

El sistema de información GIS-Ebro. Metadatos y catálogo de datos geográficos

ARQUED ESQUÍA, Víctor M. (*) (varqued@chebro.es)
ZARAZAGA SORIA, F. Javier (**) (javy@posta.unizar.es)
LOSADA GARCÍA, José A. (*) (jlosada@chebro.es)

(*) Oficina de Planificación Hidrológica. Confederación Hidrográfica del Ebro.

(**) Laboratorio de Sistemas de Información Avanzados. Dpto. de Informática e Ingeniería de Sistemas. Universidad de Zaragoza.

INTRODUCCIÓN

El que hemos dado en llamar GIS-Ebro, es el sistema de información geográfica con que trabaja la Oficina de Planificación Hidrológica de la Confederación Hidrográfica del Ebro para dar servicio a todo el organismo de cuenca. Su origen data del año 1990 y desde esa fecha no ha cesado de crecer, tanto en lo que se refiere al volumen de información y equipamientos como en el número de usuarios conectados a través de la red interna de comunicaciones con que cuenta la Confederación. Así, en la actualidad, además de la Oficina de Planificación, promotora de ese servicio, también la Comisaría de Aguas y diversas áreas de la Dirección Técnica están conectadas al servidor de ficheros del GIS-Ebro y con ello satisfacen sus propios requerimientos. Complementariamente, la Confederación Hidrográfica del Ebro publica en Internet, a través de su Red de Información del Agua (www.opf.chebro.es) una copia en distintos formatos de las coberturas y tablas de datos con las que trabaja, con el objeto de ofrecer esta información a todos los usuarios y estudiosos del agua que se sientan interesados.

Como los factores que afectan al ciclo del agua son variados, algunos pueden ser considerados fijos y otros variables en el tiempo, también son múltiples los temas a tratar y desarrollar mediante la tecnología de las bases de datos georreferenciadas y diversas las aplicaciones específicas para el trabajo con esa información. Por otra parte, la extensión de nuestro ámbito territorial (85.500 km²), la longitud de nuestra fluvial (12.000 Km. de ríos) y la compleja división administrativa del territorio (1.700 municipios y 18 provincias correspondientes a 9 comunidades autónomas), sobre el que se instalan decenas de miles de aprovechamientos de agua de distinto tipo, hacen que el uso de la tecnología de la información geográfica resulte especialmente oportuno para manejar, operar e interrelacionar la multiplicidad de datos que se acumulan. Como muestra de esta labor, se presenta en la Fig. 1 un esquema indicativo de la localización de los diversos tipos de datos (geodatos) con los que trabaja la Confederación.

**** FIGURA 1 ****

En este artículo se muestra el GIS-Ebro de tal modo que nuestra experiencia, acumulada a lo largo de más de diez años, sea compartida con otros equipos de trabajo que hayan desarrollado o estén pensando en desarrollar un sistema semejante o con un propósito parecido. Para ello se van a tratar los siguientes aspectos:

- Naturaleza y cantidad de la información contenida y los procedimientos funcionales actualmente en uso.
- Configuración del GIS-Ebro. Presentando el sistema lógico y físico que paulatinamente se ha instalado y las necesidades de personal que requiere.
- Presentación, a modo de ejemplo, de algunas de las aplicaciones específicas desarrolladas, o en desarrollo, para facilitar su explotación.

- Panorámica de la actual tendencia en el GIS-Ebro, encaminada a acomodarnos a una filosofía interoperativa en el ámbito global.
- Discusión sobre los costes y los beneficios que la implantación de este sistema ha llevado y lleva consigo.

LA CUENCA DEL EBRO Y LOS TEMAS A TRATAR EN EL GIS

La cuenca del Ebro, o más exactamente el ámbito territorial que se describe en los artículos 2, 3 y 4, del Plan Hidrológico de la cuenca del Ebro [1], es el objeto de trabajo y marco geográfico del GIS-Ebro. Por ello, antes de entrar en otras cuestiones, se presentan seguidamente algunos datos con los que se trata de mostrar la variedad y complejidad de la información con la que se trabaja en el GIS-Ebro.

Como se ha dicho en la introducción se trata de una superficie de 85.534 km², distribuidos en 9 comunidades autónomas, 18 provincias, 1.715 municipios y 5.423 localidades, que agrupan una población de 2.767.103 habitantes según el censo de 1998. La tabla 1 muestra esta información con mayor detalle.

	Superficie Km ²	Porcentaje territorio	Nº hab. Censo 1998	Porcentaje población	Densidad hab/km ²	Número de Municipios
Aragón	42.076,3	49,19	1.135.250	41,03	26,98	662
Cantabria	775,4	0,91	19.904	0,72	25,67	9
Castilla y León	8.124,9	9,50	94.500	3,42	11,63	188
Castilla-La Mancha	1.117,9	1,31	2.122	0,08	1,90	27
Cataluña	15.634,4	18,28	492.668	17,80	31,51	338
Comunidad Valenciana	846,5	0,99	5.143	0,19	6,08	16
La Rioja	5.050,7	5,90	263.644	9,53	52,20	174
Navarra	9.227,4	10,79	503.036	18,18	54,52	246
País Vasco	2.680,7	3,13	250.836	9,06	93,57	57
TOTAL ÁMBITO...	85.534,2	100,00	2.767.103	100,00	32,35	1.715

Tabla 1. Superficie y población en la cuenca del Ebro, según la contribución de las distintas comunidades autónomas que participan en el ámbito territorial. Fuente: Plan Hidrológico de la cuenca del Ebro [1].

De acuerdo con los datos elaborados durante la preparación del Plan Hidrológico de cuenca, la mayor parte de la población ocupada se encuentra en el sector de los servicios (53,73%), en segundo lugar está la ocupación en el sector industrial (25,98%) y en menor medida la agricultura (11,04%) y la construcción (9,25%). Con todo ello se obtiene un valor añadido bruto en nuestra cuenca (año 1991) de 5.755.792 Millones de pesetas, sobre el que el sector agrario supone un 6,6%.

Para atender a ese territorio, a esa población y a esa actividad, nuestro medio natural nos ofrece 12.000 km de ríos principales con una aportación media en régimen natural de 18.000 hm³/año, unos 20.000 km² de materiales permeables aflorantes y 7.500 manantiales significativos [2]. A partir de ello, se realizan los distintos aprovechamiento del dominio público hidráulico, el GIS-Ebro tiene documentadas unas 27.000 concesiones de agua, para cubrir las demandas. La tabla 2 muestra un desglose de estas demandas según los tipos de actividad, de acuerdo con las evaluaciones realizadas para el Plan Hidrológico de cuenca.

Uso	Hm3/año
Abastecimiento	313
Abast. (trasvasado a otras cuencas)	246
Ganadería	66
Agricultura	6.310
Industria	414
Refrigeración centrales	3.354
Concesión hidroeléctrica estimada	60.000

Tabla 2. Demandas teóricas en la cuenca del Ebro. Fuente: Plan Hidrológico de la cuenca del Ebro [1]

La regulación de caudales para atender estas demandas se realiza gracias a la existencia de 152 grandes presas con una capacidad de 7.630 hm³ y unos 15.000 pozos desde los que se lleva a cabo el aprovechamiento directo de las aguas subterráneas. Añadido a ello existe una compleja red de infraestructuras de transporte de agua.

Se cuenta además con una variada red de control hidrológico cuantitativo y cualitativo, que incluye estaciones de aforo, piezómetros, pértigas para la nieve, estaciones de muestreo para los estudios de calidad, estaciones de seguimiento de variables ambientales y la red meteorológica.

En el GIS-Ebro se trabaja para agrupar toda la información que llega, buena parte de ella se genera en el propio organismo de cuenca y los procedimientos ya se encuentran relativamente normalizados, pero otra buena parte de la información procede de las diversas comunidades autónomas que participan en la cuenca o de otros organismos de la administración central y es necesario un constante proceso de búsqueda, validación, actualización y adecuación.

Para estudiar todo ello ordenadamente, en el GIS-Ebro se trabajan los siguientes temas o grupos de temas, que de un modo u otro se yuxtaponen y deben ser tenidos en cuenta en la planificación hidrológica:

- Ámbito territorial: Diversas coberturas que señalan el límite del ámbito territorial del Plan Hidrológico de la cuenca del Ebro [1].
- División administrativa: Existen diversas coberturas de los términos municipales, a diferentes escalas y correspondientes a diversas fechas, ya que con cierta frecuencia se fusionan o dividen municipios y es necesario mantener la topología para asociar correctamente tablas censales que aportan variada información socioeconómica. A partir de estas coberturas se pueden generar mapas comarcales, provinciales o autonómicos.
- Núcleos de población: Contorno de los núcleos de población que se encuentran dentro de nuestro ámbito territorial, según cartografías procedentes de distintas fuentes. Llevan asociada una tabla con información descriptiva básica.
- División cartográfica: Existen diversas coberturas que señalan las cajas de las hojas cartográficas a distintas escalas, de las escenas teledetectadas, de las ortoimágenes, etc. con la tabla asociada que facilita su identificación y, en su caso, asociación.
- Red viaria: Varias coberturas que muestran la red de comunicaciones por carretera y vías férreas con una sencilla base de datos asociada que permite su clasificación jerárquica y, con ello, su variada selección.
- Juntas de explotación: Ámbitos territoriales de las 17 Juntas de Explotación que se han constituido en la cuenca del Ebro.
- Red fluvial: Varias coberturas con la traza de los ríos, a distintas escalas y de distinta procedencia. Las hay que tienen asociada una interesante tabla descriptiva que permite asociarlas con su cuenca vertiente.
- Cuencas hidrográficas: Varias coberturas que muestran la división en cuencas hidrográficas con distintos niveles de desagregación y tablas de datos asociadas.
- Mapa geológico: Diversas coberturas que ofrecen mapas geológicos de los dominios hidrogeológicos y de las unidades hidrogeológicas, también se incluyen cortes geológicos y un sistema generador de leyendas para los mapas geológicos.
- Dominios y unidades hidrogeológicas: Diversas coberturas que muestran los contornos de los dominios y de las unidades hidrogeológicas con una sencilla tabla de datos asociada.
- Inventario de puntos de agua: Coberturas con la localización de los puntos incluidos en la base de datos IPA [2], que se generan automáticamente para toda la cuenca o para una zona determinada a petición del usuario de acuerdo con una determinada selección.
- Imágenes teledetectadas: Se trata de diversas escenas registradas por los sensores Landsat V-t.m.; Landsat VII y SPOT Pan. Destaca entre ellas una cobertura para toda la cuenca resultado de la combinación de escenas Landsat V y SPOT y remuestreada a píxeles de 5 m. de lado; corresponde al año 1995.
- Ortoimágenes fotográficas: Se dispone, entre otras, de las ortoimágenes del GIS-Oleícola cedidas por el Ministerio de Agricultura, Pesca y Alimentación, y de otra colección del año

1927 realizada por la entonces Confederación Sindical Hidrográfica del Ebro. No cubren la totalidad del ámbito territorial.

- Mapas de isolíneas: En el GIS-Ebro se generan diversos tipos de mapas de isolíneas, básicamente referidas a datos climáticos: isoyetas, isotermas, ETP y también a datos geológicos o hidrogeológicos: isobatas, isopacas, isopiezas...
- Mapa de erosión: Se dispone de una versión digital de un mapa de estados erosivos de la cuenca del Ebro a escala 1:500.000 [3]. También se dispone de otros mapas desarrollados mediante trabajos específicos en la Confederación.
- Mapas forestales: Se dispone de diversos mapas forestales, correspondientes a los inventarios nacionales, transferidos desde el Área de Banco de Datos del MIMAM. En concreto está operativo un mapa 1:400.000 del año 1968 [4] y algunos otros provinciales del II Inventario Forestal Nacional.
- Espacios naturales: Diversas coberturas a distintas escalas que indican los contornos de los diferentes espacios catalogados sobre los que existe alguna protección ambiental específica o sobre los que se piensa que va a existir. En el caso del inventario de zonas húmedas se trata de una cobertura de puntos. Cuentan con tablas asociadas que describen las características de cada espacio. Su procedencia es variada.
- Población: Tablas censales de población y proyecciones realizadas en distintos trabajos, que se asocian a las coberturas correspondientes de términos municipales a través de un código.
- Regadíos: Diversas coberturas con sus tablas asociadas, que vienen a representar los polígonos de regadío en distintas fechas y en diferentes situaciones administrativas. También hay coberturas en las que se indican los polígonos de superficies en regadío asociados a las concesiones de agua.
- Actividad económica: Tablas con diferentes censos de diversas actividades económicas. Industrias de diversa naturaleza agrupadas por los códigos del CNAE.
- Embalses: Polígonos que dibujan los vasos de los embalses actualmente existentes en la cuenca, de los considerados en la planificación hidrológica según sus horizontes temporales y otros embalses planteados en diversos estudios. Estas coberturas están asociadas a las correspondientes tablas descriptivas.
- Infraestructuras de transporte: Redes principales de transporte y distribución de agua en la cuenca. Se dibuja su traza y existe una tabla asociada que describe las infraestructuras.
- Centrales hidroeléctricas: Localización y características de los aprovechamientos hidroeléctricos históricos, actuales y previstos en la cuenca.
- Instalaciones para acuicultura: Localización y características de las piscifactorías y afines que existen actualmente en la cuenca. También las que se encuentran en desuso y las previstas.
- Usos recreativos: Cobertura de tramos de cauce con una tabla asociada que describe los usos recreativos que se dan en cada caso; especialmente en el caso de los embalses en explotación.
- Red meteorológica: Cobertura de puntos con la localización de las estaciones de control meteorológico existentes en la cuenca. Dispone de una tabla asociada que describe la naturaleza de los datos recogidos y el periodo de registro. Paralelamente existen tablas con los datos correspondientes a cada estación, tanto originales como tratados.
- Red foronómica: Cobertura de puntos en la que se indica la localización de las estaciones de aforo en la red fluvial del Ebro, tanto las que opera la Confederación como las implantadas por otras administraciones o empresas. Existen tablas con la descripción y características de las estaciones y otras tablas con los datos originales y tratados.
- Redes de calidad: Diversas coberturas de puntos con la localización de las estaciones de medida, tanto de la red de aguas superficiales como de las redes de control de las aguas subterráneas. Las tablas asociadas describen cada punto, otras tablas contienen los datos correspondientes a cada estación. La mayor parte de esta información se genera en la Comisaría de Aguas.
- Red de variables ambientales: Localización de los puntos en los que se registran este tipo de variables y diversas tablas asociadas con la descripción de los puntos y los datos registrados.
- Red piezométrica: Localización de los sondeos que conforman las distintas redes de control piezométrico que se mantienen en la cuenca, tanto por parte de la Confederación,

del MIMAM o de otros organismos. Otras tablas relacionadas contienen las series temporales registradas.

- Objetivos de calidad en los ríos: Cartografías de tramos de cauce con sus correspondientes objetivos de calidad establecidos en el Plan Hidrológico y con objetivos de estado ecológico fruto de trabajos en curso para el establecimiento de caudales ecológicos.
- Riesgos de inundación: Zonas con diferentes riesgos de inundación de acuerdo con lo establecido en los trabajos desarrollados para la preparación del Plan Hidrológico de cuenca.
- Infraestructuras previstas en la planificación hidrológica: Diversas coberturas que permiten plasmar las diversas infraestructuras que se han previsto en la planificación hidrológica de la cuenca a su primer y segundo horizonte. Existe tablas descriptivas de las mismas.
- Modelo digital del terreno: Fichero mallado correspondiente al MDT de la cuenca del Ebro, establecido a partir del MDT200 del CNIG, adquirido por la Confederación.
- Otros temas de apoyo cartográfico: Existen además un gran número de temas desarrollados en coberturas de apoyo para diferentes aplicaciones y para la configuración gráfica de las cartografías finales. Entre las primeras cabe destacar las diversas divisiones cartográficas según hojas a diversas escalas o según marcos específicos, y entre las segundas, cajetines, líneas de costa y diversas referencias geográficas.

Para todo ello, el GIS-Ebro utiliza básicamente el sistema de coordenadas UTM, análogamente al Servicio Geográfico del Ejército. No obstante, dado que el meridiano de Greenwich atraviesa la cuenca quedando el tercio oriental en el ámbito del huso 31, mientras que el resto de la cuenca se encuentra en el 30, todas las coberturas son finalmente proyectadas al huso 30, utilizando homogéneamente las coordenadas UTM del huso 30 en toda la cuenca.

NUESTRA BREVE HISTORIA

El GIS-Ebro nació en año 1990 con la adquisición, por parte de la Confederación, de una licencia ARC/INFO triple nodo que corría sobre una estación con sistema operativo HP-UX, cedida por el entonces naciente proyecto SAIH de la cuenca del Ebro, y la posibilidad de incorporar un técnico licenciado en geografía con dedicación plena a este trabajo. En aquel momento, la Oficina de Planificación Hidrológica de la Confederación trabajaba activamente en la preparación de los documentos técnicos que habrían de concluir en la presentación del Plan Hidrológico de cuenca y, por ello, en ese momento las recopilaciones de información eran constantes y voluminosas, con formatos y características enormemente diversas.

El equipamiento inicial consistía en un ordenador HP9000 822/s con unidad de cinta, del que también colgaban dos PC-486 emulando X-Terminal con una red local. Se disponía también de un tablero digitalizar A0 y de un trazador de plumas, también A0. Sobre este soporte físico se había instalado una licencia ARC/INFO 5 triple nodo, que permitía arrancar desde los tres puestos, la estación y los dos PCs.

Durante algo más de tres años, el GIS-Ebro acumulaba información sin apenas producción alguna. Las principales dificultades para ello estaban en la carencia generalizada de cualquier tipo de información digital y en la escasa interoperabilidad que se daba entre los distintos sistemas que se comenzaban a implantar; por otra parte no era fácil encontrar técnicos capacitados para operar con aquellos sistemas.

Sus primeros resultados apreciables se plasmaron en la producción cartográfica que ilustró el Plan Hidrológico de cuenca. Así, con la incorporación de impresoras y trazadores de chorro de tinta, se produjeron entre los años 1994 y 1995 más de 5.000 originales [5] que fueron ampliamente difundidos. Pero la tecnología y potencialidad del GIS seguía sin penetrar en el trabajo cotidiano de los técnicos, que en su mayoría únicamente recurrían al GIS-Ebro para obtener un mapa más o menos vistoso.

Desde 1994 el soporte físico pasó a ser una estación de trabajo HP-Apollo 715/50 con 64 Mb de RAM, ampliada después a 128 Mb, y 1 Gb de disco, ampliado después a 2 Gb, conectada con dos PCs que emulan X-Terminal. La licencia de ARC/INFO pasó a ser la 6.1.1. para HP-

UX. Progresivamente se comenzaron a instalar puestos con ARC/VIEW 2.01 y con ello surgió un creciente interés por las coberturas que ofrecía el GIS-Ebro para el desarrollo de trabajos específicos [6]; en particular estableciendo relaciones entre bases de datos (Ms-Access, habitualmente) y la potencialidad del ARC/VIEW, motivando con ello la instalación de un servidor de ficheros que paso a ofrecer, a la red interna de comunicaciones de la Confederación, la posibilidad de descargar, desde cualquier puesto debidamente equipado y autorizado, una variada gama de temas cartográficos con datos asociados.

Durante el año 1999, con vistas a mejorar el servicio que el GIS-Ebro ofrece dentro y fuera de la Confederación, se realizó un estudio específico de las necesidades lógicas y físicas para la actualización del sistema [7], localizando datos geográficos e identificando las funcionalidades que podría ser oportuno desarrollar y los equipamientos que deberían ser implantados en años sucesivos.

En la actualidad, dentro de la estructura de la Confederación, se diferencia el GIS-Ebro como un elemento que ofrece el servicio de creación, mantenimiento y actualización de una voluminosa base de datos georreferenciada. Mantiene todavía la licencia ARC/INFO 6.1.1. para HP-UX, pero ha incorporado tres licencias flotantes ARC/GIS 8.1 que corren sobre Windows 2000, en equipos con 256 Mb de RAM y 40 Gb de disco. También se ha llevado a cabo una notable modernización paralela de los elementos periféricos; incluyendo como sistemas de almacenamiento torres de discos con configuración RAID V.

Se está trabajando para lograr la incorporación de nuevas licencias de ARC/VIEW 8, controladas mediante un servidor de licencias, de forma que puedan ser arrancadas desde cualquier puesto conectado a la red y debidamente equipado.

La actual base de datos ocupa un espacio en disco de unos 100 Gbytes, incluyendo coberturas, tablas asociadas e imágenes, estas últimas son las que ocupan un mayor espacio y con ello aparecen las necesidades de buscar una compresión y un sistema gestor que facilite la rápida visualización.

En el GIS-Ebro trabajan a tiempo completo cuatro personas: dos geógrafos, un ingeniero industrial y un geólogo. Su principal ocupación es la administración y mantenimiento del sistema y de su base de datos. La actividad está orientada a facilitar la disposición de la información georreferenciada que pueda ser requerida por las distintas unidades de la Confederación, entre los grupos de usuarios habituales destacan los grupos de trabajos de informes y estudios de la Oficina de Planificación Hidrológica, y los del Área de Gestión y el Área de Calidad de la Comisaría de Aguas. Existen algunos otros usuarios episódicos como el grupo del SAIH o el gabinete técnico de Presidencia, pero entendemos que todavía es una tecnología que debe penetrar más profundamente en el trabajo cotidiano que realiza la Confederación, puesto que con carácter general siempre se trabaja con datos en los que interesa especialmente su ubicación geográfica.

Por otra parte, el GIS-Ebro aporta a la Red de Información del Agua de la Confederación Hidrográfica del Ebro (www.oph.chebro.es) una réplica de buena parte de las coberturas de que dispone, facilitando su descarga a través de Internet en distintos formatos. Junto a los datos se ofrecen unas fichas esquemáticas que describen el contenido y estructura de los ficheros a modo de primitivos metadatos.

APLICACIONES ESPECÍFICAS

El desarrollo del GIS-Ebro ha fomentado el desarrollo de determinadas aplicaciones para distintos trabajos, bien se trate de estudios específicos que aportan un resultado concreto o aplicaciones que quedan integradas en los procedimientos habituales del trabajo en la Confederación. A modo de ejemplos, cabe citar en el primer caso el trabajo de regionalización ecológica de la cuenca, atendiendo a los requerimientos establecidos en la Directiva Marco del Agua (2000/60/CE); y en el segundo destaca el ejemplo de la aplicación gestora de Inventario de Puntos de Agua que, complementariamente, apoya la preparación semiautomática de

informes sobre la compatibilidad con el Plan Hidrológico de Cuenca de las diversas peticiones de aprovechamiento de agua que promueven los usuarios.

Los estudios de regionalización ecológica [8] han partido del tratamiento estadístico de datos fisiográficos en 461 recintos en los que dividió la totalidad del ámbito territorial, en cada recinto se obtuvieron multitud de variables a partir de la información aportada por el GIS-Ebro (28 variables derivadas del mapa geológico, 32 variables derivadas del mapa de usos del suelo, 8 variables morfométricas, 5 variables climáticas derivadas de los mapas correspondientes, 4 socioeconómicas obtenidas a partir del despliegue de diferentes censos sobre el mapa de municipios y 2 variables espaciales de posición) junto con otras variables hidrológicas cualitativas y cuantitativas obtenidas independientemente. Todo ello evidenció que sin la existencia de la base de datos del GIS-Ebro y sin el aprovechamiento de las funcionalidades del GIS la obtención de la enorme matriz de datos requerida hubiese resultado inviable.

**** FIGURA 2 ****

La base de datos IPA [2] alberga y gestiona el inventario de puntos de agua de la cuenca del Ebro que mantiene la Oficina de Planificación Hidrológica de la Confederación Hidrográfica del Ebro. En él se acumula información referida a unas 50.000 localizaciones consideradas como puntos, aportando datos de su situación geográfica, hidrográfica y geológica, de sus características constructivas, del aprovechamiento de agua que se realiza y, también, datos cualitativos y cuantitativos del agua en ese punto, todo ello referido tanto a aguas subterráneas como superficiales. El citado inventario se maneja mediante un sistema relacional de base de datos con capacidades GIS.

Los objetivos de la base de datos IPA son dos, servir de almacén ordenado de la información hidrológica de las aguas superficiales y subterráneas asociada a los puntos del inventario y actuar como un sistema semiautomático generador de informes normalizados dentro del procedimiento habitual de trabajo con los expedientes administrativos en la Oficina de Planificación Hidrológica. En el futuro cabrá considerar otros objetivos, como puede ser el servir de banco de información para la ejecución de modelos hidrológicos y, también, hacer posible el acceso a la información a través de Internet, incluso para su actualización remota.

La parte alfanumérica consta de dos grandes conjuntos de tablas, uno referido a los datos técnicos de los puntos propiamente dichos y otro que guarda datos administrativos referentes a los expedientes de concesión y otros asimilados.

La parte cartográfica es administrada bajo ArcView y alimentada desde el GIS-Ebro y otros programa especializados. Consta de tres conjuntos de coberturas: vectoriales fijas, vectoriales editables y malladas (*raster*) fijas. Las coberturas vectoriales fijas han sido importadas desde ficheros *.E00 procedentes de la exportación de coberturas originales creadas previamente con ArcInfo; son coberturas de polígonos, de líneas y de puntos, correspondientes a los siguientes temas: división administrativa, unidades hidrogeológicas, mapa geológico, dominios hidrogeológicos, cuencas hidrográficas, octavos de hoja 1:50.000 y retícula de las hojas 1:50.000 en el ámbito de la cuenca del Ebro; cada una de esas coberturas lleva la correspondiente tabla de información asociada. Las coberturas vectoriales editables son propias de ArcView y pueden ser actualizadas durante el trabajo con la base de datos, entre los temas que tratan estas coberturas se encuentran el los puntos de agua que constituyen el inventario y el de los polígonos en regadío. Las coberturas malladas fijas ofrecen información planimétrica complementaria, a modo de fotografía aérea o imagen teledetectada, se encuentran en formatos hdr/bip, jpg, sid o erw.

La cobertura de puntos de agua se genera, en cada ocasión que se solicita a partir de una consulta específica que selecciona los puntos a considerar desde las tablas de la base de datos alfanumérica. Inversamente, esta cobertura se actualiza desde la pantalla gráfica y con ello se modifican, a voluntad del usuario, los correspondientes registros de la base de datos en las tablas alfanuméricas. De este modo, cuando se da un nuevo punto de alta en la base de datos o cuando se modifica la situación de alguno de los existentes sobre la pantalla gráfica de ArcView automáticamente se registran, a partir de la información aportada por las coberturas: el número de inventario que corresponde, el nombre y el código de la hoja 1:50.000, el

municipio y la provincia en que se encuentra el punto, la cuenca hidrográfica según la división ya preparada, el dominio hidrogeológico y, en su caso, la unidad hidrogeológica y, por supuesto, las coordenadas UTM correspondientes al punto y las que utiliza el sistema sobre el huso 30.

**** FIGURA 3 ****

TENDENCIA ACTUAL EN EL GIS-EBRO. INTEROPERABILIDAD, METADATOS Y CATÁLOGOS.

Tenemos que decir con satisfacción que el esfuerzo (en tiempo y en recursos) que ha exigido poner en marcha el sistema de información GIS-Ebro, se está viendo recompensado con un significativo aumento de la demanda, tanto de geodatos, como de servicios de geoprocésamiento. Por otra parte, el número de usuarios de esta información es progresivamente mayor, y no se centra exclusivamente en los funcionarios de la Confederación, sino que necesariamente ha sido abierto a otras administraciones, empresas consultoras que realizan trabajos para la Confederación y para otras administraciones, y, adicionalmente, está la demanda de información del público en general, que en lo que se refiere a la vertiente de información pública medioambiental, las administraciones públicas tienen el mandato de satisfacer.

No obstante, este incremento significativo de la demanda acarrea nuevos problemas de índole tecnológica, a los que hay que añadir el gran volumen de información que está contenida en el GIS-Ebro y la frecuencia con que esta información es actualizada y modificada por diferentes técnicos. Además, y según la experiencia de estos años, el incremento por parte del personal de la Confederación en el uso de la información geográfica como mecanismo de ayuda al análisis y toma de decisiones es directamente proporcional a la facilidad y accesibilidad de los potenciales usuarios a los datos y herramientas de geoprocésamiento y visualización, así como a su adecuada organización, completado y calidad. Así, el dar satisfacción adecuada a estos requerimientos es lo que está guiando la tendencia tecnológica del GIS-Ebro.

Estas problemáticas no son exclusivas de la Confederación sino que surgen en multitud de organizaciones, especialmente en aquellas relacionadas con el ámbito medioambiental, con un potencial uso intensivo de información geográfica. Afortunadamente, este interés común, y las nuevas oportunidades proporcionadas por las tecnologías de la información y las comunicaciones, han conducido a la aparición de asociaciones para la creación de estándares que proponen soluciones de consenso, para las que van surgiendo productos comerciales. En este sentido el GIS-Ebro ha hecho una apuesta por el OpenGIS Consortium¹, apuesta que, afortunadamente, está revelándose como "la buena" ya que está siendo también la apuesta de ISO. Por ello, la Confederación está utilizando estas nuevas posibilidades tecnológicas de interoperación (ArcGIS, Oracle, MS Office, Java, COM, HTTP, XML, GML,...) para su integración en el desarrollo de las nuevas versiones de aplicaciones como la citada IPA (Inventario de Puntos de Agua). Pero quizás es la infraestructura para los servicios de catálogo de datos geoespaciales donde más se manifiesta el interés de la tendencia actual del GIS-Ebro debido a su importancia e impacto en el sistema de información.

En los siguientes párrafos se ilustran brevemente los aspectos más relevantes de esta infraestructura, comenzaremos por explicar los metadatos espaciales, que son la base para el contenido de los catálogos los cuales pueden ser accedidos por variados clientes de búsqueda que pueden ir desde un software integrado en una aplicación SIG especializada como ArcInfo, hasta un usuario generalista de Internet. De todo esto, es el contenido del catálogo lo que proporciona realmente el potencial y para ello se hacen necesarios el establecimiento de

¹ El OpenGIS Consortium es una organización sin ánimo de lucro fundada en 1994 dedicada a la promoción de nuevas aproximaciones técnicas y comerciales para el geoprocésamiento abierto e interoperable, en la que participan importantes entidades industriales, gubernamentales y académicas de todo el mundo. Su objetivo es conseguir consensos sobre interfaces lógicas normalizadas y abiertas que posibiliten la interoperación entre los sistemas de geoprocésamiento de diferentes vendedores y diferentes tipos comunicando, por medio de estas interfaces acordadas, sistemas diversos a través de redes.

adecuados y disciplinados procesos de trabajo que aseguren su calidad. La aproximación planteada ha sido fruto de la colaboración entre la Confederación y el Laboratorio de Sistemas de Información Avanzados del Departamento de Informática e Ingeniería de Sistemas de la Universidad de Zaragoza. A dicho grupo (junto con otras dos Universidades y multitud de administraciones y empresas participantes) le ha sido concedida co-financiación por parte del Ministerio de Ciencia y Tecnología para crear tecnología para una Infraestructura Nacional de Información Geográfica [9] y la puesta en marcha de servicios distribuidos de catálogo. Los servicios de catálogo de la Confederación se integrarán en esta infraestructura nacional por lo que también funcional y tecnológicamente están basados en la misma.

El disponer de mucha información geográfica no es de mucho valor si no conocemos las peculiaridades de dicha información. Suelen surgir problemas típicos como que se hace difícil que alguien sepa exactamente qué contiene la base de datos, sus características, como fue creada, etc. Es decir, es necesario disponer de información de los propios datos geográficos, lo que se conoce en el mundo de la informática como metadatos. Esta metainformación es más importante todavía si se desea, como es el caso de esta Confederación, distribuir la información geográfica tanto dentro de la institución como al exterior.

Otro aspecto fundamental es el consenso sobre cuál va a ser esta metainformación, puesto que constituye el mecanismo fundamental para posibilitar el intercambio. Por ello se ha hecho gran hincapié en el desarrollo de estándares. En 1992, el Comité Europeo de Normalización creó el comité técnico 287 asignándole la responsabilidad de la estandarización de la información geográfica. A partir de ahí ha ido apareciendo una familia de pre-estándares que van siendo adoptados, incluyendo la Euronorma Voluntaria 12657 sobre descripción de metadatos para GIS [10]. También en el mismo año 1992, la Organización Internacional de Estándares (ISO) crea el comité 211 (ISO/TC 211) [11]. Recientemente ha habido un gran interés por aunar todos los esfuerzos en un intento de limitar iniciativas paralelas. En este sentido, organizaciones como el OpenGIS Consortium han llegado a acuerdos con ISO para unificar sus iniciativas; si bien estas iniciativas parten del gran esfuerzo de desarrollo e implantación de metadatos espaciales realizado en los Estados Unidos por el Comité Federal de Datos Geográficos (FGDC). Dicho Comité aprobó en 1994 un estándar nacional para metadatos espaciales [12]; desarrollado para dar soporte a la construcción de la infraestructura nacional de datos espaciales de los Estados Unidos, y que posteriormente ha sido adoptado por otros países como Canadá, Sudáfrica y Colombia, entre otros. Dichos estándares se complementan con recomendaciones como las propuestas por el Centro para la Observación de la Tierra (CEO) de la Comisión Europea en sus Recommendations on Metadata [13].

En el ámbito español hay que destacar la iniciativa del Comité Técnico de Normalización 148 de AENOR (AEN/CTN 148), titulado "Información Geográfica Digital" por el que se estableció un Mecanismo de Intercambio de Información Geográfica Relacional formado por Agregación (MIGRA) pero que, como se destaca en los objetivos de la propia norma ("... resolver los problemas prácticos de intercambio de datos geográficos hasta la implantación de una norma europea -CEN- o internacional -ISO-, previsiblemente en 1999. ...") constituye una propuesta de transición hasta que se establezcan y concreten los estándares mencionados anteriormente.

En el caso de la Confederación, se ha utilizado (todavía parcialmente debido a su extensión) la propuesta de ISO que recopila metainformaciones como: identificación, calidad de datos, representación espacial, extensión, sistema de referencia, citación, contenido, restricciones, aplicación de metadatos, interpretación, mantenimiento, esquema de aplicación, ... Para la creación de esta información se ha desarrollado un prototipo de aplicación específica que posibilita la introducción de datos y administración del catálogo, y proporciona utilidades para facilitar la normalización e intercambio. Para conseguir esto, la aplicación se estructura actualmente en seis componentes:

- Metadata Visualizator: Ofrece la funcionalidad necesaria para acceder y visualizar los metadatos.
- Thesaurus Manager: Permite la creación y modificación de los listados de palabras clave controladas, además de posibilitar la importación y exportación de los mismos a ficheros de texto.

- XML Import/Export: Ofrece los servicios para importar y exportar metadatos geográficos desde y hacia ficheros XML ajustados a formatos estándar.
- Metadata Generator: Incluye un conjunto de utilidades para poder derivar metainformación directamente de los datos geográficos sin necesidad de recurrir a procesos manuales.
- Metadata Editor: Servicios destinados a posibilitar la creación y edición de los metadatos geográficos.
- Administration: Recoge un conjunto de servicios que posibilitan la realización de labores de administración de la base de datos de metadatos para el catálogo.

Por su parte, para asegurar la calidad del catálogo se están estableciendo los procedimientos para la creación y mantenimiento de metadatos en los que se abordan aspectos como roles, esquema de autorizaciones, actividades, normalización (thesauros, gazetteers, diccionarios ...), verificación y validación, etc.

Los metadatos de la información geográfica son introducidos y gestionados por el componente de servicios de catálogo basado en el estándar de OpenGIS. Este estándar establece los servicios de catálogos geoespaciales para lo que especifica la interfaz que deberá tener para permitir la domiciliación de los metadatos de proveedores, así como la ejecución de búsquedas a través de la red, basándose en un lenguaje normalizado de consulta y presentación de resultados, en el formato XML. El catálogo proporciona los servicios necesarios para que los proveedores de información geográfica puedan publicar informaciones descriptivas de sus productos, y los consumidores de información geográfica puedan efectuar búsquedas entre los metadatos publicados en la red tratando de encontrar los productos que mejor se acomoden a sus necesidades. Dado el actual auge de Internet, se entiende que el modo más lógico de llevar a cabo la construcción de un servicio de catálogo es apoyándose en sus recursos, permitiendo un alto nivel de accesibilidad, y proporcionando una plataforma muy adecuada para extender dicho catálogo a modo de una biblioteca distribuida ya que el estándar de servicios de catálogo está pensado para la interoperación de una serie de nodos distribuidos a través de la red. De este modo, cuando se procede a realizar una búsqueda, ésta puede ser local en el nodo en que se está ejecutando (catálogo de la Confederación), o puede extenderse a otros catálogos interoperando con otros nodos que sean conformes con el estándar, es decir otros nodos de la infraestructura nacional de información geográfica (potencialmente el Ministerio, otras Confederaciones, organismos de la administración, instituciones y empresas), lo que abre unas posibilidades enormes de búsqueda.

Este catálogo se ha diseñado con una arquitectura a tres niveles. En el más bajo está la base de datos, por encima el componente de servicios de catálogo con el modelo de objetos de metadatos, y por encima de este se sitúan los módulos de acceso. El motor de la base de datos es Oracle 8i, por encima las aplicaciones de base de datos y clientes de la misma están desarrolladas en Java, de modo que el usuario trabaja desde un navegador de Internet.

Los clientes de acceso que utilizan los servicios de catálogo para realizar las búsquedas conforman los grandes utilizadores del catálogo. La versión más sencilla de estos clientes de búsqueda corresponde con clientes Web en páginas típicas de html donde el usuario especifica ciertas condiciones de búsqueda y recibe el listado de conjuntos de datos que cumplen dichas restricciones. Estas páginas se amplían en muchos casos con una imagen gráfica de la información geográfica que puede sobreponerse con otras coberturas para que el usuario disponga de más criterio a la hora de elegir si es la información que precisa.

En la Confederación se ha encontrado útil la preparación de mecanismos de acceso mucho más elaborados integrando las funcionalidades de acceso al catálogo en las propias aplicaciones GIS que utiliza el personal. Así, un usuario de ArcView o ArcInfo dispone de botones que le permiten acceder a un componente de búsqueda en el catálogo, en el que es posible también evaluar el resto de metainformación de las coberturas buscadas, visualizarlas y, si lo considera oportuno, transferirlas automáticamente a la herramienta SIG en la que se encontraba trabajando. Este componente se complementa con diversas ventanas especializadas en búsquedas de información geográfica típicas para el personal de la Confederación, de esta forma, y aunque el usuario no esté familiarizado con el catálogo, puede utilizar y acceder a sus servicios de búsqueda especializada únicamente determinando propiedades de un dominio que si le es familiar. Con estas facilidades de uso pretendemos

hacer muy sencillo el manejo a usuarios no expertos y de esta forma fomentar e incrementar su uso por un personal técnico que de otra forma se sentiría más reacio.

La Fig. 4 muestra una imagen con el prototipo construido por el Laboratorio de Sistemas de Información Avanzados para la edición de metadatos. Se trata de una aplicación Java de muy sencillo manejo.

**** FIGURA 4 ****

COSTES Y BENEFICIOS

En el GIS-Ebro no hay establecidos unos procedimientos de control de tiempo y de gastos que nos permitan conocer con precisión el coste que ha supuesto la implantación y desarrollo del GIS-Ebro desde su origen hasta la actualidad. Tampoco es fácil valorar cuantitativamente y en términos económicos los beneficios que ha reportado. En cualquier caso, en los párrafos siguientes se van a destacar los capítulos que entendemos que han resaltado en ambos sentidos.

Como costes se pueden considerar los siguientes apartados: personal, equipamiento físico (hardware) y lógico (software), adquisición de información y otros gastos de explotación. Como beneficios están la base de datos, las funcionalidades y servicios que ofrece, la mejora en la calidad debida a la necesidad de cierta coherencia en la información, y con todo ello, la mejora efectiva y eficiente en el servicio público.

Los costes de personal se concretan en la necesidad de disponer de cuatro técnicos titulados (dos geógrafos, un geólogo y un ingeniero industrial) a tiempo completo para el mantenimiento, administración y desarrollo interno de la base de datos. Estos técnicos disponen además de ciertos servicios generales de apoyo que les ofrece la Confederación por su propia estructura, de los que se hace un uso parcial y discontinuo: delineantes, administrativos, mantenimiento general. Los costes de equipamiento se pueden agrupar en dos apartados, el equipamiento físico (ordenadores, periféricos y material complementario) y el equipamiento lógico (licencias de uso de los programas); actualmente este último apartado es el que más pesa y el que es más problemático de mantener actualizado, tanto por razones presupuestarias como administrativas. La adquisición de la información, que resultó muy costosa en las fases iniciales de desarrollo del GIS-Ebro, es algo que en la actualidad se procura enriquecer y actualizar con los datos que se generan a partir de la propia actividad de la Confederación, que ha orientado buena parte de sus trabajos al aprovechamiento de esta tecnología. Por otra parte, también se obtiene mucha información a partir de cesiones desde otros organismos, así el Ministerio de Agricultura, por ejemplo, nos ha facilitado recientemente las ortoimágenes generadas con la preparación del GIS-Oleícola. Los gastos de explotación, que en absoluto resultan despreciables, son fungibles y gastos de mantenimiento básico que están integrados en los gastos generales de la Confederación. En conjunto, la inversión directa total realizada específicamente para el desarrollo del GIS-Ebro puede estimarse en torno al millón de euros, sin incluir aquí los gastos derivados del personal funcionario, la ocupación física y el mantenimiento de las oficinas, ni otros gastos de mantenimiento y operación.

Entre los beneficios, nos parece el más destacable la notable mejora en la calidad del trabajo realizado debida a la coherencia e integridad que exigen estos sistemas de base de datos y a la clara plasmación de resultados parciales y finales que se ofrece a través de la cartografía. Todo ello facilita la identificación de errores, las faltas de coherencia entre tablas y la localización rápida de lagunas en la información. Considerando por ejemplo el estudio de un determinado expediente de aprovechamiento en una localización geográfica determinada, la potencialidad del GIS-Ebro permite su catalogación y etiquetado según los recintos topológicos con los que guarda una determinada relación, como el municipio, la cuenca hidrográfica, la hoja cartográfica, el polígono de riego y otros; contrastando dicha información con la que viene en el propio expediente y dando lugar, en su caso, a la identificación de inconsistencias: cambio de municipio, solape o interferencia con otros aprovechamientos, errores en las superficies, etc. Con ello se están modificando progresivamente los procedimientos de trabajo a raíz de lo cual surge la necesidad de contar, a su vez, con un personal técnico adecuadamente preparado.

Los potentes tratamientos analíticos que posibilita la tecnología GIS nos facilitan la realización de trabajos que resultarían sumamente costosos en tiempo y dinero sin el concurso de esta tecnología. Las aplicaciones específicas presentadas anteriormente son ejemplo de todo ello.

Otro beneficio cualitativo es la facilidad con que esta información se soporta, almacena y en su caso se transfiere al usuario o a quien esté interesado en su estudio. Una buena parte de la información contenida en el GIS-Ebro se ofrece en Internet a través de nuestra Red de Información del Agua (www.oph.chebro.es) que ha recibido desde su creación hace casi dos años más de 130.000 visitas y en la actualidad recibe unas 400 visitas por día, en una tendencia marcadamente creciente. En este sentido, la Confederación, por su marcado carácter de organismo dedicado al servicio público, está decidida a integrar la información del GIS-Ebro que resulte oportuna en un futuro Catálogo Nacional de Información Geográfica.

CONSIDERACIONES FINALES

Con todo lo expuesto en este trabajo esperamos crear una inquietud positiva en la administración española, y en la hidrológica en particular, para que se implique más decididamente en el adecuado aprovechamiento de estas tecnologías, en las que, según nuestro entender, España deberá rápidamente alcanzar el nivel que le corresponde por su posición política y socioeconómica en el mundo.

La utilización de información geográfica con una adecuada tecnología constituye una herramienta esencial para una institución tan estrechamente relacionada con el territorio y con el medio ambiente como es una Confederación Hidrográfica, puesto que posibilita la creación y disposición de un banco de datos interoperativo y ágil con múltiples posibilidades de aprovechamiento, que por supuesto no se limitan a los ejemplos aquí presentados.

La falta de repetición de ciertos trabajos es una de las ventajas no citadas hasta el momento, que se deriva directamente de la construcción de estos sistemas de bases de geodatos abiertos e interoperables, comportando claros beneficios económicos y técnicos, ya que el trabajo añadido constituye de este modo un avance sobre la situación almacenada previamente en el banco de información, que constantemente será actualizado y mejorado. De todo ello se deriva que, extendiendo abierta y organizadamente el uso de esta información y de esta tecnología se consiga un efecto multiplicador de beneficios y con todo ello, una mejora en la eficacia y eficiencia del servicio público.

Debido a los importantes beneficios que ofrece, la demanda de geodatos está claramente en aumento y el número de usuarios de los mismo también es fuertemente creciente. Atendiendo a ello, esta tecnología crea sobre sí misma una continuada necesidad de crecimiento, y requiere, por consiguiente, una clara directriz de impulso desde los rectores de la Administración.

AGRADECIMIENTOS

Nuestro primer agradecimientos se dirige a Manuel Echeverría, de la Secretaría de Estado de Aguas y Costas del MIMAM quien nos brindó la oportunidad de preparar este artículo. También agradecemos al Dr. Muro Medrano (Universidad de Zaragoza) las sugerencias y aportaciones realizadas para su preparación y a Miguel A. García Vera (Confederación Hidrográfica del Ebro) por la revisión crítica del documento final. El desarrollo del catálogo ha sido parcialmente financiado por el proyecto TIC2000-1568 de la Comisión Interministerial de Ciencia y Tecnología (CICYT).

BIBLIOGRAFÍA

- [1] *Plan Hidrológico de la cuenca del Ebro*. MIMAM, Confederación Hidrográfica del Ebro. En: <http://www.oph.chebro.es/PlanHidrologico/inicio.htm>
- [2] *El inventario de puntos de agua en la cuenca del Ebro*. Víctor M. Arqued Esquía, Miguel A. García Vera y Manuel Margelí Aguilar. *Hidrogeología y Recursos Hidráulicos*, XXIII: 165-172. 2001.
- [3] *Mapa de estados erosivos. Cuenca hidrográfica del Ebro*. E. 1:500.000. ICONA, 1987.
- [4] *Mapa Forestal de España*. Luis Ceballos. E: 1:400.000. Dirección General de Montes, Caza y Pesca Fluvial. Ministerio de Agricultura, 1966.
- [5] *El GIS-Ebro. Experiencias de su implantación y desarrollo*. Víctor M. Arqued Esquía y José Ángel Losada García. *Mapping*, 21. 1995.
- [6] *El GIS-Ebro. Un sistema de información geográfica para la cuenca del Ebro*. Víctor M. Arqued Esquía y José Ángel Losada García. Conferencia de ESRI, 1999.
- [7] *Determinación de las necesidades de la C.H. del Ebro cara a la actualización del GIS-Ebro*. Oficina de Planificación Hidrológica (C.H.E.) Asistencia técnica del Laboratorio de Sistemas de Información Avanzados, a través de la OTRI-Universidad de Zaragoza. Documento interno, CHE, 1999.
- [8] *Delimitación de regiones ecológicas en la cuenca del Ebro*. Oficina de Planificación Hidrológica (C.H.E.) 1998. Asistencia técnica del Dpto. de Ecología de la Universidad de Barcelona, a través de la Fundación Bosch i Gimpera. En: http://www.oph.chebro.es/DOCUMENTACION/EstudiosEcologicos/estudios_ecologicos.htm
- [9] *Aspectos tecnológicos de la creación de una Infraestructura Nacional Española de Información Geográfica*. J.A. Baes, M.A. Bernabé, M. Gould, P.R. Muro y F.J. Zarazaga. *Mapping*, 67. 2001.
- [10] European Committee for Standardization (CEN). The CEN/TC 287 Geographic Information European Prestandards. ENV 12657, Euro-norme volontaire for Geographic Information – Data description – Metadata. En: <http://www.cenorm.be/>.
- [11] ISO/TC 211 Committe draft for Geographic Information Metadata. ISO CD 15046 part. 15, dated 1998. En: <http://statkart.no/isotc211/>.
- [12] FGDC Metadata ad hoc working group. Document FGDC-STD-001-1998, Federal Geographic Data Committee (USA). Content Standard for Digital Geospatial Metadata.
- [13] A User Guide provided by the Center for Earth Observation Programme (CEO programme) of the European Commission. Febrero 1999. Recommendations on Metadata: Describing the data, services and information you have available. (versión 2.0).

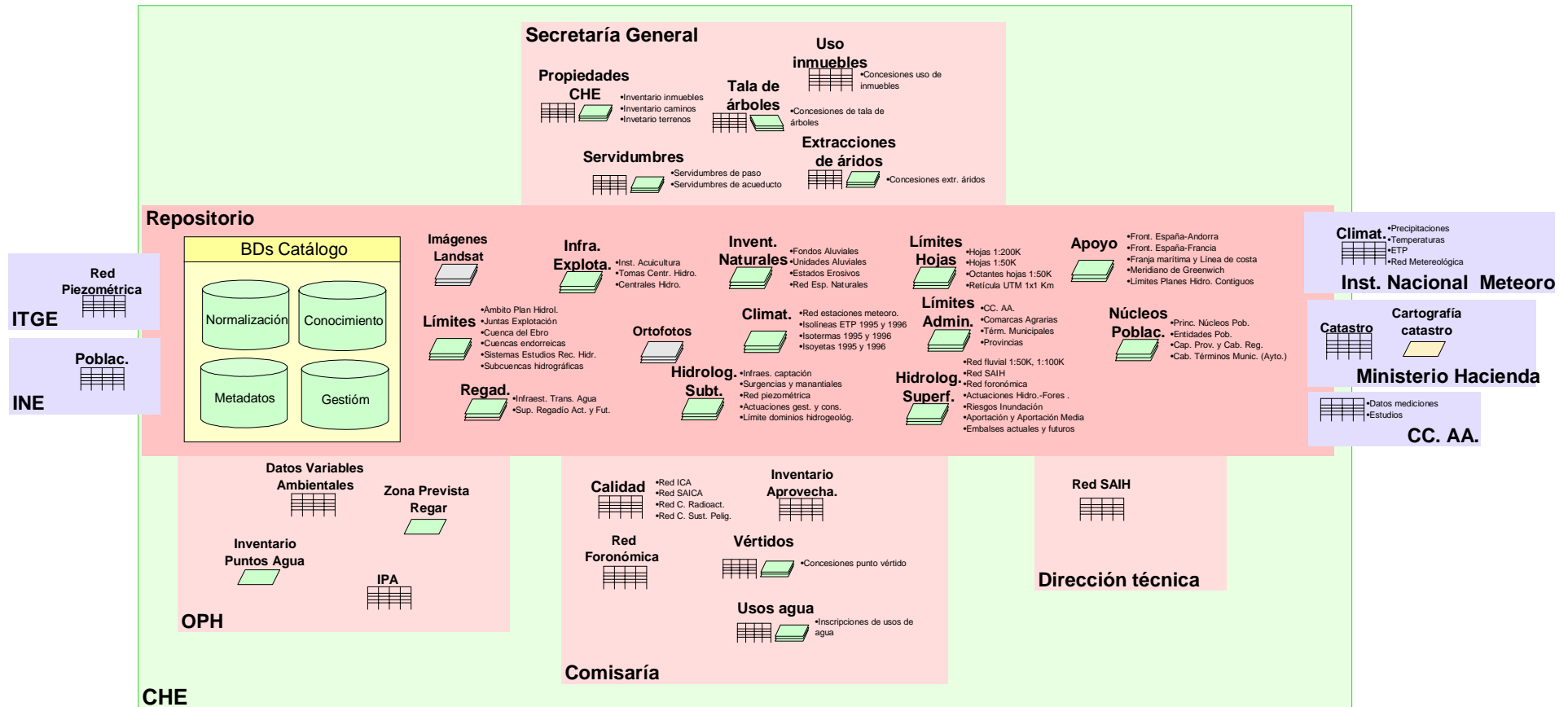


Fig. 1. Localización de los conjuntos de librerías de datos de trabajo en el marco del GIS-Ebro.

