

# Acceso por Intra-Internet a grandes repositorios de imágenes de satélite, aplicación a ortoimágenes de la cuenca del Ebro.

P.Álvarez, R.Bejar<sup>1</sup>, O.Cantán, P.Fernández, M.A.Latre, P.R.Muro-Medrano

Dpto. de Informática e Ingeniería de Sistemas<sup>2</sup>  
Universidad de Zaragoza  
María de Luna 3, 50015 Zaragoza, España

**Resumen:** En este trabajo se aborda el problema de visualizar grandes repositorios de imágenes de satélite a través de una red, ya sea una intranet o Internet. Los problemas vienen dados por las limitaciones a la velocidad de transferencia de datos impuestas por la red, lo que conlleva importantes limitaciones al tamaño de la información a transmitir. Este artículo presenta una aproximación (asequible tecnológicamente y libre formatos propietarios y licencias) desarrollada en Java y basada en estándares que hace viable el acceso interactivo, con las herramientas básicas de un sistema de visualización de información geográfica, a este tipo de grandes repositorios así como la integración de coberturas vectoriales con éstas. La viabilidad de la aproximación propuesta queda demostrada con un ejemplo de implantación en la Confederación Hidrográfica del Ebro para el acceso a las ortoimágenes de la cuenca del Ebro.

## 1. Introducción

En la actualidad la cantidad de imágenes de la Tierra proporcionadas por los distintos satélites que la orbitan es ingente y el acceso a las mismas es relativamente sencillo y económico (ver como ejemplos [2, 3, 4]). No obstante, el manejo de imágenes digitales de satélite de media y alta resolución de grandes áreas de territorio presenta diferentes dificultades debidas sobre todo a la enorme cantidad de información que pueden llegar a representar:

- Con resoluciones de hasta 1 metro cuadrado por píxel, las imágenes digitales de satélite de una zona medianamente amplia se pueden medir en decenas o centenares de gigabytes de información.
- La necesidad de acceder a estas imágenes desde distintos lugares y puestos de trabajo es habitual, pero el enorme tamaño de las mismas hace inviable transportarlas en dispositivos de almacenamiento convencionales.
- Acceder a través de una red a todos estos datos no es directamente viable puesto que mover todos estos datos por una red resultaría demasiado lento para trabajar con ellos. Este problema se agrava si los datos deben estar accesibles a través de Internet puesto que en este caso muchos usuarios contarían con un ancho de banda totalmente insuficiente para acceder a las imágenes.

Se hace pues necesario cierto acondicionamiento de las imágenes y de los sistemas de información que acceden a ellas para hacerlas accesibles y utilizables en el trabajo diario de las empresas y organismos que lo requieran. Del mismo modo, estas empresas y organismos pueden querer compartirlas las imágenes unos con otros, o dentro de las mismas organizaciones entre distintos departamentos ubicados en áreas geográficas distintas. Esto haría necesario acudir a una red que los interconectase, como por ejemplo Internet. Por tanto es conveniente que el mecanismo que permita acceder a grandes repositorios de imágenes de satélite facilite su acceso tanto por intranets de empresas o instituciones como por Internet.

En este artículo se presenta una solución para el acondicionamiento de grandes repositorios de imágenes de satélite y un software que permite el acceso remoto a estas imágenes tanto desde los distintos computadores conectados a una intranet como desde Internet. En la última parte, como caso real de uso, se detalla la implantación de este sistema en la Confederación Hidrográfica del Ebro (CHE) para el acceso a las imágenes de satélite que esta institución tiene de la cuenca del Ebro.

---

<sup>1</sup> Autor al que debe dirigirse la correspondencia: rbejar@ebro.cps.unizar.es.

<sup>2</sup> <http://iaaa.cps.unizar.es>

## 2. Solución propuesta

### 2.1. Contexto tecnológico

La necesidad de acceder a grandes repositorios de imágenes de satélite de forma concurrente por múltiples usuarios situados en distintas localizaciones y de dotarles de las herramientas habituales de visualización y consulta de un sistema de información geográfica impone ciertos requisitos a tener en cuenta a la hora de desarrollar las herramientas adecuadas para la tarea:

- Es necesario realizar un tratamiento previo sobre las imágenes de forma que se pueda acceder a ellas de una forma racional, minimizando el tamaño de los datos que se van a mover a través de la red, para proporcionar velocidad de acceso, pero sin sacrificar por ello la calidad de las mismas.
- Es conveniente que los datos a los que se quiere acceder estén centralizados, de forma que sean más sencillos de mantener, de modificar y menos costosos de almacenar. Sin embargo es importante poder acceder a ellos remotamente por parte de los usuarios que lo necesiten. La mejor solución a este problema es la implantación de un esquema cliente / servidor, donde un computador almacena los datos y la aplicación que se encarga de administrar el acceso a los mismos y otros computadores situados en la red puedan actuar como clientes que en cada momento solicitan al servidor las imágenes que necesitan para trabajar.
- Internet ha revolucionado la forma de publicar información y de acceder a ella. Cualquier sistema de información que se desarrolle actualmente debe tener al menos la vocación de hacer la información que gestiona accesible a través de la red de redes. Pero además de la posibilidad que Internet ofrece de otorgar acceso a la información, ofrece además la posibilidad de trabajar de forma interactiva con los datos desde cualquier computador conectado a la red y un sistema de información que pretenda hacer la información realmente accesible debe contar con esta posibilidad. La información geográfica no es una excepción [8].

Los requisitos tecnológicos quedan así claramente definidos: se hace necesario desarrollar un sistema de información con arquitectura cliente /servidor y que ofrezca acceso remoto e interactivo a los datos tanto desde una intranet como desde Internet.

La tecnología basada en el lenguaje de programación Java ofrece todo lo necesario para cumplir con estos requisitos:

- Es un lenguaje de programación moderno y potente, lo bastante maduro para realizar proyectos de considerable complejidad y multiplataforma.
- Ofrece librerías estándar para el manejo de imágenes, adecuadas para realizar el tratamiento que requieren las imágenes de satélite a las que se quiere acceder.
- Tiene mecanismos para el desarrollo de aplicaciones distribuidas con especial hincapié en sistemas cliente / servidor a través del protocolo RMI y en sistemas de información en intranets e Internet mediante la tecnología J2EE para el desarrollo de aplicaciones servidoras y los applets como clientes utilizables desde páginas Web.

Por tanto se tomó la decisión de desarrollar un conjunto de herramientas en Java para acondicionar y dar acceso remoto e interactivo a grandes depósitos de imágenes de satélite en intranets e Internet.

### 2.2. Acceso a grandes repositorios de imágenes de satélite

El acceso a imágenes de satélite de mediana o alta resolución de áreas amplias ofrece una importante dificultad y es que estas imágenes pueden ser muy grandes. La aproximación más simple para acceder a las mismas sería utilizarlas tal cual están en un sistema SIG tradicional. Sin embargo la enorme cantidad de información que representan haría imposible el trabajar con las mismas puesto que la velocidad con que un SIG tradicional las gestionaría sería del todo insuficiente.

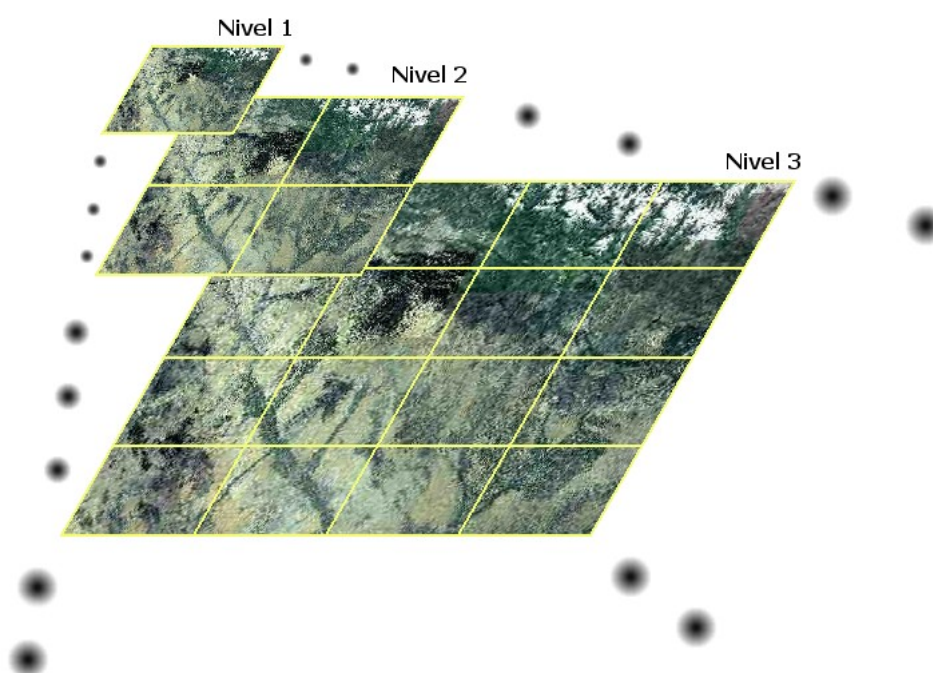
La aproximación más simple sin embargo no tiene en cuenta un aspecto fundamental: habitualmente los usuarios sólo necesitan una pequeña parte de la imagen en cada momento para trabajar, como se describe en [1]. La solución que se propone por tanto es partir las imágenes originales en otras de menor tamaño, formando un repositorio de imágenes que puede ser usado por una aplicación específicamente diseñada para acceder al mismo. El repositorio no sólo estará compuesto de imágenes a la misma escala que la imagen original, sino que también se añadirán imágenes en las que el área cubierta por un píxel sea mayor que la cubierta en la original para de esta forma poder visualizar áreas amplias, incluso toda la zona cubierta por las imágenes de satélite que se tengan, con rapidez. Conforme los usuarios realizan “zooms” y solicitan áreas más pequeñas, el sistema, de forma transparente al usuario, va a seleccionar imágenes de mayor resolución de forma que los usuarios obtienen siempre la mejor calidad posible y la aplicación responde con rapidez a sus peticiones. El sistema propuesto se basa en formatos estándar de imágenes (JPEG) y protocolos de comunicación (HTTP), es multiplataforma, al estar desarrollado íntegramente en

Java, y no impone restricciones ni al navegador Web que se utilice desde los clientes, ni en el servidor Web que se utilice para dar acceso al repositorio. Existe alguna solución comercial (ver por ejemplo [9]) que ofrece soluciones a estos problemas, pero basándose en formatos de imagen propios y poniendo algunas limitaciones en cuanto a los sistemas a emplear, por ejemplo en el servidor Web a utilizar.

### ***2.3. Acondicionamiento de las imágenes***

Tal como se ha descrito antes, el primer paso para dar acceso a las imágenes de satélite será partir las imágenes originales en otras más pequeñas de forma que se facilite su transferencia y su carga. El depósito de imágenes resultante estará compuesto por gran cantidad de imágenes de pequeño tamaño organizadas en diferentes niveles de escala. Todas las imágenes de un nivel de escala puestas juntas formarían una imagen a esa escala de todo el territorio cuyas fotografías de satélite se quieren ofrecer.

El primer nivel de escala es una sola imagen de todo el área, mientras que el último está compuesto por imágenes cuya resolución será la misma que la ofrecida en las imágenes de satélite originales. Cada imagen de un nivel de escala cubre la misma área que cuatro imágenes del siguiente nivel, pero a la mitad de resolución, tal como se ilustra en la Figura 1.



**Figura 1: Las imágenes en cada nivel doblan en resolución y cuadriplican en número a las del nivel inmediatamente anterior**

La construcción del depósito de imágenes está formada por dos procesos:

1. Partir las imágenes originales para componer las del último nivel.
2. Combinar las imágenes de cada nivel para construir las del nivel inmediatamente anterior.

Ambos procesos se basan en una estructura de cuadrícula. Estos procesos crean un depósito de datos con el número de niveles de escala distintos que se determine para cada caso dependiendo del número de imágenes que se tengan, así como del tamaño y resolución de las mismas.

Se puede apreciar que aplicar estos procesos de forma manual para la generación de las imágenes no sería viable, o al menos tremendamente costoso, para los casos de interés que son precisamente aquellos en que se cuenta con una gran cantidad de imágenes. Por tanto se han desarrollado dos pequeños programas en Java que realizan estas dos tareas automáticamente:

- El cortador genera todas las imágenes de los niveles de igual o mayor resolución que las imágenes originales.
- El montador genera las imágenes de los niveles de menor resolución que las originales componiendo las de los niveles inferiores y aplicando un algoritmo para disminuir la resolución de cada imagen resultante.

## ***2.4. Acceso interactivo remoto al repositorio de imágenes***

Para facilitar el acceso a las imágenes que son generadas para el repositorio, éstas se nombran de forma que en su nombre queda indicado el nivel al que corresponden y su posición dentro de la cuadrícula formada por las imágenes de ese nivel.

Para obtener las imágenes de una zona determinada primero se determina el nivel de escala apropiado. El nivel apropiado es aquel que cubra toda la zona pedida con la mejor resolución utilizando el menor número de imágenes posible. Es decir que se accederá al menor nivel que ofrezca la suficiente resolución de la imagen para la zona solicitada. Paralelamente a la determinación del nivel de escala, se procede a la detección de los rectángulos de la cuadrícula determinada por las imágenes originales, que contienen los cuatro vértices de la zona cuya imagen se desea obtener. Conocidos el nivel de escala y las posiciones de los vértices, y utilizando las relaciones de tamaño entre distintos niveles es posible establecer las imágenes del nivel seleccionado que contienen los vértices del área solicitada. Finalmente sólo es necesario obtener los ficheros que corresponden a las imágenes que se encuentran dentro del rectángulo definido por los cuatro vértices en el nivel que se ha determinado y visualizarlos.

Para el acceso interactivo en red al repositorio, basta construir un applet de Java que permita acceder desde un navegador Web al depósito de imágenes; ver [5, 6, 7] para comprobar la viabilidad de esta aproximación y detalles técnicos de su implementación. Para su construcción se dispone de un conjunto de componentes de visualización SIG desarrollados como elementos reutilizables integrables en distintos proyectos [11]. De esta forma construir un applet específico para acceder a un repositorio de imágenes convenientemente preparado es una tarea muy rápida, puesto que la mayor parte de la funcionalidad y de la interfaz gráfica requerida ya está desarrolladas y sólo es necesario ensamblar los distintos elementos y parametrizarlos para cada caso concreto. En concreto los componentes ya desarrollados:

- Permiten la visualización de las imágenes obtenidas de un depósito convenientemente acondicionado.
- Permiten visualizar capas vectoriales sobre las imágenes del repositorio, y acceder a los atributos de éstas.
- Facilitan el nivel de escala en que se encuentra el usuario en cada momento y las coordenadas de los elementos que se visualizan.
- Ofrecen las herramientas básicas de un programa de visualización SIG (“zooms”, desplazamiento, medidas) pero adaptadas al acceso a repositorios de imágenes.
- Permiten tener una pequeña ventana donde se ve una imagen reducida de todas las imágenes de satélite del repositorio y un rectángulo que señala la zona donde se trabaja actualmente.

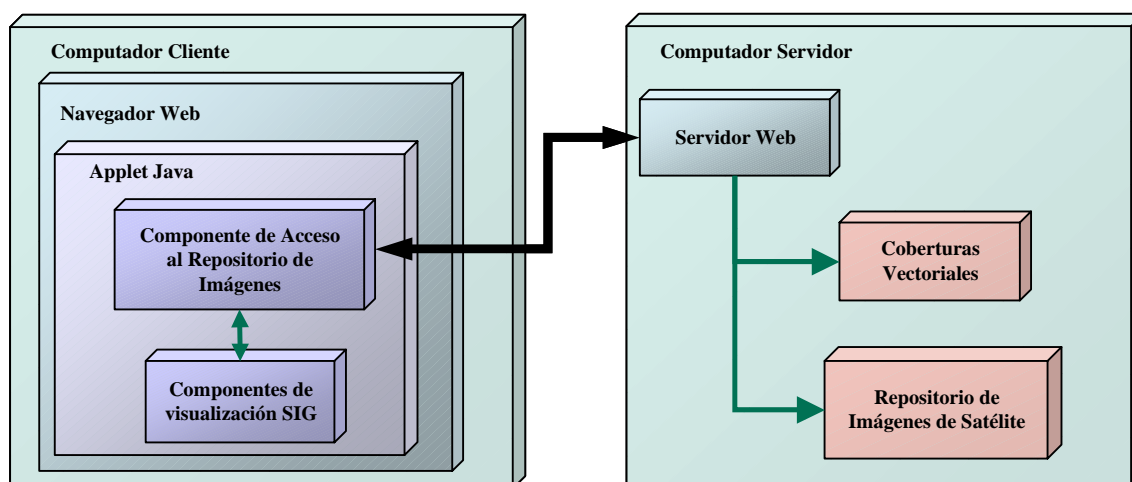
## **3. Acceso a las ortoimágenes de la cuenca del Ebro**

### ***3.1. Introducción***

En esta sección se va a ilustrar como se ha aplicado el sistema anterior en un caso real. La Confederación Hidrográfica del Ebro dispone de imágenes de satélite, SPOT y Landsat, de toda la cuenca del río (unos 85.000 km<sup>2</sup>) que se utilizan para producir cartografía y generar nueva información geográfica. Para aumentar la utilidad de esta información se decidió hacer públicas estas imágenes tanto a nivel interno de la Confederación como externamente a otros usuarios interesados en ellas. Hacer públicas las imágenes no resultaba fácil dado que su gran volumen hace que la localización de una determinada zona de una forma rápida sea complicado. Por tanto se planteaba la necesidad de desarrollar un sistema de información que facilitase el trabajo con las imágenes a los usuarios.

Este sistema debía combinar las imágenes con información geográfica vectorial y poseer además un conjunto mínimo de herramientas propias de un sistema de visualización de información geográfica tradicional pero que trabajara sobre la red, accediendo a un servidor de imágenes que evitara que cada usuario tuviera que copiarse los aproximadamente 21 gigabytes, unos 30 CD-ROMS, de imágenes a su computador para trabajar con ellas.

La arquitectura que se planteó fue un sistema cliente / servidor que permitiera acceder a través de un navegador Web, mediante un applet de Java, al repositorio de imágenes situado en un computador servidor de intranet. Esta arquitectura se muestra en la Figura 2.

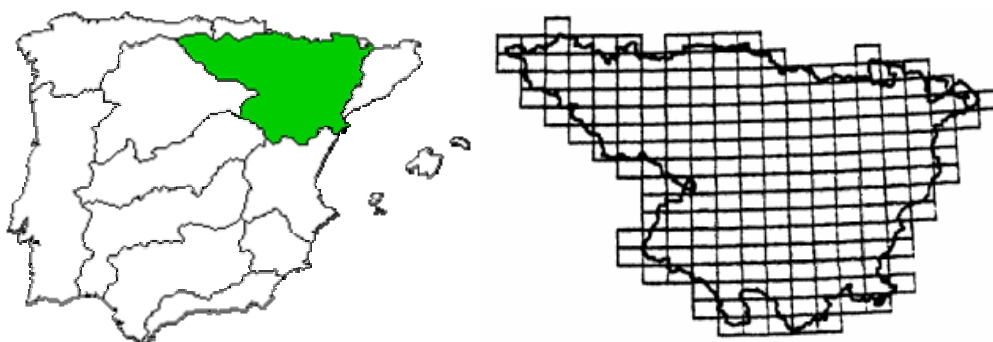


**Figura 2: Arquitectura del sistema de información para acceder a las ortoimágenes de la cuenca del Ebro**

El trabajo en red debía poder ser realizado de una forma confortable por parte de los usuarios sin que tuvieran que soportar largos tiempos de espera hasta poder visualizar la información a la que estaban accediendo, sin embargo la gran cantidad de datos disponibles hacía esto inviable mediante una aproximación tradicional. El sistema a desarrollar era un candidato ideal para aplicar el sistema de acceso a grandes repositorios de imágenes descrito en la sección anterior.

### **3.2. Preparación del depósito de imágenes**

Las imágenes originales de la cuenca forman una malla irregular y están organizadas en 217 ficheros, como se muestra en la Figura 3. Cada fichero es una imagen georreferenciada SPOT en formato BIP de aproximadamente 30 x 20 km. y a una resolución de 5 metros por píxel. Las imágenes que forman la cuadrícula quedan superpuestas por sus extremos de forma que cada imagen tiene un tamaño mayor que el del rectángulo que le correspondería en la malla. La cuadrícula completa de referencia es una cobertura vectorial almacenada en formato shapefile de ESRI [10].



**Figura 3: Cuenca del Ebro y cuadrícula de referencia de las ortoimágenes**

Cada imagen ocupa aproximadamente  $6000 \times 4000$  píxeles y ocupa más de 80 megabytes de espacio en disco. El conjunto de todas las imágenes ocupa aproximadamente 21 gigabytes. El formato BIP almacena las imágenes sin ningún tipo de compresión, mientras que otros formatos gráficos, como JPEG, GIF o PNG, utilizan distintos tipos de compresión que permiten reducir notablemente el tamaño de las imágenes sin pérdida de calidad o con una pérdida mínima. Por tanto se decidió como primer paso el pasar las imágenes a formato JPEG debido a la excelente tasa de compresión que ofrece.

La partición de imágenes en niveles para construir el repositorio llevó a crear siete niveles de escala. El tamaño de las imágenes del nivel cuarto, el intermedio, coincide exactamente con el tamaño del rectángulo de la cuadrícula de referencia. La escala correspondiente a este tamaño, 1:50000, es la escala de trabajo habitual con imágenes en las oficinas de la Confederación Hidrográfica del Ebro.

El depósito completo compuesto por imágenes en formato JPEG tiene un tamaño total de 1 gigabyte. Cada imagen tiene una resolución de  $640 \times 480$  píxeles y su tamaño es de unos 40 kilobytes, obteniéndose un factor de compresión de 1:25. El tamaño total del depósito de imágenes no se ve demasiado afectado por la replicación de imágenes que requiere el método, obteniéndose finalmente un relación entre el

tamaño del depósito y el original de 1:21, sólo ligeramente peor que el ratio de compresión obtenido al comprimir las imágenes con el formato JPEG, y mejorando sustancialmente el tiempo de acceso a las zonas comprendidas en los niveles más altos. El pequeño incremento del tamaño total se debe a que el número de imágenes decrece de forma cuadrática de un nivel a otro: por ejemplo el séptimo nivel está formado por 18600 imágenes, el sexto por 4750, y el quinto ya sólo tiene unas 1200 imágenes aproximadamente.

### 3.3. Acceso al depósito de imágenes

Para el acceso al repositorio de la cuenca del Ebro, se desarrolló un applet basado en los componentes reutilizables de visualización SIG que se habían desarrollado. Este applet, ver Figura 4, puede ser cargado accediendo a una página web situada en la intranet de la CHE, y es el encargado de proporcionar las herramientas necesarias para el acceso interactivo al repositorio de imágenes.

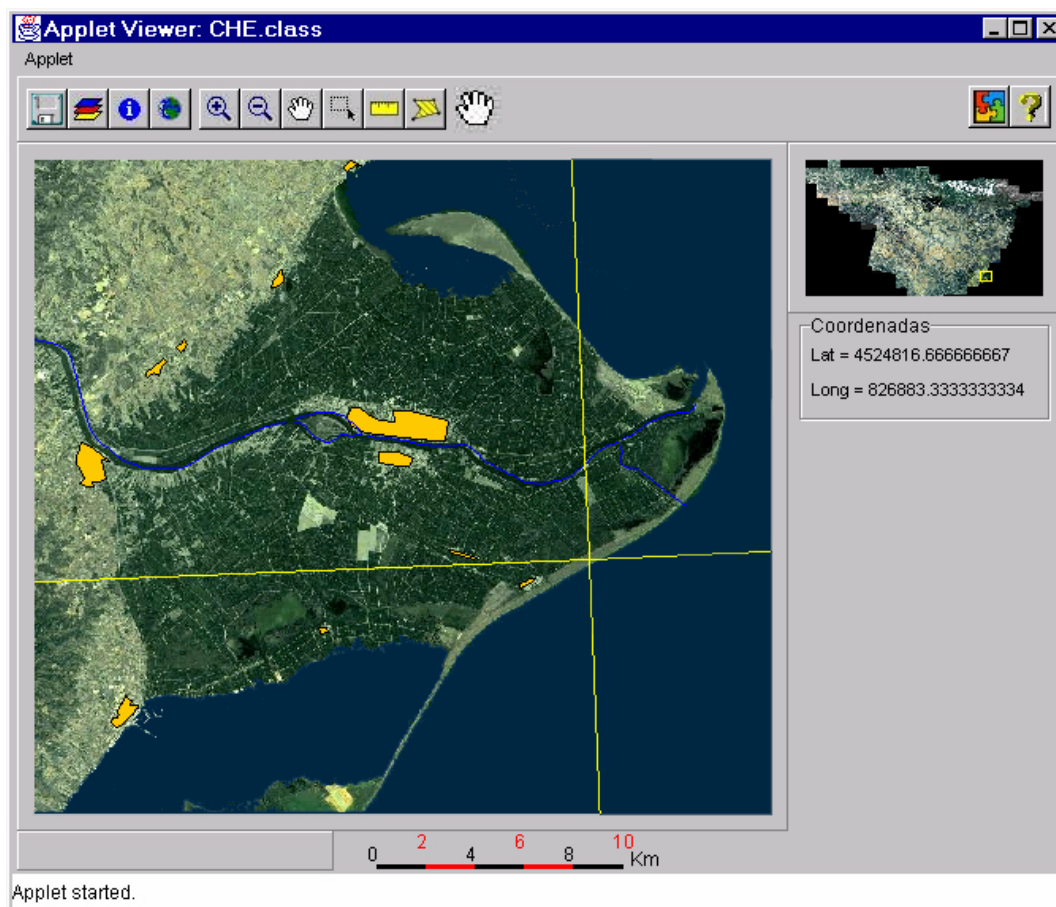


Figura 4: Acceso al repositorio de imágenes de la cuenca del Ebro

## 4. Comparativa con otras posibles soluciones

El trabajo realizado basa su implementación en varias aserciones. Primero se supone que se cuenta con una Intranet en el que el ancho de banda es suficiente para soportar la descarga de applets Java de tamaño mediano (sobre 1Mb) y de una cierta cantidad de imágenes JPEG, las necesarias en cada acceso a una zona geográfica. Se han planteado y actualmente está en desarrollo otro tipo de estrategias más adecuadas para su extensión a una red de más alta difusión como Internet, en la que el limitado ancho de banda imposibilita la implantación anterior. Actualmente existe un prototipo dentro del grupo IAAA, en el que se combinan dos técnicas distintas. Primero un servidor de mapas de imágenes que sigue la especificación de servicio WMS [12,13] propuesta por OpenGIS posibilita la petición interactiva de mapas a través del Web. Cada petición se traduce a la creación automática de una única imagen como respuesta. De esta manera se limita en gran manera el ancho de banda necesario, exigiendo a cambio la presencia de una máquina servidor encargada de procesar las peticiones y generar los mapas de respuesta. Junto con el servidor, se ha unificado la estrategia de acceso a grandes catálogos de ortoimágenes, utilizando la



arquitectura de catálogo de sistemas como el *TerraServer* de Microsoft [14], que dividen el espacio UTM en zonas de similar escala por pixel, pero utilizando una georeferenciación absoluta, encajando las imágenes en zonas de extensión fija, de manera que es posible conocer mediante una sencilla operación matemática que imagen corresponde a un punto geográfico concreto. Este sistema de georeferenciación simplifica enormemente el proceso de búsqueda de imágenes, aunque la idea de catalogación es la misma que en nuestro sistema.

Aprovechando el tirón que han sufrido las tecnologías de disposición de mapas en Web, han surgido nuevos formatos de compresión de información ráster, como el *MrSid* [15] de LizardTech o el *ECW* [16] de ERMapper. Aunque en el momento del planteamiento tecnológico del proyecto, estas tecnologías de compresión no estaban lo suficientemente maduras, vale la pena tenerlas en cuenta en futuras implementaciones de sistemas similares, si bien es necesario considerar también en estos casos los inconvenientes de la utilización de formatos y software propietario y sus correspondientes cargas contractuales y económicas frente a la opción libre aquí propuesta. Tanto *MrSid* como *ECW* son capaces de almacenar en único fichero de imagen zonas geográficas inmensas (ver comparativa en [17]), utilizando algoritmos de compresión similares al JPEG junto con técnicas de precálculo de vistas de las escalas superiores de la imagen, que aceleran ostensiblemente la visualización. Las imágenes precalculadas son almacenadas en el propio fichero, y son utilizadas automáticamente por los clientes de visualización ofertados por ambas casas. Esta técnica, muy parecida al mecanismo de catalogación y acceso propuesto, podría implementarse fácilmente sobre el software anterior, e incluso reutilizarse para la versión en Internet aprovechando por ejemplo el servidor de mapas de ERMapper, que utiliza imágenes *ECW* para transmisión de contenidos.

## 5. Conclusiones

En este trabajo se ha descrito un sistema para facilitar el acceso a través de una red a grandes depósitos de imágenes de satélite y un conjunto de herramientas que permiten implementarlo. Estas herramientas permiten:

- Acondicionar de manera automática un gran repositorio de imágenes de satélite de forma que se pueda acceder a ellas de manera eficiente.
- Acceder de forma interactiva a este repositorio, una vez acondicionado, a través de una intranet o desde Internet.
- Trabajar con el repositorio de imágenes como con un sistema de visualización SIG tradicional, con la posibilidad de acceder además a información almacenada en coberturas vectoriales y con las herramientas habituales en este tipo de sistemas.

En la segunda parte del artículo se ha mostrado la viabilidad del sistema y las herramientas propuestos describiendo su utilización en la Confederación Hidrográfica del Ebro para implementar un sistema de información que permite el acceso interactivo, a través de su intranet, a las ortoimágenes de la cuenca del Ebro que posee esta institución. El sistema es completamente operativo y cumple las exigencias de los usuarios en cuanto a disponibilidad y eficiencia de acceso a los datos.

## Agradecimientos

La tecnología de base de este proyecto ha estado parcialmente financiada por el proyecto TIC2000-1568-C03-01 del Ministerio de Ciencia y Tecnología. El trabajo de P. Fernández (ref. B109/99), O. Cantán y R. Béjar ha estado parcialmente financiado por una beca del Gobierno de Aragón y el Fondo Social Europeo. Los autores desean agradecer también a los miembros de la Oficina de Planificación Hidrológica de la Confederación Hidrológica del Ebro sus numerosas aportaciones en el desarrollo de este trabajo.

## Bibliografía

1. Tom Barclay, Jim Gray, Don Slutz. "Microsoft TerraServer: A Spatial Data Warehouse". 25<sup>th</sup> VLDB Conference 31-May-1999.
2. Landsat Program Home Page. <http://geo.arc.nasa.gov/sge/landsat/landsat.html>
3. NOAA Satellite Information System. <http://psbsgi1.nesdis.noaa.gov:8080/noaasis.html>
4. Spot Image. <http://www.spotimage.fr/spot-us.htm>

5. Min-Soo Kim, Kwang-Soo Kim, Kiwon Lee, Jong-Hun Lee. "Pure Java-based GIS for an Advanced Geo-Processing over WWW Environment". Proceedings of the First International Workshop on Telegeoprocessing, TELEGEO '99, pp. 168--171.
6. D. Kotzinos, P. Prastacos. "GAEA, a Java-based Map Applet". Proceedings of the First International Workshop on Telegeoprocessing, TELEGEO '99, pp. 131--137.
7. A. Sorokine, I. Merzliakova. "Interactive map applet for illustrative purposes". Proceedings of the 6th International Symposium on Advances in Geographic Information Systems. pp. 46—51. 1998.
8. D. López Agostini, M. Vallès Montoliu. "Intelligent maps through Internet: application to the diffusion of environmental information". Proceedings of the Second International Workshop on Telegeoprocessing, TELEGO '2000, pp. 143--152.
9. R. Escudero Barbero, B. Sánchez Hernández. "IMAGE WEB SERVER, una solución integral para trabajar con bases de datos de imágenes". Mapping, Nº 65, Octubre 2000, pp. 74--82.
10. Environmental Systems Research Institute, "ESRI Shapefile Technical Description". ESRI White Paper – July 1998.
11. J. Valiño, R. Béjar, J. A. Bañares, P. Fernández. "Integración de visualización SIG en aplicaciones de sistemas de información a partir de JavaBeans". Sistemas de Información Geográficos. Una aproximación desde la Ingeniería del Software y las Bases de Datos. Fundación para la difusión de las ingenierías Informática y de Telecomunicación, pp. 93--105.
12. OpenGIS Project Document 99-077r4, OpenGIS Consortium 2000 "OpenGIS Web Map Server Interface Specification (version 1.0)".
13. P. Fernández, R. Béjar, M.A. Latre, J. Valiño, J.A. Bañares, P.R. Muro-Medrano. "Web mapping interoperability in practice, a Java approach guided by the OpenGis Web Map Server Interface Specification". Procd. EC-GIS. 2000.
14. T. Barclay, J. Gray, D. Slutz. "Microsoft TerraServer: A Spatial Data Warehouse". 25th VLDB Conference 31-May-1999.
15. "MrSID Geospatial Edition User Guide". LizardTech Incorporated, 2000: [ftp://ftp.lizardtech.com/pub/software/User\\_Manuals/MrSID\\_1.4\\_User\\_Guide.pdf](ftp://ftp.lizardtech.com/pub/software/User_Manuals/MrSID_1.4_User_Guide.pdf)
16. "Using and distributing ECW V2.0 wavelet compressed imagery" ECW white paper, Earth Resource Mapping Pty Ltd, 2000. [http://www.ermapper.com/technicl/tech\\_docs/whitepapers/compression\\_white\\_paper1.pdf](http://www.ermapper.com/technicl/tech_docs/whitepapers/compression_white_paper1.pdf)
17. "Large image compression technology: ER Mapper 6.0 ECW v2.0 versus MrSID 1.3" ECW vs Mr SID white paper, 2000: [http://www.ermapper.com/application/vs\\_mrsid/vs\\_mrsid\\_body.htm](http://www.ermapper.com/application/vs_mrsid/vs_mrsid_body.htm)