.es/plau](http://www.jcyl.es/plau) desde el que se accede a los documentos escaneados vigentes, siendo uno de los servicios más apreciados del portal de la administración regional.

Este servicio es prioritario en el diseño del proyecto de información urbanística de la Comunidad Autónoma y por tanto su actualización y mantenimiento se realiza con la siguiente periodicidad:

- Diaria: datos de vigencia (Título, fecha BO-CYL, etc.).

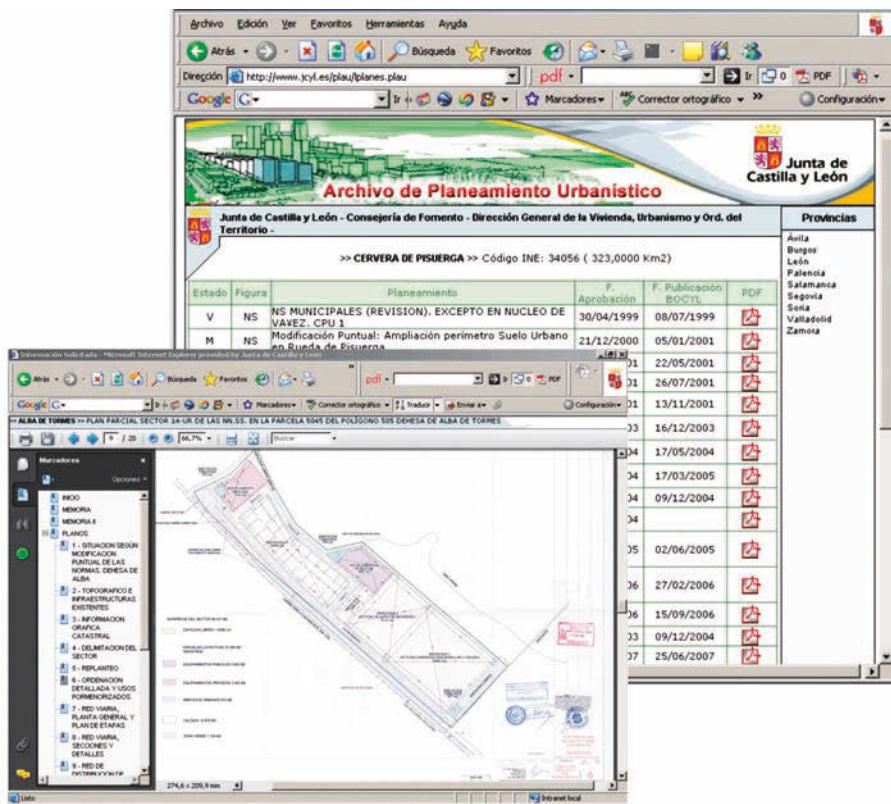


Fig. 1/ **Archivo de Planeamiento Urbanístico- PLAU**

Fuente: Elaboración propia

- Semanal: visualizar documentos completos (En PDF o similar).

Resulta primordial que la información esté actualizada con la periodicidad indicada, ya que el usuario debería tener al menos la información veraz de qué instrumentos de planeamiento están vigentes en el momento de su consulta y el acceso a los documentos.

Hasta hace poco, los documentos que se incorporaban al PLAU procedían del escaneo de los planos y documentos originales en formato papel. Esto permitía al menos la comprobación visual de que el documento que aparecía en la pantalla del ordenador disponía del sello y firma que daban cierta seguridad de que realmente era el documento en vigor.

Actualmente, gracias a la modificación de la legislación urbanística de Castilla y León que comentaré en el apartado siguiente, es posible incorporar al PLAU los documentos en formato digital directamente obtenidos de los originales digitales. La comprobación de la validez jurídica

del documento consultado se hará mediante la firma electrónica de los archivos digitales; si bien, transitoriamente hasta que se genere el uso de la firma electrónica se puede comprobar mediante la incorporación al expediente de un certificado del Secretario del Órgano encargado de su aprobación en el que indique la coincidencia del formato digital con el documento original en papel.

Otra de las novedades recientes del PLAU, también contempladas en las modificaciones legislativas, ha sido la creación del PLAU-i. Se trata del mismo tipo de servicio que ofrece el PLAU pero ofreciendo los instrumentos que se encuentren en fase de información pública. En este caso el acceso a los documentos se realiza por un tiempo limitado al período en el que esté en información pública, eliminándose posteriormente. De esta forma se fomenta la participación ciudadana en todo el proceso de elaboración del planeamiento. Anteriormente se daba el caso de que los períodos de información pública del planeamiento se limitaban al horario en el que se abrían las oficinas de atención al público,

lo que provocaba que los meses de publicidad se quedaran reducidos a unas pocas horas. En cambio, ahora están disponibles en internet las 24 horas del día durante todo el período de información pública.

### 3.2. Modificación de la legislación urbanística

Desde la propia legislación urbanística ha sido posible favorecer la publicidad e información urbanísticas con una serie de medidas que aunque en algunos casos estaban siendo ya aplicadas, debía establecerse como norma general obligatoria. De esta forma se introdujeron las siguientes modificaciones en la Ley<sup>1</sup> y el Reglamento de Urbanismo de Castilla y León<sup>2</sup>:

- El BOCYL será el único boletín oficial que confiere la vigencia del planeamiento, y no los boletines provinciales como hasta entonces.
- Obligación de entregar al Registro de Urbanismo los instrumentos de planeamiento en formato digital como condición previa para su publicación en el BOCYL.
- Obligación de publicar en internet el documento completo en período de información pública.
- Obligación de publicar en internet el documento completo vigente.
- Obligación de publicar en internet un Informe anual de actividad urbanística.

Con estas obligaciones impuestas a los ayuntamientos y órganos competentes para la aprobación definitiva, se asegura el constante mantenimiento del Archivo de Planeamiento Urbanístico (PLAU) con el mínimo de recursos posible. Para el caso de ayuntamientos que carezcan de medios para cumplir con estas obligaciones, las Diputaciones provinciales y la Administración Regional las prestan de forma subsidiaria.

### 3.3. Instrucciones Técnicas de Normalización (ITPLAN)

La diversidad y cantidad de equipos redactores de planeamiento y de administraciones públicas implicadas en la elaboración y aprobación de planeamiento urbanístico en Castilla y León, había originado una gran disparidad de conte-

nidos, simbología, formatos, etc, que dificultaban su interpretación y su traslación a bases de datos.

Por tanto, si se quería avanzar en la mejora de la información urbanística, resultaba imprescindible disponer de unas instrucciones de normalización. Con la participación de todos los agentes implicados, se elaboraron las Instrucciones Técnicas de Normalización del Planeamiento (ITPLAN)<sup>3</sup>.

En las ITPLAN se indican los criterios sobre la cartografía que deberá utilizarse; Las definiciones de conceptos básicos: usos urbanísticos, manzana, alineaciones, anchos de vía, rasante, cerramientos, linderos, retranqueos, fondos edificables, líneas de edificación, volumen, superficie, alturas, tipos de planta, etc.; Se definen más de cien acrónimos de términos y conceptos que abarcan todo el proceso urbanístico: usos, ámbitos de planeamiento, documentación, dotaciones, gestión, etc.; Se define con precisión la estructura y contenido para cada tipo de planeamiento: memoria informativa y normativa, planos de información y de ordenación, catálogo, estudio económico, etc.; Se define la simbología que debe utilizarse en los planos: colores, tramas, sombreados, etc.; Y también se definen los formatos en que debe presentarse toda la documentación, tanto en soporte papel como en formato digital, ofreciendo en este último caso tres posibilidades: la elaboración del planeamiento con la aplicación PLURCAD, la utilización de herramientas SIG, o el uso de programas CAD.

Actualmente está en estudio la actualización de estas Normas para adecuarlas a las modificaciones legislativas, a las iniciativas a nivel nacional, y a los nuevos requerimientos y posibilidades tecnológicas disponibles.

### 3.4. Plurcad: aplicación informática para la elaboración de planeamiento

Otra de las líneas de actuación iba encaminada a favorecer el uso de las TIC en el Urbanismo, interviniendo desde el mismo momento de la elaboración del planeamiento por los técnicos redactores, de forma que el tratamiento poste-

<sup>1</sup> Ley 5/1999, de 8 de abril, de Urbanismo de Castilla y León. Modificada por Ley 10/2002, Ley 21/2002, Ley 13/2003, Ley 13/2005, Ley 9/2007, Ley 4/2008 y Ley 17/2008.

<sup>2</sup> Decreto 22/2004, de 29 de enero, de Reglamento de Urbanismo de Castilla y León. Modificado por Decreto

99/2005, Decreto 68/2006, Decreto 6/2008 y Decreto 45/2009.

<sup>3</sup> Orden FOM/1572/2006, de 27 de septiembre, por la que se aprueba la Instrucción Técnica Urbanística 2/2006, sobre normalización de los instrumentos de planeamiento urbanístico (ITPLAN) (BOCyl: 10/10/2006)

rior de interpretación, normalización y carga en bases de datos, fuera el menor posible.

Para ello, desde la Consejería de Fomento se promovió una aplicación informática de ayuda para la elaboración del planeamiento, de manera que junto con las ITPLAN se favorecía la producción de un urbanismo normalizado. La aplicación Plurcad se diseñó con las siguientes características:

- Los destinatarios son los redactores de planeamiento.
- Es gratuito, descargable en internet.
- Con su uso se cumplen las ITPLAN.
- Mantiene en el entorno habitual de trabajo de los redactores.
- Personaliza los programas comerciales habituales de dibujo

La presentación del programa en 2006, acompañada de cursos de aprendizaje y material de apoyo, tuvo inicialmente una muy buena acogida entre los técnicos redactores. Si bien, posteriormente su uso ha sido irregular.

Ciertamente hay usuarios que encontraron muy útil la herramienta y la han utilizado preferentemente, pero también es verdad que han existido algunos condicionantes que han complicado su uso masivo y generalizado. La inercia existente en la metodología y herramientas utilizadas por los equipos redactores, la necesidad de la constante actualización de la aplicación a las nuevas versiones de los programas comerciales a los que el Plurcad va vinculado, la necesidad de compaginar con la elaboración de planeamiento fuera de Castilla y León, han sido algunos de los problemas más comunes. En todo caso, se ha visto cumplido el objetivo de favorecer el uso de herramientas SIG entre los redactores de planeamiento.

Actualmente, se está estudiando la forma en la que se actualizará el Plurcad, teniendo en cuenta las iniciativas de otras administraciones públicas, en especial las que puedan desarrollarse en el ámbito del proyecto de Urbanismo en Red, así como la Herramienta para el Diseño de Planeamiento Urbanístico y Territorial (HDPUyT) desarrollada por la Junta de Extremadura basada en el software libre gvSIG.

### **3.5. Sistema de Información Urbanística de Castilla y León (SiuCyL)**

Conforme a la clasificación de estrategias que se indican en el Informe de "Urbanismo y TIC en España", el PLAU que he explicado ante-

riormente se correspondería con la *estrategia de imagen*. Una vez asegurado este servicio, que se entendió como prioritario en Castilla y León, se iniciaron en 2006 los estudios metodológicos y pruebas piloto para avanzar en lo que el citado Informe define como estrategia de *imagen georreferenciada y mapeo de documentación normativa*.

El proyecto consistió en la vectorización de las determinaciones urbanísticas del planeamiento general: Plan General de Ordenación Urbana (PGOU) Normas Urbanísticas (NUM) y Normas Subsidiarias (NNSS), junto con sus modificaciones y correcciones, pero sin descender al planeamiento de desarrollo. Las capas de información que se representan en el mapa y que se pueden consultar son: las clases y categorías de suelo, la calificación urbanística de usos, los sectores, afecciones, dotaciones y elementos protegidos. La información de partida son los documentos escaneados disponibles en el PLAU para los instrumentos aprobados antes de 2009, y directamente las capas vectoriales de los archivos digitales para los instrumentos aprobados a partir de entonces.

Tras varios años de trabajos, finalmente se ha puesto a disposición del público lo que hemos denominado Sistema de Información Urbanística de Castilla y León (SiuCyL).

Los objetivos específicos son los siguientes:

- Obtener una visión conjunta y homogénea del planeamiento de municipios limítrofes.
- Obtener estadísticas provinciales y regionales sobre clasificación y calificación urbanísticas, edificabilidad, protecciones, etc.
- Ofrecer una primera visión general del urbanismo de cada municipio, con acceso a los documentos completos originales del PLAU.
- Posibilitar la superposición y consulta con otras capas de información mediante servicios interoperables.

De esta forma, se obtiene una información global del urbanismo de toda la Comunidad Autónoma, con la posibilidad de una consulta detallada a la documentación vigente.

Conviene destacar que la información que se muestra en el visor del SiuCyL no tiene validez jurídica. El proceso para su elaboración requiere de una interpretación de los documentos vigentes y por lo tanto, por muy bien que esté realizado no se puede asegurar que esté exento de errores, ni que la interpretación en

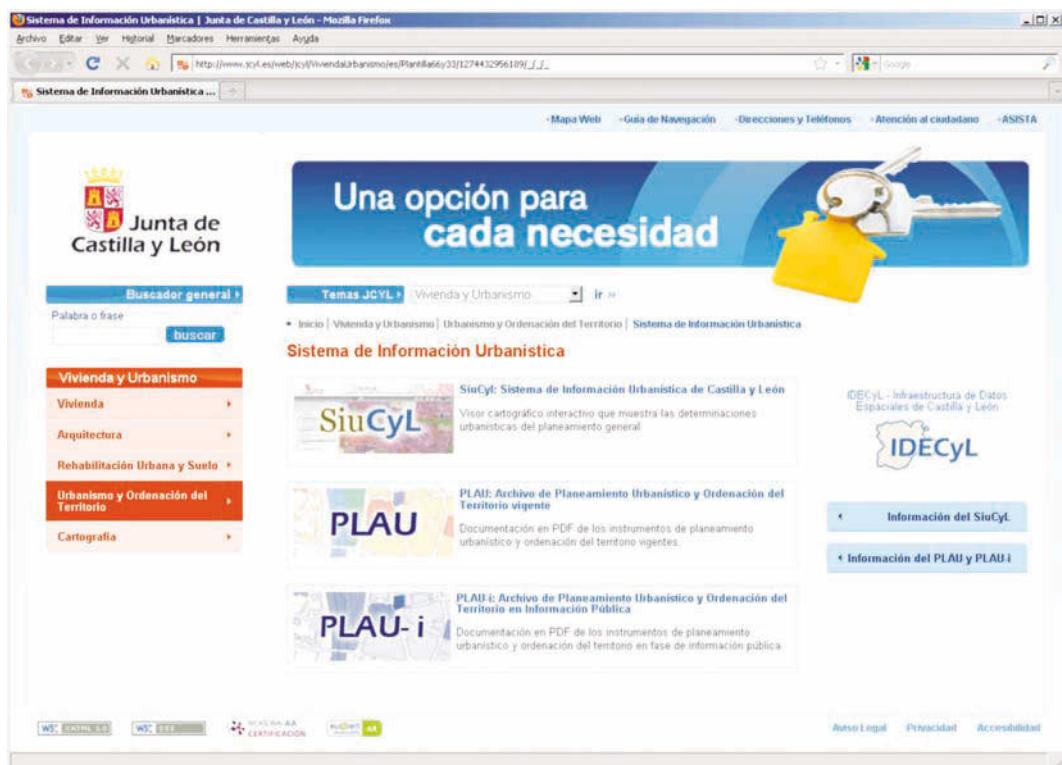


FIG. 2/ Portal de acceso al SIUCyL

Fuente: Elaboración propia

los casos de dudas coincide con los criterios del órgano competente. Esto no le quita interés ni utilidad al SiuCyL, ya que el objetivo no es obtener una cédula urbanística con validez jurídica, sino que los objetivos son los que ya he indicado antes y que no requieren de validez jurídica para su consecución.

El acceso se realiza a través de un visor cartográfico, con las características y funcionalidades habituales. Únicamente destacar que mediante el icono de información “i”, además de obtener información sobre las determinaciones urbanísticas de la parcela, se enlaza directamente con la documentación completa vigente del municipio en el Archivo de Planeamiento Urbanístico (PLAU). Y viceversa, desde el PLAU puede enlazarse con el visor de mapas para visualizar el SiuCyL centrándolo en la ventana de visualización sobre el municipio consultado.

Actualmente no está habilitada la función de añadir servidores externos, aunque sí que se ha incluido la posibilidad de incorporar y consultar la cartografía catastral y la ortofotografía del PNOA. Próximamente, se ofrecerá servicios de mapas interoperables con estas capas

de información urbanística. De momento están disponibles 57 PGOU y 144 Normas Urbanísticas, lo que supone que se pueden consultar las 9 capitales de provincia, todos los municipios de más de 10.000 habitantes y el 78% de los municipios de más de 1.000 habitantes; que se traduce en el 80% de la población.

Este sistema será compatible y se verá beneficiado con el desarrollo del urbanismo en bases de datos que implementen los municipios con mayores recursos e implicación en las TIC. Y es posible que en un futuro el SiuCyL en su conjunto se alimente de las bases de datos provenientes de cada uno de los municipios.

Uno de los objetivos cumplidos de este proyecto es poder tener una visión conjunta y homogénea del urbanismo de municipios limítrofes, áreas metropolitanas, etc. y poder extraer datos estadísticos supramunicipales.

Como conclusión, diré que en mi opinión el Sistema de Información Urbanística que he mostrado, y que está actualmente disponible en Castilla y León, es a día de hoy la opción más eficiente para el conjunto de una Comuni-

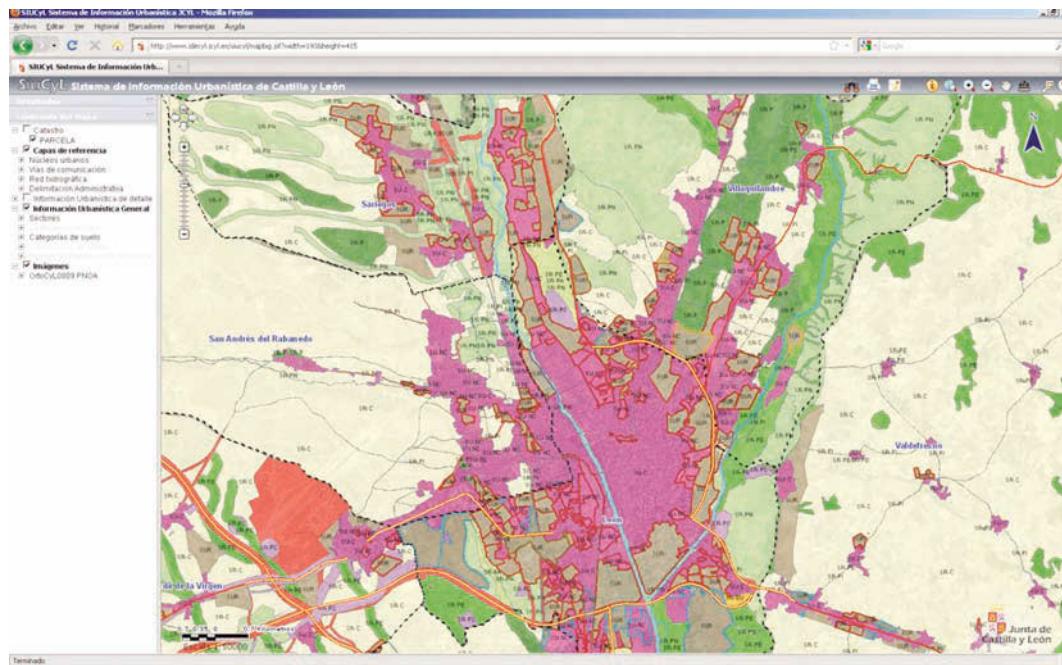


Fig. 3/ **Imagen del visor cartográfico del SIUCyL**

Fuente: Elaboración propia

dad Autónoma. Las estrategias más avanzadas encaminadas a trasladar el urbanismo en bases de datos refundidas con validez jurídica, tendrán que desarrollarse de forma todavía puntual, en el ámbito de la administración local con la colaboración, en su caso, de otras administraciones o programas europeos. No podrá llevarse a cabo de forma masiva hasta que no esté asegurado y contrastado todo el proceso de elaboración y tramitación de forma digital y sistematizada.

No obstante, es necesario dar pasos para llegar a ese objetivo, y para ello, las Administra-

ciones públicas no podemos caminar en solitario y resulta fundamental la colaboración y cooperación entre aquellas que tienen competencias en la materia y que por tanto están embarcadas en proyectos similares. Ejemplo de ello es la incorporación de varios ayuntamientos y Diputaciones de Castilla y León al proyecto de Urbanismo en Red promovido por Red.es, y el Convenio de Colaboración entre la Consejería de Fomento y el Ministerio de Vivienda para el desarrollo del Sistema de Información Urbana, mediante el cual el SIU se alimentará de los datos aportados por el Siu-CyL.

#### **4. Bibliografía**

AAVV. (2008): *Urbanismo y TIC en España: Recomendaciones para el impulso del urbanismo en re.* red.es. Madrid. <http://www.red.es/publicaciones/articles/id/3040/informe-urbanismo-tic-espana.html>

# Herramienta de diseño de planeamiento urbanístico y territorial de Extremadura

F. CEBALLOS-ZÚÑIGA RODRÍGUEZ

Jefe de Sección de Ordenación del Territorio. Dirección General de Urbanismo y Ordenación del Territorio. Consejería de Fomento. Junta de Extremadura

**RESUMEN:** El objeto de este artículo es la presentación de los trabajos llevados a cabo por la Comunidad Autónoma de Extremadura tendentes a sistematizar los contenidos del planeamiento urbanístico y territorial redactado en su ámbito territorial, así como las herramientas utilizadas para ello, con el fin último de lograr su difusión a través de la web (<http://sitex.juntaex.es>) y en especial de la IDE Extremadura ([www.idealux.es](http://www.idealux.es)).

**DESCRIPTORES:** Planeamiento urbanístico. Herramienta de Diseño de Planeamiento Urbanístico y Territorial (HDPuT) Extremadura.

## 1. Introducción

**E**n la última década se han venido desarrollando por la Dirección General competente en materia de Urbanismo y Ordenación del Territorio de la Junta de Extremadura, los trabajos necesarios para lograr la sistematización de la estructura de contenidos del planeamiento, tanto urbanístico como territorial.

Se partió de la base de que al abordar un instrumento de planeamiento es tan importante conocer su contenido, como su estado de tramitación, mediante el cual podemos saber si está vigente o no. Por ello, los datos referentes a planeamiento se organizaron a partir de la información administrativa hasta llegar al contenido del planeamiento refundido vigente (FIG. 1).

El gestor de datos administrativos del planeamiento contiene la información administrativa

de todo el planeamiento urbanístico y territorial de Extremadura, tanto si está en tramitación, como si está en vigor o si ha perdido vigencia por haberse aprobado otro posterior.

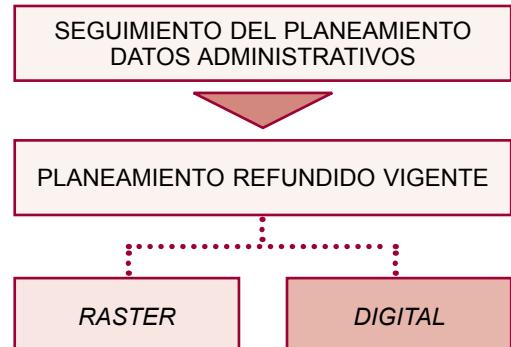


FIG. 1/ Esquema de organización de la información urbanística

Fuente: Elaboración propia

Desde este gestor se puede acceder al planeamiento refundido vigente, el cual se encuentra disponible en dos formatos de consulta:

- a) Formato ráster: Planeamiento anterior a la entrada en vigor de la Ley 15/2001, de 14 de diciembre, del Suelo y Ordenación Territorial de Extremadura. En la actualidad se dispone de todo el planeamiento urbanístico general en vigor en formato ráster (planeamiento escaneado), siendo consultables la Normativa, los Planos de Ordenación, los Planos de Información y las Memorias Informativa y Justificativa.
- b) Formato digital: Planeamiento posterior a la entrada en vigor de la Ley 15/2001, de 14 de diciembre, del Suelo y Ordenación Territorial de Extremadura. Los nuevos planes se están realizando mediante una herramienta de diseño de planeamiento urbanístico en formato digital, que permite su carga y consulta en el Sistema de Información Territorial.

## 2. Antecedentes

El punto de partida, para la sistematización del planeamiento extremeño, fue la creación de una herramienta que permitiera el seguimiento de los expedientes del planeamiento urbanístico de la Comunidad Autónoma. Así se creó una aplicación de Seguimiento de Planeamiento (en adelante SP), que se convirtió en el principal gestor de información administrativa urbanística.

Pronto surgió la necesidad de visualizar el propio planeamiento. Para ello se plantearon dos caminos:

- a) Escaneado de las Normativas, las Memorias Informativa y Justificativa, los Planos de Ordenación y los Planos de Información. Estos documentos en formato ráster permitían la visualización de los Planes de forma similar a la consulta en papel, pero no su consulta interactiva.
- b) Digitalización de la documentación del planeamiento para poder realizar su consulta interactiva y análisis.

Se entendió que estos procesos podrían ser paralelos e independientes. Por un lado la conversión a formato ráster del planeamiento no presentaba grandes dificultades técnicas, ni tampoco necesitaba una gran cantidad de tiempo para su ejecución. Así, se comenzó escaneando los diferentes planes y sus modificaciones, creando en un periodo de un año un archivo completo y actualizado del planeamiento de la región, al cual se podía acceder a través del SP.

El proceso de digitalización se presentaba más complicado, ya que no existían proyectos similares y las herramientas informáticas estaban muy limitadas.

Se comenzó por lo más obvio y rápido, que era la digitalización directa de planes existentes que estaban aprobados definitivamente y en vigor. Se digitalizaron varios Planes Generales de Ordenación Urbana como Abadía y Almendralejo y Planes Especiales de Protección de Conjuntos Históricos como Plasencia y Jerez de los Caballeros.

De esta experiencia, se extrajeron una serie de conclusiones muy importantes para el futuro de los trabajos, entre ellas cabe destacar que durante el proceso de digitalización y carga de los datos, tanto alfanuméricos como gráficos, se tomaban decisiones, que hacían que el resultado variase del original y más aún, debido a la precisión del formato digital, el nuevo Plan digitalizado introducía nuevas determinaciones no contempladas en el Plan original.

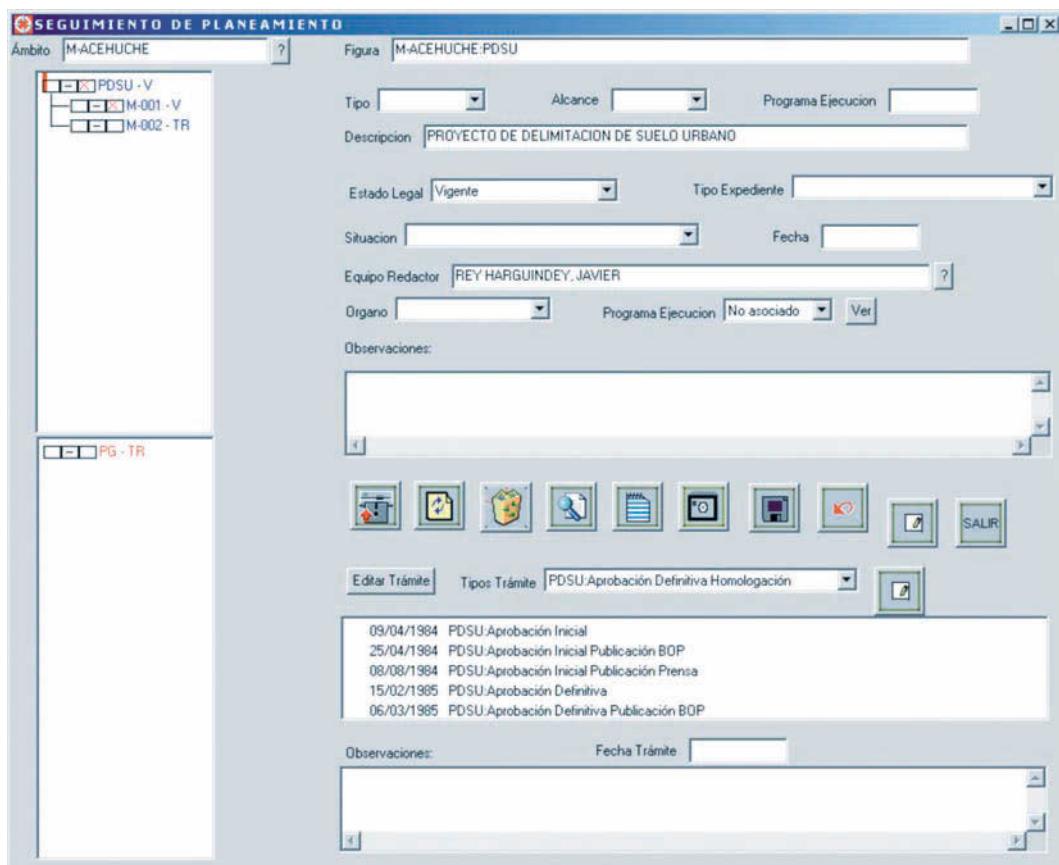
A este problema había que añadir que cada Plan seguía un modelo de datos distinto, por lo que resultó evidente que por este camino difícilmente se podría llegar a la sistematización del planeamiento de Extremadura.

Como conclusión, se entendió que, para conseguir homogeneidad en el planeamiento digital de Extremadura, los equipos redactores de planeamiento deberían redactar los planes, siguiendo un modelo homogéneo y único, y utilizar para ello las herramientas de sistematización facilitadas por la Dirección General con competencia en materia de Urbanismo y Ordenación del Territorio.

## 3. Datos Administrativos del Planeamiento

El gestor de datos SP controla las fases administrativas y la documentación técnica referentes al planeamiento de toda la Comunidad Autónoma de Extremadura.

Este gestor permite la carga y visualización de los datos administrativos de las figuras de planeamiento existentes en cada municipio, con ello se consigue hacer un seguimiento de los mismos: trámites administrativos, equipo redactor, situación de vigencia, etc. (FIG. 2). Desde este gestor se accede a las diferentes figuras de planeamiento urbanístico que existen en cada municipio, tanto en formato ráster como digital.

FIG. 2/ **Interfaz de carga y visualización de datos administrativos (SP)**

Fuente: Elaboración propia

#### 4. Planeamiento Urbanístico en formato ráster

La obtención del planeamiento urbanístico en formato digital con un modelo común, se preveía que iba a ser un proceso difícil y que iba a requerir años de trabajo para su implantación. Por ello se hizo necesaria la creación de un archivo de planeamiento urbanístico en formato ráster, que perseguía los siguientes objetivos:

1. Disponer en un corto periodo de tiempo de un archivo de planeamiento informatizado.
2. Poder publicar su contenido para facilitar el acceso público al mismo.
3. Disponer en el futuro de un archivo histórico de planeamiento.

El acceso, vía web, de cualquier usuario a una figura de planeamiento del archivo ráster se realiza a través del Gestor de datos

administrativos SP, pudiéndose consultar: la Memoria Informativa, la Memoria Justificativa, la Normativa, el Catálogo, los Planos de Ordenación y los Planos de Información (FIG. 3).

#### 5. Planeamiento Urbanístico en formato digital

Para llegar a obtener el planeamiento urbanístico en formato digital, se abordaron dos caminos, dependiendo de la forma de introducción de los datos:

- a) Introducción de datos por parte del personal de la Dirección General con competencia en materia de Urbanismo y Ordenación del Territorio.

Este proceso presentaba la ventaja del conocimiento de la herramienta de carga de los datos por parte del personal adscrito a

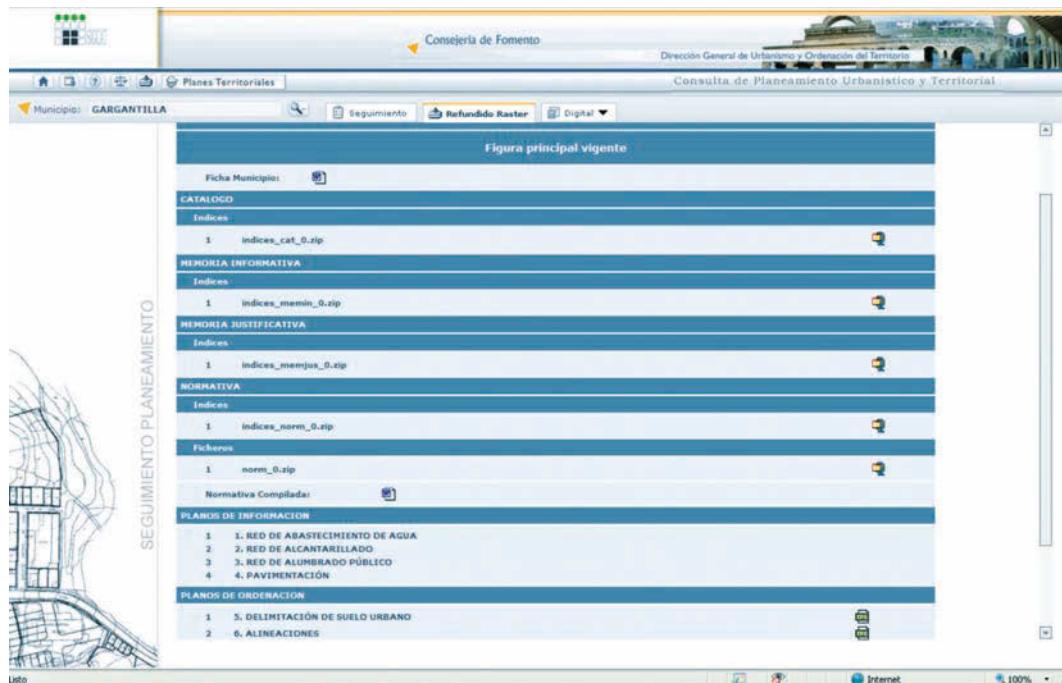


FIG. 3/ Publicación de planeamiento urbanístico en formato ráster

Fuente: Elaboración propia

la Dirección General, pero no garantizaba la veracidad de los mismos, ya que implicaba tratar los planes redactados por los equipos y tener que realizar un inevitable proceso de adaptación de los mismos. Así mismo, penalizaba la duración de los procesos de actualización.

b) Introducción de datos por parte de los equipos redactores de planeamiento.

Esta opción permitía asegurar la integridad de los datos y agilizaba el proceso, pero exigía un esfuerzo extra de creación de herramientas específicas para la redacción del planeamiento, así como realizar una formación también específica para los equipos sobre las mismas.

Se optó por la segunda opción, desarrollándose una herramienta de generación y modificación de datos que permitiese la carga automática del planeamiento realizado por los equipos redactores en el Sistema, así como de las modificaciones que se produjese durante la vigencia de cada Plan.

La Herramienta de Diseño de Planeamiento Urbanístico Digital se concibió, desde el principio, como un instrumento que abarcara todas las etapas de redacción del planeamiento y asegurase una constante actualización del mismo.

El proceso hasta su diseño, se estructuró en cinco etapas:

1. Estudio y análisis de la información existente en el archivo de Planeamiento Urbano Regional.
2. Creación de un modelo de datos, derivado del estudio y análisis.
3. Creación de herramientas de diseño y codificación.
4. Formación de los equipos redactores.
5. Realización de traductores de datos para su carga automática en el Sistema y en la Web.

### 5.1. Estudio y Análisis de la información existente

Se realizó un estudio de la información urbanística existente en la Dirección General con competencia en materia de Urbanismo y Ordenación del Territorio: contenido, representación gráfica, estructura de trabajo, definiciones, coherencia del documento, etc. Se extrajeron las siguientes conclusiones:

- a) Existencia de una gran diversidad de parámetros urbanísticos. Esto hacía imposible

- la materialización de un modelo informático que aglutinara los planes existentes.
- Existencia de determinaciones ya reguladas por diversas leyes e incongruencias.
  - Gran variedad, e incluso discrepancias, entre las definiciones urbanísticas de los Planes de diversos municipios.
  - Representación gráfica muy variada y, en algunos casos, confusa.
  - Discordancia e inconsistencia entre la información gráfica y la escrita.

## 5.2. Creación de un modelo de planeamiento

Del estudio previo se sacaron una serie de conclusiones que sirvieron para definir el desarrollo del Modelo de Planeamiento. Se partió de las siguientes premisas:

- Modelo sencillo. El modelo de datos en el que basar de la herramienta debería ser fácilmente comprensible por parte de los equipos redactores de planeamiento.
- Respeto a la creatividad y distintos puntos de vistas de los equipos redactores. Desarrollar una herramienta no debería interferir en la forma de entender el planeamiento por parte de los equipos redactores, ni en su creatividad.
- Flexibilidad en el modelo para poder desarrollar distintos tipos de planeamiento. En base a este modelo se deberían poder redactar las diferentes figuras de planeamiento existentes.
- Eliminar de su contenido aquello que ya estuviera regulado legalmente. Ya que se producían incongruencias al aprobarse nueva legislación.
- Establecer unos criterios de homogenización del contenido del planeamiento, abarcando desde unas definiciones consensuadas que fueran comunes en el ámbito de la Comunidad Autónoma, hasta establecer unos criterios de representación gráfica comunes.

El Modelo de Datos se estructuró en tres grandes bloques:

- Contenido común: Está compuesto por una base legislativa, un núcleo de definiciones urbanísticas y unas determinaciones generales aplicables a toda la Comunidad Autónoma.
- Ámbitos territoriales: Constituyen los distintos elementos gráficos sobre los que se aplicarán las determinaciones urbanísticas.

- Parámetros urbanísticos: Serán las determinaciones urbanísticas que se aplican sobre los diversos ámbitos territoriales.

El funcionamiento teórico de la herramienta es muy simple: En base a unas definiciones generales, se crean parámetros urbanísticos, dichos parámetros se agrupan en una serie de fichas (Condiciones edificatorias, catálogo, etc.). Estas fichas se aplicarán sobre los distintos ámbitos territoriales en los que se organiza el territorio (FIG. 4).

## 5.3. Herramienta de diseño de planeamiento

Una vez definido el Modelo de Datos se pasó al desarrollo de la aplicación informática que permitiera implantar el modelo teórico antes expuesto.

En este desarrollo debemos distinguir dos etapas, que coinciden con el tipo de software utilizado para la misma:

- Etapa inicial.** Esta etapa se desarrolló a lo largo de los siete primeros años y se basó en la utilización de software propietario. Se utilizó este tipo de software debido al conocimiento previo por parte de los equipos redactores sobre dichos productos, lo que facilitaba la formación de los mismos y a la inexistencia de un software libre de garantía que permitiera desarrollar la aplicación.
- Etapa actual.** Con la experiencia acumulada en la etapa inicial, la Dirección General de Urbanismo y Ordenación del Territorio de la Consejería de Fomento de la Junta de Extremadura ha puesto en marcha el funcionamiento de la Herramienta de Diseño de Planeamiento Urbanístico y Territorial (HDPuYt), cofinanciada con Fondos FEDER y generada íntegramente con software libre. La nueva Herramienta, desde el punto de vista informático, se ha diseñado conceptualmente de forma diferente, pretendiendo que tenga una estructura menos rígida. Se ha concebido con un gestor que permite configurar el modelo según las necesidades de cada tipo de planeamiento. Ello permite adaptarse con gran rapidez a los cambios de legislación sin necesidad de realizar costosos desarrollos informáticos. Además, permite incorporar desarrollos o módulos desarrollados por otras entidades que mejoren su funcionamiento (FIG. 5).

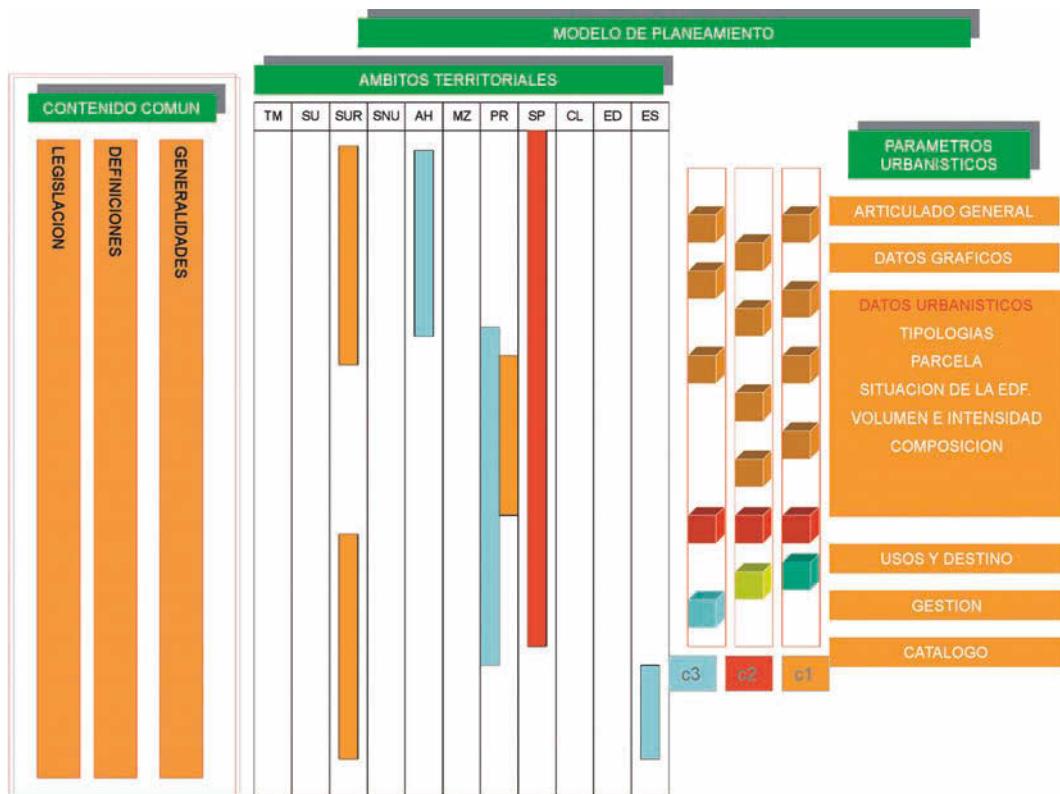


FIG. 4/ Modelo de Datos de la Herramienta de Diseño de Planeamiento Urbanístico

Fuente: Elaboración propia



FIG. 5/ Logotipo de la Herramienta actual

Fuente: Elaboración propia

La Herramienta actual consta de tres módulos:

1. **Administrador.** Permite configurar la aplicación ajustándola a los criterios de homogeneización previamente definidos. Este módulo dota a la aplicación de una alta flexibilidad, ya que permite adaptarla a cambios normativos y a figuras de planeamiento de cualquier ámbito cuyas determinaciones tengan reflejo territorial.

La homogeneización se define para los siguientes aspectos:

- Estructura de documentos.
- Ámbitos urbanísticos.
- Estilos gráficos.
- Estructura de planos.
- Parámetros urbanísticos.

2. **Redacción del planeamiento.** Permite la realización del planeamiento, diferenciándose para ello tres áreas:

a) **Área gráfica:** En este área el equipo redactor define los diferentes ámbitos territoriales de los que consta el Plan y sus atributos. El proceso se puede organizar en cuatro fases:

- 1<sup>a</sup> Carga de fondos. Se cargan los fondos cartográficos georreferenciados, así como otros fondos relevantes como son las ortofotografías, cartografías temáticas, o la cartografía catastral (FIG. 6).
- 2<sup>a</sup> Carga de ámbitos. La aplicación dispone de un importador de geometrías en formatos dwg, shape y dgn, que permite asignarles los estilos gráficos predefinidos por el administrador. La Herramienta también está dotada de funciones de digitalización y modificación de geometrías (FIG. 7).
- 3<sup>a</sup> Asignación de ámbitos a planos. Los ámbitos cargados se agrupan en planos para la generación posterior de la salida gráfica (FIG. 8).

4<sup>a</sup> Generación de planos. En este proceso se define la distribución de hojas y se genera el formato normalizado de salida gráfica (FIG. 9).

b) **Área alfanumérica:** En este área se redactan las Memorias y las Normas Urbanísticas, agrupadas, en su caso, en las diferentes fichas predefinidas (FIG. 10).

c) **Área de asociación:** En este área se procede a la vinculación de los ámbitos gráficos con las normas urbanísticas (FIG. 11).

3. **Publicación.** Una vez finalizados los trabajos de redacción, se procede a su publicación, mediante la generación de servicios WMS por cada uno de los planos y enlaces html con la información asociada. Esto permite generar una capa estándar cuya explotación se puede realizar a través de cualquier Infraestructura de Datos Espaciales.

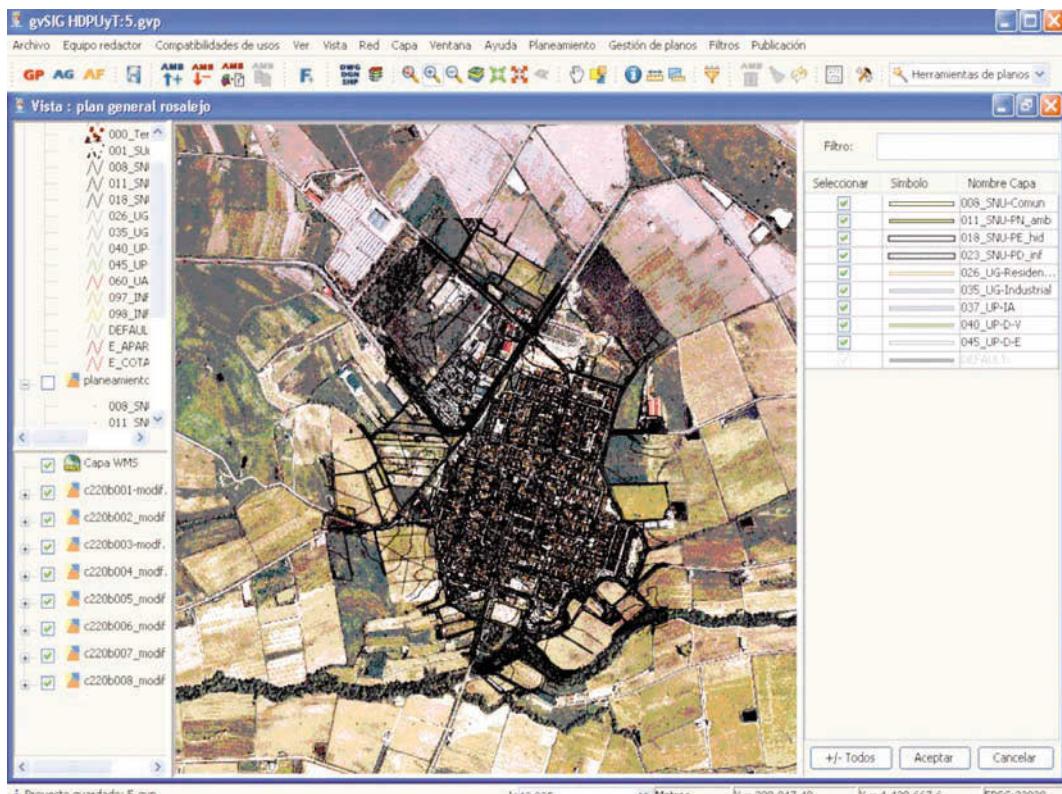


FIG. 6/ Fondo de cartografía y ortografía

Fuente: Elaboración propia

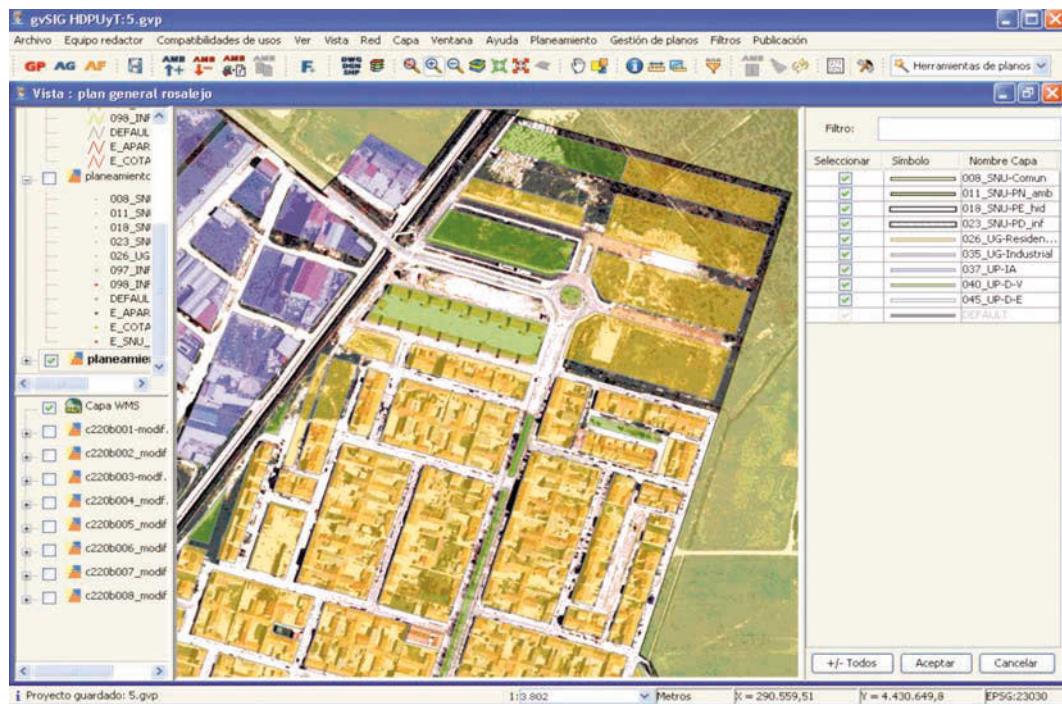


FIG. 7/ Carga de ámbitos urbanísticos

Fuente: Elaboración propia

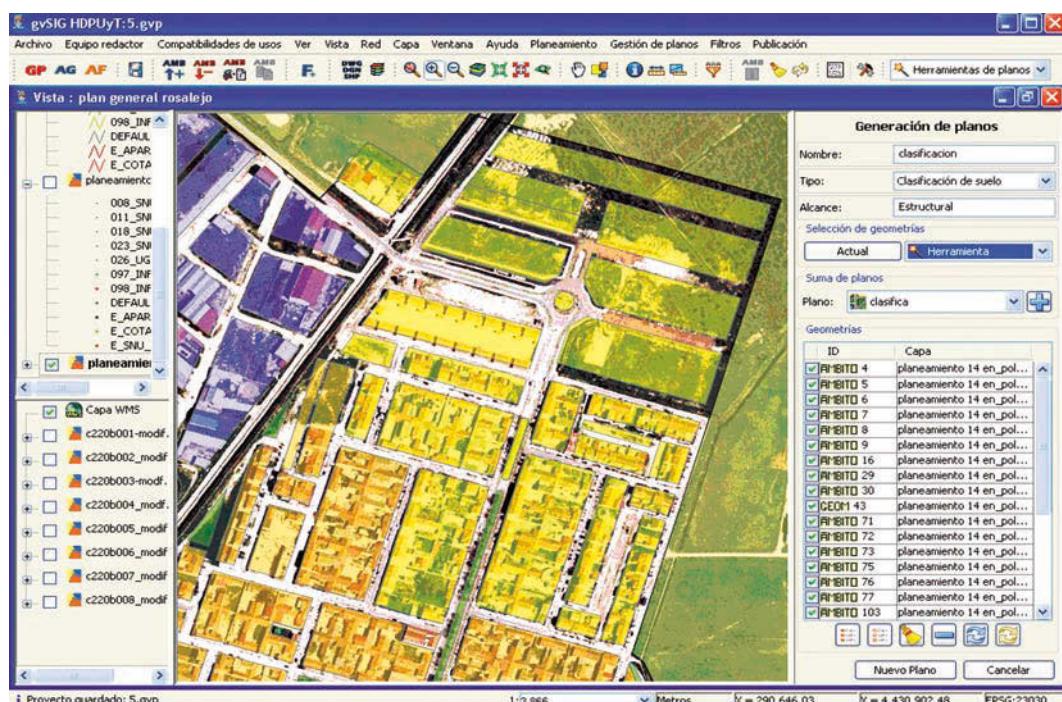


FIG. 8/ Selección de ámbitos por planos

Fuente: Elaboración propia

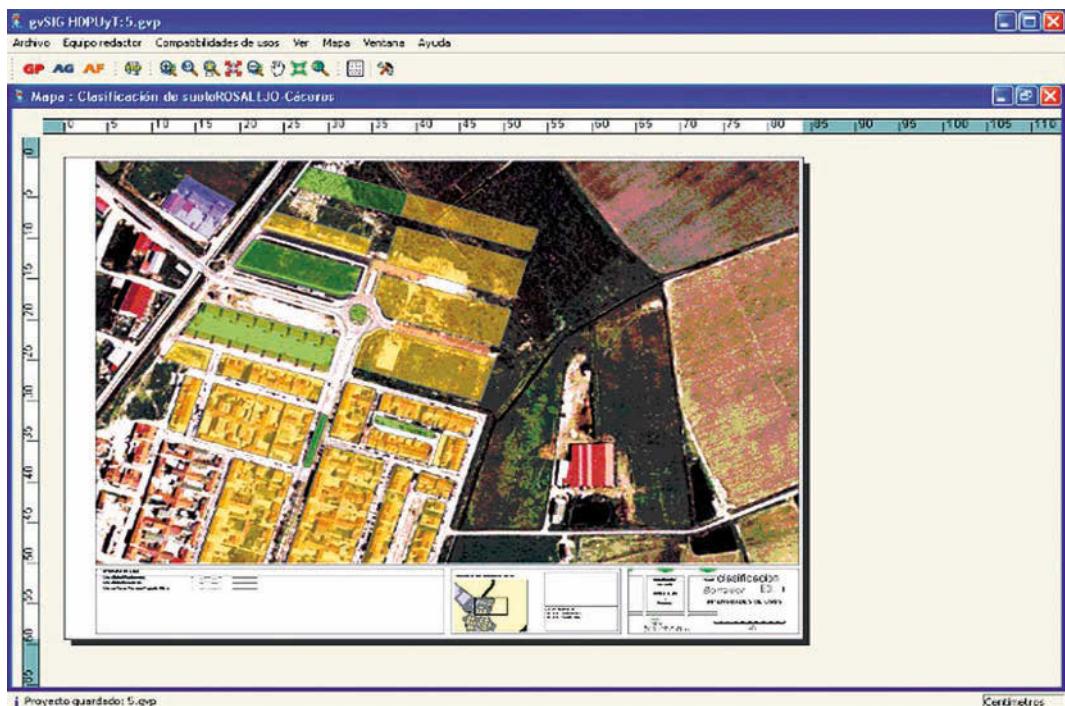


FIG. 9/ Salida normalizada de planos

Fuente: Elaboración propia

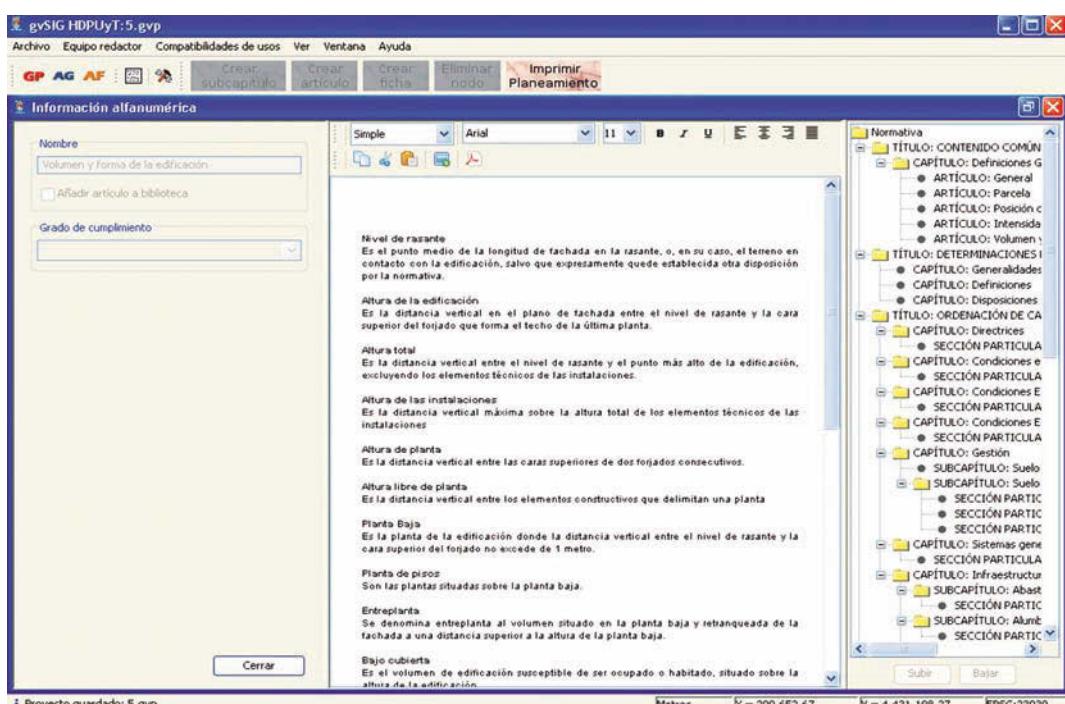


FIG. 10/ Interfaz de redacción de normativa

Fuente: Elaboración propia

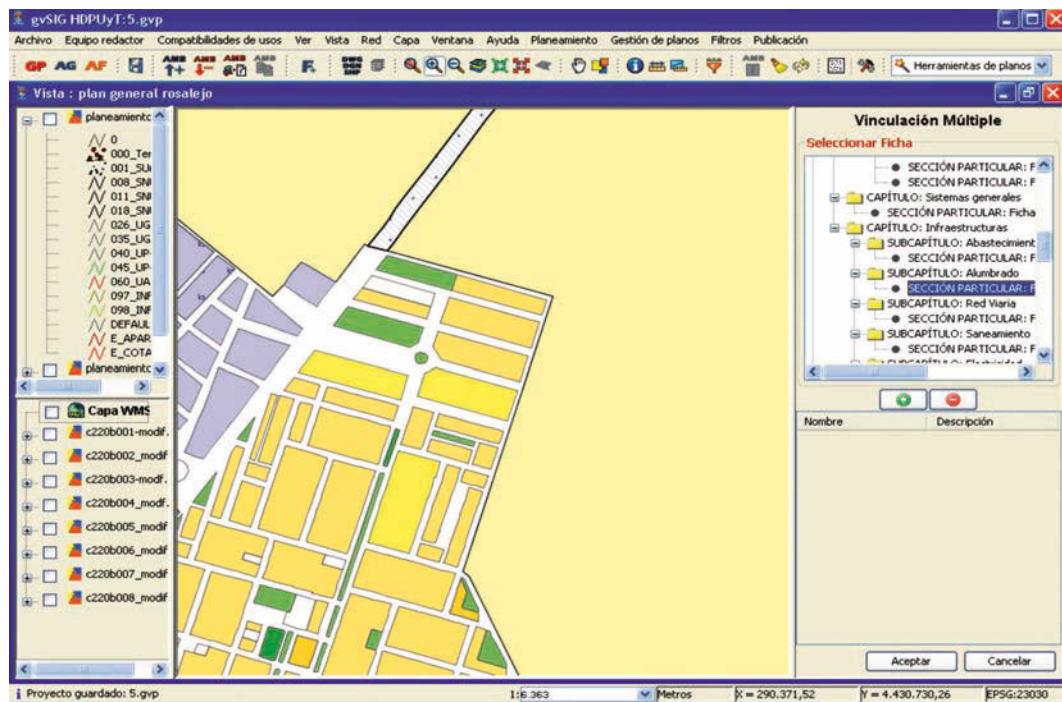


FIG. 11/ Interfaz de asociación de la información gráfica y alfanumérica

Fuente: Elaboración propia

#### 5.4. Formación de los equipos redactores

Los equipos redactores de planeamiento son el elemento esencial para que todo el proceso funcione, ya que son los encargados de la redacción e introducción de los datos. Por ello se realiza un proceso de formación y seguimiento de los trabajos desde la Dirección General de Urbanismo y Ordenación del Territorio.

La formación se realiza mediante cursos impartidos por personal de la Dirección General y además, se mantienen reuniones periódicas personalizadas y de seguimiento del trabajo que realizan (FIG. 12).

A los equipos redactores se les facilita la información y herramientas siguientes:

- Herramienta de Diseño de Planeamiento Urbanístico y Territorial.
- Definiciones comunes al ámbito regional.
- Matriz de compatibilidades de usos.
- Salida normalizada en formato papel de textos y planos.
- Salida normalizada en formato digital.



FIG. 12/ Curso de formación dirigido a equipos redactores

Fuente: Elaboración propia

- f) Base actualizada de legislación.
- g) Fichas guías.
- h) Cartografía normalizada.
- i) Información temática.

Los equipos redactores del planeamiento plantean con frecuencia aportaciones y sugerencias, para mejorar el funcionamiento de la Herramienta y facilitar su trabajo.

### 5.5. Traductor de datos y carga en el Sistema y la web

La documentación entregada por los equipos redactores se carga dentro del Sistema, pudiendo realizarse distintos tipos de análisis.

Se incorporan mecanismos de control para verificar la corrección de la información que se desea cargar. Se controla tanto la información gráfica (contornos), como la alfanumérica (vinculación).

Se ha tenido especial cuidado en la actualización del planeamiento vigente mediante modificaciones o revisiones al mismo. En la FIG. 13 se sintetiza su funcionamiento.

## 6. Difusión

Facilitar el acceso de los ciudadanos y técnicos al planeamiento, mediante su carga en Internet y la introducción de herramientas de consultas rápidas y sencillas, así como agilizar los procesos de información urbanística en los municipios, fueron y son los objetivos fundamentales de todos estos trabajos.

La posibilidad de difusión del planeamiento en servicios estándar, que permitan su integración en las distintas Infraestructuras de Datos Espaciales, en general, y en la Infraestructura de Datos Espaciales de Extremadura, en particular, es la tarea que se está abordando en estos momentos. Se puede consultar de una manera tradicional tanto la información gráfica como las Memorias y Normas Urbanísticas (consulta estructurada) o consultar marcando un punto del territorio municipal y obteniendo las distintas determinaciones que le afectan (consulta libre) (FIG. 14).

La Herramienta de Diseño de Planeamiento Urbanístico y Territorial también genera un CD de trabajo y divulgación para poder hacer consultas, especialmente pensada para Ayunta-

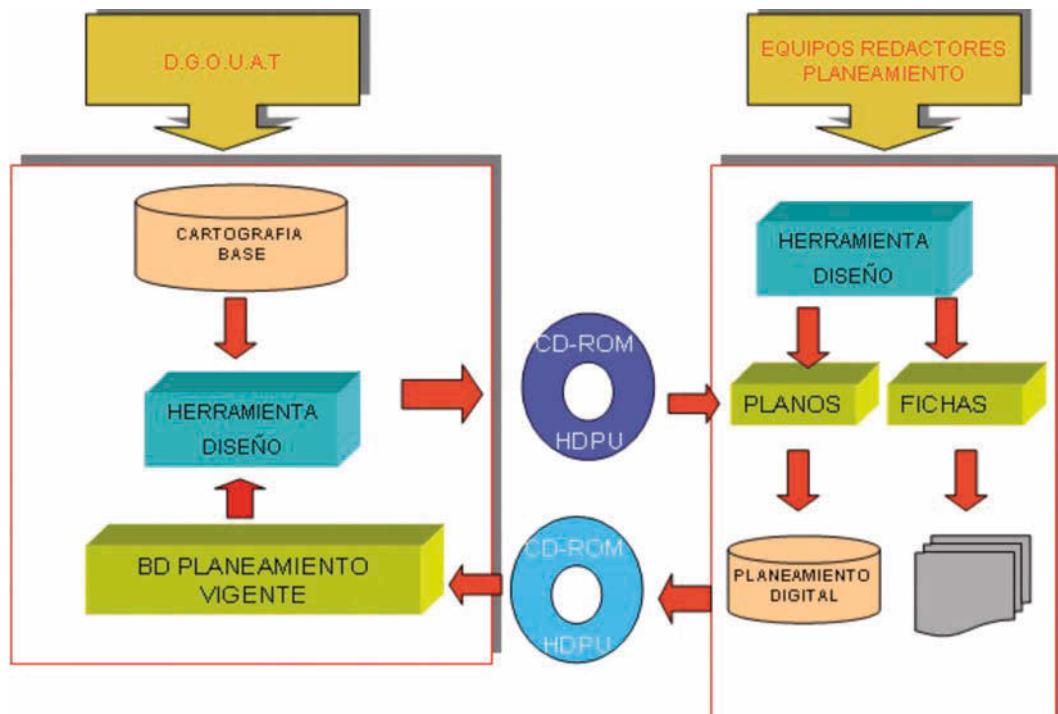


FIG. 13/ Esquema de gestión de actualizaciones del planeamiento

Fuente: Elaboración propia

Fig. 14/ Consulta libre de normativa urbanística

Fuente: Elaboración propia

mientos. Este CD podrá actualizarse desde la web de la Dirección General según vayan produciéndose las correspondientes modificaciones al planeamiento.

La Herramienta se puede descargar en el sitio web:

<http://sitex.juntaex.es/sias/Principal/Inicio.asp>

## 7. Situación actual y desarrollo futuro

La situación actual en que se encuentran los trabajos es la siguiente:

- a) Los datos administrativos del planeamiento se actualizan diariamente, considerándose cerrado el desarrollo funcional de su aplicación, salvo en el caso de novedades legislativas o tecnológicas que obligasen o aconsejasen su actualización.
- b) En cuanto al planeamiento urbanístico en formato ráster, en la actualidad se realizan labores de mantenimiento como consecuencia de las modificaciones del planeamiento urbanístico que se van aprobando, con el objeto de mantener como documento refundido el planeamiento vigente. Se considera cerrado el desarrollo funcional de su aplicación, salvo en el caso de novedades tecnológicas que aconsejasen su actualización.
- c) Con respecto al planeamiento urbanístico en formato digital, se ha desarrollado y está en explotación la nueva versión de la Herramienta de Diseño de Planeamiento sobre productos de software libre. Los Planes contratados en este año se están redactando con la nueva versión y progresivamente se van migrando los redactados con versiones anteriores a la nueva. El tiempo que se tarda normalmente en aprobar un Plan y el tiempo que se ha tardado en hacer ver a los equipos redactores las ventajas que tiene trabajar en digital desde origen, lo que ha supuesto transformar de forma sustancial su forma de redactar el planeamiento, ha sido importante, por ello, si bien las primeras versiones de la Herramienta se difundieron hace varios años, hasta hace poco no se han aprobado definitivamente los primeros Planes redactados con la misma (FIG. 15).
- d) En cuanto al planeamiento territorial, se está concertando el modelo para su sistematización, ya que hasta la fecha hay pocos Planes Territoriales aprobados, que si bien están redactados en formato digital, su modelo de datos es distinto.
- e) El trabajo tecnológico actual está centrado en mejorar la visualización de estos planes en el Sistema y en la web y, fundamentalmente, en mejorar el servicio WMS que se integra en la Infraestructura de Datos Espaciales de Extremadura, así como en facilitar la gestión de las modificaciones del planeamiento y en optimizar el tratamiento de textos, el administrador y el gestor de publicaciones.
- f) En cuanto al nivel de implantación de la Herramienta HDPUyT, se mantiene la for-

mación constante de los equipos redactores, en Extremadura hay más de 100, mediante cursos y atención a consultas diarias. Se puede decir que si bien actualmente ya no se discute la necesidad de normalizar y sistematizar el planeamiento, así como su redacción con la Herramienta, sin embargo a los equipos les cuesta cambiar su metodología de trabajo, tendiendo a redactar el planeamiento en formato digital con sus herramientas tradicionales, siguiendo la sistematización establecida y cuando son aprobados, lo introducen en la Herramienta. Se está trabajando para mejorar esta situación. También se ha extendido su utilización a las Oficinas de Gestión Urbanística y del Territorio, Vivienda y Arquitectura implantadas en las Mancomunidades de Municipios de Extremadura, que redactan planeamiento y modificaciones, utilizándose la misma sistemática de cursos y atención a consultas. Por último indicar que ya se está utilizando la Herramienta para la redacción de Planes Municipales de otras Comunidades Autónomas, con motivo de las adjudicaciones a empresas que ofertan emplear esta Herramienta para su redacción.

g) Con el objetivo común de extender la sistematización del planeamiento urbanístico al mayor número posible de Entidades Locales en el ámbito territorial de la Comunidad Autónoma de Extremadura, se ha firmado una adenda al convenio marco de colaboración entre el Ministerio de Vivienda y la entidad pública empresarial Red.es para el desarrollo del programa de impulso al Urbanismo en Red, entre la Consejería de Fomento de la Junta de Extremadura y Red.es, mediante la cual se procederá a la sistematización del planeamiento urbanístico que esté ya redactado y que no se prevea su revisión a corto plazo de varios municipios de Extremadura. Para ello se ha procedido a la integración de las herramientas que utiliza Red.es y la Herramienta de Diseño de Planeamiento que utiliza la Junta de Extremadura, con el objeto de que los Planes se sistematicen utilizando el modelo establecido en Extremadura.

El desarrollo futuro va encaminado a la implantación de la tramitación en digital de los instrumentos de planeamiento. Se tiene la certeza de que mientras que se dependa del documento en papel y sea éste el que se diligencie, el documento en digital irá siempre a remolque, por ello creemos que es el salto necesario para la implantación definitiva del planeamiento digital.

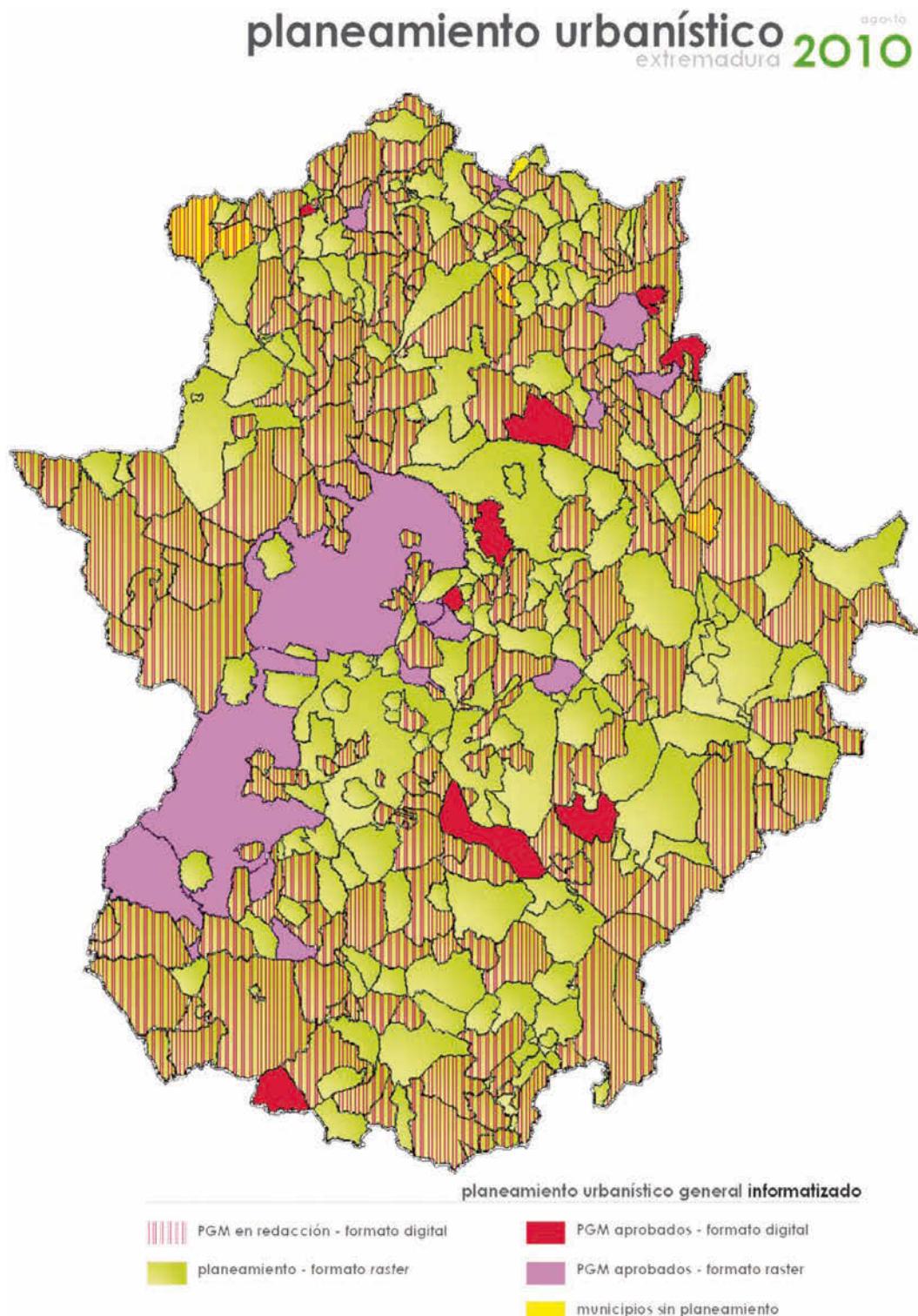


Fig. 15/ Estado del planeamiento digital en Extremadura

Fuente: Elaboración propia

# Sistematización Informática del Planeamiento Urbanístico de Canarias

M. BLANCO BAUTISTA (1) & J. M. BARBERO FRANCISCO (2)

(1) Jefe de Servicio de Estrategia e Información Territorial. Consejería de Medio Ambiente y Ordenación Territorial & (2) Jefe de Departamento de Soporte al Planeamiento. Cartográfica de Canarias, S.A. (GRAFCAN)

**RESUMEN:** Este artículo describe el Sistema de Información de Planeamiento que se integra en el Sistema de Información Territorial de Canarias (SITCAN). Aborda los trabajos de Normalización y Sistematización del Planeamiento, Producción, Control de Calidad, Mantenimiento actualizado de la Base de Datos de Planeamiento, Explotación de la misma para dotarla de valor añadido y Difusión de los productos obtenidos. Se muestra el trabajo realizado en Canarias en los últimos años, con el objetivo de modernizar la gestión del territorio, hasta llegar a la situación actual y se hace un planteamiento de futuro.

**DESCRIPTORES:** Gestión del Suelo. Planeamiento urbanístico. Sistema de Información Territorial de Canarias (SITCAN). Canarias.

## 1. Introducción

La Sistematización Informática del Planeamiento Urbanístico de Canarias es un proyecto que forma parte de otro más ambicioso que tiene como objetivo primordial la modernización de la gestión del suelo GALÁN (2000). Es esta gestión la que necesita de una mejora en su eficiencia para dar un mejor servicio al ciudadano con una metodología de trabajo más eficiente para todos los intervenientes y el consiguiente ahorro de tiempo y coste para todos. No son objetivos de este proyecto sino medios para alcanzarlo: la normalización, el apoyo a la redacción o producción, el control de calidad, el mantenimiento actualizado de la información de planeamiento, la explotación de los datos para dotar a ésta de valor añadido y la difusión del planeamiento urbanístico vigente. Corremos el riesgo de convertir estos me-

dios en objetivos. Es necesario ser conscientes de ello para mantener el rumbo firme durante el desarrollo de este ambicioso proyecto de modernización de la administración pública y de la sociedad en la gestión del suelo.

Desglosaremos conceptualmente el objetivo a buscar, para dividir el sistema en aquellos elementos necesarios para su funcionamiento. Se describen brevemente los problemas existentes en el sistema actual de gestión del territorio, para pasar a comentar las principales aproximaciones a la solución que se han llevado o se están llevando a cabo.

Una vez conocido el objetivo y sus antecedentes y aproximaciones a la solución se describe el requisito fundamental que es precisamente que se use el sistema, esto es, que simplifique las tareas de gestión.

Por último sólo queda detallar cada uno de los elementos de que consta el sistema:

- Agentes que intervienen en la ordenación y gestión del territorio. Gestión del cambio.
- Normalización y Sistematización Informática del Planeamiento. Redacción de normas e instrucciones técnicas.
- Apoyo a la redacción, simplificación administrativa e implantación de la administración electrónica en los procedimientos de aprobación de los instrumentos de planeamiento.
- Acciones formativas y herramientas informáticas de ayuda a la redacción de planeamiento sistematizado.
- Conversión o traducción de planes no sistematizados y/o no adaptados.
- Control de Calidad. Generación de informes y protocolos.
- Base de Datos de Planeamiento de Canarias.
- Mantenimiento actualizado de la información de planeamiento vigente de la BDP de Canarias.
- Explotación de la BDP de Canarias (análisis geográficos, mapas temáticos y generación de informes por geo-procesamiento).
- Generación de documentos y planos digitales en formatos portables y estándar.
- Difusión masiva del planeamiento vigente en portales Web, establecimiento de servicios estándar según la Directiva INSPIRE (WMS, Catálogo, Descarga...) y generación de informes telemáticos mediante servicios de geoprocесamiento.

## 2. Objetivo

El objetivo principal de la Sistematización del Planeamiento es la modernización de la gestión del suelo en Canarias.

Este objetivo resume toda una serie de objetivos marcados para el "Sistema de Información del Planeamiento", tanto en Canarias como en otras regiones. Tanto es así, que los objetivos identificados claramente por el Sistema de Información Urbana del Ministerio de Vivienda son comunes para toda España y, seguramente, fuera de nuestras fronteras. Estos objetivos son:

- Transparencia en suelo y urbanismo.
- Conocer el planeamiento en vigor.
- Conocer la disponibilidad de suelo y la evolución en su ocupación.
- Coordinación y complementación con las administraciones competentes.

Se trata de dotar al sistema de herramientas que hagan más eficiente las tareas de gestión como facilitar la consulta e interpretación del planeamiento, su tramitación, su interoperabilidad y la toma de decisiones.

## 3. Antecedentes

La gestión del suelo ha tenido históricamente y todavía hoy sigue teniendo una serie de problemas crónicos:

- La falta de precisión normativa y la existencia de determinaciones contradictorias o ambiguas.
- Terminología, determinaciones y conceptos heterogéneos, propios de cada redactor y específicos de un documento, no homologables.
- La representación gráfica imprecisa y el uso de cartografía inadecuada y de sistemas de representación heterogéneos.
- La interpretación discrecional del planeamiento.
- Ser poco o nada inteligible para el ciudadano, que ha requerido de asesoramiento especializado para conocer la aptitud de su propiedad.
- No facilitar ni fomentar la información pública y la participación ciudadana, limitándose al cumplimiento de los períodos de consulta legalmente establecidos.
- La media temporal para su formulación y tramitación ha sido exageradamente alta, de 8 a 15 años, y su coste económico y social extraordinariamente alto.

Dados estos antecedentes, planteamos a continuación los requisitos necesarios para conseguir los objetivos marcados.

## 4. Requisito

El principal requisito para la Modernización de la Gestión del Suelo en Canarias es la Normalización del Planeamiento Urbanístico.

La Normalización en Canarias está sustentada en el Decreto Legislativo 1/2000 por el que se aprueba el Texto Refundido de las Leyes de Ordenación del Territorio de Canarias y de Espacios Naturales de Canarias, que establece, en sus artículos 28, 29 y 30, la necesidad de unas Normas e Instrucciones Técnicas del Planeamiento Urbanístico.

Así, actualmente se están gestando Normas e Instrucciones Técnicas que especifican, res-

pectivamente, la definición y el formato, o sea el qué y el cómo, para:

1. El contenido sustantivo de los instrumentos de planeamiento urbanístico.
2. La normalización documental de los instrumentos de planeamiento urbanístico, así como sus archivos de difusión.
3. Los archivos sistematizados para el intercambio de la información de planeamiento urbanístico.
4. Los acrónimos utilizados.
5. La relación normalizada de usos pormenorizados.
6. La normalización de las determinaciones de planeamiento urbanístico.

Y progresivamente, como resultado de la sistematización práctica realizada, seguirán surgiendo otras Normas e Instrucciones para:

- La relación normalizada de zonas de usos pormenorizados.
- La relación normalizada de zonas o tipologías de edificación.

Es un requisito indispensable la modelización que de estas Normas e Instrucciones hace la Base de Datos de Planeamiento (BDP) de Canarias, y de sus sucesivas versiones, para la comprobación de su cumplimiento por parte de los Instrumentos de Ordenación que se vayan integrando en ella. Esta BDP de Canarias propicia la difusión y gestión del planeamiento a través del Sistema de Información Territorial de Canarias, mediante herramientas para una gestión eficiente.

## 5. Hoja de ruta

El Gobierno de Canarias ha venido promoviendo la realización de diversas aproximaciones hacia la consecución del objetivo planteado:

- Desde 1995, en que comenzó su andadura el Cabildo de Tenerife y ya en 1997 cuando estaban unidos al proyecto, tanto el Cabildo de Gran Canaria como el Gobierno de Canarias y también la Comunidad Foral de Navarra, se trabajó en la Normalización mediante la elaboración de un manual como borrador de las Instrucciones Técnicas para la Sistematización de las Determinaciones de Ordenación del Planeamiento.
- Desde 1998, se ha venido trabajando, hasta la actualidad, en el Sistema de Información Geográfica (SIG) del Servicio de Ordenación de Espacios Naturales Protegidos y Paisaje de la Dirección General de Ordenación del

Territorio del Gobierno de Canarias. De manera práctica se unificó una leyenda para la representación de colores y tramas, así como etiquetas de la zonificación (ésta por ley) y la clasificación del suelo, como planos principales en la ordenación estructural de los Planes y Normas de Espacios Naturales Protegidos.

- Como resultado de aquellos primeros pasos en materia de Normalización se realizó en 2001 la Sistematización del Planeamiento Estructurante y el Pormenorizado en Suelo Rústico de Canarias. Se definieron las determinaciones de ordenación a integrar en un modelo de datos ADSUARA & al., (2000) [2] precursor del actual de la BDP. Desde aquel año se ha venido difundiendo el planeamiento sistematizado mediante la aplicación MAPA.
- Entre 2002 y 2004 se experimentó en la formulación de Planes Generales de Ordenación mediante el uso de los SIG, resultando varios planes aprobados e incluso uno firmado digitalmente.
- En el año 2003 se crea el Sistema de Información Territorial de Canarias (SITCAN) mediante la Ley 19/2003, de 14 de abril, por la que se aprueban las Directrices de Ordenación General.
- En 2004 se presentó el primer borrador de las Normas Técnicas sobre la Sistematización Informática del Planeamiento Urbanístico (SIPU), así como las de Sistematización de las Determinaciones del Planeamiento Urbanístico (SDPU), para su difusión entre los profesionales y comienzo de su puesta en práctica como modelo de datos de intercambio de planeamiento y las definiciones en las que se sustenta, respectivamente.
- En 2005 comienza el diseño de la Base de Datos de Planeamiento (BDP) de Canarias que integra instrumentos de ordenación que siguen una estructura de datos "SIPU" específica.
- Desde 2005 se promovió la redacción de planeamiento sistematizado, mediante acciones divulgativas (charlas a estudiantes de arquitectura y delineación), acciones formativas (cursos y asesoramiento personalizado a equipos redactores), acciones prescriptivas mediante la inclusión de prescripciones técnicas en los Pliegos de Condiciones Técnicas para la redacción de los instrumentos de planeamiento promovidos por la Consejería de Medio Ambiente y Ordenación Territorial directamente o mediante la empresa pública GESPLAN, conforme a tales normas, instrucciones y criterios. Asimismo, se precisó el procedimiento de carga y control de calidad de planes en la BDP con el resultado de Informes de Control de Calidad normalizados

sobre el cumplimiento de las Normas e Instrucciones Técnicas.

- Desde 2006 se promovió la modernización de las Oficinas Técnicas Municipales mediante los programas de cooperación, con la realización de campañas anuales para la transformación del planeamiento vigente, y a veces en tramitación, en documentos estructurados y sistematizados, basados en determinaciones normalizadas, con representación y caracterización homogéneas, conforme a las normas SIPU.
- Desde 2006 el Sistema de Información Territorial de Canarias (SITCAN) cuenta con una herramienta muy útil, como es el Informe de Consulta Urbanística, a través de la aplicación MAPA.
- En 2007 se modela el procedimiento de Mantenimiento del Planeamiento Vigente mediante la sustitución de recintos en las capas correspondientes.

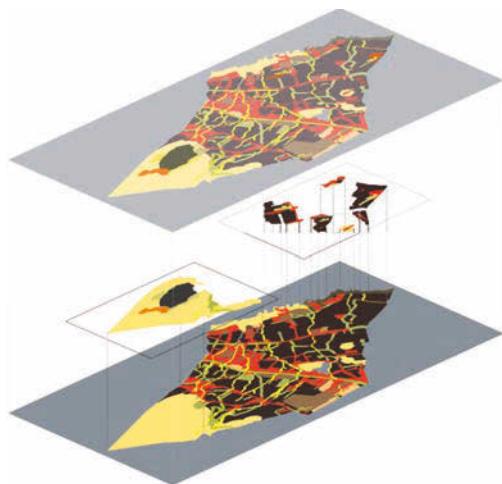


Fig. 1/ **Modelo del procedimiento de Mantenimiento del Planeamiento Vigente**

Fuente: Elaboración propia

- En 2008 se difunde en la Infraestructura de Datos Espaciales de Canarias (IDECanarias), el Planeamiento Sistematizado como una única capa refundida que dividía el territorio en recintos de igual ordenación, facilitando técnicamente así la consulta de todas las determinaciones aplicables sobre cada punto del suelo. Asimismo se dotó al sistema de la herramienta de Informe de Consulta Urbanística a través de la IDE, mediante protocolos estándar, facilitando así la generación de este informe desde cualquier visor WMS.
- También en 2008 comenzó la sistematiza-

ción de los planes y normas de Espacios Naturales Protegidos dentro de las campañas anuales de sistematización de planeamiento vigente llevadas a cabo por el Gobierno de Canarias a través de la empresa pública Gesplan (FIG. 2).

- En 2009, en materia de Normalización del Planeamiento, se comenzó a trabajar en borradores de documentos del Reglamento de los Instrumentos de Ordenación del Sistema de Planeamiento de Canarias, Normas Técnicas del Planeamiento Urbanístico de Canarias y varias Instrucciones Técnicas del Planeamiento Urbanístico de Canarias, como la Relación Normalizada de Acrónimos de Planeamiento (ITPU-RNAP), Relación Normalizada de Usos Pormenorizados (ITPU-RNUP), Sistematización Informática del Planeamiento Urbanístico (ITPU-SIPU) y la Normalización Documental del Planeamiento Urbanístico (ITPU-NDPU).
- En diciembre de 2009 se firmó la Adenda de Canarias al Convenio Marco de Colaboración entre el Mº de Vivienda y la EPE Red.es para el desarrollo del Programa "Urbanismo en red". El objetivo del programa es la sistematización y publicación del planeamiento urbanístico vigente (PGOs y sus modificaciones y revisiones, planes de desarrollo y estudios de detalle) y de los planes y normas de los ENP de la totalidad del territorio de Canarias.
- Desde principios de 2010 se están estableciendo protocolos de comunicación y coordinación de las distintas bases de datos existentes en la materia dentro del Gobierno de Canarias, como son el Archivo de Planeamiento de la Consejería de Medio Ambiente y Ordenación Territorial (que almacena los archivos digitales escaneados de los expedientes en papel de planeamiento vigente e histórico del archivo de planeamiento de la Viceconsejería de Ordenación Territorial del Gobierno de Canarias), la Base de Datos de Suelos de Gesplan (que almacena datos sobre la tramitación, la gestión y la ejecución de los Instrumentos de Ordenación) y la propia Base de Datos de Planeamiento de Canarias y el Sistema de Información Territorial de Canarias, que gestiona la empresa pública Grafcan.
- Desde julio de 2010 se está difundiendo el Planeamiento Sistematizado por capas, con el que el usuario puede activar o desactivar las distintas capas en las que se agrupa el planeamiento según sus requerimientos de visionado o análisis. Las capas que se están difundiendo son las de ámbitos de ordenación, ámbitos suspendidos, ámbitos en mantenimiento de la BDP, clasificación de suelo, categorización y subcategorización de suelo,

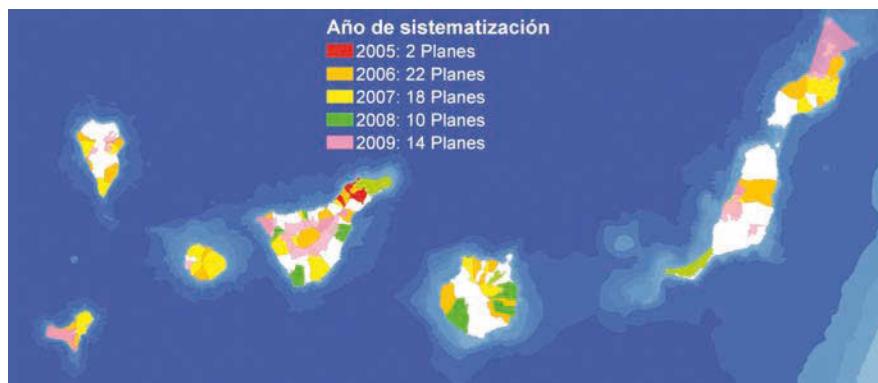


FIG. 2/ Campañas anuales de sistematización de planeamiento vigente

*Fuente:* Elaboración propia

elementos estructurantes (sistemas generales y equipamientos estructurantes), líneas de trama urbana, zonas de edificación (tipo-

logías), zonas de usos pormenorizados, catálogos de protección, ámbitos de gestión e instrumentos de desarrollo.

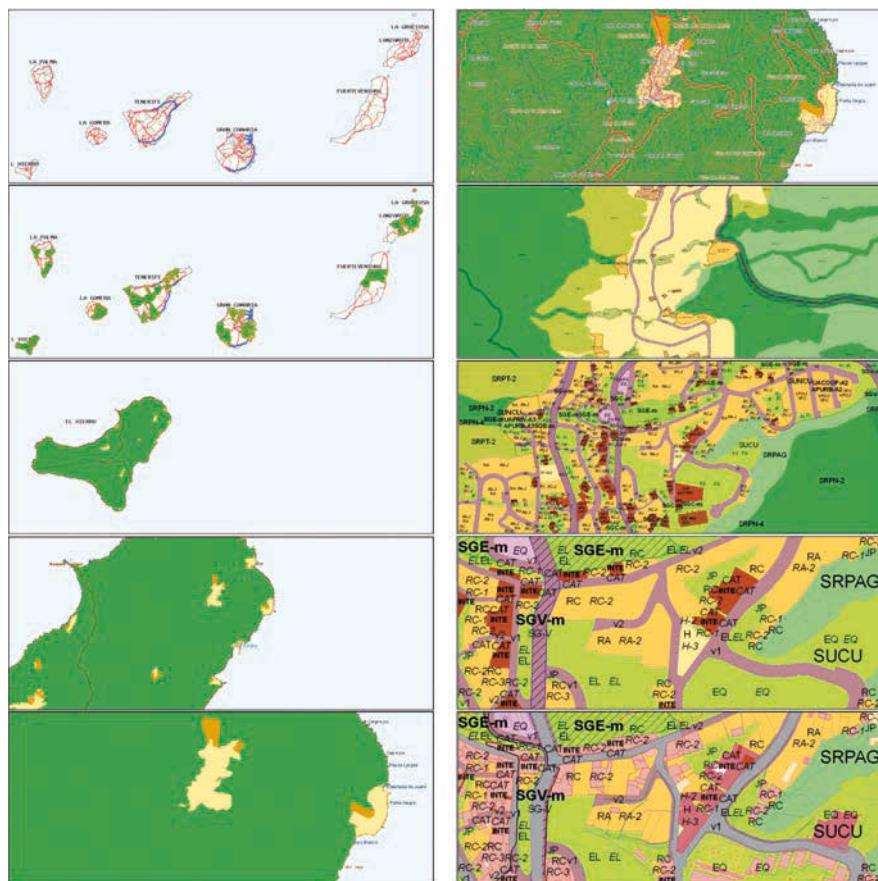


FIG. 3/ Planeamiento Sistematizado por capas

*Fuente:* Elaboración propia

- También en julio de 2010, comenzó, como extracción a partir del servicio por capas, la difusión del nuevo servicio WMS Clases de Suelo y Áreas en Desarrollo (SIU Canarias), siguiendo las directrices del Grupo de Trabajo del SIU del Ministerio de Vivienda.
- Como trabajos en curso se están desarrollando:
  - Herramientas de ayuda a la redacción sistematizada.
  - Generación de planos y normativa normalizados a partir de la BDP.
  - Servicios de Temáticos de Explotación GALÁN (2000), como productos de valor añadido a la información de partida (totales estadísticos por ámbitos geográficos y por temas).

## 6. Conclusiones

La primera conclusión que se obtiene en estos últimos años es que la problemática y los objetivos son comunes en las distintas regiones. Aunando esfuerzos con el consiguiente ahorro de costes y optimización de los recursos, los

frutos obtenidos serán mejores y lo habrán sido en menos tiempo.

Durante este tiempo hemos adquirido un importante bagaje sobre el conocimiento y la práctica de la sistematización del planeamiento, hemos creado y estructurado una sólida Base de Datos de Planeamiento de Canarias que somos capaces de mantener, explotar y difundir, estamos traduciendo nuestra experiencia a normas e instrucciones técnicas que nos sirvan de guía metodológica. Sin embargo hemos encontrado una gran resistencia al cambio. Por ello, el camino que nos queda por andar debe de centrarse fundamentalmente en la gestión del cambio, implicando a todos los agentes que intervienen en la ordenación y gestión del suelo. Hemos de arbitrar una serie de acciones para inducir el cambio de metodologías, procedimientos y costumbres. La resistencia al cambio sólo se vence mediante la voluntad favorable y el convencimiento de que la sistematización del planeamiento urbanístico resuelve los problemas crónicos de la ordenación y gestión del suelo y es un medio eficaz para alcanzar el objetivo propuesto.

## 7. Bibliografía

ADSUARA, X. & L. ZARRALUQUI & E. RIVERO & P. SOSA (2000): *Criterios generales para la integración del planeamiento urbanístico y territorial en un Sistema de Información Territorial (SIT)* <http://ww2.pcypsitna.navarra.es/C4/Territorial%202000/Document%20Library/PONENCIAS/ADSUARARIVERO.PDF>

GALÁN, M. (2000): *Estrategia para la explotación de las BD's territoriales en el DUT. Territorial 2000* (Pamplona 9/11/2000) <http://ww2.pcypsitna.navarra.es/C4/Territorial%202000/Document%20Library/INDICE%20D E%20PONENCIAS.htm>.

# UDALPLAN. Un Sistema de Información Geográfico al servicio de la ordenación del territorio del País Vasco

J. M. ERQUICIA OLACIREGUI (1) & E. IBÁÑEZ PÉREZ DE ARENAZA (2) & Á. ARROYO DÍAZ (3)

(1) Doctor Arquitecto, Responsable del Servicio de Ordenación del Territorio y Planeamiento & (2) Arquitecto Urbanista, Responsable del Archivo de Información Territorial. Gobierno Vasco. Departamento de Medio Ambiente, Planificación Territorial, Agricultura y Pesca. Dirección de Ordenación del Territorio & (3) Director-Gerente de Estudios GIS S.L.

**RESUMEN:** UDALPLAN es un Sistema de Información Geográfica surgido en la CAPV como instrumento de apoyo a la ordenación del territorio. Recoge anualmente la información del planeamiento vigente en cada municipio y en concreto la Estructura General y Orgánica y la Clasificación del Suelo así como su Clasificación. Consta además de una base de datos alfanumérica que refleja en cada municipio el grado de ejecución de cada área definida en el planeamiento. Esta base se completa con una serie de cuadros resumen con la información por Áreas Funcionales, Provincias o Territorios Históricos y Comunidad Autónoma. UDALPLAN se presenta en los formatos de libro, DVD y aplicación Web. La actual aplicación DVD utiliza el componente OCX MapObjects LT de ESRI, está programada en Visual Basic 6.0 y almacena la información GIS en formato shapefile. La aplicación Web se basa también en la tecnología ESRI, diseñándose a través del Servidor de Mapas ArcIMS. Por otro lado se están llevando a cabo los trabajos necesarios para cumplir con la directiva europea INSPIRE. En definitiva UDALPLAN se ofrece como una herramienta de aproximación territorial ofreciendo un servicio necesario y preciso en el marco de una intervención sobre el territorio del momento presente y adecuada a las preocupaciones y retos de nuestra sociedad.

**DESCRIPTORES:** Sistemas de información geográfica. País Vasco.

## 1. Génesis y razón de ser de UDALPLAN

### 1.1. La irrupción de la ordenación del territorio

**E**l 31 de mayo de 1990 el Parlamento Vasco por unanimidad de todos sus miembros aprueba la Ley de Ordenación

del Territorio. Esta Ley establece que la ordenación del territorio del País Vasco se desarrollará a través de las siguientes figuras: Las Directrices de Ordenación Territorial, los Planes Territoriales Parciales y los Planes Territoriales Sectoriales

Las Directrices de Ordenación del Territorio dividen el conjunto de la Comunidad Autónoma

en quince áreas funcionales, y en cada una de éstas se debe de redactar un Plan Territorial Parcial. Así mismo aprobada la Ley los diferentes departamentos sectoriales han ejecutado sus políticas promoviendo su correspondiente Plan Territorial Sectorial. Es decir, se puede señalar que el desarrollo de la Ley de Ordenación del Territorio del País Vasco, mediante la aprobación de las Directrices de Ordenación Territorial y posteriormente de los Planes Territoriales Parciales y Sectoriales han supuesto la definición de un marco de referencia territorial y normativo para la redacción de los documentos de planeamiento urbanístico municipal.

La elaboración de todos estos documentos y su desarrollo ha obligado desde los inicios a contar con un Banco de Datos de carácter supramunicipal, en el que recoger entre otros la información gráfica y alfanumérica del planeamiento municipal.

## 1.2. Consolidación de UDALPLAN: desde el Banco de Datos Territoriales al Sistema de Información Geográfico

En este contexto de desarrollo de una nueva disciplina como es la Ordenación del Territorio, en los primeros años de la década de los noventa desde la Dirección de Ordenación del Territorio del Gobierno Vasco se llevan a cabo los primeros inventarios sobre el Suelo Residencial y de Actividades Económicas previstos en los planes municipales, en lo que supone el primer ejercicio de sistematización de una materia en sí misma compleja, y recogida de forma muy heterogénea por los municipios. Los primeros trabajos se materializan en diciembre de 1993 publicándose en formato papel el primer Banco de Datos Territoriales sobre el suelo residencial e industrial de la CAPV.

En los años siguientes los trabajos van complejizándose y debido a la buena acogida que tiene esta publicación, en 1996, se promueve una nueva edición actualizada de la información, acompañándose el libro de un soporte informático CD-ROM que contiene un Sistema de Información Geográfica aplicado al Planeamiento Urbanístico y la Ordenación del Territorio de la Comunidad Autónoma Vasca, bautizándose este sistema como UDALPLAN (traducción al euskera de Planeamiento Municipal). En esta edición UDALPLAN recoge, además de los

usos residenciales y de actividades económicas con sus diferentes clasificaciones, los sistemas generales de equipamientos, espacios libres, transportes y comunicaciones, infraestructuras básicas, así como los ámbitos destinados a actividades extractivas.

Continuando con la periodicidad prevista, tres años, se publica en 1999 una nueva edición del Libro UDALPLAN 99 Banco de Datos Territoriales de Suelo Residencial y de Actividades Económicas de la CAPV, así como su versión en CD-ROM, incorporándose ya en un contexto más moderno y propio de sociedad de la información, la versión en Internet de UDALPLAN a través de la página web del Gobierno Vasco<sup>1</sup>.

Debido al interés que despierta UDALPLAN, el año 2003 la Dirección de Ordenación del Territorio haciéndose eco de las demandas suscitadas decide actualizar el UDALPLAN anualmente, periodicidad que sigue manteniéndose en años sucesivos. Sin embargo, cada edición conlleva la incorporación de nueva información, así como la continua mejora del producto:

- En la edición UDALPLAN 2005, se amplia la Base de Datos, ofreciendo los datos sobre el número de licencias de edificación concedidas durante el año 2004 por los ayuntamientos, con el fin de conocer la dinámica de construcción del municipio, lo que permite además del conocimiento del ritmo global de construcción anual de vivienda su localización territorial.
- En la edición UDALPLAN 2006 se decide completar aún más la información recogiendo la información relativa al suelo no urbanizable. En tal edición se recoge gráficamente tanto la estructura general y orgánica del territorio como la zonificación global de todo el suelo del municipio y en concreto las distintas categorías del suelo no urbanizable.
- En ediciones sucesivas UDALPLAN va depurando su nivel de información.

Podemos finalizar este apartado de encuadre del proceso de gestación y desarrollo de UDALPLAN señalando que a lo largo de estos años y desde las diferentes ediciones se va discurriendo a lo largo de este tiempo un proceso de sofisticación informática y disciplinariamente el camino de paso desde un Banco de Datos Territoriales a un Sistema de Información Geográfica.

<sup>1</sup> UDALPLAN, <http://www1.euskadi.net/udalplan/visor/viewer.htm>

### 1.3. UDALPLAN. Un equilibrio entre las características de la información y su actualización anual

Transcurrido este tiempo de gestación y desarrollo podemos decir que UDALPLAN es ya en el momento presente una herramienta madura que ha alcanzado un equilibrio entre los niveles técnicos de la ingente información que contiene y las posibilidades de actualización anual. Como consecuencia de las demandas formuladas desde las administraciones sectoriales la periodicidad trianual inicial se ha transformado en una publicitación anual del Sistema lo que ha obligado a una valoración estricta y rigurosa de las labores que conlleva.

La confección de UDALPLAN conlleva la ejecución de las siguientes tareas:

1. Análisis del planeamiento aprobado: En la Comunidad Autónoma del País Vasco el planeamiento general previamente a su aprobación definitiva precisa ser informado por la Comisión de Ordenación del Territorio del País Vasco. Este proceso de emisión de informe es el momento utilizado por la Dirección de Ordenación del Territorio del Gobierno Vasco para recoger el planeamiento que presumiblemente va a ser aprobado, y debidamente sistematizado, trasladarlo a UDALPLAN. La recogida de información implica el análisis y la valoración del orden de treinta revisiones de planeamiento general y del orden de doscientas cincuenta modificaciones de planeamiento. Estos datos, si bien son suficientemente elocuentes en el reflejo de la dinámica alta de estos últimos años dan una idea del trabajo implícito que supone el análisis, la recogida y la sistematización del planeamiento general aprobado anualmente.
2. Paralelamente, se acude a los ayuntamientos solicitando el número de licencias concedidas en cada Área Urbanística residencial o de actividades económicas, en orden a conocer el grado de ejecución del planeamiento dado a lo largo del año tomando como referencia la situación a uno de enero de cada año.
3. Finalmente se procede al traslado de la información alfanumérica y gráfica a UDALPLAN con la sistematización requerida, así como a proceder a realizar las generalizaciones de la información por Áreas Funcionales, Territorios Históricos y Comunidad Autónoma.

### 1.4. Objetivos de UDALPLAN. Agentes destinatarios

En estos años hemos visto proliferar diversos Sistemas de Información Geográfica y todas las administraciones han entrado en una carrera de recogida de las informaciones precisas y de sus propias políticas en mayor o menor medida apoyadas sobre herramientas sofisticadas. Sin embargo el abordaje de tareas como las que supone UDALPLAN, ha conllevado formularse preguntas y consiguientes respuestas sobre lo que se quiere hacer, lo que se va a ser capaz de desarrollar y actualizar, y finalmente la definición del usuario al que va destinado.

En este sentido UDALPLAN se autodefine como un GIS que plantea recoger la información global del planeamiento general, a saber, la clasificación y la calificación global de todo suelo, aportando para los suelos residenciales o industriales el grado de ejecución, desarrollo y construcción. En esta línea UDALPLAN ofrece información para los siguientes tipos de usuarios:

1. Los usuarios vinculados al proceso de promoción del planeamiento territorial parcial, es decir a los departamentos de ordenación del territorio y de urbanismo del Gobierno Vasco o de las Diputaciones Forales respectivamente.
2. Las administraciones sectoriales para el desempeño de sus competencias: Carreteras, ferrocarriles, educación, sanidad u otro equipamiento, aguas, etc.
3. Cualquier profesional vinculado al mundo del urbanismo o de la ordenación para el desempeño de sus trabajos en el campo del planeamiento territorial o sectorial, o para conocimiento de unas informaciones mínimas sobre el planeamiento municipal vigente en cada punto de la Comunidad Autónoma.
4. Cualquier agente territorial, vinculado a la promoción inmobiliaria, a la construcción, o empresario industrial con necesidades de suelo que desee conocer la situación del suelo urbanísticamente calificado, el nivel de ejecución, etc. Cuánto suelo vacante residencial o de actividades económicas existe en la Comunidad Autónoma y dónde está, son las primeras preguntas cuya respuesta permite UDALPLAN.

Concluyendo y sintetizando podemos decir que el Sistema de Información Geográfica UDALPLAN tiene carácter público, está orientado

tado a cualquier usuario que desee consultar información urbanística de uno o varios municipios, Áreas Funcionales, Territorios Históricos o Comunidad Autónoma.

## 2. Características fundamentales de udalplan

### 2.1. Contenidos de UDALPLAN

El UDALPLAN contiene toda la información sobre el Suelo Residencial, incluyendo el número de viviendas de protección oficial, el suelo de Actividades Económicas, Sistemas Generales y la categorización del Suelo No urbanizable, en definitiva integra la Estructura General y Orgánica y la Calificación del Suelo de todo el Territorio del País Vasco, siguiendo en el caso del suelo no urbanizable la categorización de las Directrices de Ordenación Territorial aprobadas definitivamente en 1997.

Se debe señalar que se recoge la información del planeamiento que en su tramitación cuenta con aprobación definitiva y aprobación parcial y suspensión parcial a fecha límite de uno de Enero del año en que se elabora UDALPLAN.

#### 2.1.1. Información gráfica

La información gráfica está integrada por la zonificación urbanística (FIG. 1) y la cartografía de referencia. Respecto a la referencia cartográfica de UDALPLAN, cabe decir que está integrada por la Cartografía Oficial del Gobierno Vasco (escala 1:10.000) y la ortofotografía que se realiza anualmente.

#### 2.1.2. Información alfanumérica

La entrada intuitiva que permite UDALPLAN es la de la solicitud de información a nivel municipal. En esta medida para cada municipio y en forma de Fichas Municipales la información alfanumérica que ofrece el UDALPLAN está estructurada a dos niveles;

- Datos Generales: Datos generales de cada uno de los 251 municipios.
- Datos por ámbito: en función de los distintos usos de los ámbitos urbanísticos, agregados finalmente a nivel municipal..

Así mismo la información alfanumérica que ofrece UDALPLAN está generalizada en los Cuadros Resumen aportando información por

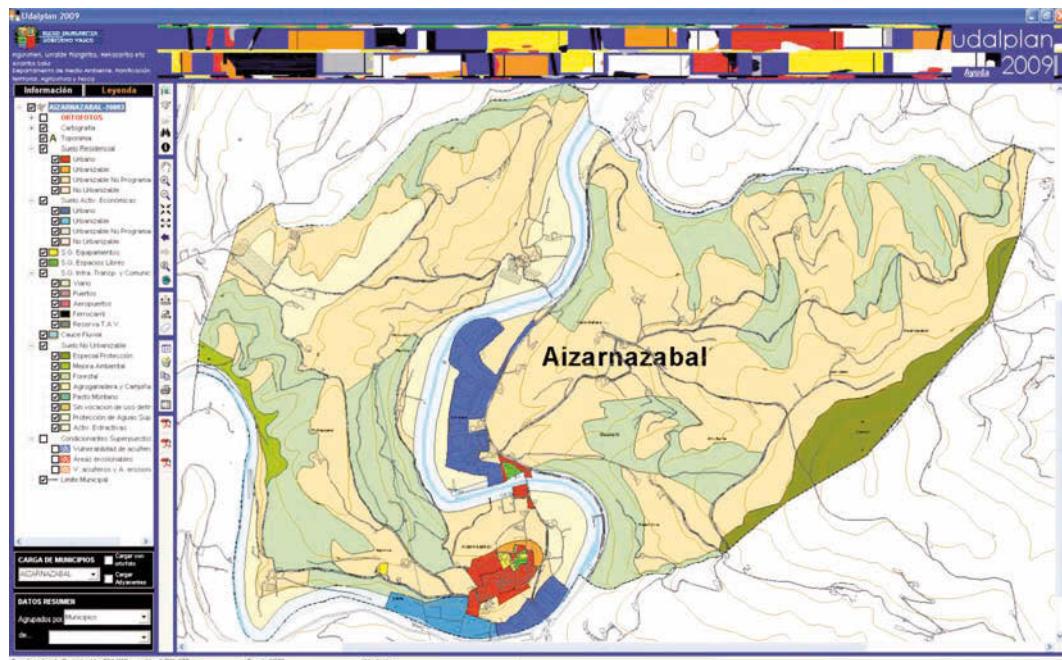


FIG. 1/ Aplicación DVD visualizando todo el territorio de un municipio (Aizarnazabal) con la clasificación y calificación del suelo

Fuente: Gobierno Vasco. Dirección de Ordenación del Territorio (2009)

Áreas Funcionales, Provincias o Territorios Históricos y Comunidad Autónoma.

**A) Fichas municipales**  
(Fig. 2, caso del municipio de Aizarnazabal),

UDALA MUNICIPIO		Aztertutako planeamendu dokumentua Documento de planeamiento analizado			Behin-betiko onarpena Aprobación definitiva	
AIZARNAZABAL		AASS b)			NN.SS. b)	
Udal. azaleria:	850 Ha	Biztanleria (2005 errolda):	597	Eredu funtzionala (LAA):	Urola-Kosta	Eskualdea (Eustat):
Sup. T.Mpul.:		Población (censo 2005):		Área funcional (D.O.T.):	Zarautz-Azpeitia	Urola-Kosta Comarca (Eustat):
<b>EGOITZARAKO LURZORUA / SUELLO RESIDENCIAL</b>						
SAILKAPENA	Azalera gordina (Ha)	Dauden etxebizitza K *	Egin gabeko e. berrien kop.	Etxebizitza k. guztira	Dentsitatea (Etxe/Ha)	
CLASIFICACIÓN	Superficie bruta (Ha)	N.º actual viviendas *	N.º viviendas por ejecutar	N.º total viviendas		Libreak / Libres BPE / VPP Densidad (Viv./Ha)
			Libreak / Libres	BPE / VPP		
<b>HIRI LURZORUA / SUELLO URBANO</b>						
A.I.U.1 CASCO	4,08	150	4	0	154	37,75
A.I.U.2 ITURNIBIDE	1,19	45	0	0	45	37,82
A.I.U.3 OROIROZOLA	0,57	0	15	6	23	40,35
A.I.U.4 GARAIKOETXEBERRI	0,38	0	6	0	6	15,79
A.I.U.5 EPELDE	0,48	0	11	0	11	22,92
A.I.U.6 ZUBIALEDE	0,85	27	12	0	39	45,88
<b>GUZTIRA / TOTAL</b>	<b>7,55</b>	<b>222</b>	<b>48</b>	<b>8</b>	<b>278</b>	<b>36,82</b>
<b>LURZORU URBANIZAGARRIA / SUELLO URBANIZABLE</b>						
A.I.U.7 APAIZETXE	1,63	0	30	0	30	18,40
<b>GUZTIRA / TOTAL</b>	<b>1,63</b>	<b>0</b>	<b>30</b>	<b>0</b>	<b>30</b>	<b>18,40</b>
<b>UDALERRIKO GUZTIA / TOTAL MUNICIPIO</b>	<b>9,18</b>	<b>222</b>	<b>78</b>	<b>8</b>	<b>308</b>	<b>33,55</b>
<b>LURZORU URBANIZAEZINA / SUELLO NO URBANIZABLE</b>						
RESTO SNU**	68	0	0	0	68	
<b>GUZTIRA / TOTAL</b>	<b>68</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>68</b>	
2008ean emandako etxebizitzen lizentziak kopurua (etxebizitzen kopururen arabera) / Nº total de licencias concedidas en 2008 (en n.º de viviendas). 0						
* Daudenak + erakilten ari direnak + lan-baimena daudatenak / Existeentes + en ejecución + con licencia.						
** Bailestak / Estadísticas:						
<b>JARDUERA EKONOMIKOETARAKO LURZORUA / SUELLO ACTIVIDADES ECONÓMICAS</b>						
SAILKAPENA	Azalera gordina (Ha)	Hartutako azalera (Ha)	Azalera hutsa (Ha)			
CLASIFICACIÓN	Superficie bruta (Ha)	Superficie ocupada (Ha)	Superficie vacante (Ha)			
<b>HIRI LURZORUA / SUELLO URBANO</b>						
A.I.U.9 MIGSA	3,17	3,17	0,00			
A.I.U.10 ETXEZARRETA INDUS.	13,85	13,30	0,55			
<b>GUZTIRA / TOTAL</b>	<b>17,02</b>	<b>16,47</b>	<b>0,55</b>			
<b>LURZORU URBANIZAGARRIA / SUELLO URBANIZABLE</b>						
A.I.U.8 ZUBITXIKI INDUSTRIALDEA	5,32	1,13	4,19			
<b>GUZTIRA / TOTAL</b>	<b>5,32</b>	<b>1,13</b>	<b>4,19</b>			
<b>UDALERRIKO GUZTIA / TOTAL MUNICIPIO</b>	<b>22,34</b>	<b>17,60</b>	<b>4,74</b>			
2008ean emandako licencias kopuru guztila (Ha) / Total de licencias concedidas en 2008 (Ha): 0,30						
<b>SISTEMA OROKORRAK / SISTEMAS GENERALES</b>						
Espacio libre (Ha)	Equipamiento (Ha)	Garraio eta komunikabideen azpiegiturak (Ha)			Oinarrizko azpiegiturak (Ha)	Guztira (Ha)
Espacios libres (Ha)	Equipamientos (Ha)	Infraestructuras de transportes y comunicaciones (Ha)			Infraestructuras básicas (Ha)	Total (Ha)
		Bide-sarea Vario	Trenbidea Ferrocarril	Aeroportuak Aeropuertos	Portuak Puertos	
0,66	0,82	10,25	0,00	0,00	0,00	11,73
<b>LURZORU URBANIZAEZINA / SUELLO NO URBANIZABLE</b>						
Babes beretza (Ha)	Ingrugiroaren hobekuntza (Ha)	Basoa (Ha)	Nekazaritza eta abeltzaintzako eta landazabalra (Ha)	Mendiko larreak (Ha)	Lurrazaileko uren babesia (Ha)	Eribilera-deiera zehaztu gabe (Ha)
Especial protección (Ha)	Mejora ambiental (Ha)	Forestal (Ha)	Agropecuaria y campiña (Ha)	Pastos montanos (Ha)	Protección de aguas superficiales (Ha)	Sin vocación de uso definido (Ha)
4,52	160,80	47,85	0,00	38,25	332,62	Actividades extractivas (Ha)
22,16						Núcleos rurales (Ha)
						Total (Ha)
						606,20

FIG. 2/ **Ficha alfanumérica de un municipio (Aizarnazabal)**

Fuente: Gobierno Vasco. Dirección de Ordenación del Territorio (2004)

#### Datos generales:

- Nombre de municipio.
- Superficie total del término municipal en hectáreas.
- Población de derecho del municipio según el EUSTAT.
- Área Funcional en la que queda inscrito el municipio.
- Comarca Administrativa.
- Documento de planeamiento urbanístico vigente.
- Fecha correspondiente al último estado de tramitación del planeamiento.

A efectos encuadratorios la ficha contiene unas referencias generales: El planeamiento urbanístico municipal vigente que se ha adoptado como base de referencia, la fecha correspondiente a su último estado de tramitación administrativa, la superficie total del término municipal, la población de derecho del municipio según el último censo, el área funcional a la que queda adscrito el municipio según las Directrices de Ordenación Territorial y la comarca administrativa a los efectos estadísticos según el Instituto Vasco de Estadística (EUSTAT).

#### Datos de ámbitos con calificación Residencial:

- Nombre de cada área.
- Clasificación urbanística.
- Superficie bruta en hectáreas.
- Número de viviendas existentes en cada ámbito, teniendo en cuenta las que quedan fuera de ordenación (existentes + en ejecución + con licencia).
- Número de viviendas por ejecutar de venta libre previstas en el planeamiento municipal.
- Número de viviendas por ejecutar de protección oficial previstas en el planeamiento municipal.
- Número total de viviendas consideradas en el planeamiento municipal.
- Densidad de viviendas medida por hectárea.
- Número de licencias de obras concedidas a lo largo transcurrido. Dado el dato en número de viviendas.

1. En la columna primera se indica el nombre de cada ámbito en la clase de suelo correspondiente:

- Suelo residencial urbano.

- Suelo residencial urbanizable:

- Urbanizable en ejecución
- Urbanizable programado (sectorizado)
- Urbanizable no programado (no sectorizado)

- Suelo no urbanizable (núcleos rurales)

2. En la columna segunda se señala la superficie bruta, medida en hectáreas, de cada área urbanística.
3. En la columna tercera se indica para cada área el número actual de viviendas. En la medición del número de viviendas se incluyen como ya existentes las que se encontraban en enero del año en proceso de construcción y las que, sin encontrarse en construcción, cuentan con licencia concedida. El grado de la exactitud y precisión de estos datos es diferente para cada municipio ya que depende del nivel de conocimiento y control de cada oficina técnica, sobre su propio municipio y de la intensidad de la asistencia informativa prestada en cada caso a los requerimientos formulados por la Dirección de Ordenación del Territorio.

4. En la columna cuarta se indica el número de nuevas viviendas, aún sin edificar, ni en construcción, ni con licencia concedida (en el mes de enero del año que define UDALPLAN), previstas en el planeamiento urbanístico municipal. En algunos casos se efectuan estimaciones fundamentadas en las indicaciones de los técnicos municipales redactores del planeamiento.

A su vez, a la luz de la aprobación de la Ley 17/1994 y de la Ley 2/2006 de 30 de junio de Suelo y Urbanismo, la información de viviendas previstas se desglosa en dos columnas, en la primera se indica el número de viviendas de promoción libre previstas y en la segunda el número de viviendas de protección pública, dato que engloba tanto las viviendas de protección oficial como las viviendas tasadas. En lo relativo a los datos de viviendas de protección pública, se han adoptado las siguientes pautas:

- a) En municipios afectados por la Ley 17/1994 y con población superior a 7000 habitantes, para los sectores de suelo urbanizable vacantes, se ha hecho directamente la asimilación del 65% de las viviendas como VPO y el 35% restante como viviendas libres.
- b) En municipios con planeamiento posterior a la Ley 2/2006 afectados por el estandar de vivienda de protección pública

- (población superior a 3.000 habitantes), en los sectores de suelo urbanizable vacantes, se ha hecho la asimilación del 75% de las viviendas como VPP y el 25% restante como viviendas libres.
- c) En ambos casos y para los sectores de suelo urbanizable semiconsolidados, toda la capacidad residencial vacante se ha considerado como de vivienda libre.
  5. En la columna quinta se introduce el dato del número total de viviendas posibilitadas (existentes más previstas) en el planeamiento urbanístico para cada área.
  6. En la columna sexta se señala la densidad de viviendas, medida en número de viviendas por hectárea bruta, de cada uno de los ámbitos de planeamiento. Con este ratio se pretende ofrecer un primer indicador apto para determinar la caracterización tipológica de cada área.
  7. Por último se señala el número de licencias concedidas para la ejecución de viviendas dentro del municipio (el cómputo se da en número de viviendas).

Todas estas determinaciones se estructuran por líneas, una para cada área urbanística y se ordenan según la clase de suelo. Primero se ordenan las áreas correspondientes a suelo urbano, segundo al suelo urbanizable y finalmente se incluye la información de los núcleos rurales, a lo que se añade en muchos casos estimativamente las viviendas existentes de forma dispersa en el suelo no urbanizable. A medida que se va desarrollando la ficha se disponen unos datos resumen que reflejan los subtotales según clase de suelo, aportándose como sumatorio total final el correspondiente a todo el suelo residencial.

#### **Datos de ámbitos con calificación de Actividades Económicas**

- Nombre de cada ámbito del planeamiento.
- Superficie bruta en hectáreas.
- Superficie ocupada (por la edificación o utilizada para el desarrollo funcional de las actividades productivas).
- Superficie vacante.
- Número de licencias de obras concedidas a lo largo del año pasado. Dado el dato en hectáreas.

1. En las columnas primera y segunda se recoge el nombre de las áreas que presentan la calificación de áreas industriales o terciarias, además de los Sistemas Generales con actividad económica (puertos y

aeropuertos) con su superficie en hectáreas.

2. En la columna tercera se considera como suelo funcionalmente ocupado el correspondiente a las edificaciones más el suelo libre que se utiliza para el desarrollo funcional de las actividades productivas (áreas de aparcamiento, parcelas libres de edificación ocupadas por materias almacenadas). El criterio de cuantificación empleado es el de evaluar el suelo bruto ocupado por la edificación o la constatación visual de la estimación del nivel de utilización del suelo.
3. Finalmente en la columna cuarta se recoge la superficie vacante.
4. Por último, se señala la superficie de ámbito sobre la que se ha dado licencia a lo largo del año transcurrido, (el dato se ofrece en Ha).

#### **Datos de áreas con calificación de Sistema General de Equipamientos y Espacios Libres, Infraestructuras de Transportes y Comunicaciones (Viario, Puertos, Aeropuertos, Ferrocarril y TAV (Tren de Alta Velocidad), Infraestructuras Básicas,**

UDALPLAN proporciona la superficie en hectáreas de todas las áreas del municipio con las diferentes calificaciones de Sistema General. Además del Sistema General de Transportes y Comunicaciones previsto en el planeamiento y sin un traslado a datos superficiales, se ha recogido en la documentación gráfica la traza de la línea del Tren de Alta Velocidad, según definición del Plan Territorial Sectorial de la Red Ferroviaria de la CAPV.

#### **Datos de ámbitos con uso de Especial Protección, Mejora Ambiental, Forestal, Agro-ganadero y Campiña, Pasto Montano, Sin Vocación de Uso Definido, de Protección de Aguas Superficiales y de Actividades Extractivas en Suelo No Urbanizable.**

La categorización que sigue UDALPLAN es la de las categorías definidas en las Directrices de Ordenación Territorial, proporcionando la superficie en hectáreas del suelo calificado en cada una de las categorías.

#### **B) Cuadros resumen**

Por último, toda la información anterior se agrupa en una serie de cuadros resumen por municipios, áreas funcionales y provincias o territorios

históricos, o comunidad autónoma. En los tres casos, los cuadros resumen se refieren al suelo residencial, al suelo de actividades económicas, a los sistemas generales y al suelo no urbanizable. Por último un cuadro resumen general refunde todos los datos anteriores.

En definitiva la provisión pormenorizada de todos los datos posibilita la agrupación y la obtención de una amplia gama de información, desde la superficie de suelo de la CAPV con cada una de las calificaciones, a la capacidad residencial o del suelo industrial de la CAPV, el número de viviendas previsto en el planeamiento urbanístico, con el desglose de las viviendas libres o de protección oficial, o también el número de licencias de viviendas concedidas en el año transcurrido, o la superficie de suelo de la CAPV de especial protección, o forestal, etc. Es decir se aporta una amplia gama de información de utilización variada por la ciudadanía.

## 2.2. Formatos disponibles

Con el objetivo de llegar al mayor número de usuarios, UDALPLAN se edita en varios formatos:

- **Libro** que recoge los datos alfanuméricos estructurados en fichas municipales (ver FIG. 2, caso del municipio de Aizarnazabal), cuadros resumen por Municipio, Área Funcional y Territorio Histórico y planos de las tres capitales (FIG. 3, área metropolitana de Bilbao).
- **DVD** que integra una aplicación GIS que permite la consulta, visualización, análisis e impresión de la toda la información gráfica y alfanumérica (FIGS. 4, 5 y 6)
- **Aplicación Web** que desde Internet permite la consulta, visualización, análisis e impresión de la toda la información gráfica y alfanumérica, en modo de mapa continuo (FIG. 7).

## 2.3. Funcionalidad

UDALPLAN (en su versión DVD y Web) ha sido diseñado para que su manejo resulte intuitivo, fácil y sencillo. En el desarrollo informático se ha priorizado el satisfacer las necesidades de los usuarios, frente a una mayor funcionalidad que podría aportar complejidad en el manejo y explotación de UDALPLAN. Por tanto la funcionalidad desarrollada está basada en la filosofía por la cual la eficacia del Sistema es proporcional a los beneficios que aporte a sus usuarios.

Además de las herramientas de navegación y consulta interactiva de información a través del mapa, existen tres pestañas o áreas:

- **Área de Consulta:** Permite al usuario elegir entre la consulta de Datos Generales y Datos pormenorizados por ámbito urbanístico, así como la posibilidad de realizar un zoom a un municipio seleccionado.
- **Área de Selección:** Muestra el resultado de la consulta realizada sobre el mapa.
- **Área de Leyenda:** Muestra las capas cargadas y su simbolización, y permite la gestión de la visualización de las mismas (visible / no visible).

Debido a la amplia información alfanumérica que debe mostrar, se ha realizado un diseño específico para facilitar tal fin. De tal forma que es posible acceder a información del Inventario de Planeamiento Urbanístico del País Vasco - Inventario y la correspondencia entre la Calificación del Suelo No Urbanizable del Planeamiento Municipal y las Categorías de la Directrices de Ordenación del Territorio.

Otra de las herramientas es el buscador avanzado que permite realizar búsquedas en toda la base de datos urbanística del UDALPLAN, eligiendo aquellos ámbitos que cumplan ciertos criterios de interés.

Una vez obtenido el filtrado de la base de datos el usuario puede consultar la información alfanumérica completa del ámbito urbanístico y realizar un zoom hasta su localización (FIG. 6).

## 2.4. Características tecnológicas

La tecnología base sobre el que se han ido desarrollando las sucesivas publicaciones del UDALPLAN (tanto en DVD como Web) ha ido acorde con la evolución de la tecnología y los diferentes formatos de almacenamiento de información GIS.

### 2.4.1. Tecnología DVD

En la primera versión del DVD (CD-ROM) de 1.996 la tecnología de desarrollo estaba basada en tecnología ESRI. El software base era el ArcView Data Publisher, software de la casa ESRI destinado a la publicación en CD-ROM de aplicaciones y geodatos. El lenguaje de programación era el lenguaje propietario Avenue y la información GIS estaba almacenada en coberturas de ArcInfo. Posteriormente se desarrolló la actual aplicación DVD que



FIG. 3/ Plano del área funcional de Bilbao Metropolitano

Fuente: Gobierno Vasco. Dirección de Ordenación del Territorio (2009)

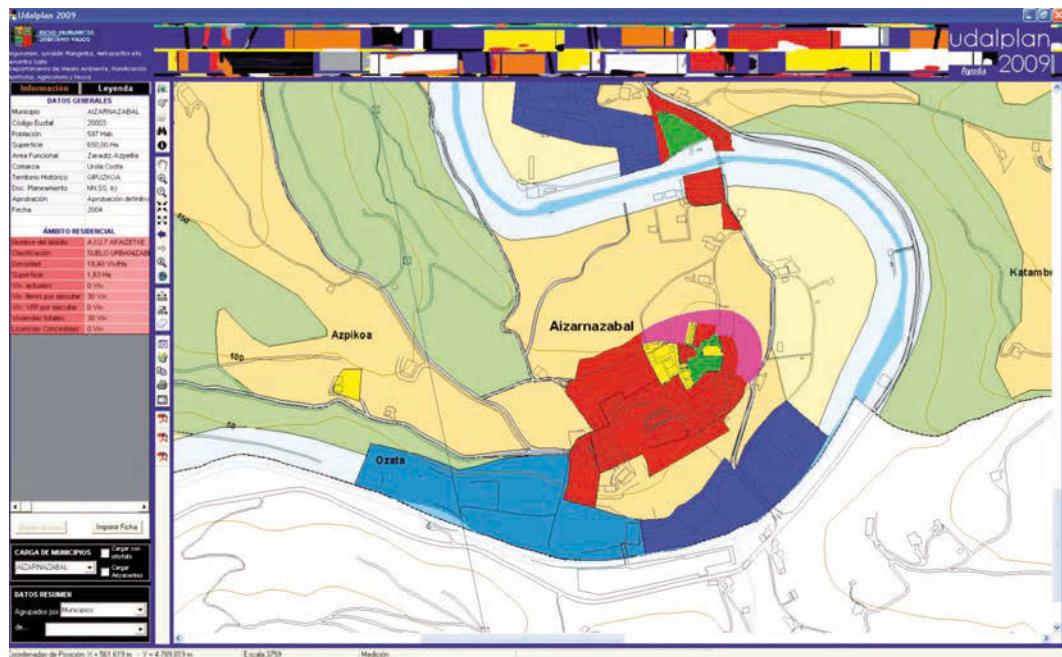


FIG. 4/ Aplicación DVD ampliando el núcleo urbano del municipio (Aizarnazabal) y con la información relativa al ámbito seleccionado

Fuente: Gobierno Vasco. Dirección de Ordenación del Territorio (2009)

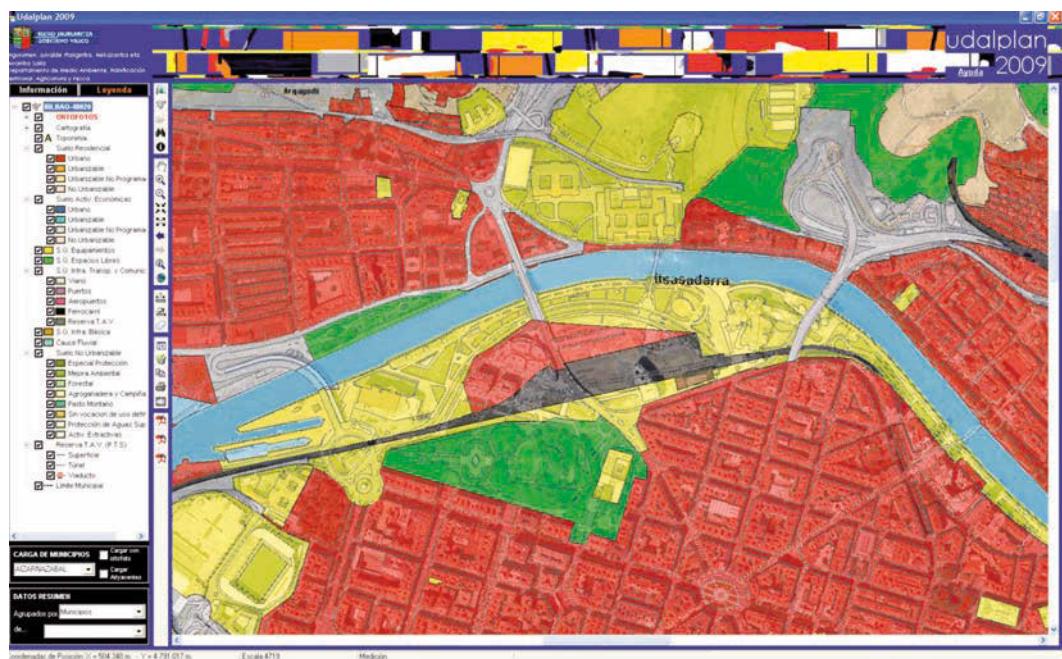


FIG. 5/ Aplicación DVD con una parte del centro urbano de Bilbao y la superposición de la ortofoto

Fuente: Gobierno Vasco. Dirección de Ordenación del Territorio (2009)

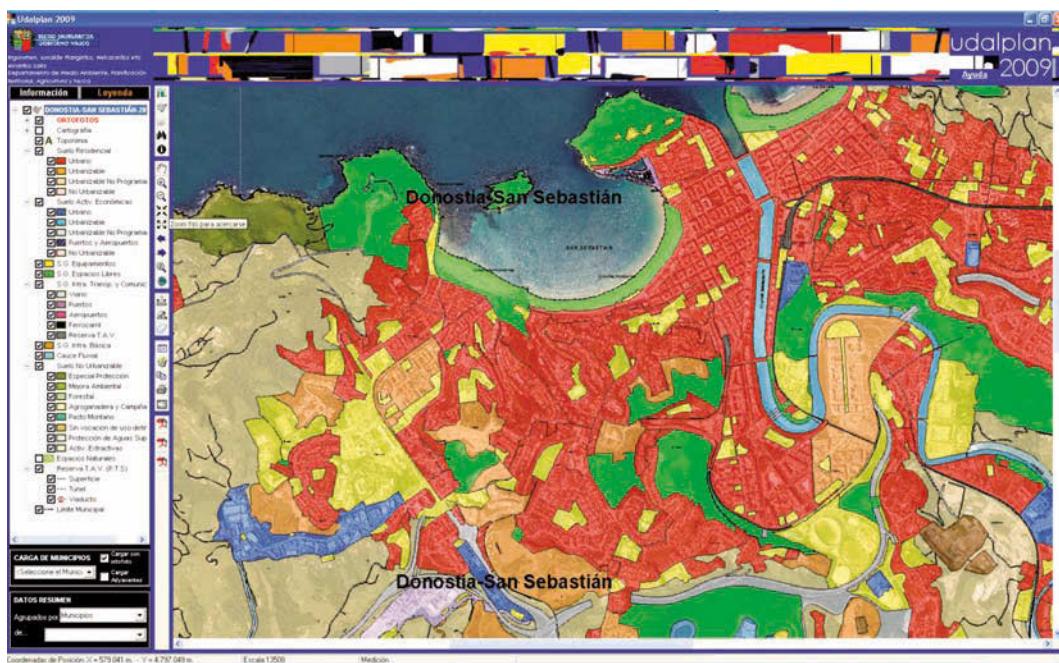


FIG. 6/ Aplicación DVD visualizando Donostia-San Sebastián

Fuente: Gobierno Vasco. Dirección de Ordenación del Territorio (2009)

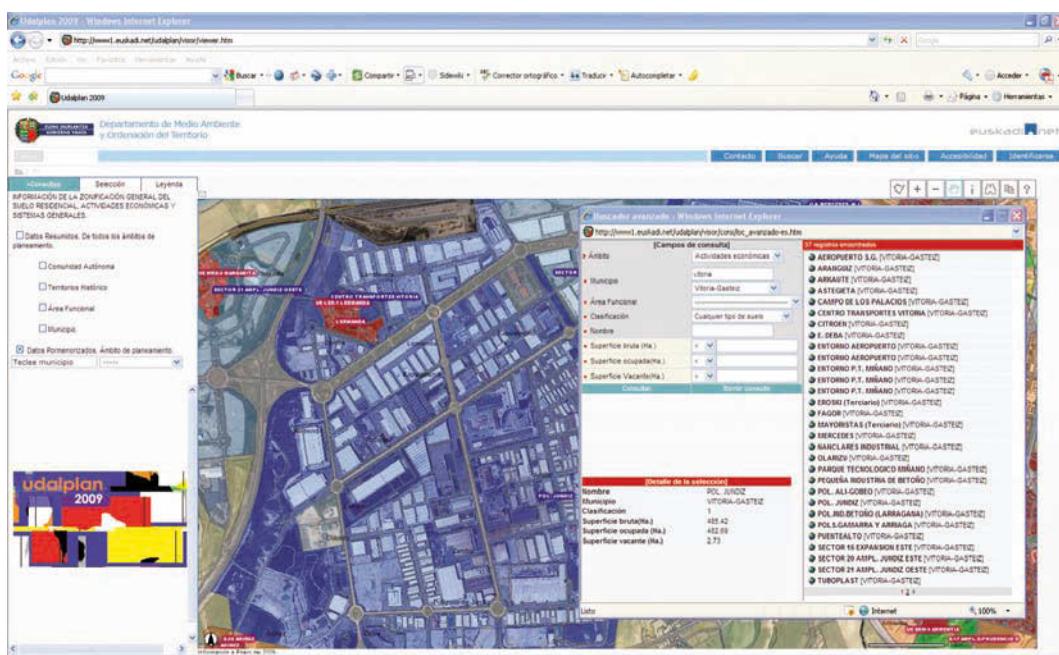


FIG. 7/ Aplicación web localizando mediante el buscador avanzado el polígono industrial de Jundiz en Vitoria Gasteiz

Fuente: Gobierno Vasco. Dirección de Ordenación del Territorio (2009)

utiliza el componente OCX MapObjects LT de ESRI, está programada en Visual Basic 6.0. y almacena la información GIS formato shapefile.

#### **2.4.2. *Tecnología WEB***

La primera versión de la aplicación Web fue desarrollada en el año 2003 sobre tecnología de Intergraph. El servidor de mapas Web era Geomedia Web Map, los lenguajes de programación sobre los que se desarrolló fueron HTML, Javascript y ASP, y la información GIS estaba almacenada en GeoDataWareHouse de Geomedia. Posteriormente se migró a tecnología de ESRI, diseñándose la actual aplicación Web que publica los mapas a través del Servidor de Mapas ArcIMS. Los geodatos se incorporaron al repositorio del GIS Corporativo del Gobierno Vasco, en un entorno de ArcSDE soportado en Oracle. Además se desplegó un Servicio Web de ArcIMS que permite la consulta del UDALPLAN a través de diferentes software.

### **3. Conclusiones y retos de futuro**

#### **3.1. Nuevas herramientas al servicio de las nuevas escalas de intervención en el territorio**

El proceso de crecimiento urbano dado en la Comunidad Autónoma en la segunda mitad del siglo pasado, con un crecimiento que no había tenido precedentes ha provocado la irrupción de las diferentes escalas territoriales de intervención con la Ordenación del Territorio. La intervención a diferentes escalas conlleva implícitamente la acción desde los diferentes escalones administrativos (municipal, foral, autonómico, estatal o europeo). Toda esta complejización de la acción administrativa precisa de herramientas adecuadas que permitan lecturas territoriales, desglosadas o anexadas a todos los niveles. En esta medida los GIS y en concreto UDALPLAN despliega toda su capacidad de mostrar la situación territorial y la acción del hombre a través del planeamiento municipal.

#### **3.2. Nuevas preocupaciones territoriales**

La enorme capacidad técnica de la ciencia y en definitiva del hombre para generar cambios territoriales y en muchos casos su carácter irreversible ha hecho surgir nuevas

preocupaciones territoriales globales. El cambio climático es quizás el traslado global más claro de la acción del hombre. En ese cambio climático genera mucha inquietud el proceso de artificialización urbana como proceso que implica una destrucción de recursos naturales y como proceso que precisa ser ponderado y frenado.

La consideración del suelo como un bien escaso y su necesaria administración conlleva como prioridad el disponer de herramientas que permitan conocer su magnitud; las estrategias de regeneración, rehabilitación o renovación frente a los nuevos desarrollos más allá de lugares comunes precisan de un desarrollo adecuado. La contaminación generada por la acción del hombre, la contaminación de los suelos, la contaminación de nuestros ríos, la destrucción de nuestros recursos precisa de herramientas de cuantificación. La cuantificación de los fenómenos y su necesario seguimiento son los primeros pasos precisos. Los GIS en general y UDALPLAN en particular se ofrece como herramienta de acercamiento a la cuestión.

#### **3.3. Los indicadores como cuantificación de las buenas prácticas**

La acción del hombre precisa ser cuantificada más allá de las aproximaciones subjetivas. En los últimos años han surgido en diversas literaturas y prácticas administrativas la necesidad de dotarse de indicadores territoriales que ayuden a su objetivación, no sólo como actuación de reparación sino como actuación de buena práctica. Los ejercicios de reparación son precisos pero cada vez se observa más actuar en clave preventiva y en clave de actuación objetivable correcta. Los ejercicios de redensificación, de excelencia energética precisan de cuantificación. Esto va a exigir avanzar y sofisticar los Sistemas de Información Geográfica sobre el territorio.

#### **3.4. La homogeneización como condición imprescindible para la globalización a escalas más amplias**

Es preciso considerar los SIG sobre la base de unos mínimos comunes que permitan encuadrar la información en ámbitos más amplios. La escala de la Comunidad Autónoma es pre-

ciso encuadrarla en la escala estatal, y ésta en la escala europea. En este sentido se pretende abordar en futuras ediciones del UDALPLAN la sustitución de la actual base cartográfica por la Base Topográfica Armonizada Ampliada (escala 1:5.000) del Gobierno Vasco, que al estar impulsada por la Comisión de Normas del Consejo Superior Geográfico del Ministerio de Fomento permitirá encuadrar la base cartográfica a nivel estatal.

### 3.5. La mejora continua del producto

La aparición de nuevas legislaciones obliga a repasar las informaciones y presentarlas en los formatos legalmente definidos. La aprobación de la Ley 2/2006, de 20 de junio, de suelo y urbanismo, y la consideración en ésta de los conceptos de suelo urbano consolidado o no consolidado, o los concepto de edificabilidad van a obligar a incorporar tales conceptos a UDALPLAN.

### 3.6. Retos tecnológicos

Desde el punto de vista tecnológico se están realizando los trabajos necesarios para cumplir con la directiva europea INSPIRE<sup>2</sup>, la cual tiene como objetivo la creación de una infraestructura de Datos Espaciales en Europa. La Directiva establece los objetivos, y los Estados miembros disponen de dos años

desde su publicación para ajustar sus respectivas legislaciones y procedimientos administrativos nacionales. Ha sido desarrollada en colaboración con Estados miembros y países en proceso de adhesión con el propósito de hacer disponible información geográfica relevante, concertada y de calidad, de forma que se permita la formulación, implementación, monitorización y evaluación de las políticas de impacto o de dimensión territorial de la Unión Europea. Esta directiva basa la calidad de los servicios prestados por la administración en materia de información geográfica en la utilización de las normas ISO y los estándares OGS (Open Geospatial Consortium)<sup>3</sup>.

A este respecto, está planificada la migración del software base de la aplicación Web, desde el actual ArcIMS 9.1 a ArcGIS Server 9.3.1, dentro de esta migración están contempladas mejoras funcionales así como otros aspectos relacionados con la mejora de la usabilidad, navegabilidad y accesibilidad: se pretende que en las sucesivas ediciones de UDALPLAN estén operativos servicios basados en estándares OGC como WMS y WFS.

En definitiva y como conclusión última UDALPLAN se ofrece como herramienta de aproximación territorial aportando un servicio necesario y preciso en el marco de una intervención sobre el territorio del momento presente, y adecuado a las preocupaciones y retos de nuestra sociedad.

## 8. Bibliografía

- GOBIERNO VASCO. DEPARTAMENTO DE URBANISMO, VIVIENDA Y MEDIO AMBIENTE (ed.) (1994): *Lurralde datutegia: E.H.A.E.-ko biztegi-lurzorua eta iharduera ekonomikoetarakoa = Banco de datos territoriales: suelo residencial y de actividades económicas de la C.A.P.V.* Vitoria-Gasteiz
- (1997): *Lurralde datutegia: E.H.A.E.-ko biztegi-lurzorua eta iharduera ekonomikoetarakoa = Banco de datos territoriales: suelo residencial y de actividades económicas de la C.A.P.V.* Vitoria-Gasteiz
- GOBIERNO VASCO. DIRECCIÓN DE ORDENACIÓN DEL TERRITORIO (1999): *UDALPLAN'99 Lurralde Datutegia eaeko Biztegi-Lurzorua eta iharduera Ekonomikoetarakoa = UDALPLAN'99 Banco de datos territoriales. Suelo Residencial y de Actividades Económicas de la CAPV.* Vitoria-Gasteiz
- (2003): *UDALPLAN 2003 Lurralde Datutegia eaeko Biztegi-Lurzorua eta iharduera Ekonomikoetarakoa = UDALPLAN 2003 Banco de datos territoriales. Suelo Residencial y de Actividades Económicas de la CAPV.* Vitoria-Gasteiz.
- (2004): *UDALPLAN 2004: Geografia informazioko sistema eta lurralde datutegia Eaeko Biztegi eta jarduera Ekonomikoetarako Lurzorua = Sistema de Información Geográfica y banco de datos territoriales: Suelo residencial y de actividades económicas de la CAPV.* Vitoria-Gasteiz.
- (2005): *UDALPLAN 2005: Geografia informazioko sistema eta lurralde datutegia Eaeko Biztegi eta jarduera Ekonomikoetarako Lurzorua = Sistema de Información Geográfica y banco de datos territoriales: Suelo residencial y de actividades económicas de la CAPV.* Vitoria-Gasteiz.

<sup>2</sup> INSPIRE, <http://inspire.jrc.ec.europa.eu/>

<sup>3</sup> Open Geoespacial Consortium (OGC): <http://www.opengeospatial.org>

- (2006): *UDALPLAN 2006: Geografía informazioko sistema eta lurralte datutegia Eaeko Bizitegi eta jarduera Ekonimkoetarako Lurzorua = Sistema de Información Geográfica y banco de datos territoriales: Suelo residencial y de actividades económicas de la CAPV*. Vitoria-Gasteiz.
- (2007): *UDALPLAN 2007: Geografía informazioko sistema eta lurralte datutegia Eaeko Bizitegi eta jarduera Ekonimkoetarako Lurzorua = Sistema de Información Geográfica y banco de datos territoriales: Suelo residencial y de actividades económicas de la CAPV*. Vitoria-Gasteiz.
- (2008): *UDALPLAN 2008: Geografía informazioko sistema eta lurralte datutegia Eaeko Bizitegi eta jarduera Ekonimkoetarako Lurzorua = Sistema de Información Geográfica y banco de datos territoriales: Suelo residencial y de actividades económicas de la CAPV*. Vitoria-Gasteiz.
- (2009): *UDALPLAN 2009: Geografía informazioko sistema eta lurralte datutegia Eaeko Bizitegi eta jarduera Ekonimkoetarako Lurzorua = Sistema de Información Geográfica y banco de datos territoriales: Suelo residencial y de actividades económicas de la CAPV*. Vitoria-Gasteiz.
- GOBIERNO VASCO. DEPARTAMENTO DE URBANISMO, VIVIENDA Y MEDIO AMBIENTE (ed.) (2010): *Inventario 2010: EAEko udalerrien hirigintzako plangintza osoaren inventarioa = Inventario de planeamiento urbanístico integral de los municipios de la CAPV*. Vitoria-Gasteiz.

# Abstracts

Versión inglesa por John POWNALL

## As to Geographic Information Technology's Applications to Town and Country Planning: Old Challenges and Fresh Ways of Meeting them

J. GUTIÉRREZ PUEBLA

The paper examines recent change in the access to and uses made of technologies that could feed Town and Country Planning endeavour. Analysis is made of accessing geographic information over internet systems (geo-visual scanners and special data banks) and the importance of being able to do so when planning (freeing up access to data and a greater scope for public participation). The author likewise offers some examples of the promise of Geographic Information Technology for Town and Country Planning and gives special attention to the putting into practice of multi-criteria methodologies and the usefulness of these in aptitude and impact studies, facilities and services accessing and, last but not least, the following up on and simulation of spatial *cum-temporal* urban processes.

## Geo-visualization: Space, Time and Territory

J. OJEDA ZUJAR

This paper attempts to show the great changes in natural and urban environment geo-visualization that have taken place over recent decades. It emphasizes the role of 3D geo-visualization as applied to every territorial and environmental discipline, where 3D displays and then the addition of the temporal dimension (4D) have provided new windows for visualization, up to and including real time products. Increasing overall digital geo-data production, access to the Digital Elevation Model along with the contributions made by new sensors (remote sensing, Lidar, GPS, etc), the new possibilities offered by 3D software (GIS, CAD, etc) and the way in which web-based 3D viewer has become popular (virtual globes and cities), all these have offered new opportunities for the technical trained as well as for scientists and even the citizen in the street, we are told. Further to the afore-mentioned, the author sees easy access to multi-temporal geo-data (especially via OGC interoperable services and NSDI), the worldwide installation of fixed or satellite-based sensors for geo-data monitoring, as well as the new data obtained from the citizens through internet (web 2.0) as offering new opportunities and applications when it comes to studying natural and urban issues grounded upon multi-temporal and real time data.

## Abstracts

### **Optimal location models as tools for an urban and territorial planning of facilities**

A. MORENO JIMÉNEZ & J. BOSQUE SENDRA

Facilities optimal location models and their applicability to spatial planning here come under review to thus foster their use. The principle models at present to hand, optimization objectives, and available computing techniques and software are described. Finally, the applications of all these to the requirements of education, health, emergencies, non-desirable facility calculations, other like fields are set forth.

### **On-going Urban Prospective Growth Simulation Instruments**

F. AGUILERA BENAVENTE & M. GÓMEZ DELGADO & C.C CANTERGIANI

This paper argues for urban growth simulation models as useful tools in the planning process as they offer a prospective simulation of future scenarios. The paper thus explores the different models already available and their suitability for the urban growth simulations, focusing on Cellular Automata and Agent Based Models for explorative simulations and the Multi-Criteria Evaluation methods for normative simulations.

### **On the Detecting of Clusters and other Regional and Urban Structuring Elements by a Use of Spatial Econometric Techniques**

C. CHASCO YRIGOYEN

The author grounds his contribution on the fact that throughout the twentieth century cities all around the world underwent dramatic changes as to their urban landscape. For this reason, a significant portion of the modern geographical literature has been devoted to examine the degree of spatial concentration of urban population and employment in order to underscore regularities in urban structure. The focus on these regularities or “patterns” highlights the significance of location and distance, two central concepts in spatial data analysis. This interest has generated an increasing demand for methods, techniques and tools that allow for an explicit treatment of space in its empirical applications. In fact, the spatial patterns of economic clustering and urban forms can be uncovered and made visible by Exploratory Spatial Data Analysis (ESDA) and Geographical Information Systems (GIS), which are powerful instruments particularly designed to analyze spatially geo-referenced data. This paper aims at highlighting the main ESDA methods that are used to explore and depict geographic agglomerations of population and economic activity as within regional and urban areas. The paper concentrates upon those ESDA instruments used in spatial econometrics that allow for the finding of otherwise hidden spatial trends, clusters, outliers and diffusion processes in databases as these offer a greater and better understanding of the phenomena processed and/or predictive image of observed human behaviour.

## Geographical Information Systems and how these are to be Applied to Environmental Assessment as to Transport Infrastructure Planning

R. M. ARCE RUIZ & E. ORTEGA PÉREZ & ISABEL OTERO PASTOR

This article gives an overview of how to integrate environmental considerations into decision making on transport infrastructure in Spain and the role of Geographic Information Systems in this process. It opens with a short description of the Environmental Impact Assessment process (EIA) in Spain underlining while doing so the law as to environmental impact, project typology and deadline considerations in that country. It further abounds in the role of environmental assessment in the planning process by a brief description also of Strategic Environmental Assessment (SEA), as a tool for environmental assessment in early stages of decision making.

The capacity of Geographic Information Systems (GIS) as a tool for analysis of land information as well as its usefulness as a tool for environmental impact assessment is urged. The planning stages of infrastructure are analyzed and the usefulness of GIS discussed, starting in EAE and on up to EIA. Today GIS is used at all stages of the preparation of environmental assessment, thanks to its capacities for spatial data integration.

## Application of Geographic Information System to the Study of Natural Hazards: Related to Glacial Retreat and Rockfalls

N. ANDRÉS & L. M. TANARRO & D. PALACIOS

Geographic Information Systems (GIS) have become an essential tool in studies dealing with natural hazard prevention. The use of GIS covers all the phases of analysis, from the acquirement, integration and treatment of information to the conversion of such information into specific knowledge about hazards affecting a territory and its vulnerability to natural disasters. Today, GIS are essential tools in the development of thematic maps that represent the hazards and vulnerability of a specific territory. A proper risk assessment depends on the quality of hazard maps, including maps of potential hazards based on numerical simulations, as well as geochronology maps based on the study of recurrence periods. This paper presents two examples in which the use of GIS in the initial stage of a risk study facilitates obtaining information suitable for the implementation of hazard maps. The two case studies demonstrate how GIS can be integrated in a research dealing with the prevention of natural hazards, in perfect harmony with other techniques such as field or conventional photo-interpretation. They also show that GIS are of great value in the communication of results to the organizations responsible for decision making.

## Abstracts

### Progress in Tele-detection: Instruments and their Applying

M. P. MARTÍN ISABEL & M. GARCÍA ALONSO & F. J. MARTÍNEZ VEGA

The author points up the great strides made of late in the world of Applied Geographical Technology (TIG) thanks to the developing of novel information sources and modes of analysis such as tele-detection. This latter is seen as offering a unique way of analysing events and processes that occur within Territory. Spatial tele-detection is seen as being endowed with a whole series of advantages when compared with alternative methods of observing the Earth and to offer amongst much else the possibility of observing its surface as a whole, an ability to reveal information in regions hidden from the spectrum this and its capacity to give information at varying scales and at distinct temporal frequencies.. The article goes over the evolution and future tendencies of the major missions of tele-detection and analyses the nature of new instruments of information gathering and their applications, highlighting here the progress made in hyper-spectral tele-detection and LiDAR. A summary of the most recent applications that best point up tele-detection's operative effectiveness as a tool for territorial managing at its varying levels is also included.

### A Brief Outline of National and Autonomic Regional Systems

M. D. AGUADO FERNÁNDEZ

For the author, SIG's are the child of a call in the Eighties of the last century for cartography to serve a series of public policy demands. They were designed to organize special geo-referenced data. They allowed for the user to set up interfaces, analyze spatial information, edit data and maps and communicate the outcome of such activities. Broadly speaking a distinction could be made between those for use by specialized users such as the Automatic Hydrological Information System or those intended more for another sort of access seeker and mainly for the citizen at large and here a case in point would be the SIG Catastral (National Land Survey). Autonomous Regional Governments have also set up their own Planning Information Diffusion (SIU) sites but, alas, not according to any common criterion and thus denying the user any overall view of the country as a whole. SIU was thus brought into being to offer a public and universal National SIG covering information on both Town and Country issues.

## An Urban Information System

E. LÓPEZ ROMERO & M. BAIGET LLOMPART & M. I. MADURGA CHORNÉT

The paper describes the purpose behind, the structure and contents of the Urban Information System (SIU) of the Spanish Housing Ministry this along with the technological groundings of the same. The reason for its existence are here given as being a wish to promote the greatest clarity as to all things appertaining to questions of land and the city in Spain, this by means of a co-ordinating and making complimentary at all levels of public administration of material having to do with such matters, the resulting information being then made compatible with all other information systems. This sought after clarity is to be achieved by offering such contrastable yet homogeneous information as to urban structuring as will make it possible for all to achieve an overall understanding of Spain's cities and Territory and likewise of their growth and transformation possibilities. Co-ordination and Complimentariness for all administrating levels is to be achieved thanks to the good agencies of SIU's working group providing a common ground for promoting technology and subjects for debate tailored to the needs of each circumstance and Autonomous Region, the whole activity being underwritten by Collaboration Agreements as to SIU. Compatibility with other systems is to be achieved by using standard common technologies in keeping with the spirit of the INSPIRE European directive but specially reinforced ones in the city planning sphere so as to cover their transposition to Spanish legal practice. The ultimate aim of all the foregoing is that SIU might become a genuinely valuable infrastructure for all things having to do with city referring urban data.

## The National Geographic Survey's Electronic H.Q

I. DURÁN Boo

The author sees Land Surveys as having been a mainstay for the understanding of Territory throughout History and almost everywhere. This attention to the fact, be it for its strictly geographic or then again for its legal connotations, has ever justified the existence as part of government of such surveying as a system within its own terms grounded, at the last call, upon the land lot proper. The present day Electronic H.Q. of the 'Catastro' (Spanish Ordinance Survey) offers a technological platform upon which thousands interact each day. Serving thus it satisfies what was required of it by Law 11/2007 as a tool for the electronic administering of the Survey while at the same time being a window for accessing and giving further use to its data base on the part of the citizen and business.

## Abstracts

### **Sigpac. Science Makes Amazing Headway**

F. MONTERO LABERTI

The Spanish System for Identifying Agricultural Lots (SIGPAC) provides the grounds for the concession of subsidies according to surface space used by the Common Agricultural Policy when making its grants to the sector. The author sets the number of applications for this aid at some 900,000 at present and the monies handed over using SIGPAC's data bases as the main reference when doing so at around 5,000 million Euros.

The author sees SIGPAC as very much the star turn in the gamut of novel technological devices that the Spanish Administration has employed of late.

The benefits of such technology are seen however not to be limited to this sector but to take in a whole range of activities be these professional, administrative, academic or simply leisure based for by accessing websites such as FEGA or MARM the entire offer of the National Territory as a whole can not only be explained but seen and this easily and for free.

The paper in itself offers the reader the groundings of SIGPAC from its setting up, workings and on going perfecting. The text itself and supporting data offers a summarized explanation of the supporting under pinning of the system, its organizing structuring and daily workings.

### **Strategies to Implement ITC on Land Use Planning: the Experience in Castilla-Leon**

A. GONZÁLEZ MONSALVE

The Article aims to give a picture of the current state of the adoption of information technology for urban planning from the perspective of the experience in this of an autonomous region, namely Castilla y León.

It is here felt that advances over recent years in the implementation of information technologies in urban design have been amazing, but that much remains yet to be done and many challenges are yet to be overcome. This notwithstanding, it is felt that there is now no going back there and that the path that information and urban management have been following can only lead to an overall bettering of things.

### **Extremadura Spatial and Urban Planning Tools**

F. CEBALLOS-ZÚÑIGA RODRÍGUEZ

The purpose of this article is to offer for consideration the work carried out by the Regional Government of Extremadura designed to systematize the urban and territorial planning contents drafted in its territory and also the tools used to do so, this to the end of thus achieving its dissemination throughout the web (<http://sitex.juntaex.es>) and especially on the SDI of Extremadura ([www.ideex.es](http://www.ideex.es)).

## Computer Basing Town and Country Planning in the Canary Islands

M. BLANCO BAUTISTA & J. M. BARBERO FRANCISCO

Abstract. The article describes the planning information system within the Canary Islands Overall Territorial Planning System (SITCAN). It considers work done on Normalizing and Systemizing Planning, Production, Quality Control, and Up-Dating the Planning Data Base, the ways that its use can be optimized and the making best available of the results obtained from it. A description is offered of work done using the same over recent years as to territorial planning and from this how the future for this can be projected.

## UDAPLAN. Geographical Information Systems at the Service of Basque Territorial Planning.

J. M. ERQUICIA OLACIREGUI & E. IBÁÑEZ PÉREZ DE ARENAZA & Á. ARROYO DÍAZ

The Geographical information System in use in the Basque Country (CAPV) for territorial planning support is known as UDAPLAN, we are told. Each year it is fed by on going planning decisions from each of the Autonomic Region's townships along with all overall Organic and General Structuring decisions and such as affect land use qualifying. It also boasts an alpha-numeric component that indicates just how much of what has been settled to be done has been accomplished in each and all of the area covered by the system. The data base also offers a series of graphic digests giving information as to Areas of Endeavour, Historical Provinces and Territory and the Autonomous Region as such. UDAPLAN is on offer in print, DVD or as a website. The DVD at present in use uses OCX MapObjects Lt of ESRI and is programmed in Visual Basic 6.0 and stores GIS information on a shapefile format. The website is likewise based on ESRI technology and maps on an ArcIMS server. Besides the foregoing, we are also told that work is underway to meet the calls of the European INSPIRE directive. UDAPLAN is thus seen here as a tool for understanding the territory it covers and as offering a service as precise as it is needful in an up to the minute manner that can only satisfy the calls and challenges that our society must make upon it.

# 40 años de CIUDAD Y TERRITORIO ESTUDIOS TERRITORIALES CyTET

Edición digital:  
Formato DVD.

PVP: 36,00€ (IVA incluido)  
ISBN: 9788496387520



Volcada en investigaciones, estudios, proyectos y realizaciones, la revista **CIUDAD Y TERRITORIO** Estudios Territoriales tras 40 años de informar y ser palestra de debates, lanza un DVD interactivo con el contenido de estos años, reafirmándose como uno de los vehículos de expresión de los más cualificados y prestigiados nacional e internacionalmente.

Revista trimestral especializada, dentro del amplio campo de las Ciencias Sociales, en el ámbito específicamente investigado por las disciplinas del Espacio Territorial.

Recoge los trabajos publicados de selectos profesionales e investigadores, urbanistas, geógrafos regionales y urbanos, ecólogos, economistas, sociólogos, juristas, arquitectos, ingenieros e historiadores. Todos ellos han impulsado un más profundo conocimiento de la ciudad y del territorio, los dos objetos de nuestro espacio vital, social e históricamente determinados en: 181 números de la revista, 3.500 artículos y 31.500 páginas.

**Distribución y venta:**

**BOE**  
C/ Trafalgar, 27. Madrid.  
Tlf: 902.365.303 - Fax: 91.538.21.22  
[www.boe.es](http://www.boe.es)  
e-mail: [libreria@boe.es](mailto:libreria@boe.es)

**MAIDHISA, S.L.**  
C/ Berbiquí, 17-19. 28529. Rivas Vaciamadrid  
Tlf: 91.670.21.89 - Fax: 91.301.29.39  
[www.maidhisa.com](http://www.maidhisa.com)  
e-mail: [ismaroto@hotmail.com](mailto:ismaroto@hotmail.com)

**REYDIS LIBROS, Lázaro Pascual, S.L.**  
C/ Hierbabuena, 35, bajo. 28039. Madrid.  
Tlf: 91.311.66.82 - Fax: 91.311.66.67  
[www.reydislibros.es](http://www.reydislibros.es)  
e-mail: [reydis@reydislibros.es](mailto:reydis@reydislibros.es)

## 2010. Lenta recuperación del mercado de vivienda. Mejoran las ventas

J. RODRÍGUEZ LÓPEZ

Doctor en CC. Económicas. Ex presidente del BHE y de Caja Granada. Vocal del Consejo Superior de Estadística del INE y del Consejo Económico y Social de la Comunidad de Madrid

*“Los factores demográficos contribuyeron positivamente a los aumentos de los precios reales de la vivienda en numerosos países en las décadas recientes. Sin embargo, las previsiones demográficas de las Naciones Unidas para los próximos años apuntan hacia sustanciales frenos demográficos, que serán mayores en Europa y Japón. Los precios de los activos globales se enfrentarían así a un descenso de la rentabilidad de un punto anual respecto de lo resultante bajo una demografía neutral”.*

TAKÁTS ELŐD (2010): “Ageing and asset prices”.  
BIS Working Papers, 318, agosto

### 1. Introducción

Apesar del serio contratiempo que pudo suponer la crisis de la deuda en los meses de mayo y junio de 2010, la economía mundial y la de la Unión Europea y la Eurozona han mantenido una tónica de recuperación moderada en la primera mitad de 2010. La economía española creció débilmente en el primer semestre citado, impulsada por las exportaciones y por un comportamiento menos deprimido del consumo de los hogares. En el mercado de vivienda de España, las ventas crecieron por encima del 10% en el primer semestre de 2010, favorecidas por las mejores condiciones de financiación y por las ventajas fiscales que conlleva la compra de una vivienda en propiedad en España en el presente ejercicio. No ha existido una recuperación neta en el mercado en cuestión en el primer semestre de 2010, pero se dan bastantes de las condiciones precisas para provocar una mejoría moderada del mismo.

En los dos apartados siguientes se comenta la evolución de las economías mundial y española.

En el apartado cuarto se analiza la evolución del mercado de vivienda en la primera parte de 2010 en España, en el quinto se comentan los datos más representativos de la financiación a la vivienda y en el apartado sexto se resumen algunos de los cambios más relevantes producidos en el marco de la política de vivienda.

### 2. Evolución económica general

En el primer semestre de 2010 se recuperó el crecimiento de la economía mundial. Dicha recuperación estuvo apoyada en el comportamiento más dinámico de las economías de los países emergentes. En los países desarrollados se sufrieron, hacia los meses de mayo y junio de 2010, las consecuencias de la crisis de la deuda pública, cuyos volúmenes se habían situado en niveles especialmente elevados en 2009. Esta situación de inestabilidad financiera, asociada con las dificultades de colocación de la deuda, tuvo su origen en las actuaciones anticíclicas de los gobiernos encaminadas a reducir las consecuencias depresivas derivadas de la crisis.

Las estimaciones del *National Bureau of Economic Research (NBER)* sobre el alcance de la depresión en Estados Unidos han establecido que la misma se extendió en la economía de dicho país en los dieciocho meses transcurridos entre diciembre de 2007 y junio de 2009. Dicha duración superó a las de las dos crisis precedentes más relevantes, las de 1973-75 y 1981-82, que fue de 16 meses en ambos casos. La duración de la reciente crisis quedó lejos, en todo caso, de los 43 meses correspondientes a la Gran Depresión de los años treinta del pasado siglo. En Estados Unidos la recesión de 2007-09 ha sido intensa, pero no ha resultado extraordinaria en su contexto histórico (WStJ, 2010).

Lo que distingue al periodo de recuperación presente respecto de los correspondientes a las dos crisis precedentes es la relativa debilidad de dicha recuperación. Así, en junio de 2010 el PIB de Estados Unidos estaba todavía por debajo del nivel del cuarto trimestre de 2007. Ello es consecuencia de la desaceleración de la recuperación sufrida en el segundo trimestre de 2010, evolución que parece haberse extendido al tercer trimestre de este año. La debilidad del crecimiento ha mantenido el desempleo en Estados Unidos por encima del 9% de los activos a lo largo de enero-agosto de 2010.

La circunstancia citada afecta a la situación sociopolítica de dicho país. Ello justifica el intento del presidente Obama de poner en marcha un nuevo programa de reactivación, apoyado en las inversiones públicas y en desgravaciones fiscales, a fin de reforzar la demanda interna.

La política monetaria ha mantenido un perfil a todas luces expansivo en Estados Unidos. El comité de Política Monetaria de la Reserva Federal señaló, en su reunión de 21 de septiembre de 2010, que mantendrá los tipos de interés de intervención entre el 0% y el 0,25%, anticipando que la débil coyuntura requerirá de niveles excepcionalmente reducidos de los tipos durante un periodo prolongado de tiempo. Esta actuación se ve favorecida, asimismo, por la debilidad de la inflación en dicha economía. Se anticipan así nuevos procesos de adquisición de volúmenes importantes de bonos, sobre todo de deuda pública, por parte de la Reserva Federal (*quantitative easing*). Esta actuación contribuirá a mantener niveles muy reducidos de los tipos de interés a largo plazo durante periodos prolongados de tiempo.

En Estados Unidos y también en Europa Occidental las aportaciones masivas de liquidez a los bancos por parte de las autoridades mone-

tarias han creado “energía monetaria”, que se ha perdido en gran parte en la “transmisión” a la economía real. Dichas aportaciones no han producido recuperaciones sensibles del ritmo de concesión de nuevos créditos al sector privado, pero han permitido recapitalizar a las entidades de crédito a partir de los beneficios derivados de las aportaciones masivas de liquidez a muy bajo tipo de interés (FT, 2010).

La economía norteamericana puede crecer en 2010-11 por debajo del ritmo previsto del 3,2% (FIG. 1). Ello afectará al alza a la tasa de desempleo y contribuirá a mantener elevado el déficit público, que en 2010 estará próximo al 11% del PIB. Por otra parte, la debilidad del crecimiento ha mantenido moderada la recuperación de los precios de la energía, como lo indica el nivel medio de 77,9 euros por barril alcanzado en el mes de agosto de 2010 por el crudo del mar del Norte, un 4,7% por encima del precio medio correspondiente a diciembre de 2009.

En la Unión Europea y en la Eurozona el crecimiento se ha recuperado en la primera mitad de 2010. De un ritmo de aumento del PIB del 0,3% en el primer trimestre (tasa intertrimestral no anualizada), se ha pasado a crecer a un ritmo del 1% en el segundo trimestre. Las exportaciones industriales, primero, y la demanda interna, después, han sido los motores de dicha recuperación. En dicha recuperación ha desempeñado un papel relevante la devaluación sufrida por el euro frente al dólar. El nivel medio de cotización de agosto de 2010 fue de 1,29 dólares por euro, lo que supuso una devaluación del -11,7% respecto de la cotización de diciembre de 2009 (FIG. 2).

La Comisión de la UE, en su *“Interim Forecast”* de septiembre de 2010, ha previsto un crecimiento del 1,8% en 2010 para el conjunto de la UE y del 1,7% para la Eurozona. Estas previsiones son superiores a las efectuadas por dicho organismo en mayo de 2010. La inflación se ha recuperado algo en 2010, pasando desde el 0,3% de 2009 a una previsión del 1,4% para la eurozona en 2010, en términos de aumento medio anual del índice de precios de consumo.

Las previsiones del Banco Central Europeo (BCE) para la eurozona (FIG. 2 bis) difieren solo ligeramente de las de la Comisión. Según las mismas, el consumo de los hogares crecerá ligeramente y las exportaciones serán el principal motor de la demanda en dicha área económica. El BCE ha mantenido los tipos de intervención en el 1%. Las tensiones monetarias se han reactivado en septiembre de 2010 en la eurozona ante la débil situación de Irlanda.

FIG. 1/ OCDE, USA y Zona Euro. Principales agregados macroeconómicos. Tasas anuales de crecimiento

	2009	2010 (*)	2011 (*)
<b>1. PIB precios constantes</b>			
Estados Unidos	-2,4	3,2	3,2
Zona Euro	-4,1	1,7	1,4
<b>Total OCDE</b>	<b>-3,3</b>	<b>2,7</b>	<b>2,8</b>
<b>2. Inflación, IPC (Aumentos medios anuales)</b>			
Estados Unidos	0,2	1,6	1,0
Zona Euro	0,3	1,6	1,7
<b>3. Desempleo (% Activos)</b>			
Estados Unidos	9,3	9,7	8,9
Zona Euro	9,4	10,1	10,1
<b>4. Balanza P. C Corriente (% PIB)</b>			
Estados Unidos	-2,9	-3,3	-3,4
Zona Euro	-0,6	-0,3	-0,2
<b>5. Comercio Mundial</b>	<b>-11,0</b>	<b>10,6</b>	<b>8,4</b>
<b>6. Saldo AA. Públicas(% PIB)</b>			
Estados Unidos	-11,0	-10,7	-8,9
Zona Euro	-6,3	-7,8	-6,7

(\*) Previsión

Fuente: OCDE, mayo 10, European Commission, Interim Forecast, septiembre 2010

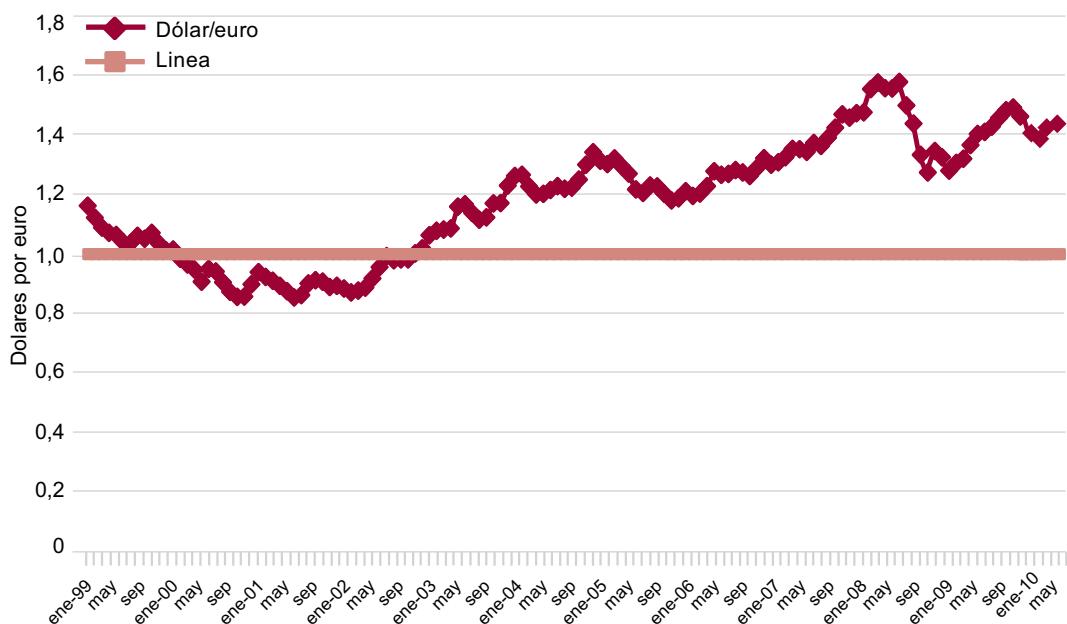


FIG. 2/ Tipo de cambio dólar/euro. Serie mensual 1999-2010

Fuente: BdE

Fig. 2BIS/ Previsiones BCE para la eurozona Tasas medias de crecimiento interanual (\*) Precios constantes. Porcentajes

Magnitudes	2009	2010 (**)	2011 (**)
<b>Índice precios de consumo armonizado</b>	<b>0,3</b>	<b>1,6</b>	<b>1,7</b>
<b>PIB real</b>	<b>-4,0</b>	<b>1,6</b>	<b>1,4</b>
Consumo de los hogares	-1,1	0,2	0,7
Consumo público	2,6	0,8	0,5
Formación bruta de capital fijo	-11,0	-1,5	0,7
Exportaciones	-13,2	8,7	3,2
Importaciones	-11,8	7,0	4,7
Supuestos			
PIB extra eurozona	-0,6	5,1	4,4
Exportaciones extra eurozona	-12,2	10,4	7,1

(\*) Las tasas de variación corresponden al punto medio de los intervalos previstos para 2010 y 2011

(\*\*) Previsiones

Fuente: BCE, Boletín Mensual, septiembre 2010

En este país ha coincidido una caída del crecimiento en el segundo trimestre con una estimación al alza de las necesidades de aportación de recursos públicos a alguno de los bancos privados intervenidos por el gobierno. El diferencial de los tipos de la deuda de los países más deficitarios con los de la deuda alemana ha vuelto a crecer a fines de septiembre de 2010.

La persistencia de unos diferenciales elevados en los tipos de interés de la deuda respecto de la deuda alemana supondrá un sobrecoste para los países afectados y afectará a su potencial de crecimiento. El Ecofin de 7 de septiembre de 2010 estableció la posibilidad de que la Comisión de la UE evalúe los presupuestos anuales de cada estado miembro en la segunda quincena de abril del año precedente al del presupuesto a valorar. Se impone, pues, el "modelo alemán" en lo relativo a las políticas presupuestarias a desarrollar en la UE, lo que es consecuencia de las tensiones sufridas por la eurozona en la crisis de la deuda de mayo de 2010.

### 3. El ajuste se impone en la política económica española

Desde el inicio de la crisis en 2007 la política económica del gobierno de España mantuvo un claro perfil anticíclico, que se prolongó hasta mayo de 2010. A partir de esta fecha la política económica ha presentado un carácter a todas luces estabilizador, orientado sobre todo a la reducción del déficit de las administraciones públicas. El cambio citado en la política económica ha permitido un cierto alivio en la financiación exterior de las administra-

ciones públicas y de las empresas financieras y no financieras.

Desde enero hasta junio de 2010 la eurozona pasó por una situación prolongada de crisis de la deuda pública. Dicha situación se derivó de los riesgos planteados por la importante deuda pública de Grecia, que ocasionó hasta problemas de continuidad de la eurozona, y que exigió la puesta en marcha de un mecanismo de ayuda a dicho país. En mayo de 2010 se creó un fondo de 750.000 millones de euros para hacer frente a otras crisis similares, en este caso en colaboración con el Fondo Monetario Internacional.

La tardanza en materializar las ayudas a Grecia por parte de la eurozona y la rígida posición alemana sobre tal actuación colocaron a dicho país en una posición difícil a efectos de hacer frente a los compromisos de la deuda. Se puso en cuestión todo el armazón institucional de la eurozona, destacando la complicada situación de un conjunto de países periféricos del sur, además de Irlanda, profundamente endeudados y con niveles importantes de déficit público en 2009. Dicha situación contrasta con la de Alemania y de otros países del norte de Europa.

En el caso de España el déficit público agregado superó el 11% en 2009. En un breve periodo de tiempo dicho déficit alcanzó un nivel especialmente elevado dentro de la eurozona. A pesar de su menor nivel relativo de deuda pública (sin embargo, la deuda exterior de España, pública y privada, se aproxima al 170 % del PIB), el Ecofin de la primera semana de mayo de 2010 forzó a España a acelerar el proceso de reducción del déficit previsto en el documento

de estabilidad presupuestaria remitido a la Comisión de la UE en febrero de 2010.

La compleja situación exterior de España se puso de manifiesto en el comportamiento del diferencial de tipos de la deuda española con la deuda alemana. Dicho diferencial se acen-tuó en la primavera de 2010, pasando desde el 0,84% de abril de 2010 al 1,35% en mayo y al 1,93% en julio, en el caso de la deuda a diez años (FIG. 3).

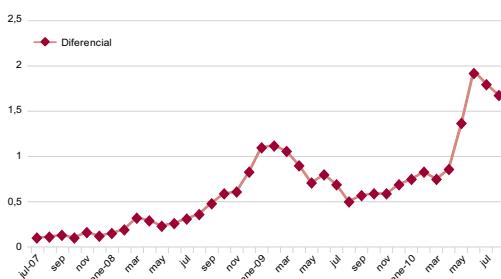


FIG. 3/ Diferencial de los rendimientos de la deuda pública a 10 años, España-Alemania. Serie mensual, 2007-2010

El mayor diferencial sobre la deuda alemana indicó la presencia de una fuerte desconfianza respecto de la deuda "soberana" de España y del rigor de la política económica desarrollada hasta dicho momento. Dicha circunstancia dificultó la colocación de todo tipo de deuda española en los mercados de capitales. Una "tormenta" similar afectó asimismo a la deuda de otros países periféricos de la eurozona (Portugal, Irlanda, Italia, Grecia). Los tipos de interés de la deuda pública española a diez años de 2009-2010 han superado ampliamente a los niveles correspondientes a los tipos de interés de los créditos a comprador de vivienda, mientras que en los tres años precedentes dicha relación era inversa.

La situación de la deuda española cambió después de junio, tras la publicación de los resultados de los denominados *test de stress* bancario, de los que se ha derivado la realidad de una posición sólida de las entidades de crédito de España dentro del contexto comunitario. A pesar del alivio registrado en el resto del verano en los mercados de deuda, la situación de los mismos para la eurozona es de acusada inestabilidad, como se ha comprobado en septiembre con motivo del empeoramiento de la situación de Irlanda.

Como antes se indicó, la mejora de la posición de España se ha derivado sobre todo de la adopción, desde el gobierno, de un conjunto de medidas de carácter acusadamente estabilizador desde mayo de 2010. Dentro de dichas medidas destacan las relativas a la reducción del déficit público mediante la disminución de los salarios de los funcionarios (-5% desde julio de 2010) y de las inversiones públicas en unos 6.500 millones de euros, junto a la congelación de las pensiones en 2011, además de una elevación significativa de la imposición indirecta (IVA y Rentas del Capital) (Real Decreto-Ley 8/2010 de 20 de mayo).

También ha destacado la reforma de la normativa correspondiente a las cajas de ahorros, que pretende fomentar el reforzamiento de los recursos propios de dichas entidades y facilitar su transformación en bancos, disminuyendo la presencia de representantes políticos en sus órganos de gobierno (Real Decreto-Ley 11/2010, de 9 de julio). La medida de mayor impacto social ha sido la de reforma del mercado de trabajo (Ley 36/2010, de 17 de septiembre). La norma establece que reduce el coste del despido de los trabajadores por parte de las empresas.

El Acuerdo de Consejo de Ministros de 28.5.2010 modificó los objetivos previos de estabilidad presupuestaria, acelerando el ritmo de reducción previsto en el déficit de las administraciones Públicas, que en 2010-11 se quedaría en el 9,3% en 2010 y en el 6% del PIB en 2011 (9,8% y -7,5% eran la previsiones anteriores, respectivamente). El proyecto de Presupuestos Generales del Estado para 2011 presentado por el Gobierno el 24 de septiembre de 2010 ha recogido los nuevos objetivos de estabilidad presupuestaria citados y ha materializado las medidas anticipadas en mayo, como es el caso de la reducción de las inversiones públicas y de los salarios de los funcionarios, junto a la congelación de la mayor parte de las pensiones en 2011. El proyecto citado incluye asimismo la elevación del tipo del Impuesto sobre la Renta de las Personas Físicas para los tramos de renta superiores a 125.000 euros anuales y la modificación del tratamiento fiscal de las Sicav.

El PIB de la economía española creció a unos ritmos modestos del 0,1% y 0,2% en los dos primeros trimestres de 2010, inferiores a los correspondientes a la eurozona. Dicho crecimiento ha estado impulsado primero por las exportaciones y después por la demanda interna, dentro de la cual el consumo de los hogares y la inversión en bienes de equipo han

Fig. 4/ **España. Principales macromagnitudes. 2004-2007. Tasas interanuales de crecimiento.**  
**Precios constantes**

ESPAÑA	2009	2010 (*)	2011 (*)
<b>1. PIB, precios mercado Panel Expertos</b>	<b>-3,7</b>	<b>-0,4</b>	<b>0,4</b>
2. Consumo Privado	-4,3	1,2	0,5
3. Consumo Público	3,2	-0,4	-1,8
4. Formación Bruta de Capital fijo	-16,0	-7,3	-3,1
4.1. Construcción	-11,9	-10,8	-6,8
4.2. Bienes de Equipo y otros	-21,4	-2,2	1,8
<b>5. Demanda Interna Panel Expertos</b>	<b>-6,4</b>	<b>-1,1</b>	<b>-0,9</b>
6. Exportaciones	-11,6	9,1	6,3
7. Importaciones	-17,8	5,8	1,3
8. Exportaciones netas (% PIB)	2,7	0,7	-1,3
9. Empleo. Ocupados	-6,6	-2,3	-0,8
Tasa de desempleo (% Activos)	18,0	19,8	19,7
10. Índice de precios de consumo. (Media anual)	-0,3	2,2	1,5
11. Deflactor del PIB	0,6	0,5	0,8
12. Salario por persona ocupada	3,2	1,3	1
13. Balanza de Pagos. Cuenta Corriente (% PIB)	<b>-5,6</b>	<b>-5,1</b>	<b>-3,4</b>
<b>14. AA. Públ. Panel expertos</b>	<b>-11,2</b>	<b>-9,7</b>	<b>-6,8</b>
<b>Crecimiento resto del mundo</b>			
15. PIB, Estados Unidos	-2,4	3,2	3,2
16. PIB, Zona Euro	-4,0	1,6	1,4

(\*) Previsiones

Fuente: Funcas, INE y BCE (septiembre 2010)

registrado los comportamientos más dinámicos. La desaceleración prevista para el crecimiento de la economía mundial en el segundo semestre del año frenará algo el crecimiento en la eurozona y no favorecerá la presencia de ritmos mayores de crecimiento de la economía española en este periodo.

La previsión de Funcas (Fundación de las Cajas de Ahorros) de septiembre de 2010 sobre la evolución de la economía española en 2010 es de un nuevo descenso del PIB en España del -0,4% (-3,7% en 2009), derivado de un retroceso del -1,1% en la demanda interna y de una aportación positiva al crecimiento de 0,7 puntos porcentuales de las exportaciones netas (FIGS. 4 y 5).

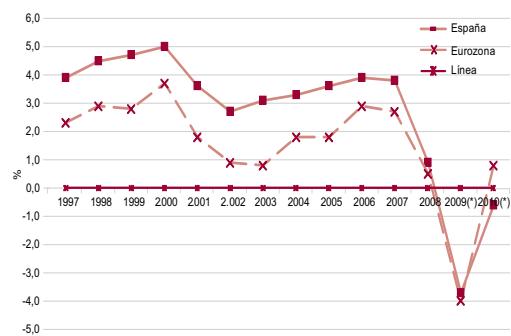


Fig. 5/ **PIB. Tasas de crecimiento anual, España y Eurozona. Serie 1997-2009**

(\*) Previsión

Fuente: INE, FMI

En la previsión de Funcas destaca la caída de la formación de capital fijo en un -7,3%, el fuerte descenso de la construcción (-10,8%) y la menor aportación positiva al crecimiento por parte de las exportaciones netas (0,7 puntos, frente a 2,7 en 2009). El empleo descendería en un -2,3% en 2010, aproximándose así la tasa media de desempleo al 20% en este año. La inflación media se aproximaría al 2%, destacando el todavía elevado déficit público en 2010 (-9,7% según Funcas), mientras que descendería el déficit corriente de balanza de pagos hasta el -5,1% del PIB.

La previsión recogida en los Presupuestos Generales del Estado es de un crecimiento del PIB del 1,3% en 2011, lo que contrasta con la realizada por Funcas, según la cual dicho crecimiento sería solo del 0,4%. Para dichos Presupuestos, en 2011 el consumo de los hogares crecería a un ritmo del 1,6% y el empleo aumentaría en un 0,3%, mientras que, según Funcas, ambas magnitudes registrarían nuevos descensos en dicho año. La previsión del gobierno para 2011 parece un tanto optimista, circunstancia que puede no favorecer la imagen externa de España a efectos de los temidos mercados internacionales de deuda. Un ritmo de crecimiento significativo parece todavía distante en España para 2011, aunque sin el mismo "se reforzarán las tensiones políticas y financieras" (REUTERS, 2010).

En 2010 ha persistido en la economía española un descenso del empleo bastante más acusado en el caso de la construcción que en el resto de la economía (FIG. 6). En el primer semestre el retroceso total del empleo fue del -3,1%, correspondiente a una disminución interanual de 550.000 puestos de trabajo. La tasa de desempleo se situó en el 20,09% de los activos en el segundo trimestre de 2010. En el sector de la construcción el descenso del empleo fue más acusado en el primer semestre (-13,9%), lo que supuso el 50% de la disminución antes citada en el total de empleos en España. El peso de la construcción en el empleo total ha retrocedido desde el 13,9% del total en 2007 hasta el 9,3% en 2010.

#### 4. El mercado de vivienda en España, 2010

En 2010 el mercado de vivienda en España ha registrado algunos cambios significativos respecto de los años precedentes de crisis (FIG. 7). Tras cuatro años consecutivos de descensos de las compraventas registradas y de las hipotecas formalizadas para compra de vivienda, en 2010 dichas magnitudes van a registrar aumentos sobre el año precedente. En el caso de las transmisiones inmobiliarias intervenidas por los notarios el crecimiento de 2010 parece ser aun más potente.

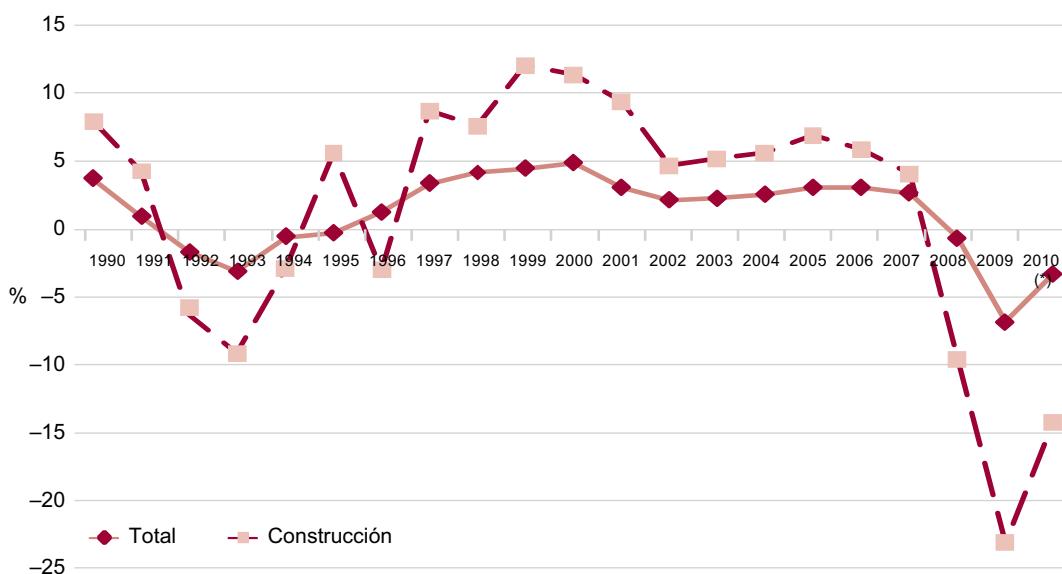


FIG. 6/ Empleo CNT. Total y construcción. Tasas de crecimiento medio interanual

(\*) 1er semestre

Fuente: INE

Fig. 7/ Mercado de vivienda. España principales magnitudes, 2007-2008.

Demanda	2009	Variaciones interanuales. Porcentajes		
		2009/2008 (%)	2010/2009 (%)	Último dato
1. Compraventas.Viviendas (*)	<b>414.264</b>	−25,0	11,6	Jul-10
1.1. Nuevas	<b>219.946</b>	−20,9	5,2	
1.2. Usadas	<b>199.318</b>	−27,3	19,0	
2. Transmisiones inmobiliarias (**)	<b>463.719</b>	−17,8	14,2	2010 II
3. Hipotecas sobre viviendas (Número de viviendas hipotecadas)	<b>653.173</b>	−21,9	−0,5	Jun-10
4. Encuesta población activa				
4.1. Empleo. Ocupados, 4º t	<b>18.646</b>	−6,1	−2,5	2010 II
4.2. Hogares.Miles, 4º t	<b>17.122</b>	1,3	0,5	
5. Inversión extranjera Viviendas equivalentes	<b>17.667</b>	−32,2	−6,5	2010 I
<b>Oferta</b>				
6. Aparejadores.Visados o.Nueva	<b>110.800</b>	−58,1	−21,9	May-10
7. Aparejadores.Vv.Terminadas	<b>387.100</b>	−36,1	−33,4	May-10
8. Inversión en vivienda (***) mill.Eur	<b>61.159</b>	−21,0	−20,2	2010 II
9. Consumo aparente cemento (miles de toneladas)	<b>28.646</b>	−32,9	−14,4	Ago-10
<b>Precios (4º trimestre)</b>				
10. Precios vivienda (4º T) E/m2	<b>1892,3</b>	−6,3	−3,7	2010 II
11. Precios vivienda ine. Total	<b>91,1</b>	−4,3	−0,9	2010 II
12. Precios vivienda Tinsa. INSA. €/m2	<b>1951,3</b>	−6,9	−4,6	Ago-10
<b>Financiación</b>				
13. Créditos comprador vivienda. Formalizaciones (millones euros)	<b>73.154</b>	−16,0	−4,6	Jul-10
14. Cuota por cada 1.000 euros en préstamos a 25 años (€mes)	<b>3,44</b>	−20,9	−9,6	Ago-10

(\*) INE según Registradores

(\*\*) Ministerio de Vivienda, según datos de los Notarios

(\*\*\*) Contabilidad Nacional, millones de euros, tasas a precios constantes

Fuente: INE, Banco de España, Ministerio de Vivienda, Ministerio de Fomento

Junto al aumento de las ventas de viviendas, sobre todo de segunda mano, en 2010 se ha frenado el proceso de descenso de los precios, cuyo nivel se puede aproximar que tocará fondo en este ejercicio. En el primer semestre de 2010 apenas han reaccionado las iniciaciones de viviendas. De este modo es posible que en este año pueda retroceder el parque de viviendas de nueva construcción no vendidas.

Ante el moderado descenso sufrido por los precios de las viviendas entre 2007 y 2010, se puede decir que el ajuste del mercado de vivienda derivado de la crisis ha descansado en España de forma abrumadora en la oferta de nuevas viviendas. El nivel de estas últimas ha disminuido de forma espectacular en el primer semestre respecto de los ejercicios precedentes, situándose así por debajo de los niveles correspondientes a los años iniciales

de la fase expansiva situada del periodo 1997-2007.

La demanda de vivienda se ha visto favorecida en 2010 por el aumento real de la renta disponible de los hogares, por el acusado descenso de los tipos de interés de los préstamos para compra de vivienda y por la moderada reactivación del flujo de nuevos préstamos a comprador. La caída del empleo, el débil ritmo de creación de nuevos hogares y el elevado coste de capital han impedido una recuperación más acusada de la demanda.

El prolongado descenso de los tipos de interés de los préstamos a comprador ha llevado a un retroceso en las cuotas a pagar por los préstamos, descenso que en el caso de un préstamo a 25 años fue del 9,6% en el periodo enero-agosto de 2010 respecto del mismo periodo de 2009. (FIG.8). Conforme los tipos de interés han comenzado a subir lentamente en el segundo trimestre de 2010 dicho descenso se ha ido atenuando.

El empleo volvió a bajar en el primer semestre de 2010, coincidiendo el ritmo de retroceso interanual del -3,1% de la encuesta de población activa y de la Contabilidad Nacional Trimestral en dicho periodo. La creación de hogares se desaceleró hasta el 0,89% en el primer semestre, con lo que la variación anual del número de hogares fue solo de 77.000 en el 2º trimestre de 2010, muy por debajo del promedio anual de 389.000 hogares netos creados en la fase de expansión 1998-2007. (FIG. 8 bis). La composición por edades de la población de España, junto a la emigración, permitiría crear un número de hogares situado en torno a los 300.000 al año. Sin embargo, la debilidad del mercado de trabajo y las incertidumbres sobre la evolución futura de la economía conduce a unos incrementos sustancialmente inferiores en dicha magnitud, de acuerdo con la Encuesta de Población Activa.

Los precios de tasación de las viviendas descendieron en un -3,7% entre el segundo trimestre de 2010 y el mismo periodo de 2009, de acuerdo con la estadística del Ministerio de Vivienda (FIG. 9). El retroceso de la estadística citada fue de solo un -2,3% entre el cuarto trimestre de 2009 y el segundo de 2010. El índice de precios de vivienda del INE, tras disminuir durante once trimestres consecutivos, volvió a aumentar en 1,6% en el segundo trimestre de 2010 sobre el trimestre precedente. El precio medio de tasación, según Tinsa, volvió a crecer en los meses de julio y agosto, situándose en el -4,6% en agosto. El recorrido a la baja de

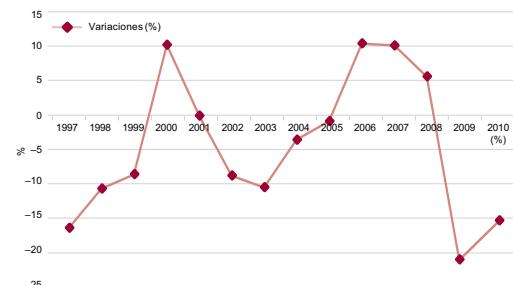


FIG. 8/ Crédito a comprador de vivienda. Variaciones anuales de la cuota del préstamo, a un plazo de 25 años. Serie anual, 1997-2010

(\*) Media enero-agosto

Fuente: BdE

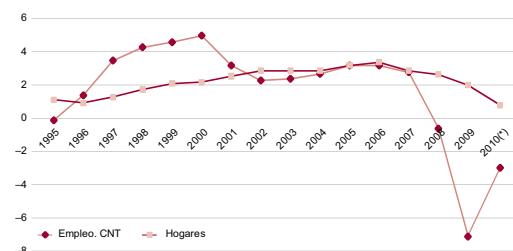


FIG. 8BIS/ Empleo CNT y Hogares EPA. Variaciones interanuales (%), 1995-2009 (previsión, 1er semestre)

Fuente: INE

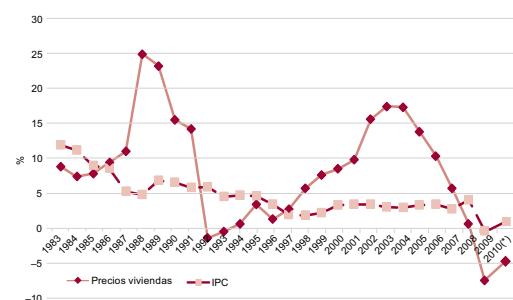


FIG. 9/ Precios de las viviendas (tasaciones) e Índice de Precios de Consumo. Variaciones medias anuales, 1983-2009

(\*) Datos hasta agosto de 2010 para el índice de precios de consumo y hasta el 2º trimestre para los precios de la vivienda

Fuente: Ministerio de Vivienda e INE

los precios de vivienda en la etapa de crisis ha sido del -11,9% para los precios de tasación del Ministerio de Vivienda, del -11,2% en el caso del índice de precios del INE y del -17,9% en el caso del indicador de Tinsa.

FIG. 10/ Precios de tasación de las viviendas libres (\*) España. CC. Autonomas euros/m<sup>2</sup> 2º trimestre de 2010

CC. Autonomas	Precios Euros/m <sup>2</sup>	Aumentos 2010/2009(**)	Aumentos 2007/1997 (***)
País Vasco	2.676,8	-3,7	207,5
C. de Madrid	2.552,0	-4,3	182,3
Cataluña	2.253,2	-2,2	205,4
Baleares	2.103,7	-4,4	270,2
Cantabria	1.852,2	0,1	171,0
<b>ESPAÑA</b>	<b>1.848,9</b>	<b>-3,7</b>	<b>196,7</b>
Aragón	1.663,6	-3,5	225,6
Asturias	1.649,1	2,3	161,9
Andalucía	1.590,1	-4,6	240,7
Canarias	1.561,6	-7,2	167,0
Navarra	1.549,5	-5,0	114,2
La Rioja	1.516,9	-2,6	164,1
C. Valenciana	1.459,1	-5,5	218,6
Galicia	1.456,0	1,0	146,0
Castilla-León	1.392,3	-0,5	132,6
Murcia	1.356,0	-3,5	258,9
Castilla-La Mancha	1.258,0	1,1	168,3
Extremadura	1.014,4	-0,3	152,2
España. Menos de 2 años	1.846,7	-4,0	185,9
España. Más de 2 años	1.854,9	-3,3	202,5
Pro-Memoria			
Barcelona (provincia)	2.542,1	-5,1	193,6

(\*) Nuevas y de segunda mano

(\*\*) 2º trimestre de 2010 sobre el mismo periodo de 2009

(\*\*\*) 4º trimestre de 2007 sobre el mismo periodo de 1997. El ritmo medio anual de aumento en este periodo fue del 11,9%

Fuente: Ministerio de Vivienda

Por autonomías, los precios de vivienda más elevados en el segundo trimestre de 2010 fueron los del País Vasco (2.676,9 euros/m<sup>2</sup>) y Comunidad de Madrid (2.552 euros/m<sup>2</sup>), y los más reducidos los de Castilla-La Mancha (1.258 euros/m<sup>2</sup>) y Extremadura (1.014,4 euros/m<sup>2</sup>). Los mayores descensos interanuales en el 2º trimestre de 2010 fueron los de Canarias (-7,2%) y Navarra (-5%) (FIGS. 10 y 11).

El descenso de los precios y los moderados aumentos salariales producidos en el primer semestre de 2010 han provocado un descenso importante del esfuerzo de acceso a la vivienda. La relación media precio de la vivienda de 90 m<sup>2</sup> salario medio anual ha sido de 7,32 en 2010

(7,74 en 2009), de acuerdo con la previsión realizada acerca del comportamiento de dichas variables en el presente ejercicio. El esfuerzo de acceso, referido al ingreso familiar de los hogares de nueva creación, ha retrocedido en 2010 hasta el 32,5% (36,8% en 2009) (FIG. 12).

En el segundo trimestre de 2010, el esfuerzo medio de acceso a la vivienda fue del 31,6% en España, relativo al caso de un hogar que comprase por primera vez. Los mayores esfuerzos de acceso por autonomías correspondieron al País Vasco (40,5%) y Comunidad de Madrid (38,5%), mientras que los esfuerzos menos acusados fueron los de Castilla-La Mancha (24,2%) y Extremadura (19,9%) (FIGS. 13 y 13 bis).

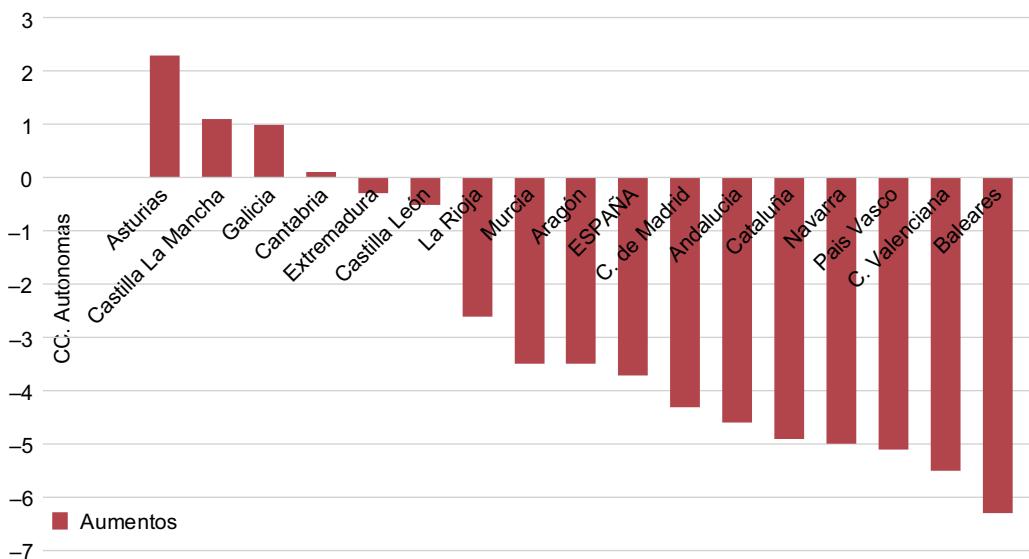


FIG. 11/ Precios de las viviendas. Tasas interanuales del 2º trimestre de 2010 (%). España y CC. Autónomas

Fuente: Ministerio de Vivienda

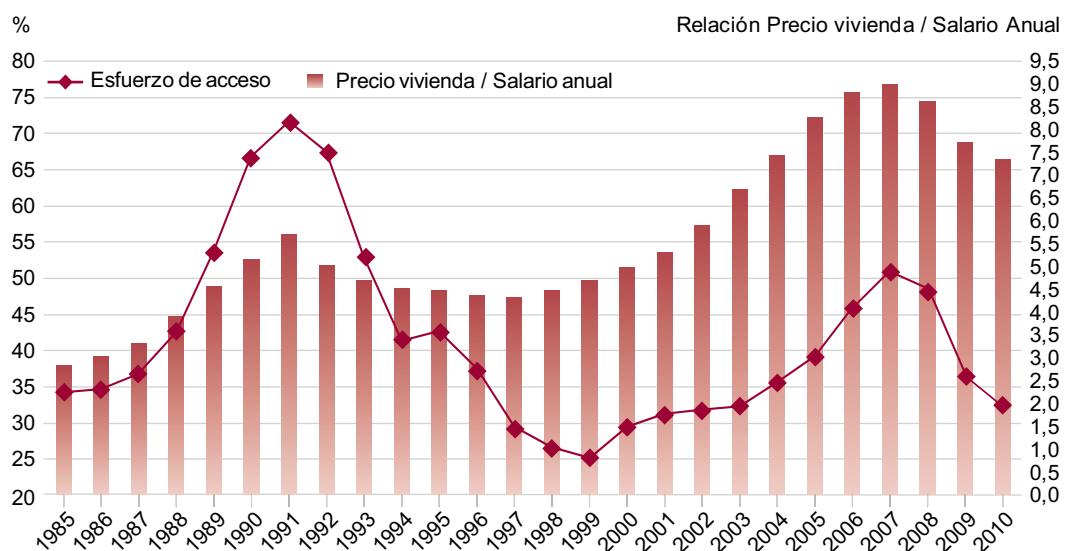


FIG. 12/ Accesibilidad a la vivienda. Primer acceso. Esfuerzo bruto

**Esfuerzo de acceso:** Proporción renta familiar precisa para acceder a una vivienda de 90 m<sup>2</sup> construidos, con un préstamo a 20 años. Desde 1997 a 2010 se emplea un plazo de 25 años. (P) Previsión

Fuente: Estimación propia con datos del INE, Mº Vivienda y BdE

Las transmisiones inmobiliarias formalizadas ante notario aumentaron en un 14,2% en el primer semestre de 2010 sobre el mismo periodo de 2009. El aumento en cuestión se debió a las ventas de viviendas de segunda mano, que crecieron en un 40,9% en dicho

periodo, mientras que las ventas de viviendas nuevas cayeron en un -7,5% (FIG. 14). La introducción de un IVA del 8% desde el 1º de julio de 2010 y el aumento del impuesto sobre transmisiones patrimoniales en numerosas autonomías a partir de la misma fecha

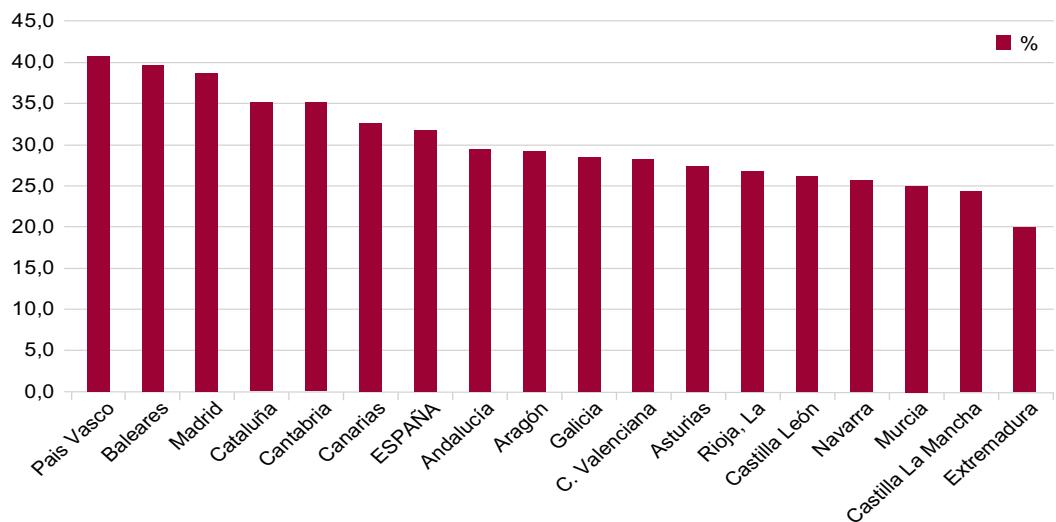


Fig. 13/ **Esfuerzo bruto de acceso a la vivienda. Proporción de la renta familiar del hogar monosalarial. Primer acceso. España y CC.AA, 2º trimestre de 2010**

Fuente: INE, BdE, Mº de Vivienda y estimación propia

Fig. 13BIS/ **Accesibilidad Vivienda. CC. Autónomas Primer acceso 2010. 2º trimestre**

Comunidad Autónoma	Precio Vivienda Euros	Renta Familiar Anual (euros)	Tipo de Interés (%) TAE25 años	Relación Precio/Renta Familiar	Esfuerzo Bruto de acceso (%) Renta Familiar
Andalucía	143.109	21.474	2,72	6,66	29,3
Aragón	149.724	22.697	2,72	6,60	29,0
Asturias	148.419	23.924	2,72	6,20	27,3
Baleares	189.333	21.138	2,72	8,96	39,4
Canarias	140.544	18.996	2,72	7,40	32,5
Cantabria	166.698	20.894	2,72	7,98	35,1
Castilla-La Mancha	113.220	20.599	2,72	5,50	24,2
Castilla-León	125.307	21.100	2,72	5,94	26,1
Cataluña	202.788	25.396	2,72	7,99	35,1
C. Valenciana	131.319	20.565	2,72	6,39	28,1
Extremadura	91.296	20.157	2,72	4,53	19,9
Galicia	131.040	20.369	2,72	6,43	28,3
Madrid	229.680	26.263	2,72	8,75	38,5
Murcia	122.040	21.576	2,72	5,66	24,9
Navarra	139.455	23.917	2,72	5,83	25,6
País Vasco	240.912	26.180	2,72	9,20	40,5
Rioja, La	136.521	22.520	2,72	6,06	26,7
<b>España</b>	<b>166.401</b>	<b>23.121</b>	<b>2,72</b>	<b>7,20</b>	<b>31,6</b>
Barcelona (*)	228.789	25.396	2,72	9,01	39,6

Nota: la renta familiar corresponde a la de una familia monosalarial que percibe el salario medio, estimado a partir del coste salarial. El plazo es de 25 años. El tipo nominal medio fue el 4,78% fue el 2,69%. La superficie media es de 90 m<sup>2</sup> construidos

(\*) Al no disponerse de datos salariales para la provincia de Barcelona, se emplea el dato medio de Cataluña, lo que produce una sobrevaloración del esfuerzo de acceso en dicha provincia.

Fuente: INE, Mº de Vivienda, Banco de España y elaboración propia

pudieron anticipar las ventas de viviendas en el 2º trimestre, en especial en junio, mes inmediatamente anterior a la subida.

Las compraventas registradas de viviendas aumentaron en un 11,6% en el periodo enero-julio de 2010 sobre el mismo periodo del año precedente. Las compraventas de viviendas nuevas crecieron en un 5,2%, mientras que en las viviendas usadas el aumento en cuestión fue del 19% (FIG. 14 bis). El mayor aumento de las ventas de viviendas de segunda mano que aparece en los indicadores procedentes de notarios y registradores puede tener su origen en que las ventas de dicho tipo de viviendas pueden corresponder a viviendas nuevas vendidas por las entidades de crédito que adquirieron estas últimas ante el impago de los prestatarios, sobre todo promotores. En los doce meses que terminaron en el segundo trimestre de 2010 el mayor aumento interanual correspondió a la Comunidad de Madrid (15,1%), junto a Cataluña (11,9%). Extremadura (-15,1%) y Canarias (-15%) presentaron los mayores descensos. Como puede apreciarse, la situación del mercado de vivienda en 2010 se caracteriza por la fuerte disparidad existente entre los diferentes territorios.

El que las viviendas terminadas puedan descender hasta las 258.000 en 2010, unido a unas ventas de viviendas nuevas por encima de las 230.000, puede dar lugar a que en 2010 el aumento del stock de viviendas de nueva construcción sin vender pueda resultar reducido o incluso pueda ser negativo (FIG 14 c). De acuerdo con las estadísticas y supuestos que se establezcan, el stock de viviendas de nueva construcción no vendidas oscilaría en España entre las 670.000 y 1.132.000 a fines de este año. En dicha evolución resultarán decisivas las mayores compras de viviendas que tendrán lugar a fin de año para beneficiarse de la desgravación en el IRPF, a la vista de la fuerte reducción del alcance de dicho tributo que va a implantarse a partir del 1º de enero de 2011 para las nuevas adquisiciones.

Dada la evolución de las viviendas iniciadas y terminadas en enero-mayo de 2010, las viviendas iniciadas podrían descender en más de un 20% en 2010 sobre el año anterior situándose en 86.600 en 2010. Las viviendas terminadas retrocederían en un -33,4% en 2010, situándose en unas 258.000 en el conjunto del año (FIG. 15). En el mismo periodo la rehabilitación descendió en un -11,1% sobre 2009, previéndose un total de alrededor de 35.000 rehabilitaciones en 2010.



FIG. 14/ **Transmisiones de viviendas (Notarios). Total, nuevas y usadas. Serie trimestral, 2004-2009. Miles de viviendas**

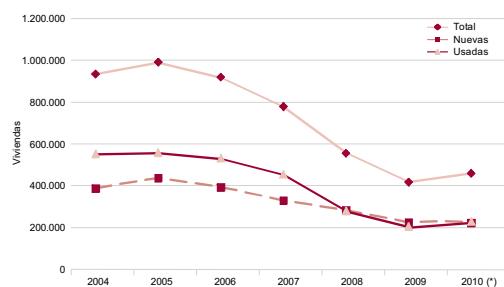


FIG. 14BIS/ **Compraventas anuales de viviendas. Totales, nueva construcción y usadas, 2004-09**

(\*) Estimación, con datos hasta julio

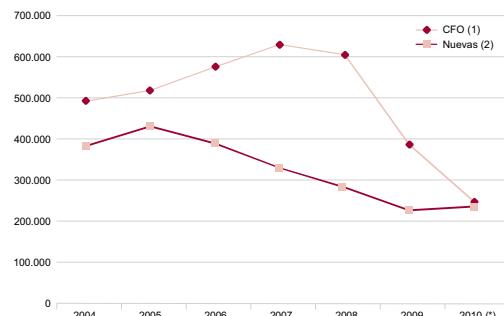
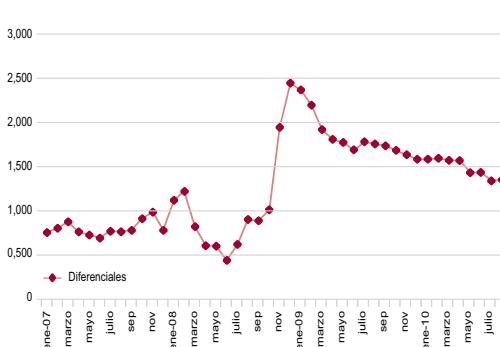
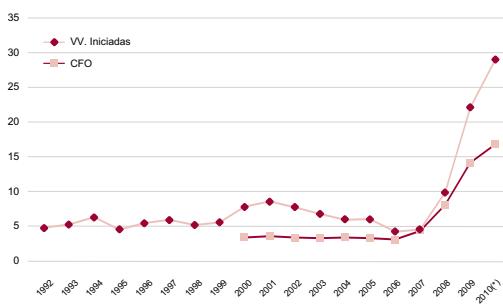
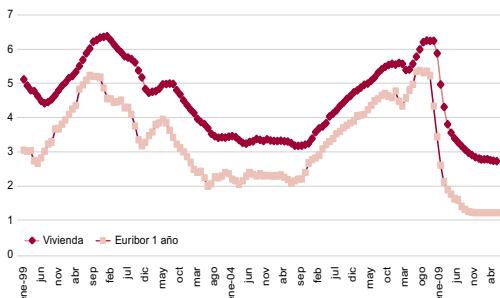
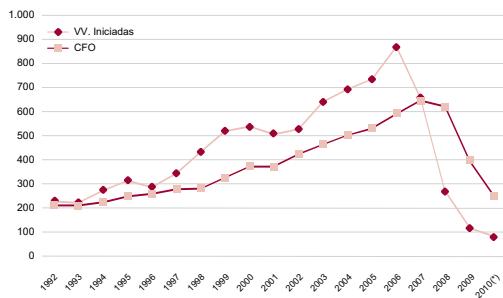


FIG. 14C/ **Viviendas de nueva construcción terminadas y vendidas. Totales anuales, 2004-2010 (estimación, con datos hasta mayo para las CFO y hasta julio para las ventas)**

Los visados para rehabilitación supondrían así el 28,7% del conjunto de visados de dirección de obra en 2010 (21,8% en 2009) (FIG. 15 bis), lo que supone un aumento de participación sustancial de la rehabilitación en la construcción residencial, aumento derivado sobre todo del retroceso espectacular sufrido por las iniciaciones de viviendas desde el inicio de la crisis.



## 5. Financiación a la vivienda en 2010

La política monetaria ha descansado entre 2008 y 2010 en el mantenimiento de unos tipos de intervención muy reducidos por parte de los bancos centrales. Además, dichas entidades han aportado volúmenes importantes de liquidez a los gobiernos y a los bancos, circunstancia que en el caso de España se ha extendido a las cajas de ahorros. Con dicha política se han aliviado las dificultades de captación de recursos de estas entidades en los mercados de capitales. El descenso iniciado en 2008 en los tipos de interés más asociados con el mercado de vivienda, esto es, el euríbor a doce meses y el tipo de los préstamos a comprador de vivienda, persistió hasta marzo y mayo de 2010, respectivamente (FIG. 16).

Desde el segundo trimestre de 2010 los tipos de interés del mercado mayorista de dinero han comenzado a repuntar. Ha destacado la acusada elevación del euríbor a doce meses

registrada en agosto de 2010, mes este en el que dicho tipo se situó en el 1,421%, el más elevado desde junio de 2009. El aumento siguiente de los tipos a comprador ha sido algo más lento, lo que ha implicado nuevos descensos en el diferencial aplicado en los préstamos citados sobre el euríbor a doce meses, que es el principal índice empleado para la indexación en los préstamos a interés variable (FIG. 16 bis). Dichos diferenciales (1,58% en enero de 2010 y 1,35% en agosto) todavía resultan sustancialmente más elevados que los previos a la crisis y a los registrados en 2007 y primer semestre de 2008.

La financiación a comprador presentó indicios de recuperación más definida en el segundo trimestre de 2010, aunque se desaceleró de nuevo en julio. Se ha advertido un evidente paralelismo entre los nuevos préstamos a comprador de vivienda y las compraventas de viviendas registradas (FIG. 17). Los préstamos a comprador de vivienda fueron el componente

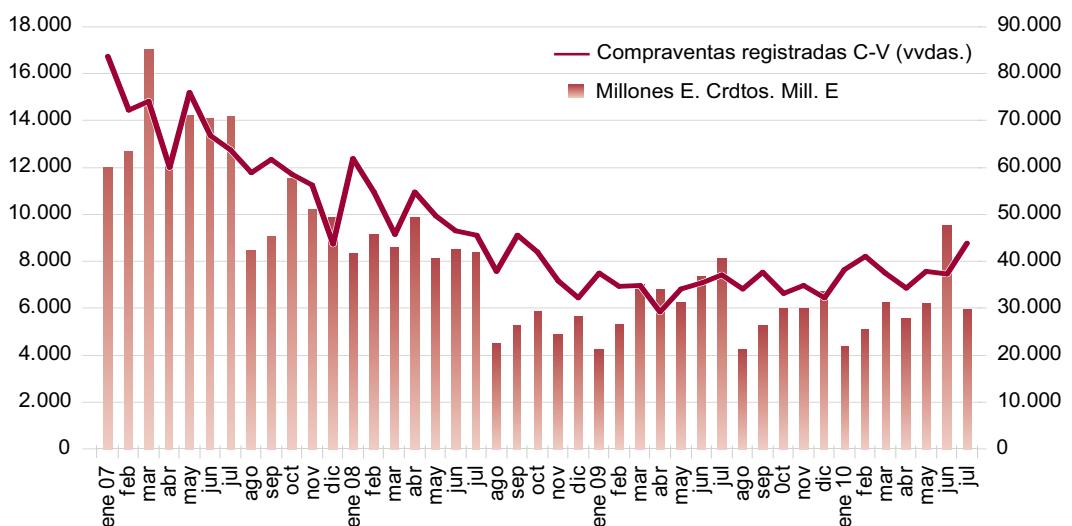


Fig. 17/ Viviendas: Compraventas registradas (viviendas) y nuevos créditos (millones euros). Serie mensual, 2007-2010

más dinámico de los nuevos créditos concedidos entre enero y julio de 2010 por parte del conjunto de entidades de crédito en España.

El fuerte aumento de los nuevos créditos a comprador de vivienda en junio de 2010 coincidió con el aumento de las compraventas de viviendas en dicho mes, el anterior a la entrada en vigor de la nueva fiscalidad de las compras de viviendas. En el periodo enero-julio de 2010 la cuantía de los nuevos créditos a comprador de vivienda descendió en un -4,6% sobre el mismo periodo de 2010. Dicho descenso

resultó ser bastante mas acusado en las cajas de ahorros, en las que el retroceso citado fue del -15,6%.

El saldo vivo del crédito inmobiliario (promotor, constructor y comprador) disminuyó en un -0,5% en junio de 2010 respecto del mismo mes del año precedente (Fig. 18). El descenso mas acusado correspondió al componente de los créditos a la construcción. Los créditos a promotor descendieron en un -0,6% en el mismo periodo, mientras que el crédito a comprador aumentó en un 0,7%.

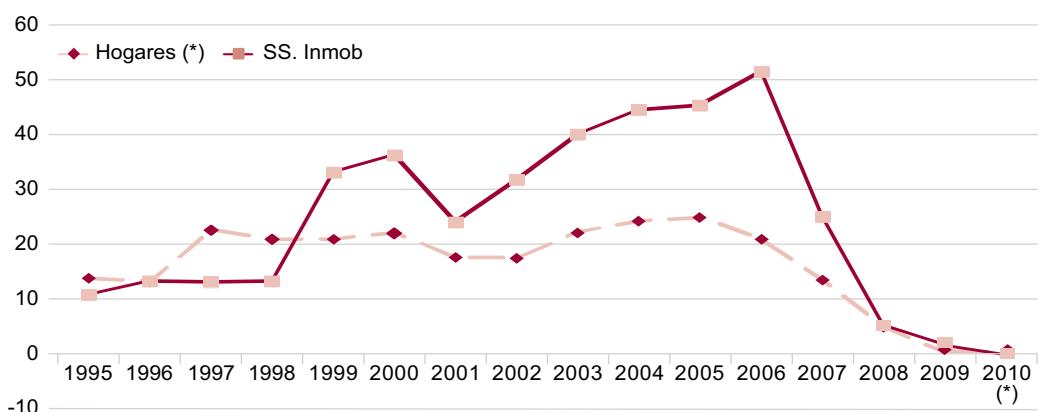
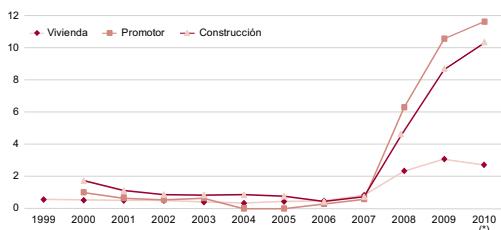


Fig. 18/ Crédito Inmobiliario, a promotor (Servicios inmobiliarios) y a comprador de vivienda, 1995-2009. Variaciones interanuales, a 31 de diciembre

(\*) A 30 de junio

Fuente: Banco de España

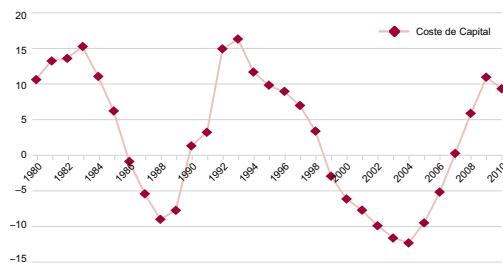


Fuente: Banco de España

En junio de 2010 disminuyó de forma significativa el saldo de los créditos dudosos a comprador de vivienda, con lo que la tasa de dudosidad de este tipo de préstamos retrocedió hasta el 2,6% en junio de 2010 (2,89% en diciembre de 2009) (FIG. 18 bis). La tasa de dudosidad de los créditos a promotor se situó en el 11,21% en junio de 2010, y se aproximó al 10% en el componente de créditos a la construcción residencial. Como puede apreciarse, los créditos a promotor presentan la mayor dudosidad dentro del crédito inmobiliario, resultando más difícil el reducir tal dudosidad que en el caso de los créditos a comprador, ante la mayor cuantía unitaria de los mismos. Es evidente la realidad de un posible desplazamiento desde los créditos dudosos a los activos reales en los balances bancarios, a través, sobre todo, de las daciones de pago.

El número de hipotecas destinadas a la compra de vivienda descendió en el primer semestre de 2010 en un -1,8% sobre el mismo periodo de 2009., según datos del Banco de España. Dicha evolución fue la resultante de un comportamiento muy dispar de bancos y cajas de ahorros. Los créditos formalizados por los bancos aumentaron en un 21,8% en el periodo citado, mientras que en el caso de las cajas de ahorros tuvo lugar un retroceso del -14%. El volumen máximo de nuevas hipotecas formalizadas para compra de vivienda correspondió al ejercicio de 2005, con 1.104.602. Dicho total descendió hasta 478.240 viviendas formalizadas en 2009. En 2009 las cajas formalizaron el 56,6% de dicho total, mientras que correspondió a los bancos el 34,8% y el 7% a las cooperativas de crédito.

Cooperativas de crédito (-11%) y establecimientos financieros de crédito (-37,3%) también sufrieron descensos interanuales en el número de créditos concedidos a comprador de vivienda en el primer semestre de 2010. El



comportamiento de los bancos resultó distinto al del resto de entidades de crédito en lo que se refiere a la concesión de nuevos créditos a comprador en el primer semestre de 2010. Es posible que los cambios producidos en la normativa de las cajas de ahorros lleven a una situación en la que el ajuste a la nueva normativa por parte de dichas entidades pueda producir una ganancia neta de cuota por parte de los bancos en tanto se prolongue dicha situación.

El coste de capital (tipos de interés más depreciación menos ritmo esperado de aumento de los precios) ha vuelto a presentar un nivel elevado en 2010, aunque inferior al de 2009. Los bajos tipos de interés dominantes en la primera mitad de 2010 estuvieron acompañados de unas previsiones de descenso moderado de los precios de las viviendas, con lo que reforzó el nivel de dicha magnitud en 2010. (FIG. 19).

La recuperación del ritmo de concesión de nuevos préstamos a comprador ha influido en el aumento producido durante el primer semestre de 2010 en las compras de vivienda. La tasa de morosidad de los préstamos a comprador retrocedió, pues, de forma acusada. Dicha tasa se ha situado en niveles elevados en el caso de los préstamos a promotor de viviendas. Esta circunstancia complicará el proceso de captación de financiación crediticia para nuevas promociones de viviendas. La normalización del mercado de vivienda requiere asimismo de una situación más despejada en el mercado hipotecario.

## 6. La política de vivienda en 2010

En 2010 las restricciones del gasto público van a afectar al alcance de las ayudas incluidas en el vigente Plan Estatal de Vivienda y Rehabilitación 2009-2013, regulado por el Real Decreto 2066/2008, de 12 de diciembre (BOE de

24.12.2008). En el verano de 2010 en el Ministerio de Vivienda se ha trabajado en un borrador de Real Decreto que entraría en vigor el 1º de enero de 2011, en el que se recortarían algunas de las ayudas contempladas en la norma citada que regula el Plan vigente.

Dentro de los cambios previstos en el contenido del PEVR, en cuyo ejercicio de 2010 los préstamos convenidos previstos ascendían a 6.643 millones de euros y las actuaciones protegidas se aproximarian a las 250.000, destacan los que a continuación se comentan. En primer lugar, en los préstamos convenidos a promotor las entidades de crédito podrán aplicar un tipo de interés superior al euribor a doce meses en un intervalo que oscila entre el 0,25% y el 2%, manteniéndose el diferencial extremo máximo ya vigente del 1,25% en los préstamos a comprador (Artículo 12.1.c del Real Decreto 2006/2008). Esto supone una mayor carestía en el préstamo a promotor, lo que implica reconocer una mayor prima de riesgo en el caso de los préstamos convenidos a promotor para financiación de actuaciones de política de vivienda.

En segundo lugar, se pretende eliminar la Ayuda Estatal de Entrada (AEDE) en los préstamos a comprador (Artículos 13.1 y 44). Con dicha ayuda se subvencionaba al comprador una parte del 20% del precio de venta no cubierto por los préstamos convenidos citados. En tercer lugar se suprime la subvención a la actuación protegida relativa a la compra y urbanización de suelo para vivienda protegida (Art.66.2). En cuarto lugar, se reducirían en un 40% las subvenciones contempladas a promotores en la promoción de viviendas protegidas destinadas al alquiler, de 10 y 25 años de plazo, así como las de los promotores de alojamientos protegidos (Artículos 27.3, 28.3 y 37.1). Por último, se eleva al 90% del precio fijado en la escritura de compraventa la cuantía del préstamo convenido a los adquirentes de viviendas protegidas (Artículo 42.2).

Como puede apreciarse, el borrador de Real Decreto modifica el PEVR 2009-2012 en lo relativo a la cuantía de las ayudas a recibir por parte de promotores de viviendas de alquiler y adquirentes de las nuevas viviendas protegidas destinadas a la venta. Es posible que el alcance de las reducciones previstas en las ayudas contempladas en el Plan se reduzca respecto de lo aquí comentado, a la vista de la mejoría experimentada en 2010 en la recaudación presupuestaria. La elevación al 90% de la relación préstamo/valor frente al 80% ahora vigente puede entrar en contradicción con el

artículo 5 del Real Decreto 716/2009, de 24 de abril (BOE de 2 de mayo de 2009), Dicha norma establece la obligatoriedad de un aval bancario emitido por una entidad de crédito distinta a la acreedora o una cobertura de seguro de crédito. Dicho aval o seguro cubrirá, al menos, el importe del préstamo o crédito garantizado que exceda del 80% del valor del bien hipotecado.

El proyecto de ley de Economía Sostenible y el de Presupuestos Generales del Estado para 2011 (PGE 2011) eliminan la desgravación a la compra de vivienda habitual en el IRPF para los contribuyentes con ingresos anuales superiores a 24.170 euros desde el 1º de enero de 2011. Los contribuyentes con ingresos comprendidos entre 17.707 euros anuales y 24.107 podrán desgravar por la cuantía de sus ingresos que supere a los 17.707 euros. La diferencia de ingresos con 17.707 se multiplicará por 1,4125 y el resultado obtenido se deducirá de los 9040 euros de base imponible máxima desgravable, aplicándose a la diferencia el 15% de deducción. En algunas autonomías la deducción fiscal citada no desaparecerá del todo, por aplicarla las comunidades autónomas en el tramo transferido del IRPF.

Los PGE 2011 pretenden asimismo reforzar la desgravación a los particulares que pongan en alquiler una vivienda de su propiedad, pasando la reducción de los rendimientos desde el 50% hasta el 60%. Dicha reducción será del 100% si la vivienda se alquila a alguien menor de 30 años (35 es el tope ahora vigente).

En cuanto a la evolución de la construcción de viviendas protegidas, en el primer trimestre de 2010 las calificaciones provisionales de dicho tipo de vivienda descendieron en un -17%, mientras que las calificaciones definitivas retrocedieron en un 29%. De este modo las calificaciones provisionales se situarían en 2010 en un nivel de 65.600 viviendas anuales y las definitivas bajarían a 48.223 viviendas (FIG. 20). En el periodo citado los retrocesos de las calificaciones correspondientes a planes autonómicos fueron más acusados que los relativos a los planes estatales (FIG. 20 bis).

En 2009, de 79.056 viviendas calificadas provisionalmente para su construcción, el 10% correspondió a planes autonómicos y el 90% a planes estatales. En cuanto al régimen de uso de las nuevas viviendas protegidas, en 2009 el 79,2% correspondió a viviendas en propiedad, el 19,4% a viviendas en alquiler y el 1,4% fueron viviendas autopromovidas. (FIG. 20 c).

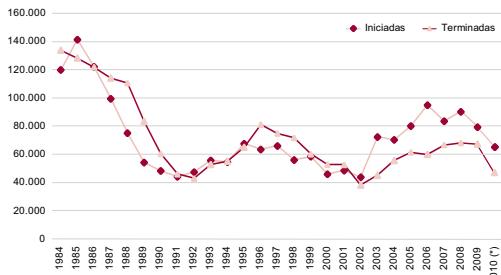


Fig. 20/ Viviendas protegidas iniciadas (Calificaciones Provisionales) y terminadas. Totales anuales, 1984-2010 (previsión)

Fuente: Ministerio de Vivienda

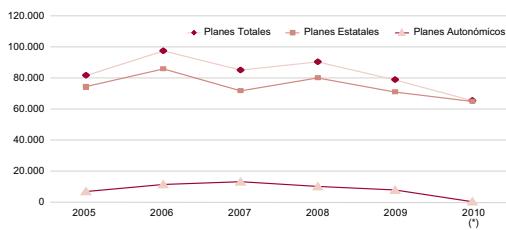


Fig. 20BIS/ VPO. Calificaciones Provisionales. Total España, planes estatales y planes autonómicos. Totales anuales, 2005-2010 (estimación)

Fuente:

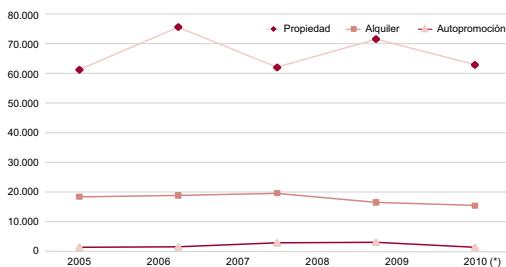


Fig. 20BIS/ Viviendas protegidas. Calificaciones provisionales, según régimen de uso. Totales anuales, 2005-2009 (propiedad, alquiler, autopromoción)

En cuanto a la venta de viviendas protegidas, en 2009 las compraventas registradas de dicho tipo de viviendas fueron 42.619, frente a unas ventas registradas de 372.192 viviendas no protegidas. Las transmisiones inmobiliarias de dicho tipo de viviendas ascendieron a 49.586. En la primera parte de 2010, las compraventas registradas (enero-julio) aumentaron en un 17,9% sobre el mismo periodo de 2009 (Figs. 21 y 21 bis). Las transmisiones inmobiliarias descendieron, por el contrario, en un -3,5% en el primer semestre de 2010. En 2010 continua mejorando la cuota de mercado de las viviendas protegidas dentro del total de compraventas registradas, cuota que se situó en el 10,8% en la previsión realizada con datos hasta julio (10,3% en 2009).

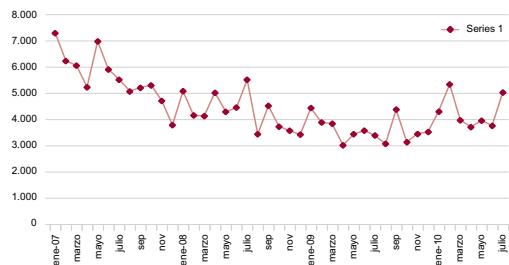


Fig. 21/ Viviendas protegidas. Compraventas registradas. Serie mensual, 2007-2010

Fuente: INE

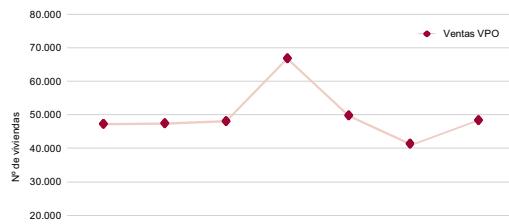


Fig. 21BIS/ Compraventas registradas VPO (nuevas y usadas). Totales anuales, 2004-09

(\*) Estimación con datos hasta julio

Fuente: INE (2007-10) y Mº Vivienda (2004-2006)

## 7. Referencias

- FINANCIAL TIMES (2010): *Transmission unaccomplished*. 24 de septiembre.  
 REUTER BREAKINGVIEWS (2010): "Spain must untangle restraints on its economy". IHT, 24 de septiembre.

THE WALL STREET JOURNAL EUROPE (2010): *A tale of two recoveries*, 22 de septiembre.

## Crónica Jurídica

Omar BOUAZZA ARIÑO

Profesor Titular de Derecho Administrativo  
Universidad Complutense de Madrid

**RESUMEN:** En este número se ofrece un comentario de las últimas novedades legislativas en el ámbito estatal y autonómico. En primer lugar, se da cuenta de la aprobación de tres leyes de las Cortes Generales que son, en realidad, transposición de Derecho comunitario europeo. En segundo lugar, se destacan las leyes y reglamentos aprobados por los Parlamentos y Gobiernos autonómicos, en materia de ordenación del territorio, urbanismo, vivienda, comercio, construcción e incendios y organización administrativa. Se trata de una buena muestra del estado actual de la legislación española que afecta al territorio y lo urbano.

### 1. Evaluación de Impacto Ambiental de proyectos

Las Cortes Generales han aprobado recientemente la **Ley 6/2010, de 24 de marzo, de modificación de del Texto Refundido de la Ley de Evaluación de Impacto Ambiental de proyectos, aprobado por el Real Decreto Legislativo 1/2008, de 11 de enero**. Esta reforma se debe, según se indica en la Exposición de Motivos, a la necesidad de adaptar la evaluación de impacto ambiental dentro de un marco temporal preciso y determinado, que haga que este instrumento de preservación de los recursos naturales y defensa del medio ambiente, sea un medio más eficaz para atender tanto a las exigencias que la actividad económica precisa, con trámites administrativos ágiles, como a la necesidad de incrementar la transparencia de las actuaciones en las que intervienen distintos órganos administrativos. Con el fin de contribuir al desarrollo sostenible de la actividad económica del país, la introducción de la variable ambiental en la toma de decisiones debe ser compatible con una mayor eficacia en la realización de la evaluación

ambiental, basada en la claridad del procedimiento y en la corresponsabilidad de todos los agentes intervenientes en el mismo. Sin perder de vista que la evaluación ambiental se ha venido manifestando como la forma más eficaz para prevenir y evitar el deterioro del medio ambiente, se hace necesario que aquélla se adapte y ajuste a un marco temporal determinado, para que sea un instrumento facilitador de la actividad económica y social de una sociedad preocupada por que todos los efectos ambientales derivados de la actividad proyectada sean tenidos en cuenta para permitir su adecuada ponderación. Por otra parte, la liberalización en el sector de los servicios a que responde la Directiva 123/2006/CE, del Parlamento Europeo y del Consejo, de 12 de diciembre de 2006, relativa a los servicios del mercado interior, implica un cambio de orientación en el régimen de intervención administrativa, mediante la supresión de un gran número de autorizaciones administrativas que son sustituidas por una comunicación o declaración responsable del prestador por la que manifiesta cumplir todos los requisitos legales a que se condiciona el ejercicio de la actividad. La disposición adicional

---

e-mail: obouazza@der.ucm.es

Este trabajo ha sido realizado en el marco del Proyecto de Investigación del Ministerio de Ciencia e Innovación "Servicios públicos e infraestructuras en la nueva ordena-

---

ción territorial del Estado" (DER2009-13764/JURI), dirigido por el Prof. Dr. Tomás CANO CAMPOS, Profesor Titular de Derecho Administrativo de la Universidad Complutense de Madrid.

quinta de la Ley 25/2009, de 22 de diciembre, de modificación de diversas leyes para su adaptación a la Ley 17/2009, de 23 de noviembre, sobre el libre acceso a las actividades de servicios y su ejercicio, establece una cláusula de salvaguarda de la necesidad de declaración de impacto ambiental de aquellos proyectos de actividades u obras que, en virtud de la citada Ley dejan de quedar sometidos al régimen de autorización administrativa y señala que dicha declaración de la evaluación de impacto ambiental deberá ser previa a la presentación de la declaración responsable sustitutoria de la autorización, debiendo disponerse de la documentación que así lo acredite. Por este motivo, resulta preciso introducir las adaptaciones en la presente Ley que permitan identificar a la administración sustantiva que asumirá las competencias y facultades legales en la tramitación de la declaración de impacto ambiental en los proyectos objeto de declaración de impacto ambiental no sometidos a autorización o aprobación administrativa. Por ello, esta Ley ofrece una nueva definición de órgano sustantivo incluyendo, en los procedimientos sometidos a comunicación o declaración responsable, al órgano de la Administración ante la que haya de presentarse dicha comunicación o declaración. Esta Ley, en fin, sólo es aplicable a la evaluación de impacto ambiental en el ámbito de la Administración General del Estado.

### 2. Energía y cambio climático

La Ley 1/2005, de 9 de marzo, por la que se regula el régimen del comercio de derechos de emisión de gases de efecto invernadero, incorporó al ordenamiento jurídico español la Directiva 2003/87/CE del Parlamento Europeo y del Consejo, de 13 de octubre de 2003, por la que se establece un régimen para el comercio de derechos de emisión de gases de efecto invernadero en la Comunidad y por la que se modifica la Directiva 96/61/CE.

Entre noviembre de 2008 y abril de 2009 se han aprobado dos directivas que revisan la 2003/87/CE, reformando el régimen europeo de comercio de derechos de emisión y extendiendo su ámbito de aplicación. Estos cambios obligan a modificar la Ley 1/2005. Por un lado, la Directiva 2008/101/CE del Parlamento Europeo y del Consejo, de 19 de noviembre de 2008, tiene como objeto reducir el impacto en el cambio climático atribuible a la aviación, mediante la inclusión de las emisiones de las actividades de este sector en el régimen comunitario de comercio de derechos de emisión. Por su parte, la Directiva 2009/29/CE del Parlamento Europeo y del Consejo, de 23 de abril de 2009, acomete una revisión en profundidad del régimen comunitario de comercio de derechos de emisión. La revisión es fruto de la experiencia adquirida desde que el sis-

tema de comercio de derechos de emisión se puso en marcha el 1 de enero de 2005. Responde a la necesidad de armonizar el régimen para aprovechar mejor sus beneficios potenciales, evitar distorsiones en el mercado comunitario interior y facilitar vínculos entre regímenes de comercio de derechos de emisión. Asimismo, ha sido objetivo principal de la reforma incrementar la previsibilidad y ampliar el ámbito de aplicación del régimen para dar cabida a nuevos sectores y gases que cumplen las condiciones necesarias para ser regulados mediante un instrumento normativo de este tipo.

La Directiva 2009/29/CE forma parte del llamado paquete comunitario de legislación sobre energía y cambio climático, cuya principal finalidad es poner en marcha un conjunto de medidas que garanticen el cumplimiento del compromiso asumido por el Consejo Europeo en marzo de 2007: reducir para 2020 las emisiones globales de gases de efecto invernadero de la Comunidad al menos un 20% respecto a los niveles de 1990, y un 30% siempre que otros países desarrollados se comprometan a realizar reducciones comprables y que los países en desarrollo económicamente más avanzados se comprometan a contribuir convenientemente en función de sus responsabilidades y capacidades.

La *Ley de las Cortes Generales 13/2010, de 5 de julio, por la que se modifica la Ley 1/2005, de 9 de marzo, por la que se regula el régimen del comercio de derechos de emisión de gases de efecto invernadero, para perfeccionar y ampliar el régimen general de comercio de derechos de emisión e incluir la aviación en el mismo*, supone la incorporación de estas nuevas normas comunitarias al ordenamiento español.

### 3. Infraestructuras y servicios de información geográfica

Las Cortes Generales han transpuesto la Directiva 2007/2/CE, de 14 de marzo de 2007, por la que se establece una infraestructura de información espacial en la Comunidad Europea (Inspire), a través de la *Ley 14/2010, de 5 de julio, sobre las infraestructuras y los servicios de información geográfica en España*. Tiene por objeto complementar la organización de los servicios de información geográfica y fijar, de conformidad con las competencias estatales, las normas generales para el establecimiento de infraestructuras de información geográfica en España orientadas a facilitar la aplicación de políticas basadas en la información geográfica por las Administraciones Públicas y el acceso y utilización de este tipo de información, especialmente las políticas de medio ambiente y políticas o actuaciones que puedan incidir en él.

#### 4. Ordenación del territorio, urbanismo y vivienda

Tres Comunidades autónomas, Castilla-La Mancha, Andalucía y la Comunidad Foral de Navarra, han reformado en los últimos meses sus normativas generales en estas materias.

**Castilla-La Mancha**, en primer lugar, se ha dado un nuevo Texto Refundido en materia de ordenación del territorio y urbanismo, aprobado por *Decreto Legislativo 1/2010, de 18 mayo*. Su finalidad es incorporar la Ley 2/2009, de 14 de mayo, de Medidas Urgentes de Vivienda y Suelo. Esta norma tiene como objetivo garantizar una mejor interacción entre las políticas de suelo y de vivienda, así como introducir mejoras en los procedimientos de determinados instrumentos urbanísticos que permitan la agilización de sus trámites y doten a los mismos de una mayor transparencia y seguridad jurídica.

En segundo lugar, la *Ley 1/2010, de 8 de marzo, de Vivienda de Andalucía*, impregna este sector del concepto de desarrollo sostenible, al contener previsiones como la contemplada en el artículo 3, en virtud de la cual, las viviendas que se construyan en Andalucía deberán incorporar parámetros de sostenibilidad y eficiencia, como los relativos a adaptación a las condiciones climáticas, minimización de impactos ambientales, reducción del ruido, gestión adecuada de los residuos generados, ahorro y uso eficiente del agua y la energía y utilización de energías renovables. A tal efecto, la ordenación territorial y urbanística deberá orientarse a la idoneidad de las dotaciones y equipamientos, mediante el cumplimiento de los estándares urbanísticos que prevea la legislación correspondiente. En materia estrictamente urbanística, el artículo 10.2 dispone que el Plan General de Ordenación Urbanística, de acuerdo con la normativa en materia de ordenación del territorio y urbanismo y los instrumentos de ordenación territorial, contendrá las determinaciones de ordenación, gestión y ejecución que sean precisas para cubrir las necesidades de vivienda establecidas en los planes municipales de vivienda y suelo. Para ello, entre otras determinaciones, clasificará suelo suficiente con uso residencial para su desarrollo y ejecución a corto y medio plazo y establecerá, en relación a las reservas de suelo con destino a vivienda protegida, la edificabilidad destinada a tal fin en cada área o sector con uso residencial, las previsiones de programación y gestión de la ejecución de los correspondientes ámbitos y, en los suelos con ordenación detallada, su localización concreta, plazos de inicio y terminación de las actuaciones. Asimismo, establecerá las acciones de rehabilitación que favorezcan la revitalización de los tejidos residenciales y la recuperación del patrimonio construido, así como la eliminación de las situaciones de infravivienda existentes.

La **Comunidad Foral de Navarra**, en tercer lugar, ha aprobado la *Ley Foral 10/2010, de 10 de mayo, del Derecho a la Vivienda en Navarra*, que tendrá por objetivo incrementar las acciones destinadas a conseguir satisfacer el 100% de demanda de vivienda protegida en esta Comunidad. A tal fin, constan entre las prioridades de esta nueva regulación generar suelo, distribuido de forma razonable por todo el territorio foral, donde poder materializar nuevas viviendas protegidas, fomentar la cultura del alquiler y de la rehabilitación articulando ayudas de diferentes tipos, generar consensos que permitan una mayor y mejor colaboración entre el Gobierno de Navarra y las Entidades Locales, piezas clave para el futuro de cuantas medidas puedan ponerse en marcha y dar respuesta a la situación de crisis económica.

#### 5. Disciplina urbanística

Una de las finalidades más acuciantes de nuestro tiempo, en el ámbito de lo urbanístico, es combatir la ilegalidad urbanística. A tal efecto, se dicta el *Decreto andaluz 60/2010, de 16 marzo*, que nace con la voluntad de ser un instrumento eficaz para lograr un urbanismo sostenible, objetivo esencial de la *Ley 7/2002, de 17 de diciembre*, en el marco del respeto a la autonomía local y de la cooperación activa con los municipios andaluces. Aspira también a proporcionar soluciones útiles en la práctica, afrontando la regulación de problemas necesitados de un tratamiento más detenido, como sucede con las figuras del cumplimiento por equivalencia de la resolución acordando la reposición de la realidad física alterada, o con la extensión del régimen propio de la situación de fuera de ordenación a otras asimilables, en todo caso, sin perjuicio de la ordenación que pueda acordar la Administración local en el ejercicio de su potestad de planeamiento. Pone especial énfasis en la regulación de los instrumentos preventivos para la protección de los intereses generales territoriales y urbanísticos. Es por ello que se detallan aspectos relativos a la naturaleza, tipología, régimen jurídico y el procedimiento para la concesión de las licencias urbanísticas, con vocación de establecer las reglas esenciales en todo el territorio de la Comunidad Autónoma de Andalucía.

#### 6. Comercio

La regulación, ordenación y planificación de los equipamientos comerciales se ha convertido en los últimos años en uno de los grandes temas que afectan a la ciudad y a su entorno. En concreto, el impacto de las grandes superficies comerciales en el medio rural, así como su incidencia en el pequeño comercio de los cascos históricos y su consiguiente transformación paisajística. Entre otros objetivos, la *Ley 2/2010, de 13 de mayo, de Comercio de Castilla-*

**La Mancha**, incorpora un modelo de cohabitación de los diferentes formatos comerciales, independientemente de su tamaño o morfología, al tiempo que busca garantizar que las necesidades de los consumidores sean satisfechas adecuadamente y se minimicen los potenciales impactos negativos que, sobre el territorio, el patrimonio histórico-artístico y el medioambiente, pueda suponer la implantación de una gran superficie comercial. Para ello se plantea la exigencia de un informe autonómico comercial, que desde una visión global e integradora analice estos proyectos, dentro de los parámetros fijados en la legislación estatal y comunitaria.

## 7. Construcción e incendios

La actual sociedad desarrollada se caracteriza, entre otros aspectos, por el crecimiento demográfico y la existencia de nuevos procesos industriales y tecnológicos, nuevos modelos urbanísticos o de vivienda, nuevos usos sociales, nuevas infraestructuras de comunicaciones o de transporte, etc. Estos aspectos configuran una realidad con un alto nivel de bienestar pero llevan implícitos, también, factores de riesgo para la población, los bienes y el medio ambiente. Cada vez se da una mayor conciencia en la necesidad de conocer y gestionar los riesgos asociados al nivel de desarrollo y, a tal efecto, se ha ido dotando de los instrumentos normativos y de los medios materiales y humanos necesarios para hacer frente a los riesgos, tanto a los de origen natural como a los de origen antrópico. Entre los riesgos más asociados a los usos cotidianos y también más frecuentes, está el riesgo de incendio. El incendio es un fenómeno que se presenta en varios contextos y escenarios, tiene orígenes diversos y a menudo tiene unos efectos devastadores. Para poder analizar el riesgo de incendio, primero es necesario conocerlo, decidir sobre la aceptabilidad de los niveles de riesgo, tomar las medidas de prevención para minimizarlo hasta los niveles socialmente aceptables y, en el caso de que el riesgo se manifieste, aplicar las medidas necesarias para mitigarlo. En base a estas razones, se ha aprobado la **Ley**

**3/2010, de 18 de febrero, de prevención y seguridad en materia de incendios de Cataluña**. Su objeto es la ordenación y regulación generales de las actuaciones públicas de prevención y seguridad en materia de incendios en establecimientos, actividades, infraestructuras y edificios. Tiene como finalidad configurar un sistema que integre los mecanismos, protocolos y actuaciones que permitan garantizar unos elevados niveles de seguridad en materia de incendios en los establecimientos, actividades, infraestructuras y edificios ubicados en Cataluña, con independencia de que sean de titularidad pública o privada.

## 8. Organización administrativa

Una de las herramientas indispensables en la consecución de un desarrollo sostenible es la participación pública. Para ello, habrá que canalizar los medios necesarios. Una buena forma de participar en la adopción de decisiones públicas que afectan al medio ambiente, es a través de órganos administrativos. A tal efecto, se aprueba el **Decreto 43/2010, de 30 julio, por el que se establece la naturaleza, funciones y composición del Consejo Asesor de Medio Ambiente de la Comunidad Autónoma de La Rioja**. Entre sus funciones más sustanciales, destacan la de canalización de la participación pública colectiva de los sectores representativos de los intereses sociales y medioambientales; estudio e informe de cuantos asuntos de interés le sean sometidos a consulta por el Gobierno de La Rioja, relacionados con las materias de su ámbito; formulación de propuestas y emisión de cuantos informes le sean solicitados por el Gobierno de La Rioja, su Presidente o por el Presidente del Consejo Asesor de Medio Ambiente de la Comunidad Autónoma de La Rioja; o asesoramiento al Gobierno de La Rioja en temas relacionados con el medio ambiente en general, y en materia de agua en particular, sobre los planes de abastecimiento y de saneamiento y depuración de aguas residuales, obras hidráulicas, y cualesquiera otros con incidencia en el ciclo hidrológico del agua.

# Legislación

Francisca PICAZO

*Jefe del Servicio de Estudios Urbanos de la Dirección General de Suelo y Políticas Urbanas*

## NORMATIVA ESTATAL

### Leyes orgánicas, leyes y reales decreto leyes

- Ley Orgánica 5/2010, 22 junio, modifica la Ley Orgánica 10/1995, 23 noviembre, del Código Penal (BOE 23.06.2010).
- Ley 13/2010, 5 julio, modifica la Ley 1/2005, 9 marzo, por la que se regula el régimen del comercio de derechos de emisión de gases de efecto invernadero, para perfeccionar y ampliar el régimen general de comercio de derechos de emisión e incluir la aviación en el mismo (BOE 06.07.2010).
- Ley 14/2010, 5 julio, sobre las infraestructuras y los servicios de información geográfica en España (BOE 06.07.2010).
- Ley 33/2010, 5 agosto, modifica la Ley 48/2003, 26 noviembre, de Régimen Económico y de Prestación de Servicios en los Puertos de Interés General (BOE 07.08.2010).
- Ley 34/2010, 5 agosto, modifica las Leyes 30/2007, 30 octubre, de Contratos del Sector Público, 31/2007, 30 octubre, sobre procedimientos de contratación en los sectores del agua, la energía, los transportes y los servicios postales, y 29/1998, 13 julio, reguladora de la Jurisdicción Contencioso-Administrativa para adaptación a la normativa comunitaria de las dos primeras (BOE 09.08.2010).
- Real Decreto-ley 8/2010, 20 mayo, adopta medidas extraordinarias para la reducción del déficit público (BOE 24.05.2010, corrección de errores BOE 25 y 26.05.2010).

### Reales decretos

- R.D. 314/2006, 17 marzo, aprueba el Código Técnico de la Edificación. STS 4 mayo 2010 (Sala 3ª), declara la nulidad del art. 2.7, así como la definición del párrafo segundo de uso administrativo y la definición completa de uso pública concurrencia, contenidas en el documento SI del mencionado Código (BOE 30.07.2010).
- R.D. 315/2006, 17 marzo, crea el Consejo para la Sostenibilidad, Innovación y Calidad de la Edificación. STS 23 abril 2010 (Sala 3ª), declara la nulidad del art. 4.5.d) (BOE 24.06.2010).
- R.D. 495/2010, 30 abril, aprueba la Estructura Orgánica Básica de los Departamentos Ministeriales (BOE 06.05.2010, corrección de errores BOE 07.05.2010) y RR.DD. 869/2010, 2 julio (BOE 03.07.2010) y 940/2010, 23 julio (BOE 27.07.2010), que lo modifican.
- R.D. 752/2010, 4 junio, aprueba el Primer Programa de Desarrollo Rural Sostenible para el período 2010-2014 en aplicación de la Ley 45/2007, 13 diciembre, para el Desarrollo Sostenible del Medio Rural (BOE 11.06.2010).
- RR.DD. 869/2010, 2 julio (BOE 03.07.2010) y 940/2010, 23 julio (BOE 27.07.2010), modifican el R.D. 495/2010, 30 abril, que aprueba la Estructura Orgánica Básica de los Departamentos Ministeriales.
- R.D. 903/2010, 9 julio, de Evaluación y Gestión de Riesgos de Inundación (BOE 15.07.2010).

### Reales decretos (continuación)

- R.D. 919/2010, 16 julio, modifica el Reglamento de la Ley de Ordenación de los Transportes Terrestres para adaptarlo a la Ley 25/2009, 22 diciembre, de modificación de diversas leyes para su adaptación a la Ley sobre libre acceso a las actividades de servicios y su ejercicio (BOE 05.08.2010).
- R.D. 929/2010, 23 julio, modifica el R.D. 542/2009, 7 abril, que reestructura los Departamentos Ministeriales (BOE 27.07.2010).
- R.D. 937/2010, 23 julio, regula el Fondo Financiero del Estado para la Modernización de las Infraestructuras Turísticas (BOE 24.07.2010).
- R.D. 939/2010, 23 julio, regula la concesión directa de una subvención al Consorcio Urbanístico para la Mejora y el Embellecimiento de la Playa de Palma (BOE 28.08.2010).
- R.D. 943/2010, 23 julio, modifica el R.D. 106/2008, 1 febrero, sobre pilas y acumuladores y la gestión ambiental de sus residuos (BOE 05.08.2010).

### Otras disposiciones

- Resolución 8 abril 2010, publica el Acuerdo de la Subcomisión de Seguimiento Normativa, Prevención y Solución de Conflictos de la Comisión Bilateral Generalitat-Estado en relación con la Ley de Cataluña 14/2009, 22 julio, de aeropuertos, helipuertos y otras infraestructuras aeroportuarias (BOE 10.05.2010).
- Orden VIV/1174/2010 y Orden VIV/1175/2010, 16 abril, conceden, respectivamente, el Premio Nacional de Arquitectura 2009 y el Premio Nacional de Vivienda 2009 (BOE 07.05.2010).
- Orden VIV/1802/2010, 3 mayo, convoca los Premios Nacionales de Arquitectura, de Urbanismo y de Vivienda, correspondientes al año 2010 (BOE 05.07.2010).
- Orden PRE/1366/2010, 20 mayo, modifica el Reglamento de la Circulación Aérea Operativa, aprobado por el R.D. 1489/1994, 1 julio (BOE 28.05.2010).
- Orden ARM/1625/2010, 15 junio, concede el Premio Extraordinario de Medio Ambiente “Artemio Precioso” (BOE 19.06.2010).
- Resolución 2 julio 2010, sobre la evaluación ambiental, en cumplimiento de la sentencia de la Audiencia Nacional de 11 diciembre 2006, del Estudio informativo del proyecto de la línea de alta velocidad Madrid-Castilla-La Mancha-Comunidad Valenciana-Región de Murcia, tramo Madrid-Albacete/Valencia, subtramo Motilla del Palancar-Valencia, de la Dirección General de Infraestructuras Ferroviarias del Ministerio de Fomento (BOE 10.07.2010).

Cerrado en BB.OO. 31 de agosto de 2010

## NORMATIVA AUTONÓMICA

### Administración local

- |           |   |
|-----------|---|
| ANDALUCÍA | <ul style="list-style-type: none"><li>— Ley 5/2010, 11 junio, de Autonomía Local (BOJA 23.06.2010 y BOE 19.07.2010).</li><li>— Ley 6/2010, 11 junio, participación de las EELL en los tributos de la Comunidad Autónoma (BOJA 24.06.2010 y BOE 19.07.2010).</li></ul>   |
| ARAGÓN    | <ul style="list-style-type: none"><li>— Ley 7/1985, 2 abril, reguladora de las Bases de Régimen Local. Cuestión de inconstitucionalidad nº 1490-2010, en relación con el artículo 73.3, párrafo tercero (BOE 03.08.2010).</li><li>— Ley 9/2009, 22 diciembre, reguladora de Concejos Abiertos. Recurso de inconstitucionalidad nº 2725-2010 (BOE 03.08.2010).</li></ul> |
| ASTURIAS  | <ul style="list-style-type: none"><li>— Decretos 46 y 47/2010, 18 mayo, determinan los topónimos oficiales de los Concejo de Ribadesella y Teverga, respectivamente (BOPA 27.05.2010).</li></ul>  |

## NORMATIVA AUTONÓMICA

### Administración local (*continuación*)

BALEARES	— Ley 4/2010, 16 junio, medidas urgentes para el impulso de la inversión (BOE 06.07.2010).
CASTILLA-LA MANCHA	— Acuerdo 27.04.2010, aprueba el cambio de denominación del municipio de Puebla de Don Francisco por El Valle de Altomira (DOCM 05.05.2010 y BOE 12.07.2010).
CASTILLA Y LEÓN	— Orden 29.04.2010, acuerda hacer pública la separación del municipio de Ponferrada (León) de la Mancomunidad "Comarca de Ponferrada" (BOCyL 20.05.2010). — Acuerdo 17.04.2010, aprueba el cambio de denominación del municipio de Corrales, provincia de Zamora, por la denominación Corrales del Vino (BOCyL 23.06.2010 y BOE 19.07.2010).
CATALUÑA	— Ley 8/2010, 22 abril, creación del municipio de La Canonja (DOGC 30.04.2010 y BOE 25.05.2010).
NAVARRA	— Ley Foral 7/2010, 6 abril, modificación de la Ley Foral 6/1990, 2 julio, de la Administración Local de Navarra, para su adaptación a la Directiva 2006/123/CE, relativa a los servicios en el mercado interior (BOE 27.05.2010). — Ley Foral 13/2010, 17 junio, Plan Extraordinario del Plan de Inversiones Locales para el período 2009-2012 (BON 25.06.2010 y BOE 04.08.2010). — Resolución 15.06.2010, Ayuntamiento de Aranguren (Navarra), referente al cambio de denominación de la capitalidad del municipio (BOE 07.07.2010).
VALENCIA	— Ley 4/2010, 14 mayo, establece la aplicación al Municipio de Torrent del Régimen de Organización de los Municipios de Gran Población (DOGV 20.05.2010 y BOE 09.06.2010). — Ley 5/2010, 14 mayo, establece la aplicación al Municipio de Gandía del Régimen de Organización de los Municipios de Gran Población (DOGV 03.06.2010 y BOE 19.06.2010). — Ley 7/2010, 14 mayo, establece la aplicación al Municipio de Orihuela del Régimen de Organización de los Municipios de Gran Población (DOGV 10.06.2010 y BOE 28.06.2010). — Ley 8/2010, 23 junio, de Régimen Local (DOGV 24.06.2010 y BOE 23.07.2010). — Decreto 64/2010, 16 abril, aprueba el cambio de denominación del municipio de Masalavés por la forma exclusiva en valenciano de Massalavés (BOE 07.05.2010).

### Aguas

ANDALUCÍA	— Ley 4/2010, 8 junio, de Aguas (BOJA 22.06.2010, BOE 19.07.2010 y BOE 27.08.2010).
-----------	---

### Carreteras

NAVARRA	— Orden Foral 12.05.2010, aprueba el Catálogo de Carreteras de Navarra y el mapa oficial de carreteras de Navarra (BON 25.06.2010).
LA RIOJA	— Ley 4/2010, 30 abril, revisa y actualiza el Plan Regional de Carreteras (BOR 07.05.2010 y BOE 24.05.2010).

## NORMATIVA AUTONÓMICA

### Cultura

#### ARAGÓN

- Decreto 68/2010, 13 abril, declara BIC (Conjunto de Interés Cultural, Zona Arqueológica), el yacimiento denominado “La Vispesa”, en Tamárite de Litera (Huesca) (BOA 27.04.2010).
- Decreto 135/2010, 6 julio, declara BIC el Conjunto Histórico de Jaca (Huesca) (BOA 20.07.2010).

#### BALEARES

- Real Decreto 493/2010, 23 abril, declara BIC (Zona Arqueológica), la Zona Paleontológica de Punta des Migjorn en el municipio de Es Castell en Menorca (BOE 11.05.2010).
- Resolución 16.06.2010, referente a la declaración de BIC a favor de Son Real, en Santa Margarita (BOE 08.07.2010).

#### CASTILLA-LA MANCHA

- Acuerdo 6.07.2010, declara BIC (Conjunto Histórico), las Fábricas de Metales de Riópar (Albacete) (DOCM 20.07.2010).
- Acuerdo 13.07.2010, declara BIC (Zona Arqueológica), el Pozo de Nieve, localizado en Alpera (Albacete) (DOCM 20.07.2010).

#### CASTILLA Y LEÓN

- Acuerdo 27.05.2010, declara Cervera de Pisuerga (Palencia), BIC (Conjunto Histórico) (BOCyL 02.06.2010 y BOE 09.07.2010).
- Acuerdo 24.06.2010, declara las denominadas “Antiguas Tenerías del Arrabal de San Segundo” en Ávila BIC (Zona Arqueológica) (BOCyL 01.07.2010 y BOE 22.07.2010).

#### MURCIA

- Decretos 76, 77 y 78/2010, 23 abril, declaran BIC (Zona Arqueológica), respectivamente, el Conjunto de “El Prado y Los Cipreses” en Jumilla, el yacimiento “El Rincón de Almendricos” y la Alquería del Cortijo del Centeno en Lorca (BORM 29.04.2010).
- Resolución 7.04.2010, declara Bien catalogado por su Relevancia Cultural el Yacimiento Arqueológico Taller Lítico F-11 en Abanilla (Murcia) (BORM 06.05.2010).
- Resoluciones 21.05.2010, declaran Bienes catalogados por su relevancia cultural los Yacimientos Arqueológicos Calblanque I y Taller Lítico 28, en Cartagena (Murcia) (BORM 08.06.2010).
- Resoluciones 15.06.2010, declaran Bienes catalogados por su relevancia cultural los Yacimientos Arqueológicos siguientes: finca El Pino, Lo Poyo IV, El Carmolí Pequeño, La Loma de El Algar, Mar de Cristal y Puentes de Pacheco, todos de Cartagena (Murcia) (BORM 07.07.2010).
- Resoluciones 16.06.2010, declaran Bienes catalogados por su relevancia cultural los Yacimientos Arqueológicos siguientes: Barranco de la Peña Blanca en Puerto Lumbreras, Cabo de Palos en Cartagena, El Morterico en Abanilla y La Loma en Cartagena (Murcia) (BORM 15.07.2010).

#### VALENCIA

- Ley 2/2010, 31 marzo, de medidas de protección y revitalización del Conjunto Histórico de la ciudad de Valencia. Recursos de inconstitucionalidad nº 803-2010 y 2977.2010, acumulados, en relación con diversos preceptos.

## NORMATIVA AUTONÓMICA

### Espacios Naturales

ANDALUCÍA	— Ley 7/2010, 14 julio, para la Dehesa (BOJA 23.07.2010 y BOE 10.08.2010).
ARAGÓN	— Decreto 71/2007, 13 abril, declaración del Paisaje Protegido de las Fozes de Fago y Biniés (BOA 27.04.2010).
CASTILLA-LA MANCHA	— Decreto 46/2010, 4 mayo, declara la Microrreserva: Complejo lagunar del Río Moscas, en los términos municipales de Arcas del Villar, Cuenta y Fuentes, de la provincia de Cuenca (DOCM 07.05.2010). — Decreto 97/2010, 1 junio, extingue el Organismo Autónoma Espacios Naturales de Castilla-La Mancha (DOCM 08.06.2010).
CASTILLA Y LEÓN	— Ley 5/2010, 28 mayo, modifica la Ley 4/2000, 27 junio, de declaración del Parque Natural de fuentes Carrionas y Fuente cobre-Montaña Palentina (BOCyL 02.06.2010 y BOE 14.06.2010).
CATALUÑA	— Ley 15/2010, 28 mayo, declaración del Parque Natural del Montgrí, les Illes Medes i el Baix Ter, de dos Reservas Naturales Parciales y de una Reserva Natural Integral (DOGC 03.06.2010 y BOE 28.06.2010).
VALENCIA	— Decreto 111/2010, 30 julio, declara Paraje Natural Municipal el enclave denominado la Colaita, en el término municipal de Llombai (DOGV 03.08.2010). — Orden 26.05.2010, declara 11 microrreservas de flora en la provincia de Alicante (DOGV 10.06.2010). — Orden 9.07.2010, declara Paraje Natural Municipal el enclave denominado Sierra de Chiva, en el término municipal de Chiva (DOGV 13.07.2010).

### Estructura Orgánica

ARAGÓN	— Decreto 129/2010, 6 julio, modifica del Decreto 225/2007, 18 septiembre, aprueba la Estructura Orgánica del Departamento de Política Territorial, Justicia e Interior (BOA 20.07.2010).
BALEARES	— Ley 5/2010, 16 junio, reguladora del Consell Consultiu (BOCAIB 22.06.2010 y BOE 06.07.2010). — Ley 7/2010, 21 julio, normas reguladoras del sector público instrumental (BOCAIB 29.07.2010).
CANTABRIA	— Ley 1/2010, 27 abril, modifica la Ley 6/2002, 10 diciembre, de Régimen Jurídico del Gobierno y de la Administración y la Ley 11/2006, 17 julio, de Organización y Funcionamiento del Servicio Jurídico (BOC 07.05.2010).
CASTILLA-LA MANCHA	— Decreto 94/2010, 1 junio, de la Estructura Orgánica y las competencias de los distintos órganos de la Consejería de Ordenación del Territorio y Vivienda (DOCM 08.06.2010). — Decreto 96/2010, 1 junio, de la Estructura Orgánica y las competencias de la Consejería de Agricultura y Medio Ambiente (DOCM 08.06.2010).
CATALUÑA	— Ley 12/2010, 19 mayo, del Consejo de Gobiernos Locales (BOE 15.06.2010).
NAVARRA	— Decreto Foral 37/2010, 14 junio, modifica el Decreto Foral 124/2007, 3 septiembre, que establece la Estructura Orgánica del Departamento de Desarrollo Rural y Medio Ambiente (BON 30.06.2010).

## NORMATIVA AUTONÓMICA

### Medio Ambiente

CANARIAS	— Ley 4/2010, 4 junio, del Catálogo Canario de Especies Protegidas (BOE 21.06.2010).
CASTILLA Y LEÓN	— Decreto 87/2010, 29 junio, aprueba el Programa de gestión de Residuos Municipales de Cataluña (PROGREMIC) y se regula el procedimiento de distribución de la recaudación de los cánones sobre la eliminación de los Residuos Municipales (DOGC 06.07.2010). — Decreto 88/2010, 29 junio, aprueba el Programa de gestión de Residuos Industriales de Cataluña (PROGRIC) y modifica el Decreto 93/1999, 6 abril, sobre procedimientos de gestión de residuos (DOGC 06.07.2010). — Decreto 89/2010, 29 junio, aprueba el Programa de gestión de Residuos de Construcción de Cataluña (PROGROC), se regula la producción y gestión de los residuos de la construcción y demolición, y el canon sobre la deposición controlada de los residuos de la construcción (DOGC 06.07.2010).
EXTREMADURA	— Ley 5/2010, 23 junio, Prevención y Calidad Ambiental (DOE 24.06.2010 y BOE 15.07.2010).
GALICIA	— Decreto 138/2010, 5 agosto, que establece el procedimiento y las condiciones técnico-administrativas proyectos de repotenciación de parques eólicos (DOG 13.08.2010).
NAVARRA	— Orden Foral 23.06.2010, regula el uso del fuego en suelo rústico y se establecen medidas de prevención de incendios forestales (BON 16.07.2010).
LA RIOJA	— Decreto 43/2010, 30 julio, establece la naturaleza, funciones y composición del Consejo Asesor de Medio Ambiente (BOR 04.08.2010).

### Ordenación del Territorio y Urbanismo

ANDALUCÍA	— Ley 3/2010, 21 mayo, modifica diversas leyes para la transposición en Andalucía de la Directiva 2006/123/CE, 12 diciembre, del Parlamento Europeo y del Consejo, relativa a los Servicios en el Mercado Interior (BOJA 08.06.2010 y BOE 22.06.2010).
ARAGÓN	— Ley 3/2010, 7 junio, modifica parcialmente la Ley 6/2003, 27 febrero, del Turismo de Aragón (BOA 21.06.2010 y BOE 16.07.2010). — Ley 4/2010, 22 junio, modifica la Ley 9/1998, 22 diciembre, de Cooperativas (BOE 12.08.2010). — Decreto 100/2010, 7 junio, salva una omisión en el Decreto 84/2010, 11 mayo, por el que se aprueba el marco organizativo para la aplicación en Aragón de la Ley 45/2007, 13 diciembre, para el Desarrollo Sostenible del Medio Rural (BOA 21.06.2010). — Decreto 101/2010, 7 junio, aprueba el Reglamento del Consejo de Urbanismo de Aragón y de los Consejos Provinciales de Urbanismo (BOA 15.06.2010). — Decreto 132/2010, 6 julio, aprueba el Reglamento del Consejo de Ordenación del Territorio (BOA 20.07.2010).
BALEARES	— Ley 8/2010, 27 julio, de medidas para la revalorización Integral de la Playa de Palma (BOE 20.08.2010).

## NORMATIVA AUTONÓMICA

### Ordenación del Territorio y Urbanismo (continuación)

BALEARES	<ul style="list-style-type: none"> <li>— Ley 9/2010, 27 julio, de declaración de interés autonómico la construcción del campo de golf de Son Bosc en Muro (BOE 25.08.2010).</li> <li>— Ley 10/2010, 27 julio, de medidas urgentes relativas a determinadas infraestructuras y equipamientos de interés general en materia de Ordenación Territorial, Urbanismo y de impulso a la inversión (BOE 26.08.2010).</li> <li>— Decreto 57/2010, 16 abril, desarrolla y complementa diversas disposiciones reglamentarias establecidas en el R.D. 1027/2007, 20 julio, que aprueba el Reglamento de instalaciones térmicas en los edificios (RITE) (BOCAIB 24.04.2010).</li> </ul>
CANARIAS	<ul style="list-style-type: none"> <li>— Resolución 11.06.2010, hace público el Acuerdo de la Comisión de Ordenación del Territorio y Medio Ambiente de 26.05.2010, relativo a criterio interpretativo sobre determinados preceptos de la Ley 6/2009, 6 mayo, relativos a los Proyectos de Actuación Territorial (BOCAN 22.06.2010).</li> </ul>
CANTABRIA	<ul style="list-style-type: none"> <li>— Ley 2/2010, 4 mayo, modifica la Ley 1/2002, 26 febrero, del Comercio de Cantabria y otras normas complementarias para su adaptación a la Directiva 2006/123/CE, del Parlamento Europeo y del Consejo, de 12 diciembre 2006, relativa a los Servicios en el Mercado Interior (BOE 29.05.2010).</li> <li>— <b>Ley 6/2010, 30 julio, de Medidas urgentes en materia de Ordenación del Territorio y Urbanismo</b> (BOE 28.08.2010).</li> </ul>
CASTILLA-LA MANCHA	<ul style="list-style-type: none"> <li>— Ley 2/2010, 13 mayo, de Comercio (DOCM 21.05.2010 y BOE 23.07.2010)</li> <li>— Ley 4/2010, 10 junio, de creación de la Empresa Pública de Gestión de Infraestructuras Aeroportuarias (BOC 13.07.2010).</li> <li>— <b>Decreto Legislativo 1/2010, 17 mayo, aprueba el Texto Refundido de la Ley de Ordenación del Territorio y de la Actividad Urbanística</b> (DOCM 21.05.2010).</li> <li>— Decreto 177/2010, 1 julio, modifica el Reglamento de Suelo Rústico, aprobado por Decreto 242/2004, 27 julio (DOGC 06.07.2010).</li> <li>— Decreto 178/2010, 1 julio, aprueba la Norma Técnica de Planeamiento para homogeneizar el contenido de la documentación de los planes municipales (DOGC 07.07.2010).</li> </ul>
CASTILLA Y LEÓN	<ul style="list-style-type: none"> <li>— Ley 6/2010, 28 mayo, declaración de Proyecto Regional del “Complejo de Ocio y Aventura Meseta-Ski” (BOCyL 11.06.2010 y BOE 28.06.2010).</li> </ul>
CATALUÑA	<ul style="list-style-type: none"> <li>— Ley 7/2010, 21 abril, modifica la Carta Municipal de Barcelona (DOGC 30.04.2010 y BOE 25.05.2010).</li> <li>— Ley 22/2010, 20 julio, del Código de consumo (BOE 13.08.2010).</li> <li>— Ley 23/2010, 22 julio, modifica la Ley 1/1995 y la Ley 23/1983 para fijar el ámbito de planificación territorial de El Penedés (DOGC 29.07.2010 y BOE 14.08.2010).</li> <li>— <b>Decreto Legislativo 1/2010, 3 agosto, que aprueba el Texto Refundido de la Ley de Urbanismo</b> (DOGC 05.08.2010).</li> <li>— Decreto 96/2010, 20 julio, disuelve y liquida el Consorcio Urbanístico para el Desarrollo de la Villa Olímpica y el Parque de la Draga (DOGC 22.07.2010).</li> </ul>

## NORMATIVA AUTONÓMICA

### Ordenación del Territorio y Urbanismo (continuación)

CATALUÑA	— Ley 2/2010, 25 marzo, de medidas urgentes de modificación de la Ley 9/2002, 30 diciembre, de Ordenación Urbanística y Protección del Medio Rural (BOE 19.07.2010).
GALICIA	— Decreto 76/2010, 29 abril, aprueba el Reglamento de la Comisión Gallega de Delimitación Territorial (DOG 11.05.2010). — Decreto 103/2010, 17 junio, modifica el Decreto 39/2007, 8 marzo, que regula la composición y funcionamiento de las Comisiones Territoriales del Patrimonio Histórico Gallego (DOG 01.07.2010). — Orden 23 julio 2010, aprueba inicialmente el Plan de Ordenación del Litoral de Galicia, procede a la apertura del trámite de información pública y adopta medidas cautelares (DOG 30.07.2010).
MADRID	— Ley 3/2010, 22 junio, de Instalaciones Aeronáuticas (BOCM 29.06.2010).
NAVARRA	— Ley Foral 5/2010, 6 abril, de accesibilidad universal y diseño para todas las personas (BOE 26.05.2010).
PAÍS VASCO	— Resolución 19 febrero 2010 que aprueba el “Manual de Inspecciones Periódicas de Instalaciones Térmicas en Edificios” en su edición 1ª (BOPV 13.05.2010).

### Vivienda

ARAGÓN	— Ley 4/2010, 22 junio, modifica la Ley 9/1998, 22 diciembre, de Cooperativas de Aragón (BOA 25.06.2010).
ASTURIAS	— Ley 4/2010, 29 junio, de Cooperativas de Asturias (BOPA 12.07.2010).
BALEARES	— Decreto 56/2010, 23 junio, crea y regula el funcionamiento del Registro de demandantes de vivienda protegida (BOPA 02.07.2010).
CANARIAS	— Orden 23 julio 2010, aprueba inicialmente el Plan de Ordenación del Litoral de Galicia, procede a la apertura del trámite de información pública y adopta medidas cautelares (DOG 30.07.2010). — Ley 5/2010, 21 junio, de Fomento a la Participación Ciudadana (BOCAN 30.06.2010).
CANTABRIA	— Decreto 47/2010, 6 mayo, modifica el Decreto 135/2009, 20 octubre, que regula las actuaciones del Plan de Vivienda de Canarias (2009-2012), y otras normas en materia de vivienda (BOCAN 17.05.2010). — Decreto 121/2008, 11 diciembre, autoriza la modificación de los Estatutos de la Empresa Pública Gestión de Viviendas e Infraestructuras en Cantabria, Sociedad Limitada (Gesvicam) (BOC 19.07.2010).
CASTILLA-LA MANCHA	— Orden 10.05.2010, regula la organización y funcionamiento del Registro de Demandantes de Viviendas Protegidas (BOC 28.05.2010). — Decreto 72/2010, 25 mayo, modifica el Decreto 173/2009, 10 noviembre, que aprueba el V Plan Regional de Vivienda y Rehabilitación de Castilla-La Mancha 2009-2010 (DOCM 28.05.2010).
CASTILLA Y LEÓN	— Orden 3.06.2010, establece los precios máximos de venta para el stock de viviendas libres determinadas que se encuentran sin vender (BOCyL 18.06.2010).

## NORMATIVA AUTONÓMICA

### Vivienda (continuación)

GALICIA	<ul style="list-style-type: none"> <li>— <i>Decreto 29/2010, 4 marzo, aprueba las Normas de habitabilidad de viviendas</i> (Corrección de errores en DOG 29.06.2010).</li> <li>— Decreto 84/2010, 27 mayo, regula el Programa Aluga, para el fomento del alquiler de viviendas (DOG 02.06.2010).</li> </ul>
MURCIA	<ul style="list-style-type: none"> <li>— Decreto 169/2010, 25 junio, modifica el Decreto 321/2009, 2 octubre, por el que se regula el Plan Regional de Vivienda para el cuatrienio 2009-2012 (BORM 29.06.2010).</li> </ul>
NAVARRA	<ul style="list-style-type: none"> <li>— <b>Ley Foral 10/2010, 10 mayo, del Derecho a la Vivienda</b> (BON 17.05.2010 y BOE 31.05.2010).</li> </ul>
VALENCIA	<ul style="list-style-type: none"> <li>— Decreto 105/2010, 25 junio, modifica los Decretos 90/2009, 26 junio, 189/2009, 23 octubre y 66/2009, 15 mayo, que aprueban, respectivamente, el Reglamento de Viviendas de Protección Pública, el Reglamento de Rehabilitación de Edificios y Viviendas y el Plan Autonómico de Vivienda 2009-2012 (DOGV 01.07.2010).</li> </ul>
PAÍS VASCO	<ul style="list-style-type: none"> <li>— Decreto Foral 16/2010, 15 junio, modifica los Decretos Forales 6/1999, 26 enero, y 6/1990, 20 febrero, de desarrollo de la Norma Foral 12/1989, 5 julio, del Impuestos sobre Bienes Inmuebles (BOPV 22.06.2010).</li> <li>— Decreto Foral 77/2010, 1 junio, modifica el Decreto Foral 188/2006, 28 noviembre, que aprueba las Normas Técnicas para la determinación del Valor Mínimo Atribuible (BOPV 14.06.2010).</li> <li>— Orden 29.03.2010 de realojo derivado de actuaciones aisladas no expropiatorias realizadas por las Administraciones municipales (BOPV 26.05.2010).</li> </ul>

Cerrado en BB.OO. 31 de agosto de 2010

# Planeamiento urbanístico

## PLANEAMIENTO GENERAL EN TRAMITACIÓN EN MUNICIPIOS MAYORES DE 20.000 HABITANTES

COMUNIDAD AUTÓNOMA	PROVINCIA	MUNICIPIO	Población Derecho 1996	PLAN VIGENTE	PLANEAMIENTO EN TRÁMITE				
					Tipo	Inicio	Avance	Aprobación inicial	Aprobación provisional
ANDALUCÍA	ALMERÍA	Almería	187.521	PG/1998	PG	20.08.05			
		Adra	23.880	NS/1996					
		El Ejido	80.987	PG/2009					
		Níjar	26.126	NS/1996	PG	11.02.06			
		Roquetas de Mar	77.423	PG/2009					
		Vícar	21.515	PG/2001					
CÁDIZ	CÁDIZ	Cádiz	127.200	PG/1995	PG		16.02.09	04.06.10	
		Algeciras	115.338	PG/2001					
		Arcos de la Frontera	31.017	PG/1995					
		Barbate	22.851	PG/1995					
		Barrios Los	21.977	PG/2008					
		Chiclana	76.171	PG/2007					
		Conil de la Frontera	20.752	PG/2001					
		Jerez de la Frontera	205.364	PG/2009					
		La Línea	64.240	PG/1985	PG	27.12.02			
		Puerto de Santa María	86.288	PG/1992	PG		26.02.03	04.07.06	
		Puerto Real	39.648	PG/2010					
		Rota	27.918	PG/1995					
		San Fernando	96.155	PG/1992	PG	15.04.02	26.04.06		
		Sanlúcar de Barrameda	64.434	PG/1996	PG	30.01.06			
		San Roque	28.653	PG/2000	PG		30.01.06		
CÓRDOBA	CÓRDOBA	Córdoba	325.543	PG/2002					
		Baena	21.260	PG/2003					
		Cabra	21.288	PG/2010					
		Lucena	41.698	PG/2000					
		Montilla	23.811	NS/1992					
		Palma del Río	21.440	PG/2007					
		Priego	23.309	NS/2000					
		Puente Genil	29.503	PG/1991					

(continuación)

COMUNIDAD AUTÓNOMA	PROVINCIA	MUNICIPIO	Población Derecho 1996	PLAN VIGENTE	PLANEAMIENTO EN TRÁMITE				
					Tipo	Inicio	Avance	Aprobación inicial	Aprobación provisional
ANDALUCÍA	GRANADA	Granada	236.988	PG/2001	PG			02.03.07	
		Almuñécar	27.544	PG/1987	PG	24.11.95		17.08.05	
		Armilla	20.882	PG/2008					
		Baza	23.287	NS/1984					
		Guadix	20.326	PG/2002					
		Loja	21.570	PG/1994					
		Maracena	20.297	NS/1995					
		Motril	59.163	PG/2004					
HUELVA	HUELVA	Huelva	148.027	PG/1999	PG			28.09.06	
		Almonte	21.452	PG/2006					
		Isla Cristina	20.982	PG/2008					
		Lepe	25.041	PG/2006					
JAÉN	JAÉN	Jaén	116.417	PG/1995					
		Alcalá la Real	22.524	PG/2005					
		Andújar	38.979	PG/2010					
		Linares	61.340	PG/1995					
		Martos	24.520	PG/1999					
		Úbeda	34.462	PG/1996					
MÁLAGA	MÁLAGA	Málaga	566.447	PG/1997	PG	26.01.07			
		Alhaurín de la Torre	33.567	NS/1990					
		Alhaurín el grande	22.785	PG/1994					
		Antequera	45.037	PG/2010					
		Benalmádena	55.960	PG/2003	PG	17.10.06			
		Cártama	20.436	PG/2009					
		Coín	21.484	PG/1998					
		Estepona	62.848	PG/1994	PG		12.12.05		
		Fuengirola	68.646	PG/2010					
		Marbella	130.549	PG/2010					
		Mijas	70.437	PG/2000	PG		30.06.04	05.08.05	
		Nerja	22.621	PG/2000					
		Rincón de la Victoria	37.145	PG/1992	PG			05.08.05	
		Ronda	36.532	PG/1993					
SEVILLA	SEVILLA	Torremolinos	63.077	PG/1996					
		Vélez-Málaga	72.842	PG/1996					
		Sevilla	699.759	PG/2006					
		Alcalá de Guadaira	68.452	PG/1994					
		Camas	25.780	PG/2000					
		Carmona	27.950	NS/1984	PG	20.03.93	30.06.94		
		Coria del Río	27.528	NS/2001					

## Documentación

(continuación)

COMUNIDAD AUTÓNOMA	PROVINCIA	MUNICIPIO	Población Derecho 1996	PLAN VIGENTE	PLANEAMIENTO EN TRÁMITE				
					Tipo	Inicio	Avance	Aprobación inicial	Aprobación provisional
ANDALUCÍA	SEVILLA	Dos Hermanas	120.323	PG/2002	PG				20.04.07
		Écija	40.143	PG/2010					
		La Rinconada	35.097	PG/2008					
		Lebrija	26.046	PG/2001					
		Mairena del Aljarafe	39.831	PG/2003					
		Morón de la Frontera	28.259	NS/1982					
		Palacios y Villafranca (Los)	36.350	PG/2008					
		S. Juan de Aznalfarache	20.249	NS/1983	NS				03.08.94
		Tomares	21.921	PG/2006					
		Utrera	50.098	PG/2002					
ARAGÓN	ZARAGOZA	Zaragoza	666.129	PG/2008					
		Calatayud	21.905	PG/1998	PG				04.07.09
		Huesca	51.117	PG/2008					
		Teruel	35.037	PG/1985	PG				13.10.09
PRINCIPADO DE ASTURIAS	ASTURIAS	Oviedo	220.644	PG/2005					
		Avilés	83.517	PG/2006					
		Castrillón	22.843	PG/2001	PG			08.08.05	03.03.06
		Gijón	275.699	PG/2006	PG	17.02.10			07.08.10
		Langreo	45.663	PG/1984	PG	24.04.08			16.10.08
		Mieres	44.459	PG/2006					
		S. Martín del Rey Aurelio	18.810	NS/1997	PG	06.08.04			
		Siero	50.233	PG/2006					
ISLAS BALEARES	BALEARES	Palma de Mallorca	396.570	PG/1999					
		Calviá	47.934	PG/2000					
		Ciutadella de Menorca	28.696	PG/2006					
		Eivissa	46.835	PG/2009					
		Inca	29.450	PG/2005					
		Llucmajor	35.092	PG/1999	PG				20.01.06
		Mahón	28.904	PG/1987	PG				30.03.06
		Manacor	39.434	NS/1980	PG				30.03.07
		Marratxi	32.380	NS/1999	NS				11.10.05
		Sant Antoni de Portmany	21.082	PG/2001					
		Sant Josep de sa talaia	21.304	NS/1986					
		Sta. Eulalia del Río	30.364	PG/2004					
CANARIAS	LAS PALMAS DE GRAN CANARIA	Las Palmas de Gran Canaria	381.123	PG/2000	PG	28.08.08			
		Agüimes	28.224	PG/2004	PG	28.08.08			
		Arrecife	59.040	PG/2004	PG				02.04.07
		Arucas	35.542	NS/2005	PG			15.03.09	27.95.10
		Gáldar	23.951	NS/2006					

(continuación)

COMUNIDAD AUTÓNOMA	PROVINCIA	MUNICIPIO	Población Derecho 1996	PLAN VIGENTE	PLANEAMIENTO EN TRÁMITE				
					Tipo	Inicio	Avance	Aprobación inicial	Aprobación provisional
CANARIAS	LAS PALMAS DE GRAN CANARIA	Ingenio	28.809	PG/2005	PG	28.08.08			29.08.08
		Mogán	20.391	NS/1987	PG	28.08.08			
		Oliva (La)	21.354	NS/2000					
		Pájara	20.283	PG/1999	PG	28.08.08			
		Puerto del Rosario	35.293	PG/1996	PG	28.08.08			
		S. Bartolomé de Tirajana	51.260	PG/1996	PG	28.08.08			
		Santa Lucía	61.325	PG/2008					
	SANTA CRUZ DE TENERIFE	Telde	99.201	PG/2002	PG	28.08.08			
		Santa Cruz de Tenerife	221.956	PG/2006	PG				16.02.07
		Adeje	41.002	NS/1982	PG			03.08.06	
		Arona	75.903	PG/1994	PG	10.04.03			
		Candelaria	23.394	PG/2007					
		Guía de Isora	20.004	PG/2005	PG	16.09.08			
		Granadilla de Abona	38.866	PG/2005					
		Icod de los Vinos	24.087	PG/2009					
		La Laguna	148.375	PG/2005	PG	12.03.09			
		La Orotava	40.945	PG/2004					
		Llanos de Ariadna (Los)	20.525	PG/1987	PG	15.09.08			
		Puerto de la Cruz	31.804	PG/2006					
		Realejos (Los)	37.385	PG/2010					
		Tacoronte	23.369	PG/2010					
CANTABRIA	CANTABRIA	Santander	182.302	PG/1997	PG	17.08.09			
		Camargo	31.086	PG/1988	PG			13.01.03	
		Castro Urdiales	30.814	PG/1997	PG	30.05.07			
		Torrelavega	55.910	PG/1986	PG	28.02.05	26.10.05		
CASTILLA-LA MANCHA	ALBACETE	Albacete	166.909	PG/1999	PG	09.10.06			
		Almansa	25.591	PG/1985					
		Hellín	31.054	PG/1994	PG		31.10.08		
		Villarrobledo	26.311	PG/1993					
		Ciudad Real	72.208	PG/1997	PG	02.11.10			
CIUDAD REAL		Alcázar de San Juan	30.408	PG/1992					
		Puertollano	51.305	PG/1990					
		Tomelloso	37.532	PG/1984	PG	06.08.93			
		Valdepeñas	30.255	NS/1984	NS	23.09.96			
		Cuenca	54.600	PG/1995					
GUADALAJARA	Guadalajara		81.221	PG/2000					
		Azuqueca de Henares	30.794	PG/1999					
TOLEDO	Toledo		80.810	PG/2008					
		Talavera de la Reina	87.763	PG/1997	PG		08/07/08		

(continuación)

COMUNIDAD AUTÓNOMA	PROVINCIA	MUNICIPIO	Población Derecho 1996	PLAN VIGENTE	PLANEAMIENTO EN TRÁMITE				
					Tipo	Inicio	Avance	Aprobación inicial	Aprobación provisional
CASTILLA Y LEÓN	ÁVILA	Ávila	56.144	PG/2006	PG		15.02.10		
	BURGOS	Burgos	177.879	PG/1999	PG		17/07/08	21.01.10	
		Aranda de Duero	32.460	PG/2000					
		Miranda de Ebro	39.589	PG/1999	PG			05.01.04	22.09.04
	LEÓN	León	135.119	PG/2004					
		Ponferrada	67.969	PG/2007					
		San Andrés del Rabanedo	30.217	NS/2010					
	PALENCIA	Palencia	82.626	PG/2008					
	SALAMANCA	Salamanca	155.740	PG/2007					
	SEGOVIA	Segovia	56.858	PG/2008					
SORIA	Soria		39.078	PG/2006					
	VALLADOLID	Valladolid	318.461	PG/2003					
		Laguna de Duero	21.483	PG/1999	PG		12.07.06	22.03.07	07.09.10
		Medina del Campo	21.256	PG/2008					
	ZAMORA	Zamora	66.672	PG/2001	PG			31.12.09	
CATALUÑA	BARCELONA	Barcelona	1.615.908	PG/1976					
		Badalona	215.329	PG/1976					
		Barbera del Vallés	30.271	PG/2010					
		Castellar del Vallès	22.626	PG/2005					
		Castelldefels	60.572	PG/1976					
		Cerdanyola del Vallès	58.493	PG/1976					
		Cornellá de Llobregat	85.180	PG/1976					
		Esparreguera	21.451	PG/2005					
		Esplugues de Llobregat	46.586	PG/1976					
		Gavá	45.190	PG/1976					
		Granollers	60.122	PG/2007					
		Hospitalet de Llobregat	253.782	PG/1976					
		Igualada	38.164	PG/1986					
		Manresa	75.053	PG/1997					
		Manlleu	20.505	PG/2008					
		Masnou (El)	22.066	PG/2001					
		Martorell	26.169	PG/1992					
		Mataró	119.780	PG/2005					
		Molins de Rei	23.828	PG/1976					
		Mollet del Vallès	51.912	PG/2005					
		Moncada i Reixac	32.750	PG/1976					
		Olesa de Montserrat	22.914	PG/1993					
		Pineda de Mar	25.931	PG/1992					
		Prat de Llobregat	62.899	PG/1976					

(continuación)

COMUNIDAD AUTÓNOMA	PROVINCIA	MUNICIPIO	Población Derecho 1996	PLAN VIGENTE	PLANEAMIENTO EN TRÁMITE				
					Tipo	Inicio	Avance	Aprobación inicial	Aprobación provisional
CATALUÑA	BARCELONA	Premia de Mar	27.545	PG/1991	PG	14.04.03	21.06.06		
		Ripollet	36.255	PG/1976					
		Rubí	71.927	PG/2006					
		Sabadell	203.969	PG/1994					
		Sant Adrià de Besos	33.223	PG/1976					
		Sant Andreu de la Barca	26.279	PG/1981					
		Sant Boi de Llobregat	81.335	PG/1976					
		Sant Pere de Ribes	28.066	PG/2001					
		Sta. Coloma de Gramenet	117.336	PG/1976					
		Sant Cugat del Vallès	76.274	PG/1976					
		Sant Feliu de Llobregat	42.628	PG/1976					
		Sant Joan Despí	31.647	PG/1976					
		Sant Vicenç dels Horts	27.461	PG/1976					
		Santa Perpetua de Mogoda	24.325	PG/2005					
		Sitges	27.070	PG/2006					
		Terrasa	206.245	PG/2003					
		Vic	38.964	PG/1981	PG	15.03.06			
		Viladecans	62.573	PG/1976					
		Vilanova i la Geltrú	64.905	PG/2001					
		Vilafranca del Penedés	37.364	PG/2004					
GIRONA		Girona	94.484	PG/2006					
		Blanes	39.107	PG/2010					
		Figueres	42.809	PG/2005					
		Lloret de Mar	37.734	PG/2007					
		Olot	32.903	PG/2004					
		Palafrugell	22.109	PG/2007					
		S. Feliu de Gixols	21.726	PG/2006					
		Salt	28.763	PG/2005					
LLEIDA		Lleida	131.731	PG/2003					
TARRAGONA	Tarragona	Tarragona	137.536	PG/2005					
		Amposta	20.652	PG/1985					
		Calafell	22.939	PG/2006					
		Cambrils	30.956	PG/2006					
		El Vendrell	34.931	PG/2006					
		Reus	107.770	PG/2005					
		Salou	27.754	PG/2003					
		Tortosa	35.734	PG/2007					
		Vila-seca	20.039	PG/1993					
		Valls	24.710	PG/1988					

(continuación)

COMUNIDAD AUTÓNOMA	PROVINCIA	MUNICIPIO	Población Derecho 1996	PLAN VIGENTE	PLANEAMIENTO EN TRÁMITE				
					Tipo	Inicio	Avance	Aprobación inicial	Aprobación provisional
COMUNIDAD VALENCIANA	ALICANTE	Alicante	331.750	PG/1987	PG				27.03.10
		Alfàs del Pi (l')	20.939	PG/1987					
		Alcoy/Alcoi	61.698	PG/1989					
		Altea	23.532	PG/1982					
		Benidorm	70.280	PG/1990					
		Calpe	29.228	PG/1994					
		Campello	26.043	PG/1986	PG			03.10.05	
		Crevillente	28.432	PG/1984	PG	30.07.04			
		Denia	44.035	PG/2006					
		Elche	228.348	PG/1998					
		Elda	55.174	PG/1985					
		Ibi	24.093	PG/2000					
		Javea/Xabia	31.140	PG/1991					
		Mutxamel	21.481	NS/1998					
		Novelda	27.008	NS/1992*					
		Orihuela	84.626	PG/1990					
		Petrer	34.109	PG/1998					
		Pilar de la horadada	21.424	PG/2000					
		Sant Joan d'Alacant	21.681	PG/1991					
		San Vicente del Raspeig	51.507	PG/2002					
		Santa Pola	30.987	PG/2009					
		Torrevieja	101.381	PG/2000					
		Villajoyosa	32.534	PG/1999					
		Villena	34.928	PG/2004					
CASTELLÓN	CASTELLÓN	Castellón de la Plana	177.924	PG/2000					
		Almazora/Almassora	23.891	PG/1998					
		Benicarló	26.381	PG/1987	PG		26.02.02		
		Burriana	34.235	PG/2004					
		Onda	25.362	PG/1994					
		Vall d' Uixó (La)	32.617	PG/1995					
		Villarreal	50.626	PG/1993					
VALENCIA	VALENCIA	Vinaroz	27.912	PG/2001					
		Valencia	807.200	PG/1988					
		Alaquás	30.297	PG/1990	PG	03.03.05			
		Alboraya	22.174	PG/1991					
		Aldaia	29.173	PG/1990					
		Alfafar	20.655	PG/1991					
		Algemesí	27.770	PG/1987	PG	06.08.04			
		Alzira	43.892	PG/2002					

(continuación)

COMUNIDAD AUTÓNOMA	PROVINCIA	MUNICIPIO	Población Derecho 1996	PLAN VIGENTE	PLANEAMIENTO EN TRÁMITE			
					Tipo	Inicio	Avance	Aprobación inicial
COMUNIDAD VALENCIANA	VALENCIA	Bétera	20.292	PG/2000				
		Burjassot	37.667	PG/1990				
		Carcaixent	21.973	PG/1998				
		Catarroja	25.552	PG/1988	PG	06.07.06		
		Cullera	23.777	PG/1995	PG	21.06.06		
		Gandia	79.958	PG/1999				
		Lliria	22.441	PG/2006				
		Manises	30.478	PG/2003	PG	24.07.06		
		Mislata	43.740	PG/1988				
		Moncada	21.651	PG/1994				
		Oliva	28.279	PG/1982				
		Ontinyent	37.518	PG/2007				
		Paiporta	23.245	PG/1999				
		Paterna	61.941	PG/1991				
		Quart de Poblet	25.441	PG/1992				
		Requena	20.807	NS/1988				
		Sagunto	65.821	PG/1997				
		Sueca	28.713	PG/2001				
		Torrent	76.927	PG/1991	PG	21.03.06		
		Xàtiva	29.363	PG/2000				
		Xirivella	30.633	PG/1989	PG			27.10.92
EXTREMADURA	BADAJOZ	Badajoz	146.832	PG/2007				
		Almendralejo	33.177	PG/1996	PG			02.03.09
		Don Benito	35.334	PG/2006	PG			29.06.10
		Mérida	55.568	PG/2000				
		Villanueva de la Serena	25.576	PG/1983	PG			11.08.10
CÁCERES	CÁCERES	Cáceres	92.187	PG/2010				
		Plasencia	40.105	PG/1997	PG	16.02.09		
GALICIA	A CORUÑA	Coruña (A)	245.164	PG/1998				
		Ames	25.818	PG/2002				
		Arteixo	28.961	NS/1995	PG	06.07.01	03.09.03	
		Cambre	22.900	NS/1994	PG	29.09.97	29.08.01	
		Carballo	30.653	PG/2003				
		Culleredo	27.670	PG/1987	PG	14.06.96	07.05.97	12.11.02
		Ferrol	74.696	PG/2001				
		Narón	37.008	PG/2002				
		Oleiros	32.381	PG/2009				
		Ribeira	27.430	PG/2003	PG	10.09.08		
		Santiago de Compostela	94.339	PG/2008				

## Documentación

(continuación)

COMUNIDAD AUTÓNOMA	PROVINCIA	MUNICIPIO	Población Derecho 1996	PLAN VIGENTE	PLANEAMIENTO EN TRÁMITE				
					Tipo	Inicio	Avance	Aprobación inicial	Aprobación provisional
GALICIA	LUGO	Lugo	95.416	PG/1990	PG	20.01.97	26/04/00	10.02.06	23.01.09
		Monforte de Lemos	19.486	NS/1985	PG	08.10.08			
	OURENSE	Ourense	107.057	PG/2003	PG	16.09.08			
	PONTEVEDRA	Pontevedra	80.749	PG/1989	PG	21.10.03			
		Cangas	25.537	NS/1994	PG		29.03.01	03.02.05	
		Estrada (a)	21.886	NS/1978	PG	29.09.08			
		Lalín	21.130	PG/1999					
		Marín	25.879	NS/1978	PG	12.03.04		01.03.07	
		Ponteareas	22.750	NS/1995	PG	14.03.03			
		Redondela	30.036	NS/1987	PG	18.04.01	11.04.02		
		Vigo	295.703	PG/2008					
		Villagarcía de Arousa	37.329	PG/2000	PG	13.08.08			
C. DE MADRID	MADRID	Madrid	3.213.271	PG/1997					
		Alcalá de Henares	203.645	PG/1991	PG	16.02.99	02.12.05		
		Alcobendas	107.514	PG/2009					
		Alcorcón	167.997	PG/2008					
		Aranjuez	52.224	PG/1996					
		Arganda del Rey	50.309	PG/1999	PG	14.02.03			
		Boadilla del Monte	41.807	PG/2002					
		Ciempozuelos	21256	PG/2008					
		Colmenar Viejo	42.649	PG/2002					
		Collado Villalba	54.658	PG/2001					
		Coslada	89.918	PG/1995	PG	09.08.04			
		Fuenlabrada	194.791	PG/1999	PG		30.05.07		
		Galapagar	31.261	NS/1976	PG	25.06.97	11.08.00	28.07.05	
		Getafe	164.043	PG/2003					
		Leganés	184.209	PG/2000					
		Majadahonda	66.585	PG/1998					
		Mejorada del Campo	22.267	PG/1997					
		Móstoles	206.275	PG/2009					
		Navalcarnero	20.058	PG/2009					
		Parla	108.051	PG/1997	PG	27.04.04			
		Pinto	42.445	PG/2002	PG		19.12.05		
		Pozuelo de Alarcón	81.365	PG/2002					
		Rivas-Vaciamadrid	64.808	PG/2004					
		Rozas de Madrid (Las)	83.428	PG/1994	PG		25.08.04	14.03.06	
		San Fernando de Henares	40.654	PG/2002					
		San Sebastián de los Reyes	72.414	PG/2002					
		Torrejón de Ardoz	116.455	PG/1999					

(continuación)

COMUNIDAD AUTÓNOMA	PROVINCIA	MUNICIPIO	Población Derecho 1996	PLAN VIGENTE	PLANEAMIENTO EN TRÁMITE				
					Tipo	Inicio	Avance	Aprobación inicial	Aprobación provisional
C. DE MADRID	MADRID	Torrelodones	21.231	PG/1997					
		Valdemoro	58.623	PG/2004					
		Villaviciosa de Odón	26.248	PG/1999	PG	07.11.05	06.08.09		
		Tres Cantos	40.606	PG/2003					
R. DE MURCIA	MURCIA	Murcia	430.571	PG/2001	PG		09.07.04	02.02.05	
		Águilas	34.101	PG/2003	PG	21.08.04	08.02.05	09.10.06	
		Alcantarilla	40.458	PG/1984	PG	21.11.98	16.01.03	29.12.06	
		Caravaca de la Cruz	26.240	PG/2005					
		Cartagena	210.376	PG/1987	PG			23.03.09	21.12.09
		Cieza	35.141	PG/2008					
		Jumilla	25.348	PG/2004					
		Lorca	90.924	PG/2003					
		Mazarrón	34.351	PG/1989	PG	26.10.06			
		Molina de Segura	62.407	PG/2006					
		San Javier	30.653	NS/1990					
		San Pedro del Pinatar	23.272	PG/1984					
		Torres de Cotillas (las)	20.456	NS/2010					
		Torre-Pacheco	30.351	NS/1995	PG	01.06.04	16.12.05		
		Totana	28.976	NS/1981	PG		19.08.04		20.01.07
		Yecla	34.869	PG/1984	PG		22.12.05		
C.F. NAVARRA	NAVARRA	Pamplona	197.275	PG/2003					
		Barañain	22.193	PG/1991					
		Tudela	33.910	PG/1991	PG	02.12.05			
PAÍS VASCO	ÁLAVA	Vitoria-Gasteiz	232.477	PG/2001					
		Llodio	18.276	PG/1993	PG	01.03.05	30.03.07		
	GUIPUZCOA	Donostia-San Sebastián	182.248	PG/1995					
		Eibar	27.496	PG/2006					
		Irún	60.914	PG/1999					
		Arrasate o Mondragón	21.974	PG/2003					
		Rentería	38.505	PG/2004					
		Zarautz	22.274	PG/2008					
		Bilbao	353.340	PG/1995					
	VIZCAYA	Basauri	42.966	PG/2000					
		Barakaldo	97.328	PG/2000					
		Durango	27.861	NS/2005					
		Erandio	23.978	NS/1992	PG **	10.10.94	01.08.97		
		Galdakao	29.234	PG/1995					
		Getxo	81.260	PG/2000	PG		24.07.06		
		Leioa	29.748	PG/2001					

## Documentación

(continuación)

COMUNIDAD AUTÓNOMA	PROVINCIA	MUNICIPIO	Población Derecho 1996	PLAN VIGENTE	PLANEAMIENTO EN TRÁMITE			
					Tipo	Inicio	Avance	Aprobación inicial
PAÍS VASCO	VIZCAYA	Portugalete	48.205	PG/1993				
		Santurtzi	47.004	PG/1998*				
		Sestao	29.638	PG/2000				
LA RIOJA	LOGROÑO	Logroño	150.071	PG/2002	PG			17.07.09
		Calahorra	24.338	PG/2007				
CEUTA		Ceuta	77.389	PG/1992				
MELILLA		Melilla	71.448	PG/1995				

30 de septiembre de 2010

## Recensiones y reseñas de libros recibidos

**Accesibilidad y diseño urbano: calidad y seguridad para todos en los espacios públicos urbanizados:** F. ALONSO LÓPEZ (coord.), Ministerio de Vivienda, Centro de Publicaciones, Madrid 2010; 25 x 21 cm. 253 pp. PVP. 28€ ISBN: 978-84-96387-54-6

La Convención Internacional sobre los Derechos de las Personas con Discapacidad y su Protocolo Facultativo de 2006 de las Naciones Unidas (ONU), ratificada por España y en vigor desde mayo de 2009, recuerda que la accesibilidad para las personas con discapacidad es un derecho fundamental de igualdad y no discriminación que debe seguir evolucionando.

De este principio fundamental y del concepto de “vida independiente” había partido, ya en el año 2003, el Estado español cuando, al amparo de la competencia exclusiva para regular las condiciones básicas que garanticen la igualdad de todos los españoles en el ejercicio de los derechos y el cumplimiento de los deberes constitucionales, reconocida en el artículo 149.1.1<sup>a</sup> de la Constitución, aprobó la Ley de Igualdad de Oportunidades, no Discriminación y Accesibilidad Universal de las personas con discapacidad (LIONDAU) y, posteriormente, el Real Decreto 505/2007, de 20 de abril, por el que se aprobaron las condiciones básicas de accesibilidad y no discriminación de las personas con discapacidad para el acceso y utilización de los espacios públicos urbanizados y edificaciones.

Con este marco de referencia, en cumplimiento del mandato establecido por las Disposición final cuarta del citado Real Decreto y con plena conciencia de que la accesibilidad para las personas con discapacidad debe evolucionar, el Ministerio de Vivienda Ministerio de Vivienda ha elaborado la Orden Ministerial VIV/561/2010 *por la que se desarrolla el documento técnico de condiciones básicas de accesibilidad y no discriminación para el acceso y utilización de los espacios públicos urbanizados* es un avance considerable para delimitar las condiciones técnicas y establecer un estándar mínimo para todos.

La Orden Ministerial es el documento técnico del que parte el libro que aquí se presenta para analizar los distintos aspectos de su aplicación. Para realizar

la aproximación a la realidad normativa y técnica en que esta Orden se inserta el libro se ha dividido en tres partes. La primera analiza los criterios de accesibilidad dispersos entre distintas normas legales y técnicas preexistentes, tanto en el ámbito nacional como internacional, reflexionando sobre lo que han aportado desde su aprobación, las diferencias a unificar y con qué criterios hacerlo. Este es el objetivo de esa primera parte del libro, denominada **CONTEXTO NORMATIVO**, en la que participan técnicos como Ángela DE LA CRUZ, Subdirectora General de Urbanismo del Ministerio de Vivienda, los arquitectos Eliana PIRES, Rafael REYES y Ana María VIEITEZ, socios de la Oficina de Arquitectura, Accesibilidad y Movilidad de Barcelona, OAAMB, y Nieves PEINADO, arquitecta del Centro de Referencia Estatal de Autonomía Personal y Ayudas Técnicas, CEAPAT, además de Fernando ALONSO LÓPEZ, que es el coordinador de la publicación. Estos trabajos permiten conocer más a fondo los antecedentes y los fundamentos, desde la normativa estatal y autonómica a la normativa internacional sin olvidar las normas técnicas.

La segunda parte aborda más específicamente algunos de los **CONTENIDOS DE LA ORDEN MINISTERIAL**. Para ello, Consuelo DEL MORAL, arquitecta y profesora, realiza una panorámica general del texto legal. Mariano CALLE, urbanista y arquitecto, y el equipo de OAAMB abordan conjuntamente uno de los aspectos principales de la Orden Ministerial: el **Itinerario Peatonal Accesible**, IPA, el concepto de mayor envergadura en esta norma, por cuanto pretende ser la columna vertebral de la accesibilidad en la ciudad. Un tercer artículo, de Fernando ALONSO aborda un tema complejo de gran interés: la señalización táctil para personas con discapacidad visual, partiendo para ello de las últimas investigaciones y trabajos empíricos sobre el tema que marcan el camino de lo que debe ser una unificación de criterios internacionales.

La parte final recoge **REFLEXIONES Y CRITERIOS** en torno a la accesibilidad en la ciudad. Para ello cuenta con las aportaciones de Christian KISTERS y Marcos MONTES, consultores y diseñadores urbanos en estudios de movilidad urbana y soluciones de coexistencia de peatones, vehículos a motor y bicicletas.

tas. El ingeniero José Antonio JUNCÁ aborda las soluciones de integración del mobiliario urbano en el espacio público desde una perspectiva de accesibilidad. Los colectivos de personas con discapacidad están también representados en un tema que casi siempre ha estado ausente en las normativas: la accesibilidad sensorial al espacio público. Mª Jesús VICENTE y Concepción BLOCONA, especialistas de la ONCE, por una parte, y Carmen JAUDENES y Begoña GÓMEZ NIETO, del área técnica de la Federación Española de Asociaciones de Padres y Amigos de los Sordos, FIAPAS, por otra, abordan los distintos aspectos del tema. Finalmente, el grupo formado por los arquitectos Xavier y Marta GARCÍA MILÁ y el ingeniero Ignasi GUSTEMS reflexionan sobre cómo la accesibilidad incide sobre la transformación de la ciudad.

PPG

**João Vilanova Artigas:** G. WISNIK (ed), K. FRAMPTON & J. VILANOVA ARTIGAS & G. WISNIK (textos), 2G N.54, Editorial Gustavo Gili SL, julio de 2010; 30 x 23 cm. 145 pp páginas ilustradas en color, PVP. 28.37€, ISBN: 978-84-252-2353-2

**João VILANOVA ARTIGAS** (Curitiba 1915-São Paulo 1985), arquitecto brasileño maestro de la llamada 'Escuela de São Paulo', adoptó el **hormigón armado** como lenguaje plástico y constructivo a partir de finales de la década de 1950. Basándose en las posibilidades técnicas del material, definió la volumetría de sus edificios mediante osados conceptos estructurales de grandes luces. Sus proyectos y obras conllevan una voluntad de ser ejemplares para contribuir al desarrollo técnico y social del país, una ambición propia de la ciudad de **São Paulo**: el centro económico e industrial de Brasil, ajeno al optimismo hedonista de Río de Janeiro y a su arquitectura moderna, asociada a Oscar NIEMEYER.

Por primera vez fuera de Brasil, **2G** presenta la **sección más amplia** de este gran arquitecto, considerado el maestro de la arquitectura realizada en São Paulo en las décadas de 1960 y 1970. Una obra marcada por el compromiso entre **inquietud poética y rigor constructivo**, que en los últimos años cruzó las fronteras de la arquitectura brasileña gracias a la

divulgación internacional de la obra de Paulo MENDES DA ROCHA (1928).

La obra de João VILANOVA ARTIGAS, que abarca en conjunto casi cinco décadas, es prolífica y extensa. Desgraciadamente, buena parte de esa obra se encuentra actualmente en condiciones de conservación precarias. Como resultado, el conjunto más expresivo de obras bien —o razonablemente bien— conservadas está formado por **residencias unifamiliares y edificios de viviendas** escogidas siguiendo criterios de importancia estética y discursiva, preferentemente de la denominada fase 'brutalista', que es, sin duda, la más personal y radical del arquitecto. Entre estas obras cabe destacar: el edificio Louveira (1946-1949), la segunda casa de Vilanova Artigas (1949), la casa Baeta (1956-1957), la casa Rubens de Mendonça (1958-1959), la segunda casa Taques Bittencourt (1959), la casa Ivo Viterito (1962-1963), la casa Mendes André (1966-1967), la casa Elza Berquó (1967) y la casa Martirani (1969-1974), todas ellas en São Paulo.

A este conjunto se han añadido algunas **obras públicas** fundamentales, como el instituto de educación secundaria de Guarulhos (1960-1962), el conjunto de viviendas CECAP Zezinho Magalhães Prado (1967-1972), las estaciones de autobuses de Londrina (1950-1952) y Jaú (1973-1975), y el edificio de la Facultad de Arquitectura y Urbanismo de la Universidade de São Paulo (FAU-USP, 1961-1968), su obra maestra. El ideal político y arquitectónico de VILANOVA ARTIGAS era construir para la colectividad, de ahí que sea en el programa de edificios públicos donde su filosofía encontró un campo de investigación más propicio y contundente.

En el **nexus** s presentan dos textos escritos por el arquitecto: 'Los caminos de la arquitectura moderna' (1952) y 'Una falsa crisis' (1965). Pensador marxista combativo, VILANOVA ARTIGAS expresa en estos textos dos momentos cruciales de su carrera.

Todos los **reportajes fotográficos** que ilustran las obras han sido realizados a propósito para esta publicación por **NELSON KON**. También se han redibujado *ex profeso* diversos proyectos.

PPG

# Índices de CIUDAD Y TERRITORIO

## Estudios Territoriales

### Vol. XLII Año 2010, números. 163 a 166 (cuarta época)

1. **Índice cronológico:** con los 52 artículos publicados en los cuatro números aparecidos, siguiendo su **orden de inserción** en la Revista, incorporando:
  - numérico correlativo que se les ha atribuido en el conjunto de ÍNDICES CRONOLÓGICOS de la cuarta época (desde 2010)
  - el título del trabajo
  - el nombre y apellidos de sus respectivos autores
  - el n.º de CYTET
  - su paginación dentro del volumen (año)
  - descriptores que se han utilizado para remitir a ellos en el correspondiente **índice de materias**.
2. **Índice onomástico de autores:** recoge la ordenación alfabética por apellidos de los colaboradores de estos volúmenes de la Revista, remitiéndose a su respectivo trabajo mediante la referencia del mismo índice cronológico.
3. **Índice de materias/descriptores:** mediante las referencias numéricas se remite a los correspondientes artículos del Índice cronológico.

La Secretaría de Redacción de CyTET  
Madrid, diciembre de 2010

#### 1. Índice cronológico de números y artículos

Nº 163, VOL XLII. PRIMAVERA 2010

- PRESENTACIÓN
- 1 “Presentación”  
Rafael MATA OLMO  
163: 5-8. Descript.: Presentaciones.
- ESTUDIOS
- 2 “Ordenación del territorio y protección del agua subterránea: análisis de integración en la Sierra de Cañete (Málaga)”  
Alberto JIMÉNEZ MADRID & Carlos MARTÍNEZ NAVARRETE & Francisco CARRASCO CANTOS  
163: 09-18. Descript.: Ordenación del territorio. Urbanismo. Directivas europeas. Planificación hidráulica. Agua. Málaga.

- 3 “La valoración urbanística y la valoración económico-financiera: confluencia”  
Carmen Esther FALCÓN PÉREZ & Francisco SERRANO MORACHO.  
163: 19-48. Descript.: Valoraciones urbanísticas. Valoraciones económico-financieras
- 4 “Impacto de los campos de golf en Levante”  
José Ramón NAVARRO VERA & Armando ORTUÑO PADILLA  
163: 35-33. Descript.: Transformación del territorio. Abastecimiento de agua. Movilidad urbana. Turismo. Valencia (Comunidad Autónoma). Murcia (Región).
- 5 “Concentración espacial de la propiedad de la tierra, megaproyectos inmobiliarios y transformación del paisaje: caso Valdeluz”  
Esther Isabel PRADA LLORENTE  
163: 49-66. Descript.: Propiedad de la tierra.

## Libros y Revistas

- Megaproyectos inmobiliarios. Ciudad dispersa. Transformación del paisaje.
- 6 "Estrategias de regeneración urbanay segregación residencial en Bilbao: apariencias y realidades"  
**Enrique ANTOLÍN IRIA & José Manuel FERNÁNDEZ & SOBRADO & Eneko LORENTE BILBAO**  
**163:** 67-81. Descript.: Segregación residencial. Regeneración urbana. Bilbao
- 7 "Los barrios informales del Área Metropolitana de Buenos Aires: evolución y crecimiento en las últimas décadas"  
**María Cristina CRAVINO & Juan Pablo DEL RÍO & Juan Ignacio DUARTE**  
**163:** 83-95. Descript.: Crecimiento urbano. Análisis demográfico. Villas miseria. Área Metropolitana de Buenos Aires.
- 8 "Redes locales y aprendizaje interactivo: el caso de la industria de apoyo exportador de la región del Bío-Bío, Chile"  
**Francisco GATICA NEIRA**  
**163:** 97-111. Descript.: Desarrollo local. Innovación. Externalidades. Redes sociales.
- OBSERVATORIO INMOBILIARIO
- 9 "2009. La nueva construcción sufrió el ajuste"  
**Julio RODRÍGUEZ LÓPEZ**  
**163:** 113-139. Descript.: Mercado inmobiliario español.
- INTERNACIONAL
- 10 Argentina. "La integración de arquitectura y ambiente: buenas noticias desde Argentina"  
**Rubén PESCI**  
**163:** 140-142. Descript.: Buenas prácticas. Argentina.
- 11 Italia. "El 'consumo del suelo en Italia'"  
**Federico OLIVA**  
**163:** 142-145. Descript.: Consumo de suelo. Italia.
- 12 Brasil. Historia del desarrollo territorial en "Campos de las Delicias"  
**Fania FRIDMAN**  
**163:** 145-150. Descript.: Desarrollo territorial. Historia. Brasil.
- DOCUMENTACIÓN
- 13 "Crónica Jurídica"  
**Omar BOUAZZA ARIÑO**  
**163:** 151-154. Descript.: normativa jurídica.
- 14 "Normativa estatal y autonómica"  
**Francisca PICAZO RUIZ**  
**163:** 177-183. Descript.: Índices de legislación urbanística de 2010. España.
- Nº 164, VOL XLI. VERANO 2009
- PRESENTACIÓN
- 15 "Presentación"  
**Rafael MATA OLMO**  
**164:** 185-187. Descript.: Presentaciones.
- ESTUDIOS
- 16 "La delimitación y organización espacial de las áreas metropolitanas españolas: una perspectiva desde la movilidad residencia-trabajo"  
**J. M. FERIA TORIBIO**  
**164:** 189-210. Descript.: Áreas metropolitanas. Movilidad. Dinámica espacial. España.
- 17 "El impacto del ruido sobre la formación espacial de los valores inmobiliarios: un análisis para el mercado residencial de Barcelona"  
**Carlos MARMOLEJO DUARTE & Carlos Adrián & González TAMEZ**  
**164:** 211-232. Descript.: Contaminación acústica. Valoraciones. Precios hedónicos.
- 18 "Revitalización urbana y lucha contra la pobreza: 25 años de cooperación española en defensa del patrimonio urbano"  
**Luis SUÁREZ-CARREÑO**  
**164:** 233-245. Descript.: Patrimonio urbano. Cooperación al desarrollo. Centros históricos. Revitalización urbana. Rehabilitación urbana.
- 19 "Las estrategias de ordenación, desarrollo y cooperación territorial en Galicia a principios del siglo XXI"  
**Antonio DOVAL ADÁN**  
**164:** 246-266. Descript.: Galicia. Desarrollo regional. Planes de desarrollo comarcal. Directrices de ordenación territorial. Planificación territorial.
- 20 "Territorios intermedios en la Región Metropolitana de Barcelona: identidad y reciclaje"  
**Pere VALLS**  
**164:** 267-283. Descript.: Área Metropolitana de Barcelona. Ciudad dispersa. Ordenación territorial urbana. Regeneración urbana. Sostenibilidad territorial.
- 21 "Iniciativas territoriales para la protección de ámbitos litorales: el caso de Andalucía"  
**Alfonso MULERO MENDIGORRI**  
**164:** 285-311. Descript.: Ordenación del territorio. Espacios naturales protegidos. Planificación medioambiental. Gestión del litoral.
- 22 "Turismo de patrimonio minero y desarrollo local: las percepciones de la comunidad de Lota en Chile"  
**María Isabel LÓPEZ MEZA & Rafael E. GALDAMES FUENTES & Luis Leonardo SEGUEL BRIONES**  
**164:** 313-330. Descript.: Patrimonio cultural. Turismo. Desarrollo local. Renovación urbana.
- OBSERVATORIO INMOBILIARIO
- 23 "La incierta recuperación del mercado de vivienda en 2010"  
**Julio RODRÍGUEZ LÓPEZ**  
**164:** 335-356. Descript.: Mercado inmobiliario español.
- INTERNACIONAL
- 24 Italia "La crisis del urbanismo y las responsabilidades de los urbanistas"  
**Federico OLIVA**  
**164:** 357-360. Descript.: Urbanismo. Urbanistas. Italia.

- 25 **Argentina. "El Club de las Ciudades Ilustres Latinoamericanas"**  
**Rubén PESCI**  
**164:** 360-362. Descript.: Ciudades. Argentina.
- 26 **Francia: Los principios del urbanismo en Francia: de la ley Solidaridad y renovación urbanas (2000) al desarrollo sostenible"**  
**Laurent COUDROY DE LILLE**  
**164:** 362-363. Descript.: Urbanismo. Ley Solidaridad y renovación urbanas. Desarrollo sostenible. Francia.
- 27 **Italia. "El legado paisajístico de Bruno Zevi (1918-2000) diez años después"**  
**Graziella TROVATO**  
**164:** 364-366. Descript.: Bruno ZEV. Paisaje. Italia.
- DOCUMENTACIÓN
- 28 **"Por una gestión y regeneración urbana sostenible e integrada. Crónica de la Conferencia de Alto Nivel sobre Sostenibilidad Urbana y Regeneración Urbana Integrada en Europa"**  
**Omar BOUAZZA & Graziella TROVATO & Rafael MATA**  
**164:** 367-371. Descript.: Conferencia de Alto Nivel sobre Sostenibilidad Urbana y Regeneración Urbana Integrada. Regeneración urbana integrada. Sostenibilidad urbana. Europa.
- 29 **"Crónica Jurídica"**  
**Omar BOUAZZA ARIÑO**  
**164:** 409-410. Descript.: normativa jurídica.
- 30 **"Normativa estatal y autonómica"**  
**Francisca PICAZO RUIZ**  
**164:** 411-418. Descript.: Índices de legislación urbanística de 2010. España.
- Nº 165-166, VOL XLII OTOÑO-INVIERNO 2010  
Monográfico "TECNOLOGÍAS DE LA INFORMACIÓN GEOGRÁFICA PARA LA GESTIÓN TERRITORIAL Y URBANA"
- PRESENTACIÓN
- 31 **"Presentación"**  
**Rafael MATA OLMO & Javier GUTIÉRREZ PUEBLA**  
**165-166:** 425-430. Descript.: Presentaciones.
- ESTUDIOS
- 32 **"Las tecnologías de la información geográfica en la planificación urbana y la ordenación del territorio: viejos retos, nuevas direcciones"**  
**Javier GUTIÉRREZ PUEBLA**  
**165-166:** 431-445. Descript.: Tecnologías de la información geográfica. Información geográfica en Internet. Análisis multicriterio. Análisis de accesibilidad a los servicios. Simulación de procesos espacio-temporales.
- 33 **"Geovisualización: espacio, tiempo y territorio"**  
**José OJEDA ZÚJAR**  
**165-166:** 445-459. Descript.: Geovisualización. 3D. 4D. IDE. Globos virtuales. Web 2.0.
- 34 **"Los modelos de localización óptima como herramientas para la planificación territorial y urbana de instalaciones y equipamientos"**  
**Antonio MORENO JIMÉNEZ & Joaquín BOSQUE SENDRA**  
**165-166:** 461-480. Descript.: Modelos de localización óptima. Métodos de planificación territorial. Equipamientos.
- 35 **"Instrumentos de simulación prospectiva del crecimiento urbano"**  
**Francisco AGUILERA BENAVENTE & Montserrat GÓMEZ DELGADO & Carolina de Carvalho CANTERGIANI**  
**165-166:** 481-495. Descript.: Modelos de simulación prospectivos. Crecimiento urbano. Autómatas celulares. Análisis multicriterio.
- 36 **"Detección de clusters y otras estructuras regionales y urbanas con técnicas de econometría espacial"**  
**Coro CHASCO YRIGOYEN**  
**165-166:** 497-512. Descript.: Modelos de localización óptima. Métodos de planificación territorial. Equipamientos.
- 37 **"Los Sistemas de Información Geográfica aplicados a la Evaluación Ambiental en la planificación de infraestructuras de transporte"**  
**Rosa M. ARCE RUIZ & Emilio ORTEGA PÉREZ & Isabel OTERO PASTOR**  
**165-166:** 513-528. Descript.: Sistemas de Información Geográfica. Evaluación de Impacto Ambiental. Evaluación Ambiental Estratégica. Infraestructuras. Transporte.
- 38 **"Las aplicaciones de los Sistemas de Información Geográfica al estudio de amenazas naturales: las amenazas asociadas al retroceso de glaciares y a los desprendimientos"**  
**Nuria ANDRÉS DE PABLO & Luis Miguel TANARRO GARCÍA & David PALACIOS ESTREMEÑA**  
**165-166:** 529-550. Descript.: Sistemas de Información Geográfica. Riesgos naturales. Retroceso glaciar. Desprendimientos.
- 39 **"Avances en teledetección: instrumentos y aplicaciones"**  
**M. Pilar MARTÍN ISABEL & Mariano GARCÍA ALONSO & F. Javier MARTÍNEZ VEGA**  
**165-166:** 551-564. Descript.: Teledetección espacial, Hiperespectral, LiDAR, Ordenación del territorio.
- 40 **"Breve presentación de los sistemas de información nacionales y autonómicos"**  
**María Dolores AGUADO FERNÁNDEZ**  
**165-166:** 565-569. Descript.: Sistemas de Información Geográfica. Sistema de Información Urbanística (SIU). España.
- 41 **"El sistema de información urbana"**  
**Emilio LÓPEZ ROMERO & Miguel BAIGET LLOM-PART & María Isabel MADURGA CHORNET**  
**165-166:** 571-584. Descript.: Arquitectura contemporánea. Vivienda. Género. Sostenibilidad. Sistemas complejos.

- 42 "La Sede Electrónica del Catastro"  
**Ignacio DURÁN BOO**  
**165-166:** 585-595. Descript.: Catastro. Parcela. Sistemas de Información Geográfica. Administración Electrónica.
- 43 "El SIGPAC: "hoy las ciencias adelantan..."  
**Francisco MONTERO LABERTI**  
**165-166:** 597-606. Descript.: Sistemas de información geográfica. Sistema de Identificación Geográfica de Parcelas Agrícolas Español (SIGPAC).
- 44 "Estrategias para implantar las TIC en el urbanismo: la experiencia en Castilla y León"  
**Alberto GONZÁLEZ MONSALVE**  
**165-166:** 607-614. Descript.: Urbanismo. Nuevas tecnologías. Castilla y León. Sistema de Información Urbanística de Castilla y León (SIUCYL).
- 45 "Herramienta de diseño de planeamiento urbanístico y territorial de Extremadura"  
**Fernando CEBALLOS-ZÚÑIGA RODRÍGUEZ**  
**165-166:** 615-628. Descript.: Planeamiento urbanístico. Herramienta de Diseño de Planeamiento Urbanístico y Territorial HDPUyt Extremadura.
- 46 "Sistematización Informática del Planeamiento Urbanístico de Canarias"  
**Manuel BLANCO BAUTISTA & Juan Miguel BARBERO FRANCISCO**  
**165-166:** 629-634. Descript.: Gestión del suelo. Planeamiento urbanístico. Sistema de Información Territorial de Canarias (SITCAN). Canarias.
- 47 "UDALPLAN. Un Sistema de Información Geográfico al servicio de la ordenación del territorio del País Vasco"  
**Jesús María ERQUICIA OLACIREGUI & Enrique IBÁÑEZ PÉREZ DE ARENAZA & Álvaro ARROYO DÍAZ**  
**165-166:** 635-648. Descript.: Arquitectura contemporánea. Diseño arquitectónico. Diseño urbano. Innovación tecnológica. Innovación constructiva. Vivienda social.
- OBSERVATORIO INMOBILIARIO
- 48 "2010. Lenta recuperación del mercado de vivienda. Mejoran las ventas".  
**Julio RODRÍGUEZ LÓPEZ**  
**165-166:** 657-674. Descript.: Mercado inmobiliario español.
- DOCUMENTACIÓN
- 49 "Crónica Jurídica"  
**Omar BOUAZZA ARIÑO**  
**165-166:** 675-678. Descript.: normativa jurídica.
- 50 "Normativa estatal y autonómica"  
**Francisca PICAZO RUIZ**  
**165-166:** 679-687. Descript.: Índices de legislación urbanística de 2010. España.
- 51 **Planeamiento General de los Municipios mayores de 20.000 habitantes adaptado a TRLS/07.**  
**165-166:** 688-698. Descript.: Estado del planeamiento municipal. España

## 2. Índice onomástico de autores

(Los números indicados se refieren al N° del artículo del Índice cronológico anterior)

- AGUADO FERNÁNDEZ, María Dolores: 40  
 ANTOLÍN IRIA, Enrique: 6  
 AGUILERA BENAVENTE, Francisco: 36  
 ANDRÉS DE PABLO, Nuria: 38  
 ARCE RUIZ, Rosa M.: 35  
 ARROYO DÍAZ, Álvaro: 47  
 BAIGET LLOMPART, Miguel: 41  
 BARBERO FRANCISCO, Juan Miguel: 46  
 BLANCO BAUTISTA, Manuel: 46  
 BOSQUE SENDRA, Joaquín: 34  
 BOUAZZA ARIÑO, Omar: 13, 28, 29, 49  
 CANTERGIANI DE CARVALHO, Carolina: 35  
 CARRASCO CANTOS, Francisco: 2  
 CHASCO YRIGOYEN, Coro: 36  
 CEBALLOS-ZÚÑIGA RODRÍGUEZ, Fernando: 45  
 COUDROY DE LILLE, Laurent: 26  
 CRAVINO, María Cristina: 7  
 DOVAL ADÁN, Antonio: 19  
 DUARTE, Juan Ignacio: 7  
 DURÁN BOO, Ignacio: 42  
 ERQUICIA OLACIREGUI, Jesús María: 47  
 FERIA TORIBIO, José María: 16  
 FRIDMANN, Fania: 13  
 FALCÓN PÉREZ, Carmen Esther: 3  
 FERNÁNDEZ SOBRADO, José Manuel: 6  
 GALDAMES FUENTES, Rafael E.: 22  
 GARCÍA ALONSO, Mariano: 39  
 GATICA NEIRA, Francisco Eduardo: 8  
 GONZÁLEZ MONSALVE, Alberto: 44  
 GONZÁLEZ TAMEZ, Carlos Adrián: 17  
 GÓMEZ DELGADO, Montserrat: 35  
 GUTIÉRREZ PUEBLA, Javier: 32  
 IBÁÑEZ PÉREZ DE ARENAZA, Enrique: 47  
 JIMÉNEZ MADRID, Alberto: 2  
 LÓPEZ MEZA, MARÍA ISABEL: 22  
 LÓPEZ ROMERO, Emilio: 41  
 LORENTE BILBAO, José Ignacio: 6  
 MADURGA CHORNET, María Isabel: 41  
 MARTÍN ISABEL, M. Pilar: 39  
 MARTÍNEZ VEGA, F. Javier: 39  
 MARTÍNEZ NAVARRETE, Carlos: 2  
 MATA OLMO, Rafael: 1, 15, 28, 31  
 MARMOLEJO DUARTE, Carlos: 17  
 MONTERO LABERTI, Francisco: 43  
 MORENO JIMÉNEZ, Antonio: 34  
 MULERO MENDIGORRI, Alfonso: 21  
 NAVARRO VERA, José Ramón: 4  
 OJEDA ZÚJAR, José: 33  
 OLIVA, Federico: 11, 24  
 ORTEGA PÉREZ, Emilio: 37  
 OTERO PASTOR, Isabel: 37  
 ORTUÑO PADILLA, Armando: 4  
 PALACIOS ESTREMERA, David: 38  
 PESCI, Rubén: 10, 25  
 PICAZO RUIZ, Francisca: 14, 30, 50

PRADA Llorente, Esther Isabel: 5  
 RÍO, Juan Pablo DEL: 7  
 RODRÍGUEZ LÓPEZ, JULIO: 9, 23, 48  
 SEGUEL BRIONES, Luis Leonardo: 22  
 SERRANO MORACHO, Francisco: 3  
 SUÁREZ-CARREÑO, Luis: 18  
 TANARRO GARCÍA, Luis Miguel: 38  
 TROVATO, Graziella: 27, 28

### 3. Índice de descriptores de materias

3D: 33  
 4D: 33  
 Abastecimiento de agua: 4  
 Administración Electrónica: 42  
 Agua: 2  
 Análisis de accesibilidad a los servicios: 32  
 Análisis demográfico: 7  
 Análisis multicriterio: 32, 36  
 Área Metropolitana de Barcelona: 20  
 Área Metropolitana de Buenos Aires: 7  
 Áreas metropolitanas: 16  
 Argentina: 10, 25  
 Autómatas celulares: 36  
 Bilbao: 6  
 Brasil: 12  
 Buenas prácticas: 10  
 Canarias: 46  
 Castilla y León: 44  
 Catastro: 42  
 Ciudad dispersa: 5, 20  
 Centros históricos: 18  
 Conferencia de Alto Nivel sobre Sostenibilidad Urbana y Regeneración Urbana Integrada: 28  
 Consumo de suelo: 11  
 Contaminación acústica: 17  
 Cooperación al desarrollo: 18  
 Crecimiento urbano: 7, 36  
 Ciudades: 25  
 Desarrollo local: 8, 22  
 Desarrollo regional: 19  
 Desarrollo sostenible: 26  
 Desarrollo territorial: 13  
 Dinámica espacial: 16  
 Directivas europeas: 2  
 Directrices de ordenación territorial: 19  
 Equipamientos: 37, 38  
 Espacios naturales protegidos: 21  
 España: 16, 40, 50, 51  
 Estado del planeamiento municipal: 51  
 Extremadura: 45  
 Europa: 28  
 Evaluación Ambiental Estratégica: 35  
 Evaluación de Impacto Ambiental: 35  
 Externalidades: 8  
 Francia: 26  
 Galicia: 19  
 Geovisualización: 33  
 Gestión del litoral: 21  
 Gestión del suelo: 46  
 Globos virtuales: 33  
 Herramienta de Diseño de Planeamiento Urbanístico y Territorial: 45  
 Historia: 12  
 Infraestructura de Datos Espaciales: 33  
 Índices legislación urbanística 2010: 14, 30, 50  
 Información geográfica en Internet: 32  
 Infraestructuras: 35  
 Innovación: 8  
 Italia: 11, 27  
 Ley Solidaridad y renovación urbanas: 26  
 Málaga: 2  
 Megaproyectos inmobiliarios: 5  
 Mercado inmobiliario español: 9, 23, 48  
 Métodos de planificación territorial: 38  
 Modelos de localización óptima: 37, 38  
 Modelos de simulación prospectivos: 36  
 Movilidad: 16  
 Movilidad urbana: 4  
 Murcia (Región): 4  
 Nuevas tecnologías: 44  
 Normativa jurídica: 13, 29, 49  
 Ordenación del territorio: 2, 21  
 Ordenación territorial urbana: 20  
 País Vasco: 47  
 Paisaje: 27  
 Parcela: 42  
 Patrimonio cultural: 22  
 Patrimonio urbano: 18  
 Planeamiento urbanístico: 45, 46  
 Planificación hidráulica: 2  
 Planificación medioambiental: 21  
 Planificación territorial: 19, 37  
 Planes de desarrollo comarcal: 19  
 Presentaciones: 1, 15, 31  
 Precios hedónicos: 17  
 Propiedad de la tierra: 5  
 Redes sociales: 8  
 Regeneración urbana: 6, 20  
 Regeneración urbana integrada: 28  
 Rehabilitación urbana: 18  
 Renovación urbana: 22  
 Revitalización urbana: 18  
 Segregación social: 6  
 Simulación de procesos espacio-temporales: 32  
 Sistema de Identificación Geográfica de Parcelas Agrícolas Español (SIGPAC): 43  
 Sistema de Información Urbana (SIU): 40, 41  
 Sistema de Información Territorial de Canarias: 46  
 Sistema de Información Urbanística de Castilla y León: 44  
 Sistemas de información geográfica: 35, 40, 41, 42, 43, 47  
 Sostenibilidad territorial: 20  
 Sostenibilidad urbana: 28  
 Tecnologías de la información geográfica: 32  
 Transformación del territorio: 4  
 Transformación del paisaje: 5

## Libros y Revistas

Transporte: 35  
Turismo: 4, 22  
Urbanismo: 2, 24, 26, 44  
Urbanistas: 24  
Valencia (Comunidad Autónoma): 4  
Valoraciones: 17

Valoraciones urbanísticas: 3  
Valoraciones económico-financieras: 3  
Villas miseria: 7  
Web 2.0: 33  
ZEVI Bruno: 27

# Normas para la presentación de originales

1. **Originales:** los trabajos serán necesariamente originales e inéditos en ninguna otra publicación ni lengua. La presentación del manuscrito original a CyTET implica el compromiso ético formal por parte del autor de no haberlo enviado antes o simultáneamente a ningún otro editor para su publicación. Una vez acusada puntualmente su recepción por la Revista y antes de notificar el resultado del arbitraje de su evaluación científica tampoco podrá ser remitido a otros editores, salvo que el autor solicite por escrito retirarlo sin esperar el resultado de la evaluación. Otro proceder anómalo por parte del autor será éticamente reprobado en los círculos editoriales.
2. **Extensión:** no sobrepasará 18 páginas formato UNE A-4 (DIN A4) mecanografiadas en TNR cuerpo 12 a un espacio y numeradas, incluidas en su caso las ilustraciones.
3. **Título del trabajo:** será breve, como máximo ocho palabras, pudiéndose añadir un subtítulo complementario de menor extensión. No contendrá abreviaturas, ni notas o llamadas a notas al pie en el mismo. Las referencias sobre su procedencia, origen o agradecimientos irán en nota al pie.
4. **Descriptores:** se incluirán cuatro o cinco descriptores de las referencias temáticas por los que se pueda clasificar el artículo, a juicio del autor. No obstante, la editorial se reserva su homologación con el tesauro y descriptores propios para confeccionar los índices anuales de la Revista.
5. **Autores:** bajo el título irá el nombre de cada uno de los autores (con el sistema del nombre propio en caja baja y los dos APELLIDOS en versalitas, para poder discernirlos) incluyéndose debajo la profesión o cargo principal con el que desean ser presentados y, si lo señalan expresamente, indicando su número de fax y e-mail en la red (además de los datos solicitados en §14).
6. **Resumen obligatorio:** al comienzo del texto deberá escribirse obligatoriamente un resumen o abstract de su contenido (no un índice), inferior a 200 palabras sobre el objeto, metodología y conclusiones del artículo, sin notas al pie, redactado en español y en inglés (la versión inglesa, en todo caso, será revisada por cuenta de la propia editorial). Lo que supere esta extensión podrá ser suprimido por estrictas razones de composición.
7. **Apartados:** la numeración de los apartados se hará sólo con caracteres arábigos de hasta tres dígitos (i.e.: 3., 3.1., 3.1.1). Las restantes subdivisiones inferiores llevarán letras mayúsculas y minúsculas o números [A], b), 1), i), ...].
8. **Bibliografía:** solamente de las obras citadas en el texto que se recopilarán al final del trabajo en un listado de "Bibliografía citada" y en orden alfabético de apellidos (siempre en VERSALITAS y sangrando la segunda línea), con los siguientes caracteres y secuencias:
  - (1) **De libros:**

AUTOR, nombre (año 1<sup>a</sup> ed.): *Título del libro*, editorial, lugar, año de la edición consultada (versión, TRADUCTOR: *Título español*, editor, lugar, año)
  - (2) **De artículos:**

AUTOR, nombre (año): "Título del artículo", en: *Título del libro o nombre de la Revista, volumen: número*: paginación, editorial y lugar.
9. Cuando las referencias de cada autor(es) sean varias se ordenarán cronológicamente, y las del mismo año se ordenarán añadiéndoles una letra [(1996a; 1996b; etc.)].
10. Los segundos y siguientes coautores irán siempre precedidos del signo & (et latino) para diferenciar los apellidos compuestos [RAMÓN Y CAJAL], pudiendo colocar su nombre o inicial seguido del apellido [GARCÍA, José & Luis ÁLVAREZ & José PÉREZ]. Para una sistematización de referencias bibliográficas más complejas se facilitará a quien lo solicite un breviario de apoyo.
11. **Citas:** (textuales o referencias bibliográficas): deberán insertarse *en el propio texto* entre paréntesis con un solo apellido, remitiendo a la bibliografía final (de §8), indicando solamente: (cfr. o vide AUTOR, año: pp. interesadas) [i.e.: "cita textual" (PÉREZ, 1985: 213-8)].
12. **Notas a pie de página:** irán numeradas correlativamente por todo el texto; serán publicadas siempre al pie de la página, pero el autor también las entregará al final del manuscrito en *una hoja aparte*. Las notas al pie contendrán exclusivamente comentarios ad hoc, mas *nunca* se utilizarán sólo para citar referencias bibliográficas, las cuales deben ir *siempre* en el texto (ver §9) y recopiladas al final (ver §8).

11. **Abreviaturas:** acrónimos o siglas (organismos, revistas, etc.): se incluirá su listado detrás de la bibliografía.
12. **Ilustraciones:** (1) Los planos, gráficos, tablas, cuadros, fotos, etc., se identificarán todos ellos por igual con el nombre convencional de *figura* poniendo en su título la abreviatura FIG. xx. (2) Irán correlativamente numeradas por su orden de aparición y convenientemente referenciadas en su contexto mediante la indicación (ver FIG. xx). (3) Irán acompañadas en hoja aparte de un listado con su número, pie o leyenda e inequívocamente identificadas en su borde, marco o soporte. (4) *Se indicará siempre su procedencia o fuente de referencia de autor y, en caso de comportar reproducción de gráficos ajenos, deberán contar con la pertinente autorización respectiva de la editora y autor.*
13. **Número y soporte de las figuras:** serán, como máximo, 10 figuras. Siempre que sea posible las figuras se entregarán digitalizadas en un CD-Rom (señalando bien claro el sistema operativo, nombre y número de la versión del programa) o en fotografía en color y/o blanco/negro, tanto en diapositivas como en reproducción fotográfica de papel. En otro caso irán en soporte original (máx. UNE A-3), en impreso o en reproducción fotográfica; *en ningún caso fotocopia*, ni en b/n ni en color. Por limitaciones técnicas, la editorial se reserva el derecho de seleccionar la calidad, cantidad y formato de las ilustraciones publicables, por lo que deberán venir preparadas para el caso de que la reproducción deba ser en blanco y negro.
14. **Datos académicos:** al final del trabajo o en hoja aparte deberá incluirse una breve referencia sobre su respectivo autor o autores, con extensión máxima de 10 líneas, en la que se reflejen los datos de su nombre y dos APELLIDOS, lugar y año de nacimiento, título académico, experiencia profesional más destacable, actual posición profesional y principales publicaciones realizadas, dirección postal, teléfono, fax, e-mail, página en la red, etc., del centro de trabajo, para uso exclusivo en las referencias internas de la Revista.
15. **Original y copias:** los trabajos completos se enviarán en tres copias: una original completa y otras dos fotocopiadas (incluidas las figuras en color, en su caso) en las que se *habrán suprimido nombre y señales identificadoras del autor* (para poder enviarlas a evaluar anónimamente). El trabajo, una vez notificada su aceptación para publicarlo, se deberá presentar siempre en un soporte informático adecuado adjuntado en un e-mail o en CD-Rom, señalando siempre expresamente el sistema operativo (Mac, Windows, Linus) y la aplicación de textos o/y tablas utilizado (ver §13).
16. **Evaluación y arbitraje de excelencia:** todos los trabajos recibidos en la Redacción serán sometidos (sin el nombre del autor) a evaluación sobre su calidad científica y técnica ante sendos expertos anónimos o *referees* especialistas en la o las materias tratadas, tanto miembros asesores editoriales de la Redacción como externos a ésta, quienes emitirán un informe de evaluación. En caso de notoria divergencia entre ellos se someterá a informe de un tercer árbitro. Si los árbitros sugirieran al Consejo de Redacción observaciones, correcciones o enmiendas puntuales, incluso su rechazo, se transmitirán textualmente al autor quien, con ello, recupera plena libertad para introducirlas y reenviarlo para nueva evaluación o desistir de publicarlo. Al publicarse se hará constar al pie del artículo las fechas de su primera recepción y las de sus correcciones sucesivas, en su caso. Se espera que los autores sepan agradecer expresamente dichas correcciones y sugerencias a los árbitros anónimos hechas en beneficio de la calidad científica de los trabajos publicados en CyTET.
17. **Datos personales:** cuando el o los autores reciban la notificación (que se hará siempre al primer firmante) de haberse decidido la publicación de su artículo, deberán comunicar a la Secretaría de la Revista el número de sus respectivos NIF, así como los datos de las cuentas bancarias a la que se deba transferir el importe de la colaboración. En caso de coautoría, salvo expresa indicación en contrario, se entenderá que el importe de la colaboración se distribuye entre sus coautores a partes iguales.
18. **Corrección pruebas:** los autores se comprometen a corregir las primeras pruebas de imprenta en un plazo de *cinco días* desde su recepción, entendiéndose que, de no tener respuesta, se otorga la conformidad con el texto que aparece en ellas. No se podrá modificar sustancialmente el texto original a través de esta corrección de pruebas, limitándose a corrección de erratas y subsanación de errores u omisiones.
19. **Separatas:** una vez publicado el artículo, se entregarán a su autor o autores, a título gratuito, un ejemplar del correspondiente número de la Revista y, se enviará por correo electrónico una copia en formato pdf del mismo.
20. **Cláusula de responsabilidad:** los trabajos firmados expresan únicamente la opinión de sus autores y son de su exclusiva responsabilidad, a todos los efectos legales.
21. **Dirección:** toda la correspondencia y demás actuaciones referentes a los contenidos y confección editorial con la Revista, deberán dirigirse a la siguiente dirección:

# BOLETÍN DE SUSCRIPCIÓN

## SUSCRIPCIÓN ANUAL (4 números):

España: 30 € (IVA incluido)

Extranjero: 42 € (Precio sin IVA)

## NÚMERO SENCILLO:

España: 9 € (IVA incluido)

Extranjero: 12 € (Precio sin IVA)

correo electrónico: CyTET@vivienda.es

Por favor, escriba con letras mayúsculas y claras.

Haga un círculo en la respuesta que corresponda, de las alternativas presentadas.

Institución/ Apellidos:

Nombre:

CIF/ NIF:

Teléfono de contacto:

Domicilio fiscal:

CP:

Localidad, Provincia:

Actividad institucional/ Experiencia:

Profesión/ Cargo profesional (años):

¿Desea recibir puntual información complementaria sobre actividades (seminarios, conferencias) que organice la revista?

NO  SI

Envío cheque nº:  del Banco/ Caja:  por la suscripción anual

## PUEDE ENVIAR ESTE BOLETÍN:

Por correo:

Centro de Publicaciones

Pº de la Castellana, 112 - 28046 Madrid

Por fax: +34 91 728 4862

Por correo electrónico: CyTET@vivienda.es

Los datos personales que nos facilita serán tratados por este Ministerio con la finalidad exclusiva de gestionar su suscripción a la revista. Podrá ejercer en todo momento sus derechos de acceso, rectificación, cancelación y oposición presentando un escrito en registro presencial (Pº Castellana 112) o en el registro electrónico (<http://sede.vivienda.gob.es>) del Ministerio de Vivienda, dirigido al Centro de Publicaciones.