

# MeteoSIX: Difusión de datos meteorológicos y oceanográficos en MeteoGalicia

M.A. Regueiro<sup>1</sup>, J.R.R. Viqueira<sup>1</sup>, C. Cortizas<sup>2</sup>, P. Díaz<sup>2</sup>, X. Méndez<sup>3</sup>, J. Touriño<sup>3</sup>, J. Parapar<sup>3</sup>, F. Landeira<sup>4</sup>

<sup>1</sup> Grupo de Computación Gráfica e Ingeniería de Datos (COGRADE), Universidade de Santiago de Compostela.

<sup>2</sup> MeteoGalicia, Consellería de Medio Ambiente, Territorio e Infraestruturas, Xunta de Galicia.

<sup>3</sup> Grupo de Arquitectura de Computadores (GAC), Universidade da Coruña.

<sup>4</sup> Centro de Supercomputación de Galicia (CESGA)

{manuelantonio.regueiro, jrr.viqueira}@usc.es  
{carolina.cortizas, pilar.diaz}@meteogalicia.es  
{xmendez, juan, jparapar}@udc.es  
flv@cesga.es

## Resumen

En este artículo se proporciona una visión global del los desarrollos abordados en el contexto del proyecto MeteoSIX, cuyo objetivo principal es la difusión de datos meteorológicos y oceanográficos en la comunidad autónoma gallega. Una IDE proporciona acceso a usuarios especializados. Sobre la IDE se proporciona una API de servicios que simplifica el acceso a desarrolladores no especializados y sobre esta API se desarrollan aplicaciones para móviles y un visor web.

**Palabras clave:** Infraestructura de datos espaciales, Sistema de información Geográfica, Datos medioambientales, Meteorología, Oceanografía, Galicia, MeteoGalicia, SOS, THREDDS

## 1 Introducción

La información meteorológica y oceanográfica es de gran importancia para un amplio rango de dominios de aplicación con usos que incluyen el meramente personal, el apoyo a la toma de decisiones y el apoyo a complejos estudios científicos. El anexo III de la directiva INSPIRE menciona la información meteorológica como uno de los campos para los cuales los países miembros deben de definir e implementar Infraestructuras de Datos Espaciales (IDEs).

Una cuestión capital para implementar una IDE es la interoperabilidad. Para facilitar el acceso abierto a la información geográfica, el Open Geospatial Consortium (OGC) define un conjunto de estándares de servicios web, que incluyen servicios de acceso a mapas (Web Map Service – WMS), de acceso a coberturas (Web Coverage Service – WCS) y de acceso a entidades espaciales (Web Feature Service – WFS). La iniciativa Sensor Web Enablement (SWE) del OGC se centra en interfaces para la gestión en web de datos de sensores. De especial relevancia es la interfaz Sensor Observation Service (SOS), que proporciona acceso a las observaciones obtenidas por los sensores, ya sea accediendo a almacenes de datos (típicamente Sistemas Gestores de Bases de Datos – SGBD), o mediante la petición directa a los sensores.

Las comunidades científicas en meteorología y oceanografía hace tiempo que utilizan sus propios estándares y herramientas para promover el acceso abierto a sus datos. Ejemplos de esto son los protocolos y formatos propuestos por la organización OPeNDAP<sup>1</sup>, entre los que destaca el formato NetCDF (actualmente adoptado como estándar del OGC) y sus herramientas asociadas. Una herramienta importante que soporta estos protocolos es el servidor THREDDS Data Server<sup>2</sup> (Thematic Realtime Environmental Distributed Data Services), que actualmente implementa estándares de OPeNDAP y OGC.

En Galicia, la organización responsable de la obtención y difusión de información meteorológica es MeteoGalicia, que cuenta con una gran variedad de datos de observación medioambiental y ejecuta varios modelos de predicción numérica sobre grids de distintas resoluciones.

---

<sup>1</sup> <http://opendap.org/>

<sup>2</sup> <http://www.unidata.ucar.edu/projects/THREDDS/>

En este contexto, el proyecto MeteoSIX<sup>3</sup>, financiado por el programa PGIDIT de la Dirección Xeral de I+D, Consellería de Economía e Industria de la Xunta de Galicia (proyecto 09MDS034522PR), tiene como principal objetivo facilitar el acceso público a los datos de MeteoGalicia. Para ello se despliega una IDE con servidores que implementan interfaces OGC y OPeNDAP. Además, una API de servicios REST [1] (Representational State Transfer) simplifica el acceso a la IDE y un par de aplicaciones para móviles y un visor web facilitan el acceso a usuarios finales.

El resto del artículo se organiza como sigue. La sección 2 resume la contribución de MeteoSIX a MeteoGalicia. La arquitectura global se describe en la sección 3. La sección 4 describe la API y aplicaciones. El servidor de observación SOS se describe en la sección 5 y la sección 6 concluye el artículo y resume algunas líneas de trabajo futuro.

## **2 MeteoGalicia: Situación actual y anterior a MeteoSIX**

MeteoGalicia es el servicio meteorológico regional dependiente de la Consellería de Medio Ambiente, Territorio e Infraestructuras, Xunta de Galicia (<http://www.meteogalicia.es>). Para realizar la predicción diaria ejecuta varios modelos numéricos meteorológicos y oceanográficos. Además dispone de una extensa red de observación meteorológica y oceanográfica. La difusión y gestión de esta información, de forma clara y organizada, ha sido siempre uno de sus principales objetivos. En este sentido, diversos proyectos y actividades realizados por MeteoGalicia han mejorado sustancialmente esta situación. En concreto, el proyecto MeteoSIX cumple este objetivo en cuanto a la información de predicción numérica y de observación.

Antes de este proyecto la información de los modelos numéricos era accesible exclusivamente en forma de imágenes<sup>4</sup> o mediante FTP, lo que complicaba la distribución de los datos a usuarios muy distintos. Actualmente MeteoGalicia, en su afán por dar valor añadido y estandarización a sus datos de modelos numéricos, ha optado por utilizar el THREDDS como herramienta para servirlos. El servidor THREDDS de

---

<sup>3</sup> <http://meteosix.cesga.es/>

<sup>4</sup> [http://www.meteogalicia.es/web/modelos/modelosIndex.action?request\\_locale=es](http://www.meteogalicia.es/web/modelos/modelosIndex.action?request_locale=es)

MeteoGalicia<sup>5</sup> se basa en la generación dinámica de catálogos en formato XML a través de los cuales se proporcionan enlaces de acceso mediante diferentes protocolos a las diferentes colecciones y conjuntos de datos.

Este servicio está enfocado a usuarios de perfil científico y es muy difícil de consultar por el público general. En este sentido el proyecto MeteoSIX ha permitido generar otros servicios (ver sección 4): i) un conjunto de servicios web tipo RESTful [1] (API MeteoSIX) que facilita la consulta de la gran cantidad de información que proporcionan los modelos numéricos<sup>6</sup>, ii) una aplicación móvil para terminales Android<sup>7</sup>, iii) una aplicación móvil para teléfonos iPhone<sup>8</sup>, y iv) una aplicación web en la que se integran datos de distintos proveedores, que en estos momentos está en desarrollo.

Con respecto a los datos de observación, previamente al proyecto MeteoSIX, estos se publicaban sólo en formatos de texto, XML o PDF, tanto para las estaciones meteorológicas<sup>9</sup> como las oceanográficas<sup>10</sup>. Actualmente el proyecto trabaja en proporcionar acceso a la información mediante protocolos estándar de la iniciativa SWE del OGC, que faciliten la interoperabilidad. Para ello se está desarrollando un servidor de observación que implementa el estándar SOS (ver sección 5). Otras herramientas, como el visor web, también utilizarán este servicio.

### 3 Arquitectura Global

Una arquitectura genérica para un sistema de información dedicado a la gestión de observaciones medioambientales, por lo general, debe de considerar [2]: i) componentes para la visualización y el análisis de datos, ii) componentes para publicación de datos e interoperabilidad, iii) componentes para el almacenamiento de datos y el control de su calidad, iv) componentes para la observación y las comunicaciones. En MeteoGalicia se requieren además componentes relacionados con la ejecución de modelos complejos de predicción numérica.

---

<sup>5</sup> [http://www.meteogalicia.es/web/modelos/threddsIndex.action?request\\_locale=es](http://www.meteogalicia.es/web/modelos/threddsIndex.action?request_locale=es)

<sup>6</sup> [http://meteosix.cesga.es/manual\\_api/MeteoSIX\\_API\\_es.pdf](http://meteosix.cesga.es/manual_api/MeteoSIX_API_es.pdf)

<sup>7</sup> <https://play.google.com/store/apps/details?id=org.meteogalicia.meteosix.mobile>

<sup>8</sup> <http://itunes.apple.com/es/app/meteosix/id544696543?mt=8>

<sup>9</sup> <http://www2.meteogalicia.es/galego/observacion/estacions/estacions.asp>

<sup>10</sup> <http://www2.meteogalicia.es/galego/observacion/plataformas/plataformas.asp>

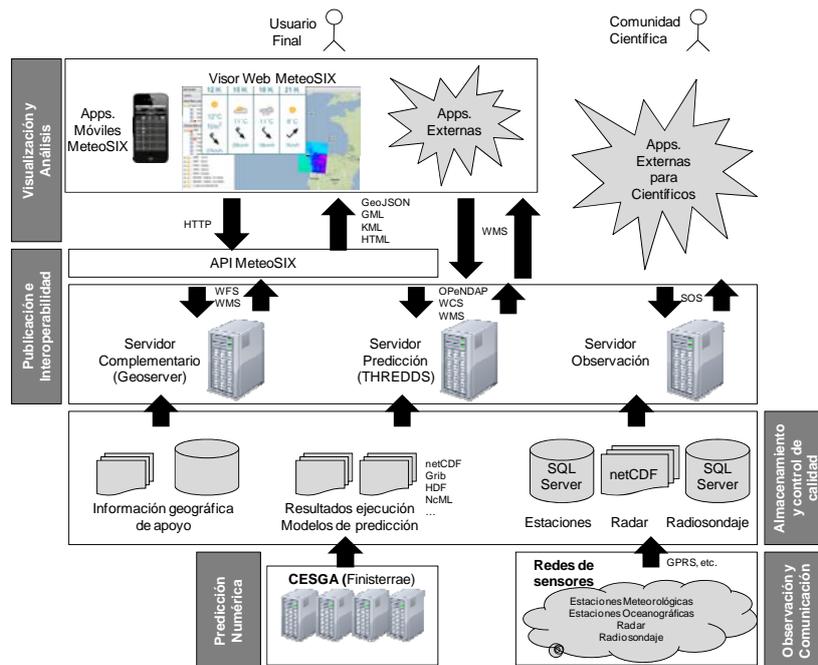


Figura 1. Arquitectura Global del Proyecto MeteoSIX

La arquitectura de componentes de MeteoSIX se representa gráficamente en la figura 1. En la parte inferior de la arquitectura se encuentran los dos grandes proveedores de datos del proyecto, es decir, los procesos de ejecución de modelos numéricos de predicción que se llevan a cabo en el CESGA y la red de observación medioambiental con la que cuenta MeteoGalicia. Toda esta información se almacena en archivos y SGBDs dentro de MeteoGalicia y es accedida por los servidores de la IDE. En MeteoSIX se ha implantado un servidor THREDDS en el que, entre otros datos, se publican los grids resultantes de la predicción numérica. Además se está desarrollando un servidor de observación SOS. La IDE del proyecto MeteoSIX se completa con un servidor GeoServer que proporciona información geográfica complementaria para las aplicaciones.

Para simplificar el acceso a desarrolladores de naturaleza no científica en el proyecto se ha desarrollado una API de servicios RESTful [1] (API MeteoSIX). Sobre esta API se implementa un visor web y un par de aplicaciones para dispositivos móviles. Tanto la API como las aplicaciones se describen con más de detalle en la siguiente sección.

## 4 Aplicaciones

La información gestionada en el ámbito de MeteoSIX tiene tres características fundamentales: i) los formatos de datos y los protocolos de acceso a los mismos son en general poco intuitivos y complejos, ii) se utilizan formatos y protocolos muy distintos dependiendo de la naturaleza de los datos (predicción, observación...) y iii) la información se organiza en conjuntos de datos enormes, lo que hace que el acceso a los bloques de información requeridos en cada momento no sea trivial.

Se han desarrollado distintas aplicaciones para facilitar el acceso a los datos a diversos tipos de usuarios. Por una parte, se ha desarrollado un visor geográfico web que permite visualizar los distintos datos sobre un mapa, de forma que se puede realizar un filtrado de la información en base a dos parámetros fundamentales como son las variables y el área que se quieren consultar. Este visor está pendiente de publicación.

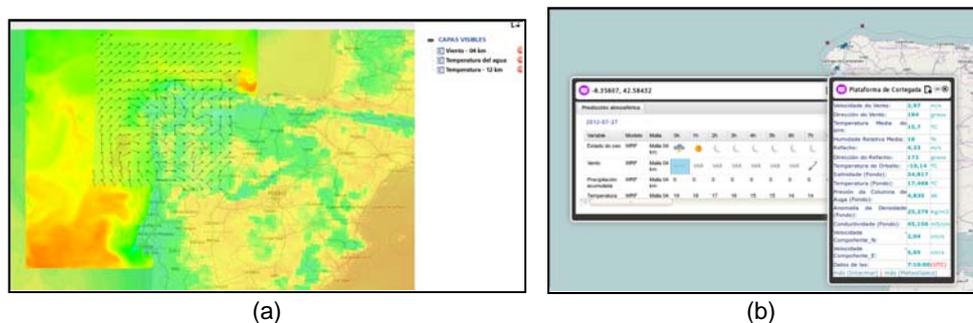


Figura 2. Visor web: (a) Visualización de distintas capas. (b) Consultas sobre los datos.

El visor permite visualizar simultáneamente distintas capas de información, con niveles de transparencia configurables, e incorpora la dimensión temporal, aspecto presente por naturaleza en la información meteorológica y oceanográfica (figura 2(a)). Además, ofrece la posibilidad de realizar consultas sobre los datos visualizados en cada momento, lo que facilita una interpretación global de la información meteorológica y oceanográfica (figura 2(b)). Esto es de enorme utilidad no sólo para el público en general, sino también para el propio personal de predicción de MeteoGalicia.

El visor está basado en OpenLayers, ExtJS y GeoExt, y es el resultado de la integración con los desarrollos realizados en el Observatorio Raia<sup>11</sup>; la parte servidor, que automatiza la gestión de capas y perfiles de usuario, está desarrollada en JavaEE con Apache Wicket como framework web.



Figura 3. Aplicaciones MeteoSIX para Android e iOS.

También se han desarrollado aplicaciones para dispositivos móviles, para los sistemas operativo Android e iOS<sup>12</sup> (figura 3). Se ponen así a disposición del público general todos los datos de predicción numérica manejados en el proyecto de una forma transparente y estructurada con una interfaz personalizada y amigable. De esta manera, se consigue presentar al usuario la información abstrayéndolo de la complejidad de los datos, de la diversidad de formatos empleados para su representación y almacenamiento internos, de las distintas procedencias de cada tipo de dato y de los distintos protocolos y mecanismos utilizados para obtenerla.

Tanto el visor web como las aplicaciones móviles obtienen los datos de predicción numérica a través de una API de libre acceso formada por servicios web de tipo RESTful [1]. La versión actual sirve datos de predicción del modelo atmosférico WRF y de los modelos oceanográficos WW3 y ROMS. Actualmente ofrece dos operaciones. La operación */findPlaces* permite buscar entidades de población y playas a partir del nombre, devolviendo entre otros campos sus coordenadas. La operación */getWeatherInfo* es altamente configurable y permite obtener la predicción meteorológica y oceanográfica para un punto concreto, o para cualquier resultado devuelto por la operación */findPlaces*. Puede ofrecer las

---

<sup>11</sup> <http://www.marnaraia.com>

<sup>12</sup> [http://meteogalicia.es/web/proyectos/meteosix.action?request\\_locale=es](http://meteogalicia.es/web/proyectos/meteosix.action?request_locale=es)

respuestas en los formatos GeoJSON, GML 3.2.1, KML o HTML, lo que permite un fácil procesamiento en cualquier lenguaje de programación, o la inclusión directa en un sitio web. De esta manera se da acceso a los datos a usuarios de áreas de conocimiento y requisitos muy diversos.

## 5 Servidor de Observación

Un SOS [3] proporciona acceso a los valores observados por un conjunto de sensores. Cada *Observación* tiene asociado el *Proceso* (normalmente un sensor) que la genera, el instante temporal en el que se llevó a cabo, la *Propiedad Observada* (temperatura, salinidad, etc.), el valor observado y la entidad geográfica que se observa (*Entidad de Interés*). Las observaciones accesibles a través de un SOS se agrupan en vistas llamadas *Offerings*. Las tres operaciones SOS obligatorias, implementadas por el servidor de observación de MeteoSIX se describen brevemente a continuación. La operación *GetCapabilities* proporciona metadatos sobre el propio servidor, describe su interfaz y describe el conjunto de *Offerings* disponibles (extensión espacio-temporal, lista de Procesos, Propiedades Observadas y Entidades de Interés). La operación *DescribeSensor* devuelve la descripción de un *Proceso* en formato SensorML [4]. La operación *GetObservation* permite consultar las observaciones. El cliente ha de especificar una *Offering* y al menos una *Propiedad Observada*. Además, podrá restringir la búsqueda a un determinado conjunto de *Procesos* y a las observaciones que cumplan determinadas condiciones, espacio-temporales y sobre el valor observado. El resultado se devuelve según el estándar Observations & Measurements (O&M) [5].

La arquitectura del servidor de observación desarrollado se basa en una arquitectura de integración de datos clásica Mediador/Wrapper [6], en la que los Wrappers, además de realizar transformaciones entre formatos, también hacen una transformación al modelo de datos O&M, tal como se puede ver en la figura 4. En la parte inferior de la figura se encuentran las fuentes de datos consideradas. Las bases de datos para las estaciones meteorológicas y oceanográficas tienen modelos de datos similares y ambas están implementadas en el SGBD Microsoft SQL Server. La principal diferencia es que las estaciones oceanográficas incluyen sensores con medida en remoto, mientras que las meteorológicas siempre miden en local. La fuente de datos de radar consta de un archivo netCDF por cada día. En este archivo se almacena un grid cada 10 minutos que

registra en cada uno de sus píxeles el valor de reflectividad obtenido por el radar. Por último, la base de datos de radiosondaje almacena observaciones de un conjunto de sensores móviles que miden en local.

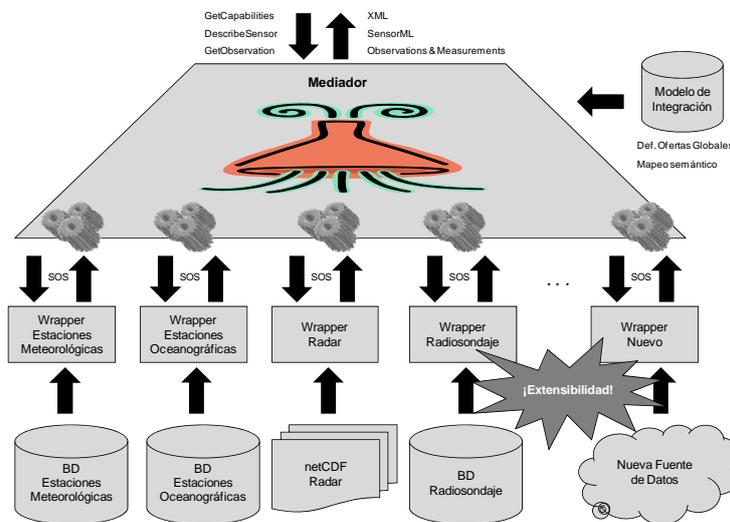


Figura 4. Arquitectura del servidor de observación SOS.

Para cada fuente de datos es necesario desarrollar un *Wrapper*. Este *Wrapper* se encarga de implementar las tres operaciones obligatorias del SOS sobre la fuente de datos concreta. Encima de los *Wrappers* está el *Mediator*. Este componente es el encargado de recibir la petición del cliente, distribuirla entre los distintos *Wrappers*, recoger los resultados, unificarlos y devolverlos al cliente. La distribución de una determinada petición entre los *Wrappers* se hace de acuerdo a un determinado *Modelo de Integración* que se define en el *Mediator*. En líneas generales, este modelo especifica la definición de las *Offerings* globales del servidor en base a las *Offerings* locales definidas en cada *Wrapper*. Además establece un *Mapeo Semántico* entre los conceptos (*Procesos*, *Entidades de Interés* y *Propiedades Observadas*) disponibles a nivel global y las disponibles en el SOS de cada uno de los *Wrappers*. Para incluir una nueva fuente de datos bastará con implementar su *Wrapper*, configurar el *Mediator* para que lo utilice e integrar sus *Offerings* dentro del *Modelo de Integración*.

El diagrama de clases del *Modelo de Integración* se proporciona en la figura 5. Cada *Offering* global del servidor se define como una instancia de

la clase *GlobalOffering*. La asociación *GetObservation* define el conjunto de *Offerings* locales (*LocalOffering*) que forman cada *GlobalOffering*. La participación de una *LocalOffering* en una *GlobalOffering* mediante la asociación anterior se puede restringir opcionalmente especificando un filtro temporal (*eventTime*), un filtro espacial (*featureOfInterest*), un conjunto de *Procesos* locales (*LocalProcess*), un conjunto de *Propiedades Observadas* locales (*LocalProperty*) y un conjunto de *Entidades de Interés* locales (*LocalFOI*). Es importante darse cuenta de la flexibilidad que tiene el sistema para definir *Offerings* globales a partir de *Offerings* locales, posiblemente de distintas fuentes de datos.

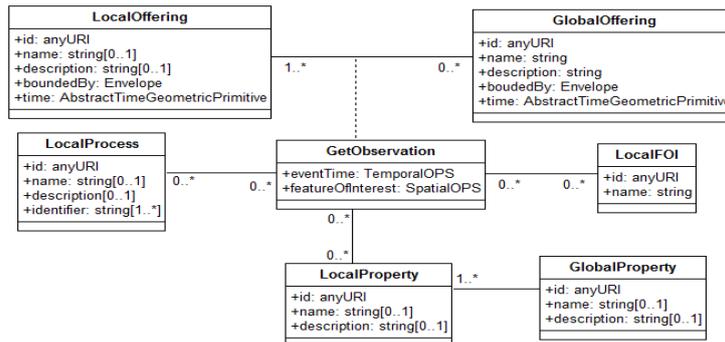


Figura 5. Modelo de datos integración del servidor SOS.

Además de definir *Offerings* globales, el modelo especifica el mapeo entre conceptos locales y globales. De forma implícita, cada *Proceso* local incluido en alguna oferta global será automáticamente considerado como un *Proceso* global (su identificador será la concatenación de su identificador local con el identificador de su fuente de datos). De forma similar, el mapeo ente *Entidades de Interés* locales y globales también es automático. Por el contrario, el mapeo entre *Propiedades Observadas* locales y globales ha de definirse de forma explícita en la base de datos. En concreto, ha de especificarse la asociación entre cada *GlobalProperty* y las *LocalProperty* que la definen.

Para la implementación de los primeros prototipos del servidor se utilizó como base la implementación SOS de la iniciativa 52<sup>o</sup> North<sup>13</sup>, que usa

<sup>13</sup> <http://52north.org/>

como almacén de observaciones un modelo propio implementado en el SGBD PostgreSQL con su extensión espacial PostGIS. En concreto, para el primer prototipo, cuya funcionalidad se limitaba al acceso a los datos de estaciones meteorológicas, la implementación consistió en reemplazar la capa de acceso a datos sobre PostgreSQL para que funcionase con el modelo de la BD de estaciones de MeteoGalicia sobre Microsoft SQL Server. Además, la descripción de los sensores, que es estática en 52° North, se reemplazó por una generación de SensorML de forma dinámica desde la descripción de los sensores almacenada en la base de datos. La versión actual del servidor, que sigue la arquitectura mostrada arriba, difiere ya en gran medida de la herramienta inicial.

## 6 Conclusiones y Trabajo Futuro

El desarrollo de las aplicaciones, API y servicios estándar de MeteoSIX proporciona acceso personalizado para un amplio espectro de usuarios, que van desde usuarios finales no especializados hasta miembros de la comunidad científica. Actualmente, desde su publicación en febrero, la aplicación para Android tiene cerca de 6.000 descargas y la API cuenta con 70 usuarios registrados. El servidor THREDDS, por su parte, tiene más de 40 usuarios registrados, mas aquellos que de forma no periódica lo utilizan (la aplicación para iPhone acaba de ser publicada en la fecha de envío del artículo).

Para todos los desarrollos se han utilizado tecnologías que apuestan por el uso del software libre. Las aplicaciones web y móviles proporcionan interfaces amigables y personalizadas para usuarios no expertos. El servidor THREDDS y el Servidor de Observación dan soporte estándar a usuarios de la comunidad científica. Este último, desarrollado en el marco del proyecto, integra fuentes de datos que incluyen sensores estáticos (in-situ y remotos) y móviles. Además, su arquitectura facilita la incorporación de nuevas fuentes. Su *Modelo de Integración* permite a un administrador definir nuevas vistas (Offerings) que integren datos de varias fuentes. Estas características de flexibilidad y facilidad de configuración hacen que sea una herramienta adecuada para implementar jerarquías de SOS.

Respecto al trabajo futuro, en próximas versiones la API incluirá nuevos modelos de predicción oceanográfica como el SWAN o el MOHID, y nuevos grids de mayor resolución para algunas zonas clave de las rías

gallegas. También se incluirán en la API datos de observación para toda Galicia, interpolados a partir de los datos de las estaciones meteorológicas. Asimismo, se incorporarán datos de predicción de mareas y las horas de orto y ocaso para cada día. También ampliará la cobertura geográfica de los datos atmosféricos y oceanográficos hasta cubrir gran parte del continente europeo. Si bien en la versión actual ya es posible obtener esos datos si se solicitan explícitamente, está previsto que la API devuelva automáticamente los valores más fiables de cada variable para cada punto, determinados en función de la localización de dicho punto y la resolución de los grids sobre los que se ejecutan los modelos de los que se extraen los datos. Estas mejoras serán incorporadas también a las aplicaciones móviles. Respecto al servidor SOS, potenciales trabajos futuros incluyen el desarrollo de clientes que permitan explotar toda su funcionalidad. Estos clientes deberían de incluir visualización de datos 3D para algunas fuentes. Finalmente, se estudiará el uso del servidor para servir datos de observación de Galicia y Portugal en el marco del Observatorio RAIA<sup>14</sup>.

## Referencias

- [1] L. Richardson, S. Ruby, RESTful Web Services, O' Reilly, 2007.
- [2] Horsburgh, J.S., Tarboton, D.G., Maidment, D.R., Zaslavsky, I., Components of an environmental observatory information system. *Computers & Geosciences* 37, 207 – 218, 2011.
- [3] OGC. Sensor observation service. Open Geospatial Consortium (OGC). Obtenido Enero 2011: <http://www.opengeospatial.org>, 2007.
- [4] OGC. Opengis sensor model language (sensorml) implementation specification. Open Geospatial Consortium (OGC). Obtenido Enero 2011: <http://www.opengeospatial.org>, 2007.
- [5] OGC. Observations and measurements part 1 - observation schema. Open Geospatial Consortium (OGC). Obtenido Enero 2011: <http://www.opengeospatial.org>, 2007.
- [6] G. Wiederhold. Mediators in the architecture of future information systems. *Computer*, 25(3):38 - 49, Marzo, 1992.

---

<sup>14</sup> <http://www.marnaraia.com>