

## **LAS INFRAESTRUCTURAS DE DATOS ESPACIALES. EXPERIENCIAS EN SU IMPLANTACIÓN.**

Manuel Echeverría Martínez

Secretaría de Estado de Aguas y Costas. Ministerio de Medio Ambiente (España)

([manuel.echeverria@seac.mma.es](mailto:manuel.echeverria@seac.mma.es))

### **Introducción**

En los últimos diez años asistimos a una considerable actividad en el desarrollo de las denominadas infraestructuras de datos espaciales (IDE), entramado que integra, frecuentemente con referencia a todo un país, los conjuntos de datos espaciales y sus interrelaciones, los medios tecnológicos y las acciones organizativas e institucionales, orientadas a promover y facilitar una mayor cooperación e intercambio de la información espacial.

Aunque más adelante se precisa con mayor detalle este concepto de infraestructura de información espacial, una breve introducción sobre el significado y el valor de la información espacial y la evolución reciente en el campo de las tecnologías y sistemas de información geográfica, GIS, puede ser de gran ayuda para comprender el marco en el que surge la necesidad de las IDE.

El concepto de información espacial (o de información geográfica, o georreferenciada o geodatos, términos prácticamente sinónimos que en lo que sigue se utilizan indistintamente) es en la actualidad suficientemente conocido. Nos referimos con él a la información de todo tipo relativa a entes o eventos en la que se incluye la referencia a la localización de la misma sobre, o en las inmediaciones de la superficie de la Tierra. La referencia a la posición que ocupan dichos entes o donde suceden tales eventos puede adoptar distintas formas, como puedan ser las coordenadas geográficas (latitud y longitud), cartesianas en algún sistema de referencia cartográfico o, simplemente, una dirección postal que permita ubicar dicha posición en el espacio de forma inequívoca.

Estimaciones que se encuentran frecuentemente en la literatura refieren que un 80% de la información en formato electrónico actualmente almacenada en sistemas de todo tipo, es información georreferenciada o susceptible de serlo. Naturalmente, estas estimaciones no hacen más que poner de manifiesto que prácticamente todo aquello sobre lo que resulta de interés recopilar y almacenar información tiene asociada una localización, siendo lo contrario casi más la excepción que la regla.

Más interesante que su cuantificación es, desde el punto de vista que nos ocupa, resaltar algunas de las características y virtudes de la información espacial que justifican el interés en asociar a la información su localización en el espacio.

En primer lugar la capacidad netamente superior, y a veces exclusiva, que posee la información espacial para integrar conjuntos de información de otra forma inconexos, mediante la aplicación de las relaciones espaciales de coincidencia, proximidad o adyacencia que posibilita el conocimiento de la localización espacial. Esta característica singular es quizá la que mayor potencialidad proporciona a la información espacial, constituyendo la base del análisis espacial.

Por otro lado, la cualidad de la información espacial para su representación en forma gráfica y simbólica mediante mapas. Los mapas son una herramienta de comunicación de gran eficacia con las que el ciudadano común, no ya sólo el técnico, se encuentra altamente familiarizado. No es arriesgado afirmar que los mapas son una de las primeras formas de comunicación que aparecen en las civilizaciones, sin duda anterior a la escritura e incluso es posible que el lenguaje hablado.

Los mapas han desempeñado un papel de gran importancia a lo largo de la historia militar, económica y política de las naciones por lo que siempre han sido considerados activos de primera necesidad, a cuyo desarrollo se han dedicado importantes esfuerzos y recursos en

consonancia con su carácter de infraestructura básica para el soporte de un gran número de actividades económicas y de todo tipo.

En los siguientes apartados, tras analizar brevemente el panorama de la utilización y producción de información espacial y su incidencia en el desarrollo de las actuaciones de las administraciones públicas, se describe el escenario actual de las tecnologías de la información espacial en el que se insertan las infraestructuras de información espacial como medio para superar las limitaciones actualmente existentes para el mejor aprovechamiento de dichas tecnologías. Finalmente, se analiza la experiencia en la implantación de la infraestructura nacional de datos espaciales en los Estados Unidos, país que ha ejercido un papel pionero en este campo.

### **Productores y usuarios de información espacial**

Tradicionalmente, la mayor parte del esfuerzo de construcción de la infraestructura cartográfica de un país ha recaído en el sector público. A las muchas consideraciones que justifican la actividad cartográfica de las administraciones, se une el hecho de que las administraciones públicas son las primeras usuarias de la información espacial.

En efecto, un gran número de actuaciones de las administraciones públicas, en tanto antes con jurisdicción sobre un determinado territorio, tienen un marcado carácter espacial. Actividades clásicas de las administraciones que hacen un uso intensivo de información espacial son por ejemplo:

- Planificación de infraestructuras y ordenación territorial
- Protección y mejora del medio ambiente
- Gestión de los recursos naturales
- Registro catastral
- Inventario y gestión del patrimonio y de los dominios públicos
- Censos estadísticos y electorales
- Protección civil

A los que pueden añadirse numerosos servicios públicos, muchos de ellos con una clara implicación territorial, como es el caso, por citar algunos, de los servicios educativos, de salud pública, sociales y asistenciales, de seguridad ciudadana, etc, cuya prestación puede verse también claramente mejorada en términos de eficacia y calidad con la utilización de información espacial como herramienta de soporte a la toma de decisiones en las diferentes fases de planificación, diseño y evaluación de dichos servicios.

Desde el punto de vista de los agentes involucrados en la elaboración de información espacial, es importante señalar que, además de los organismos cuya misión es específicamente la producción cartográfica, como es el caso del Instituto Geográfico Nacional o de sus análogos en las administraciones autonómicas, que desarrollan la cartografía topográfica de base a diferentes escalas y las redes de referencia geodésica, existen numerosas unidades en la administración que, como parte de sus responsabilidades y atribuciones, desarrollan una actividad cartográfica de carácter temático o sectorial también muy importante.

Cabe citar, entre otros, el Mapa Forestal Nacional elaborado por la Dirección General de Conservación de la Naturaleza, el Mapa Geológico Nacional del Instituto Tecnológico y Geominero, el Mapa de Carreteras de la Dirección General de Carreteras, el Catastro Rústico y Urbano de la Dirección General del Catastro, etc.

Junto a éstos, un número considerablemente mayor de unidades también compilan en el desarrollo de sus funciones bases de datos georreferenciados o georreferenciables, ya sea explícita, implícita, consciente o inconscientemente. Algunas estimaciones recientes [NAPA 1998] cifran en al menos un 50% el porcentaje de las actividades de la administración que utilizan información espacial o se verían beneficiadas con su uso.

Si bien esta cifra da una idea de la importancia que supone para las administraciones disponer de una información espacial completa, actualizada y de la necesaria precisión y calidad, no debe olvidarse el importante papel que la información espacial desempeña también en numerosas parcelas y actividades del sector privado. El mismo informe antes citado estima

que del orden del 50% de las actividades económicas que contribuyen a la formación del producto interior bruto en los Estados Unidos precisan utilizar información espacial como recurso productivo.

Completan el escenario de usuarios, y ocasionalmente también productores de información geográfica, los ciudadanos individuales y los diferentes colectivos y organizaciones no gubernamentales, con un papel de creciente importancia y responsabilidad en nuestra organización social.

### **El nuevo escenario de las tecnologías de la información espacial**

El desarrollo, hace ya más de tres décadas, de los primeros Sistemas de Información Geográfica (GIS) supuso un profundo cambio en la utilización clásica de la información espacial. En efecto, metodologías y técnicas de análisis espacial de la información hasta entonces escasamente exploradas por la excesiva complejidad y prolijidad asociadas a los tratamientos manuales, se vieron progresivamente facilitadas, cuando no simplemente posibilitadas, con el procesamiento automatizado de la información espacial en formato digital.

Si bien las primeras aplicaciones de esta tecnología se centran fundamentalmente en la construcción de sistemas orientados a la gestión de recursos naturales y a la evaluación y gestión ambiental, y por supuesto las aplicaciones en el sector de la Defensa [Foresman 1998], las posibilidades asociadas a las mismas propiciaron que se registrara una rápida extensión a nuevas áreas de aplicación en campos tan diferentes como la gestión catastral, la logística de los sistemas de transporte o la protección civil, por citar sólo algunos. En la actualidad, esta difusión no ha dejado de progresar, incorporándose nuevos campos de aplicación que pudieran parecer tan remotos como las ciencias médicas o tan lógicos como la arqueología.

Sin embargo es en los últimos 10 años cuando asistimos a una actividad creciente y una evolución vertiginosa en cada una de las diferentes facetas que conforman el campo de las tecnologías de la información espacial.

Son varias los elementos que configuran este nuevo escenario.

Desde el punto de vista puramente conceptual asistimos, por un lado, a la creciente percepción de que un gran número de fenómenos de todo tipo tienen una clara componente espacial subyacente que es a menudo la determinante para mejorar la comprensión de su dinámica de funcionamiento [Longley 2001]. En efecto, conceptos netamente espaciales a los que ya se ha hecho referencia, como son los de adyacencia, proximidad o coincidencia (superposición), son inherentes a las relaciones de causalidad que definen el comportamiento y la evolución de numerosos sistemas naturales, económicos, sociales, etc.

En paralelo, la también apuntada capacidad de la información espacial para integrar los diferentes factores que son potencialmente relevantes en el estudio de un determinado fenómeno o proceso, y la adecuación de las presentaciones gráficas para la visualización e interpretación de los resultados, hacen que las técnicas de análisis espacial sean herramientas de gran valor para el soporte a los procesos de toma de decisión sobre sistemas complejos de muy diferente naturaleza [Malkcewski 1999].

En el plano tecnológico, la evolución ha corrido en paralelo con la registrada en el campo más amplio de las TIC, pudiendo afirmarse que la tecnología de los sistemas de información geográfica ha alcanzado un considerable grado de madurez y alineamiento tecnológico con las tendencias actuales.

Así, tras una primera fase en la que encontramos sistemas software cerrados de gran tamaño y complejidad (lo que se conoce con el nombre de GIS monolítico), cuya utilización se ve necesariamente confinada a pequeños grupos de usuarios con un grado de especialización ciertamente elevado, orientados a la realización de tareas muy concretas y, por lo general, con una baja o nula integración con otros sistemas de información, se ha pasado en la actualidad a disponer de sistemas de uso cada vez más sencillo, integrados como una herramienta más de las habituales en cualquier desktop, compartiendo información con otros sistemas de información de alcance departamental o corporativo, cuando no, como es cada vez más habitual, plenamente integradas en ellos.

Deben destacarse, en lo que respecta a este aspecto de las arquitecturas software, las actuales tendencias hacia la implantación de los almacenes de datos espaciales sobre SGBD relacionales y post-relacionales con extensiones de gestión de datos espaciales (los

denominados Geodatabases y Geodatastores), la representación y modelización de propiedades y comportamientos de los elementos geográficos (features) mediante técnicas de orientación a objetos y el desarrollo de sistemas software extensibles basados en tecnologías y plataformas estándar de componentes distribuidos e interoperables (CORBA, COM, etc) [OpenGIS 1998].

Por su parte, el desarrollo registrado en el campo de las comunicaciones de datos, y notablemente de Internet, con crecientes posibilidades para la transmisión de grandes volúmenes de información y para la implantación en la red de servicios tanto de proceso como de acceso a datos, ha propiciado la rápida generalización del intercambio y difusión electrónica de información espacial, así como el desarrollo, todavía incipiente, de las ya mencionadas arquitecturas de geoproceto distribuido e interoperable.

Esta tendencia emergente de implantación de servicios y productos cartográficos en la red, lo que se viene conociendo como Web Mapping, sienta las bases necesarias para el establecimiento efectivo de un entorno en el que es factible el intercambio, ya sea sin coste, o a uno muy bajo, o sujeto a una contraprestación económica, de información geográfica y servicios de geoproceto, muy en la línea de la visiones actuales sobre el mercado de la información y el desarrollo del sector de las industrias de la información (pueden consultarse al efecto el proyecto National Digital Framework del Ordnance Survey del Reino Unido [Ordnance Survey] y el Geography Network de ESRI [ESRI]).

En el campo de las comunicaciones móviles, por su parte, se está registrando un rápido desarrollo de los denominados servicios posicionales, para los que en el futuro próximo se estima va a existir una importante demanda a medida que avance la implantación de las redes de telefonía móvil de tercera generación.

Completa este panorama, finalmente, la cada vez mayor disponibilidad y diversidad de medios tecnológicos para la captura y adquisición de información espacial, ya sea en forma de imágenes ráster mediante sensores ópticos o multiespectrales embarcados en satélites o aeronaves, o en formatos vectoriales a partir de los sistemas de posicionamiento global (GPS). Ambas tecnologías permiten producir información geográfica con elevados niveles de precisión y actualización a costes cada vez menores, lo que está produciendo un crecimiento sin precedentes en la cantidad de información disponible que, en el momento actual, supera claramente la capacidad de asimilación de los diferentes colectivos de usuarios.

A modo de síntesis, nos encontramos, por tanto, en una situación en la que existe la conciencia suficientemente extendida de que las tecnologías y sistemas de la información espacial o geográfica:

- muestran un elevado grado de idoneidad para el análisis, la comunicación y el soporte a la toma de decisiones en un elevada y enormemente variada tipología de problemas y disciplinas,
- que su utilización puede reportar mejoras y beneficios sustanciales en la eficacia, eficiencia y calidad de las actuaciones y los servicios producidos tanto por las administraciones públicas como por las organizaciones del sector privado,
- que existe la tecnología y la información suficiente y con las características y el grado de madurez adecuado para hacer efectivo, ya en el momento actual, el pleno potencial de estas tecnologías

Entonces, ¿cuál es el problema?

### **Las barreras**

La extensión en el uso de los sistemas GIS en organizaciones de todo tipo, ha llevado asociada la digitalización de una buena parte de la información espacial previamente disponible en soportes convencionales. Si unimos a esto las mayores posibilidades actuales para la adquisición de información espacial de prácticamente cualquier tipo imaginable, encontramos un escenario que, desde el punto de vista de la oferta, y especialmente en lo que se refiere a su cantidad, puede calificarse como de explosivo.

Sin embargo la implantación de sistemas de información geográfica en las organizaciones sigue siendo una actividad con un coste y un riesgo de no alcanzar plenamente los objetivos comparativamente altos con los correspondientes a sistemas de información más

convencionales. Existe un convencimiento generalizado de que el principal obstáculo, aunque no el único, para la plena realización de los beneficios que se esperan de los sistemas GIS, y en general del uso de la información espacial, reside en las actuales dificultades para el intercambio y circulación de la información espacial entre organizaciones.

En efecto, el elemento más importante en la implantación de un sistema de información geográfica de cualquier naturaleza, tanto en términos de coste como de requerimientos funcionales y operativos, es el que corresponde a la propia información. Puede comprenderse que el coste de la captura directa de la información geográfica necesaria para un proyecto concreto está en general fuera de los márgenes que lo justifican económicamente. Por otro lado, en la inmensa mayoría de los proyectos que involucran tecnologías de información espacial, una parte muy importante de las necesidades de información se corresponde con información que ya está disponible, por lo que la solución evidente, tanto por economía como por pura racionalidad es adquirir (o solicitar) dicha información a terceros, muy frecuentemente organismos del sector público.

Pero lo cierto es que los costes asociados al aprovisionamiento de información siguen siendo muy altos, siendo este coste la causa actualmente más frecuente para el abandono o fracaso de muchos proyectos de esta tipología y, en definitiva, una de las barreras más importantes que está ralentizando el pleno aprovechamiento de los beneficios que potencialmente pueden derivarse de este tipo de sistemas.

Son varias las causas que explican este alto coste.

En primer lugar, la dificultad para localizar la información existente pero dispersa y, en su caso, para discernir la adecuación de la misma a las necesidades concretas de un proyecto. No existen mecanismos suficientemente generalizados que difundan tanto la disponibilidad como las características de los conjuntos de datos espaciales existentes o en producción, y los que existen adolecen de una gran dispersión y falta de adecuación. Se precisaría una suerte de catálogo, suficientemente actualizado, fiable y completo, en el que se relacionaran dichas características de acuerdo a unos criterios homogéneos y suficientemente establecidos. De esta forma sería posible efectuar búsquedas de acuerdo a diferentes criterios, de modo similar a lo que es tan habitual en otro tipo de contextos, que podrían ser enriquecidos además con las posibilidades que añade la dimensión espacial.

Localizada la información encontramos el problema que podríamos denominar genéricamente como de formato pero que en realidad tiene varias vertientes. Por un lado se tiene que el formato en el que está almacenada la información es dependiente del sistema software que lo gestiona y por tanto, en general, de tipo propietario. Si bien se han desarrollado numerosas herramientas de conversión de formatos y existen formatos neutros, algunos de ellos de tipo estándar, es habitual que en dicha conversión se produzcan pérdidas de información y, en cualquier caso, se requiere un esfuerzo suplementario.

El problema del formato de almacenamiento puede calificarse de menor si se compara con el que tiene su origen en la diversidad de criterios bajo las que se ha modelizado un determinado aspecto del mundo real en la fase de identificación de los objetos geográficos y de codificación de la información, lo que se conoce con el nombre del problema semántico. En efecto, en ausencia de otro tipo de criterios comúnmente adoptados, cada organización, lógicamente, ha construido sus conjuntos de información de acuerdo a sus necesidades concretas y propios criterios. Se añade a esto el hecho de que cada disciplina, especialmente las que tienen orígenes conceptuales muy distanciados, ha creado su propia visión, forma de entender y, desde luego, terminología para referirse a una misma realidad.

Obviamente, esto presenta problemas a la hora de integrar informaciones, por ejemplo las relativas a un mismo contenido temático pero correspondientes a distintos ámbitos territoriales que han sido recopilados por organismos diferentes. O cuando se pretenden reutilizar informaciones recopiladas por distintas "comunidades de información", esto es, grupos de productores y usuarios de información correspondientes a una misma disciplina o sector de actividad [OpenGIS 1998].

En este sentido, las propuestas actuales se dirigen hacia la creación de entornos operativos que permitan la interoperabilidad de datos, tanto en el sentido de poder acceder a cualquier formato de almacenamiento independientemente de la plataforma software utilizada, como en lo que se refiere a la semántica de los datos, mediante la formulación de modelos conceptuales

de datos comunes, utilizables quizá en el contexto de una determinada comunidad de información (de los transportes o de la hidrografía, por ejemplo) o incluso podría llegarse más lejos, lo que constituye todavía un área de investigación cuyos posibles resultados y utilidad efectiva son inciertos, con la introducción de traductores semánticos que permitieran el intercambio de información entre comunidades diferentes [OpenGIS 1998].

Finalmente nos encontramos con los problemas asociados a la calidad de la información, término complejo en el que se engloban múltiples aspectos, como puedan ser la precisión espacial, la semántica, el grado de actualización, etc. Sería necesario, por un lado, definir estándares de niveles de calidad. No todas las aplicaciones precisan el mismo nivel de calidad y cada nivel de calidad tiene lógicamente un coste que puede llegar a ser muy diferente. Por otro lado, se precisarían antes que certificaran el nivel de calidad de un conjunto de datos determinado, en definitiva establecer sistemas de gestión de calidad conformes a estándares (ISO 9000). Se comienza a hablar de los que se denominan Centros de Servicios de Datos Espaciales asociados a comunidades de información y operando sobre intranets que asumirían, entre otras, dichas funciones de certificación de calidad [Gittings 1999].

En definitiva, nos encontramos con una situación que está limitando el intercambio fluido, transparente y generalizado, ya sea sin coste o en condiciones comerciales, de la información espacial. Esta situación propicia la existencia de sobrecostes, en ocasiones disuasorios, y una indeseable duplicación de esfuerzos y costes en la captura, mantenimiento y adecuación de una misma información por diferentes organizaciones, muchas veces con unos fines muy similares cuando no idénticos.

La constatación de estos problemas ha creado desde finales de la década de los 80, cuando la proliferación de los sistemas GIS ya es un hecho de magnitud significativa, una corriente de opinión favorable a la creación de los marcos y mecanismos necesarios que promuevan, mediante la coordinación y el intercambio efectivo de información, una mayor y mejor utilización de las tecnologías y sistemas de información espacial. En definitiva, se conviene en la necesidad de construir lo que se ha venido en denominar las infraestructuras de datos espaciales (IDE).

Para la mayor parte de los elementos que se estiman necesarios para su puesta en marcha, algunos de los cuales se han esbozado anteriormente, existen ya en este momento soluciones tecnológicas. Otras están en desarrollo.

Pero puede comprenderse fácilmente que el principal reto que encara la construcción de las IDE no es tecnológico, sino fundamentalmente organizativo e institucional, dado el enorme número de instancias de todo tipo y con "culturas" tan diferentes que deben ser movilizadas en este esfuerzo para hacer de él un instrumento realmente efectivo.

Son ya numerosos los países que han emprendido iniciativas en este sentido. Las orientaciones que se han adoptado desde el punto de vista de la gestión de dichas iniciativas, son necesariamente dependientes de circunstancias tales como la situación de partida, la organización y ordenamiento territorial de los diferentes niveles de las administraciones públicas y muchos otros que, lógicamente, son muy variables en cada caso.

En el siguiente apartado se describe la iniciativa que se ha venido desarrollando en Estados Unidos.

#### **La infraestructura nacional de datos espaciales de Estados Unidos (NSDI)**

Estados Unidos fue el primer país en adoptar, en 1994, una estrategia coordinada para la implantación de una infraestructura de datos espaciales de alcance nacional. La construcción de esta infraestructura, conocida por el acrónimo NSDI (National Spatial Data Infrastructure), continúa activamente en el momento actual pero cuenta ya con un apreciable grado de desarrollo.

Tanto por este carácter de pionero como por su estado actual de realización, es muy ilustrativo analizar los elementos que componen esta iniciativa y la experiencia registrada en su desarrollo. Así lo demuestra el hecho de haber sido tomada como modelo de referencia por un buen número de países en los que progresivamente se han ido desarrollando iniciativas similares.

Si bien el primer sistema de información geográfica se desarrolla en Canadá, EEUU ha desempeñado un papel de extraordinaria importancia e influencia en el desarrollo de las tecnologías de la información espacial.

Entre los múltiples factores que colaboran a que las tecnologías de la información espacial cuenten con una larga tradición en los EEUU, debe destacarse el impulso que para la utilización de la información espacial y de los sistemas de información geográfica en la toma de decisiones ha tenido en EEUU la promulgación de numerosas legislaciones y normativas sectoriales.

Así, por ejemplo, el Acta de Protección Ambiental de 1970, exigía considerar conjuntamente los múltiples efectos de las diferentes actuaciones y políticas sectoriales sobre los diferentes aspectos de la realidad de los ecosistemas, tareas en las que los sistemas GIS se mostraron como las herramientas más adecuadas. Más recientemente, las disposiciones que regulan el concepto de Justicia Ambiental, según el cual toda actuación que comprometa fondos federales o que precise la autorización de esta administración debe ser analizada, incluso con efectos retroactivos, de modo que se asegure que no se producen circunstancias de discriminación relativa contra población marginada o de bajos ingresos, lo que se el análisis pormenorizado, prácticamente barrio por barrio, de cada una de las actuaciones federales están exigiendo una labor sin precedentes de análisis espacial de información de alto nivel de detalle.

También debe ser destacada la creciente tendencia a la descentralización en la gestión de programas, lo que está conduciendo a la generalización de prácticas de gestión basadas en aproximaciones de tipo colaborativo y de consenso entre administraciones a la hora de abordar proyectos y programas que involucren un elevado número de agentes con diferentes intereses y/o competencias. En estos casos, la capacidad de la información espacial para revelar los efectos territoriales de las diferentes propuestas, facilita la colaboración y la no menos importante sensación de cada interlocutor de poder incorporar al proceso sus propios puntos de vista y restricciones a través de su propia información.

Del mismo modo, las aproximaciones de tipo integrador o comprensivo, de las que el ejemplo más ilustrativo lo constituyen los enfoques tipo ecosistema en el campo de la protección y mejora medioambiental, pero que también se encuentran en otras áreas de decisión pública, requieren la consideración conjunta y simultánea de los diferentes factores potencialmente relevantes.

Finalmente, se registra actualmente una tendencia hacia la apertura a una mayor participación de los ciudadanos en los procesos de evaluación de opciones y toma de decisiones públicas en los ámbitos que les afectan más directamente, encontrándose en las tecnologías de la información espacial el vehículo idóneo para su realización práctica, dada la repetidamente citada capacidad de comunicación y sencillez de comprensión que proporciona la visualización de la información espacial en foros no técnicos.

Las anteriores consideraciones han creado una creciente conciencia, extendida en numerosos ámbitos de las administraciones, acerca de la importancia que para la toma de decisiones tiene el disponer de información espacial completa, actualizada y de los adecuados niveles de precisión y calidad.

Este nivel de concienciación queda materialmente reflejado en la importancia que se concedió a los contenidos de información espacial en el contexto de la Infraestructura Nacional de la Información (NII), denominación americana para el conjunto de acciones orientadas a lo que en Europa se conoce bajo la denominación de Sociedad de la Información.

Las tecnologías de la información espacial merecieron así mismo una especial consideración entre las recomendaciones del grupo de trabajo "Reinventando el Gobierno", establecido en el gabinete del Vicepresidente Gore con el objetivo de modernizar las administraciones públicas mediante el uso estratégico de las TIC. Al Gore se refirió en numerosas ocasiones al importante papel de estas tecnologías en el desarrollo de las actividades de las comunidades y la participación cada vez más intensa de los ciudadanos en los procesos de toma de decisiones públicas, asunto que en la actualidad está recibiendo una atención e interés creciente en los EEUU.

El contexto de aplicación práctica de estas tecnologías, sin embargo, está caracterizado por la presencia de las barreras que, de modo general, se han descrito en el apartado anterior.

Aunque, obviamente, son numerosas las particularidades que en Estados Unidos configuran el escenario de la información espacial, nos referiremos aquí a lo que concierne a su producción, repartida en multitud de organismos en los tres niveles administrativos federal, estatal y local. Una idea de esta dimensión es que sólo en el nivel federal existen del orden de 40 agencias con competencias en esta materia. En algunas la producción cartográfica es un programa de carácter finalista, mientras que en muchas otras tiene un carácter instrumental al ser elemento necesario para la gestión de otros programas. En cualquier caso debe señalarse que, salvo raras excepciones y aunque el asunto no está exento de cierta controversia, toda la información producida con fondos públicos, lo que lógicamente incluye la información espacial, está disponible públicamente al precio del coste de reproducción, que por lo general es nulo en el caso de distribución electrónica en línea.

La organización de la producción cartográfica en la administración federal ha sufrido numerosos intentos de racionalización, de la que nos interesa señalar la que tuvo lugar, siguiendo las recomendaciones del Comité Cartográfico Nacional del Consejo Nacional de Investigación, hacia finales de los años 80, cuando ya era manifiesto que el avance tecnológico estaba produciendo un profundo cambio cualitativo en el uso de la información espacial.

Dichas recomendaciones llevaron a la constitución en 1990 del Comité Federal de Datos Geográficos (FGDC) con el objeto de coordinar los programas e iniciativas de producción de información geográfica de la administración federal. En particular en lo relativo a determinados conjuntos de datos de uso común que hasta entonces se estaban creando de forma dispersa con grandes carencias de coordinación (transportes, hidrografía, cobertura vegetal, etc). En este comité se encuentran representadas las principales agencias federales con competencias en la producción de información espacial, y aunque siempre ha tenido un carácter abierto, sólo ha sido más recientemente cuando se han incorporado otras instancias de la administración estatal y local y del sector académico y privado.

El FGDC desempeña un papel central, como se describe más adelante, en el desarrollo de la iniciativa de construcción de la infraestructura nacional de datos espaciales, NSDI.

El comienzo en la implantación efectiva de la iniciativa tiene como punto inicial la promulgación por el Presidente Clinton, en Abril de 1994, de la Orden Ejecutiva 12906 [Clinton 1994], por la cual, recogiendo las propuestas del plan estratégico elaborado por el FGDC [FGDC 1993], se ordenaba avanzar en la construcción de una infraestructura nacional de datos espaciales (NSDI) coordinada entre las administraciones federal, estatal y local, el sector privado y el académico, designando al Comité Federal de Datos Geográficos (FGDC) como responsable de su avance en el ámbito federal, y nombrando como presidente del mismo al Secretario del Departamento de Interior, Bruce Babbitt, a petición de él mismo [Groot 2000].

Existen pocos precedentes de un compromiso y apoyo de tan alto nivel a una iniciativa de estas características. En cualquier caso existe unanimidad en señalar que este apoyo ha supuesto un impulso continuo a la iniciativa. En particular, se destaca el empuje personal y alto grado de compromiso del Secretario de Interior, en cuyo propio departamento se estaban padeciendo, en la planificación de las actuaciones para refugios de especies amenazadas (uno de los más importantes esfuerzos de planificación integrada en EEUU) las dificultades e inconvenientes de la citada falta de coordinación. Babbitt ejerció la dirección del FGDC durante casi 8 años hasta el final de la administración Clinton.

Esta infraestructura, cuya justificación hace residir en el reconocimiento de la criticidad que para el desarrollo económico y la custodia y mejora del medio ambiente tiene la información geográfica, consiste, de acuerdo con dicha orden ejecutiva presidencial, en "el conjunto de tecnologías, políticas, estándares y recursos humanos necesarios para adquirir, procesar, almacenar, distribuir y mejorar la utilización de la información geográfica".

La orden establece, con carácter obligatorio para la administración federal, que los pasos a dar para la implantación de la infraestructura son:

- la implantación de mecanismos para el descubrimiento, acceso y distribución de datos, materializados en una red electrónica distribuida que enlace a productores, gestores y usuarios de información geográfica (lo que se conoce como "Clearinghouse")
- el establecimiento de estándares de intercambio de información

- la documentación de los conjuntos de datos espaciales existentes y producidos en el futuro de acuerdo a un estándar de metadatos y su difusión pública a través de la red mediante el clearinghouse.
- la identificación y desarrollo de los conjuntos de datos espaciales más común y habitualmente necesitados (lo que se conoce como framework o datos marco).
- la difusión pública de la información espacial producida por la administración federal
- el establecimiento de acuerdos entre organismos para la producción de información espacial de interés conjunto, de forma que se eviten duplicidades y solapes de esfuerzos.

A lo largo de los más de siete años transcurridos desde la publicación de esta orden se ha registrado un considerable avance en el desarrollo de estas líneas que constituyen los elementos fundamentales de la infraestructura.

Así, son del orden de 240 los nodos de esta red de intercambio de información (clearinghouse) que ya están en funcionamiento en todas las agencias federales y en multitud de otros organismos de las diferentes administraciones y organizaciones de todo tipo, incluso externas a los EEUU.

Es muy elevado así mismo el grado de avance en la elaboración de los metadatos correspondientes a los conjuntos de datos espaciales existentes. En muchos de los nodos del clearinghouse se accede, además de al catálogo distribuido de metadatos, a la propia información para su visualización o descarga, generalmente gratuita. Se está extendiendo con rapidez la implantación de servicios de Web Mapping, accesibles también a través de esta red.

Los metadatos se elaboran de acuerdo al estándar elaborado a este efecto por el FGDC (Data Content Standard for Digital Geospatial Metadata), en cumplimiento del mandato específico de la orden presidencial en este sentido.

Son numerosos los estándares producidos o en producción en todos los aspectos que afectan a la infraestructura. Cabe señalar, entre otros, los relativos a la precisión de datos espaciales y al formato de intercambio (SDTS), de utilidad probablemente transitoria hasta que sea una realidad la generalización de los ya mencionados servicios distribuidos de acceso a datos. Existen así mismo estándares para clasificación y simbolización de la información (de cobertura vegetal, suelos, etc).

Finalmente, existen los estándares que soportan la definición de los marcos de datos básicos o sectoriales de uso común, lo que se conoce como el framework. Son siete las capas que constituyen la definición actual del framework:

- control geodésico
- ortoimágenes
- altimetría y batimetría
- hidrografía
- transportes
- límites administrativos
- catastro

El framework es un elemento de gran importancia en numerosos sentidos. Así, al tratarse de los elementos de información de utilización común y generalizada, tiene una enorme trascendencia para el desarrollo de las actividades del colectivo de organizaciones beneficiarias de la infraestructura. Por otro lado, al definir los modelos de datos correspondientes a cada una de las capas, crea la base metodológica y estable para avanzar en la construcción progresiva (y posteriores tareas de gestión, mantenimiento, etc) y, lo que quizá es más importante, coordinada entre los múltiples agentes que, por su especialización y/o ámbito competencial y área geográfica, participan en la elaboración de los conjuntos de datos asociados a cada capa. Además se espera que la implantación con éxito de este primer conjunto de capas sirva como catalizador para el desarrollo de otros, probablemente más sectoriales, en diferentes comunidades de información.

Puede por tanto afirmarse que el avance de la NSDI está siendo una realidad en todos los elementos que la constituyen.

En lo que se refiere a la participación de los diferentes agentes en el desarrollo de la NSDI, si bien el mayor protagonismo ha recaído sobre agencias pertenecientes a la administración federal, notablemente el USGS, otros niveles de la administración están desempeñando también un papel muy activo en la misma, especialmente en lo que se refiere al establecimiento de los nodos (clearinghouses) que sirven como elemento de coordinación e intercambio en el ámbito de los Estados, Condados o Áreas Metropolitanas y Ciudades. Muchos Estados cuentan en la actualidad con estrategias coordinadas en materia de información espacial y, obviamente, con la NSDI. Debe destacarse que en muchos Estados se han establecido Oficinas GIS, a menudo ligados a los Departamentos de Tecnología (de la Información) para coordinar las actuaciones en esta materia en la administración estatal.

La situación en las administraciones locales (Condados) es mucho más variable, a pesar de existir la conciencia clara de que son decisivas en lo que se refiere al desarrollo de información espacial de gran escala, y por tanto de gran importancia en gran número de aplicaciones.

Existe un elevado número de asociaciones y organizaciones que articulan las tareas de coordinación y difusión. Deben mencionarse el Consejo de Información Geográfica de los Estados Nacionales [NSGIC] (que agrupa a los Consejos de Información Geográfica existentes en prácticamente todos los Estados), de la Asociación Nacional de Condados [NACO] y la Liga Nacional de Ciudades [NLC].

Fuera del ámbito de las administraciones públicas, las asociaciones profesionales relacionadas con la información espacial (como es la Asociación de Sistemas de Información Urbanos y Regionales [URISA], por citar una de las más influyentes) y las asociaciones de profesionales del sector GIS de cada estado (como la Asociación de Información Geográfica de California [CGIA], por ejemplo) realizan las tareas de difusión entre sus colectivos.

Completan este escenario el sector académico (puede consultarse el Consorcio Universitario para las Ciencias de la Información Geográfica [UCGIS]) y el sector privado, del que sin entrar en su descripción detallada, debe resaltarse su participación en partenariados con muchas administraciones locales para el desarrollo conjunto de cartografía con el acuerdo de su explotación comercial posterior. Se ha citado ya también el papel que en el campo de la estandarización desempeña el consorcio OpenGIS, en la que se integran las principales compañías del sector de industrias software y servicios, y en cuyo comité de gestión participa el FGDC.

El panorama descrito muestra que el alcance de la iniciativa está siendo muy amplio, quizá en consonancia con la magnitud de las tareas necesarias, que sin ninguna duda es formidable.

Sin embargo, y quizá en contra de lo que pudiera indicar el alto nivel jerárquico en el que se sitúa su mandato inicial, la estrategia de gestión que ha predominado en el desarrollo de la NSDI ha sido la de consenso y promoción de la participación de los diferentes agentes, así como la creación de incentivos financieros para la formación de partenariados, tanto entre los distintos niveles de las administraciones como de éstas con el sector privado, para el desarrollo de conjuntos de información conformes a estándares [MSC 1994].

Ha habido pues una combinación de aproximaciones centralizadas (top-bottom) en la creación de los marcos básicos, con otras de tipo descentralizado (bottom-up), fomentando la distribución de responsabilidades en las labores de creación de los contenidos que han de insertarse en dichos marcos.

No obstante no son pocas las instancias que en el momento actual, con las bases de la infraestructura ya sólidamente establecidas, reclaman un mayor papel de instrumentos legislativos que consoliden el objetivo, en el convencimiento de que éstos son necesarios para acelerar la implantación de la NSDI.

### **Experiencia en otros países**

Son muchos los países (del orden de 50 en el mundo según una encuesta reciente [Onsrud 2001]), en los que se han iniciado iniciativas similares aunque con diferentes orientaciones, alcances, niveles formales de coordinación e, inevitablemente, éxito. En general el impulso reside en las administraciones, ya sean la centrales o no, con diferentes niveles de apoyo de

alto nivel político. En algún caso, como es el de Gran Bretaña, la iniciativa reside en el sector privado.

En general, el objetivo más inmediato en todas estas iniciativas es establecer un catálogo nacional de metadatos accesible en red (clearinghouse), al que siguen los de establecimiento de mecanismos formales para la coordinación de la producción de información, de estándares,, la creación conjunta de colecciones de datos básicos y comunes (framework), etc.

La iniciativa internacional conocida como GSDI, Global Spatial Data Infrastructure, en la que participan las organizaciones nacionales (y regionales) ligadas a las respectivas IDE nacionales, realiza una labor orientada a la difusión e impulso de las IDE entre aquellos países que todavía no las han iniciado y, obviamente, promueve que éstas se realicen de acuerdo a los estándares establecidos, ya sea de iure o de facto, de forma que se garantice su futura interoperabilidad. De esta forma, se propone avanzar en el objetivo de disponer de una infraestructura global que, enlazando las nacionales, sirva de soporte las necesidades planteadas en los cada vez más numerosos problemas de escala regional o global. Entre otras actividades, publica y actualiza una guía para la implantación de IDE [GSDI 2001]

Cabe citar también otros programas de carácter global como Global Map, Digital Earth, y un largo etcétera, en general coordinados entre sí.

En el campo de la estandarización, junto a otros esfuerzos que se han ido mencionando, notablemente los del consorcio OpenGIS, ISO estableció el TC/211 para el desarrollo de estándares en este campo.

En la Unión Europea, las demandas de conjuntos coherentes de información geográfica de carácter transnacional son especialmente agudas y, lógicamente, crecientes. Sin embargo los problemas de heterogeneidad de todo tipo hacen que la creación de infraestructuras comunes revista dificultades especiales [Burrough 1998].

Los primeros intentos en este sentido se realizaron en el marco de los grupos de trabajo en el campo de la planificación territorial. Existe así mismo la experiencia del programa CORINE que comprendió la creación conjunta de información medioambiental georeferenciada, como de información medioambiental.

Existen actualmente varios cuerpos formalizados de colaboración, como es CERCO, constituido por las instituciones cartográficas nacionales que promueve la iniciativa MEGRIN para el desarrollo de conjuntos de datos geográficas transnacionales (proyecto SABE) a partir de las cartografías nacionales, y la creación de servicios de directorio de metadatos (GDDD).

Debe citarse también el programa IMPACT, que promueve acciones en el campo de la creación del mercado de la información entre las que se incluyen algunas en el campo de la información geográfica.

Ha habido y hay otras iniciativas de colaboración y coordinación de la producción de información espacial y de impulso del mercado de información, como la recientemente promovida por Eurostat para la creación de una infraestructura de información ambiental de nivel europeo (proyecto EESDI).

La asociación EUROGI (European Umbrella Organisation for Geographic Information), que agrupa a las asociaciones nacionales de información geográfica, ha emitido un documento proponiendo una posible estrategia europea para la promoción en la UE de la información geográfica [EUROGI 2000].

Sin embargo los avances efectivos hacia la construcción de una infraestructura europea han sido hasta el momento muy escasos.

En España se registra un considerable retraso en la implantación de infraestructuras de este tipo. No obstante, y según se describe en otro trabajo de este mismo monográfico, recientemente se ha iniciado un proyecto que, promovido por un equipo de las Universidades Jaime I, de Zaragoza y Politécnica de Madrid que, con financiación del Ministerio de Ciencia y Tecnología y abierto a la colaboración de otras organizaciones, se propone la puesta en marcha de las principales componentes de lo que, hemos de esperar, puede convertirse en el embrión de la Infraestructura Nacional de Información Geográfica (INIG). En este sentido debe destacarse el creciente número de instituciones y organizaciones que están elaborando y

publicando el catálogo de metadatos de la información que poseen, como es el caso de la Confederación Hidrográfica del Ebro, que también se describe en este monográfico.

Finalmente, algunas Comunidades Autónomas han emprendido también los primeros pasos para implantar IDE, lo que pone de manifiesto la necesidad (y oportunidad) de establecer con rapidez mecanismos de coordinación que permitan obtener el máximo provecho y eficacia de estos esfuerzos.

### **Conclusiones**

Se ha revisado la situación actual en el campo de las tecnologías de la información espacial. Existe un acuerdo generalizado sobre su superior capacidad de comunicación y su idoneidad para el soporte a la toma de decisiones en una amplia tipología de problemas en los que la dimensión espacial es determinante, como sucede en numerosas áreas de las actuaciones de las administraciones públicas.

Múltiples barreras limitan en la actualidad la plena realización de este potencial. Muchas de estas barreras tienen su origen en las actuales dificultades tanto para acceder como para compartir e intercambiar la información ya existente.

La constatación de estas barreras ha conducido en numerosos países a la puesta en marcha de iniciativas orientadas a la constitución de lo que se conoce como infraestructuras de datos espaciales, IDE.

La implantación de estas infraestructuras implica la movilización de los últimos desarrollos tecnológicos. No obstante, los problemas son fundamentalmente de naturaleza organizativa e institucional. La experiencia de la implantación de la NSDI en EEUU, pionero en esta iniciativa y seguramente con el mayor grado de desarrollo de una IDE, muestra que esta labor tiene una magnitud enorme, plazos muy largos y, como sucede con la mayor parte de las infraestructuras, sin un punto final.

Es evidente que también la coordinación y compartición de información tienen un coste por lo que en el medio y probablemente también en el largo plazo haya que admitir un cierto nivel de duplicación de esfuerzos y recursos.

El establecimiento de intranets y centros de servicios asociados a comunidades de información determinadas puede ser la solución como medio de alcanzar un punto de funcionamiento óptimo.

La labor de estandarización tan necesaria en este caso muestra, como siempre en un mundo campo con una dinámica tan acusada como las TIC, el riesgo de limitar el desarrollo de nuevas e innovadoras soluciones.

Se ha descrito cómo las estrategias de gestión para el desarrollo de las IDE que parecen más acertadas son aquellas que combinan aproximaciones top-bottom para el soporte de las actividades que constituyen el núcleo y las de consenso y colaboración (bottom-up) para las actividades más verticales y de carácter más local.

Una labor muy importante es la de difusión, en la que junto a las administraciones públicas, las asociaciones de profesionales y el sector privado tiene un papel muchas veces determinante.

El proceso de implantación de las IDE está provocando la apertura de debates sobre multitud de aspectos ligados a la circulación masiva de la información electrónica, muchos de ellos todavía muy abiertos, como el precio de la información, los derechos de propiedad, la responsabilidad legal, etc. Entre ellos se encuentra al correspondiente al futuro papel de las administraciones públicas como proveedores de servicios de información espacial y el posible reparto público-privado de esta función. Una solución actualmente extendida es la de cooperación mediante la formación de partenariados públicos y público-privados.

### **Agradecimientos**

El presente trabajo se ha realizado en el marco del Programa Fulbright del Ministerio de Medio Ambiente 2000-2001 que el autor ha desarrollado en la Universidad de California en Berkeley.

### **Referencias**

[CGIA] California Geographic Information Association: <http://www.cgia.org>

- [Burrough 1998] Burrough, P. and Masser, I. (eds.): "European Geographic Information Infrastructures", London: Taylor & Francis Ltd. (1998)
- [Clinton 1994] Clinton, W. "Executive Order 12906: Coordinating Geographic Data Acquisition and Access: The National Spatial Data Infrastructure" Federal Register 59, April 1994, 17671-17674. (también en <http://www.fgdc.gov/publications/documents/geninfo/execord.html>)
- [ESRI] Environmental Sciences Research Institute: <http://www.geographynetwork.com/>
- [EUROGI 2000] European Umbrella Organisation for Geographic Information: "Towards a strategy for geographic information in Europe", [www.eurogi.org/geoinfo/eurogiprojects/strategy.pdf](http://www.eurogi.org/geoinfo/eurogiprojects/strategy.pdf)
- [FGDC 1993] Federal Geographic Data Committee. National Geodata Policy Forum : "Present and emerging U.S. policies governing the development, evolution, and use of the National Spatial Data Infrastructure : summary report.". Reston, Va. : Federal Geographic Data Committee, U.S. Geological Survey? (1993)
- [Foresman 1998] Foresman, T.W. (editor) "The history of Geographic Information Systems : perspectives from the pioneers", Upper Saddle River, NJ : Prentice Hall PTR (1998)
- [Gittings 1999] Gittings, B (editor) "Integrating Information Infrastructures with GI Technology" London: Taylor & Francis Ltd, (1999)
- [Groot 2000] Groot, R. and McLaughlin, J. (eds) "Geospatial Data Infrastructure. Concepts, Cases and Good Practice". New York: Oxford University Press (2000)
- [GSDI 2001] <http://www.gsdi.org/pubs/cookbook/cookbook0515.pdf>
- [Longley 2001] Longley, P.A., Goodchild, M.F., Maguire, D.J. y Rhind, D.W. "Geographic Information Systems and Science", Chichester: John Wiley and Sons LTD (2001)
- [Malkcewski 1999] Malkcewski, J. "GIS and Multicriteria Decision Analysis", New York: John Wiley and Sons (1999)
- [MSC 1994] Mapping Science Committee, "Promoting the national spatial data infrastructure through partnerships ", Washington, D.C. : National Academy Press (1994)
- [NAPA 1998]. National Academy of Public Administration (US). "Geographic Information for the 21st Century. Building a Strategy for the Nation", January 1998.
- [NACO] National Association of Counties: <http://www.naco.org>
- [NLC] National League of Cities: <http://www.nlc.org>
- [NSGIC] National States Geographic Information Council: <http://www.nsgic.org>
- [UCGIS] University Consortium for Geographic Information Science: <http://www.ucgis.org>
- [Onsrud 2001] Onsrud, H.J.: "Survey of National and Regional Spatial Data Infrastructure Activities around the Globe" <http://www.spatial.maine.edu/~onsrud/GSDI.htm>
- [OpenGIS 1998] Buehler, K. and McKee, L.(eds). "The OpenGIS Guide. Introduction to Interoperable Goprocessing and the OpenGIS Specification". OpenGIS Consortium Technical Committee, 3d edition (draft), June 1998. <http://www.opengis.org/techno/guide.htm>
- [Ordnance Survey] OS MasterMap: <http://www.ordsvy.gov.uk/>
- [URISA] Urban and Regional Information Systems Association: <http://www.urisa.org>

Manuel Echeverría Martínez (Zaragoza, 1958) es Ingeniero de Caminos, Canales y Puertos, funcionario en activo del Cuerpo Superior de Sistemas y Tecnologías de la Información de la Administración Central del Estado.

Desempeña sus funciones como Coordinador de Programas en la Secretaría de Estado de Aguas y Costas del Ministerio de Medio Ambiente.

Es vocal de la Junta Directiva de ASTIC

