

UNA METODOLOGIA PARA LA GESTIÓN DE INFORMACIÓN HIDROLÓGICA

Luis Vives¹, Pablo Abrile², Natalio Bastan², Alejandro Clausse², Julio Lorenzo², Eduardo Usunoff¹, Marcelo Varni¹, Marcelo Vénere² y Carlos Fernández-Jáuregui³

¹Instituto de Hidrología de Llanuras
Universidad Nacional del Centro de la Provincia de Buenos Aires
República Argentina 780, 7300 Azul, Argentina
e-mail: lvives@faa.unicen.edu.ar

²PLADEMA-ISISTAN, Instituto de Sistema de Tandil
Universidad Nacional del Centro de la Provincia de Buenos Aires
Tandil, Argentina

³World Water Assessment Programme
UNESCO, Division of Water Sciences
Paris, Francia

Key words: Base de Datos Hidrológicos (hydrological database), Gestión de los Recursos Hídricos (water resources management), Cuenca del Arroyo Azul (Azul River Basin), Sistema Acuífero Transfronterizo Guaraní (transboundary Guaraní Aquifer System)

Abstract. *Existe un consenso, casi se podría decir mundial, entre los investigadores, administradores, gestores, usuarios y personas afines con los recursos hídricos, que la escasez de información disponible depende cada vez más de la accesibilidad, que de la existencia misma. Esta problemática repercute negativamente en los estudios hidrológicos como en la gestión integral de los recursos hídricos, por lo que se propone como objetivo en este trabajo el presentar una herramienta que permita una mayor colaboración de los diferentes grupos comprometidos directa o indirectamente con el uso, aprovechamiento y/o administración de los recursos hídricos de cara a compartir la información. En este trabajo se presenta un sistema integrado para el manejo e utilización de la información hidrológica disponible como una herramienta eficaz, potente, amplia y abierta para uso de todos los organismos o personas interesadas o involucradas en la problemática de la gestión sustentable de recursos hídricos regionales. Esta herramienta está compuesta por una consistente base de datos que puede ser consultada de forma remota por medio de Internet, que permite el agregado de datos o su captación por usuarios autorizados.*

1 INTRODUCTION

En este trabajo se presenta un Sistema Soporte de Decisión (SSD) que permite almacenar toda la información de una cuenca hidrográfica y ser consultada o ampliada de forma remota, como una herramienta fundamental para uso de todos los organismos o personas involucradas en el estudio de los recursos hídricos o en la gestión sustentable del mismo (Figura 1).

El sistema se compone de una consistente y potente base de datos que permite trabajar con información de diferentes niveles, desde lo más particulares hasta lo más generales, sobre aspectos climatológicos, hidrológicos, hidrogeológicos, análisis de agua, etc. Esta base de datos puede ser explotada de forma remota por medio de Internet, permitir el agregado de datos o la captura de cualquiera de la información disponible por alguna persona autorizada. Además, dispone de una serie de herramientas de visualización que permite a los usuarios realizar diferentes procesamientos de los datos en forma interactiva como remota por Internet, desde la selección de información a través de filtros hasta la confección de diagramas de diverso tipo.

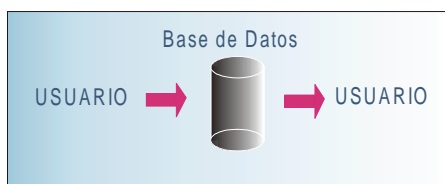


Figura 1: Esquema propuesto para la gestión de la información hidrológica.

El enriquecimiento creciente de la información en la base de datos, además de tener su valor estratégico, es una propuesta novedosa y crea precedente como un mecanismo fundamental para la gestión de cuencas hidrográficas regionales y/o transfronterizas. Evidentemente esta herramienta debe abordar dos aspectos muy críticos, que pueden llegar a ser determinantes en el éxito final para su uso: el actual valor agregado que tiene la información, principalmente en los países subdesarrollados, y la respuesta y grado de compromiso de los potenciales usuarios de la aplicación.

El SSD, entendido como una interfase de gestión de la información, puede ser empleado en cualquier sistema hídrico o para la gestión de datos hidrológicos de un país. Inicialmente, la aplicación fue formulada para la integración de toda la información disponible del Acuífero Transfronterizo Guaraní (Argentina, Brasil, Paraguay y Uruguay), pero dado el tamaño y la complejidad se comenzó el desarrollo del sistema para un caso más sencillo. La aplicación está siendo empleada actualmente para gestionar toda la información hidrológica de la Cuenca del Arroyo del Azul con excelentes resultados. Dadas las excelentes ventajas que presenta el sistema como gestor de toda la información hidrológica de una región, se propone su empleo en el estudio del Sistema Acuífero Guaraní SAG (Usunoff et al., 2000, 2001a, 2001b; Vives et al., 2001a, 2001b).

La filosofía de este desarrollo está en conjunción con el Programa "Internationally Shared Aquifer Resources Management (ISARM)" llevado a cabo por la Asociación Internacional de Hidrogeólogos AIH, UNESCO y FAO; y con posibles implicancias en el proyecto "Protección Ambiental y Desarrollo Sostenible del Acuífero Guaraní" que lidera el Banco Mundial. Se propone su aplicación al Acuífero Transfronterizo Guaraní (Argentina, Brasil, Paraguay y Uruguay), específicamente en la actual fase de conceptualización del funcionamiento del Acuífero Guaraní,

como paso previo para la gestión sustentable.

2 MOTIVACIÓN PARA EL DESARROLLO DE UN SISTEMA SOPORTE DE DECISIÓN

El conocimiento del funcionamiento de los recursos hídricos regionales contribuye a la estabilidad como un requisito fundamental para lograr el Desarrollo Sostenible, que según la conferencia de Río de Janeiro (ECO 92) se puso en evidencia junto a la: poblacional, político-económico-social y de protección contra los riesgos naturales (terremotos, inundaciones, sequías, etc).

Dentro de este concepto, es necesario el conocimiento del modelo de funcionamiento de los complejos sistemas hidrológicos, a partir del aprovechamiento de la toda la información existente. En esta etapa es fundamental la colaboración de los diferentes grupos comprometidos directa o indirectamente con el uso, aprovechamiento y/o administración de los recursos hídricos, para que conjuntamente se pueda definir el modelo conceptual de funcionamiento del sistema de forma más justificada. En este sentido, es de destacar que en muchas regiones del mundo las limitaciones más importantes para cumplir dicho objetivo es la escasez de información disponible, desde un punto de vista de la existencia como de la accesibilidad a la misma.

Conviene indicar que los aspectos mencionados son de directo impacto positivo en la gestión integral sustentable de los recursos hídricos. La concepción moderna de gestión integral de los recursos hídricos supone (García, 1998):

- Un grado importante a exhaustivo de conocimiento técnico.
- Una gestión orientada tanto hacia la oferta como a la demanda.
- La minimización de conflictos entre los usuarios.
- El consenso de todos los afectados.
- La existencia de reglas o normas justificadas y factibles de ser aplicadas.

Este trabajo se apoya íntegramente en el punto (a), sin cuya resolución los demás no lograrán llegar a metas satisfactorias. Los requerimientos restantes, del (b) al (e), dependen de múltiples aspectos o acciones que se vinculan a voluntades políticas expresas, compatibilización de objetivos económicos de desarrollo, y la construcción de un esquema legislativo plurinacional que reconozca el concepto de dominio común, entre otros.

3 SISTEMA SOPORTE DE DECISIÓN: ESTRUCTURA Y EXPLOTACIÓN

Un sistema soporte de decisión es un conjunto de herramientas que ayudan a los encargados de tomar decisiones a encontrar la solución a los problemas de gestión. Producto de la problemática planteada en el apartado anterior, se desarrolló (a manera de sistema soporte de decisión) una aplicación para el almacenamiento común de toda la información, con la posibilidad de acceder a la misma, a través de Internet, de forma completa o parcial a todos los usuarios del sistema.

La herramienta consta de dos partes: la base de datos, donde se almacena y organiza la información; y el sitio web, que permitirá la explotación de la base de datos en forma remota. Esta herramienta dispone de un potente conjunto de funciones que permite a los usuarios y público en general intercambiar y discutir los conocimientos adquiridos por operación del sistema. Evidentemente, esta opción es una forma de transferencia de tecnología que permite un enriquecimiento global del conocimiento.

La aplicación contempla dos tipos de usuarios: miembros y públicos. Los primeros requieren estar dados de alta en el sistema, tendrán la posibilidad de ingresar datos de una dada región, convirtiéndose en propietario de los mismos. El propietario de un dato es el que asigna su

disponibilidad, la cual puede ser privada, protegida o pública. Este esquema permitirá a los grupos de trabajo compartir información con los investigadores que deseen, mantener reservados algunos datos o hacer públicos otros.

A la base de datos podrán tener acceso organismos públicos, empresas privadas, propietarios de pozos, universidades, etc. El alcance de tal acceso dependerá del status de los datos definidos por el propietario, pero el mecanismo de intercambio de experiencias es abierto. La información que dispone la Base de Datos tiene diferentes niveles, desde lo más particulares hasta lo más generales, sobre aspectos climatológicos, hidrológicos, hidrogeológicos, etc.

La característica principal del sitio Web, a través de la que se accede a la Base de Datos, es que la navegabilidad es fácil, fluida y rápida, orientada a usuarios de poca experiencia. El sitio es una interfaz entre el usuario y la información, presentando estos de diversas maneras posibles y posibilitando la búsqueda, extracción y filtrado de la información. Está capacitado para cambiar fácilmente el lenguaje. (inicialmente castellano, portugués y inglés).

La elección de la tecnología a utilizar es una de las etapas cruciales en la vida de todo proyecto informático. De esta decisión dependen el diseño de la aplicación, el plan de trabajo, la portabilidad y el mantenimiento posterior al desarrollo.

Además, esta decisión también repercute en los tiempos de desarrollo, que se trata de minimizar con los máximos logros. La planificación requirió de una rigurosa evaluación de las tecnologías disponibles, donde finalmente se seleccionaron para el desarrollo los siguientes productos: base de datos Oracli 9i, que destaca por su robustez y mayor soporte y presencia en el sistema; combinación de FLASH, HTML, XML y JavaScript para la presentación de la aplicación al cliente (diseño de las pantallas); se empleó tecnología JSP que permite mantener el contenido dinámico (por ejemplo, facilita la traducción a distintos idiomas de las páginas del sitio) y Servlets.

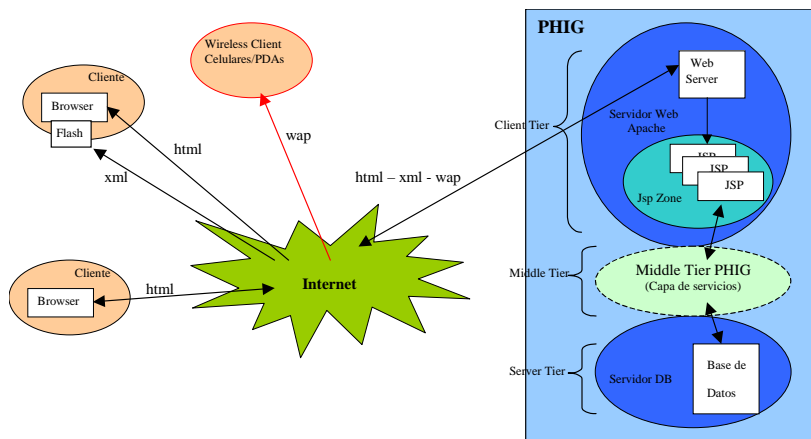


Figura 2: Esquema de la estructura o arquitectura interna de la aplicación.

La Figura 2 muestra el esquema de la estructura o arquitectura interna de la aplicación, donde se observa cómo Internet conecta el usuario (cliente) con la base de datos (servidor). El servidor contiene los datos obtenidos a través de Helpers (Beans) que se conectan a Enterprise Java Beans en la Base de Datos Oracle. De esta forma queda separada la lógica de la aplicación de la presentación (criterio fundamental en el desarrollo de aplicaciones para Internet). Esta particularidad hace que la aplicación sea portable y de componentes distribuidos.

Esta herramienta se ha realizado con un Look&Feel genérico. Este diseño genérico es aplicable a cualquier cuenca y en un futuro a la distribución por CD autoejecutable de la aplicación cliente. El Look&Feel que se presenta como ejemplo de aplicación para la Cuenca de Azul, es fácilmente adaptable a otros requerimientos y otros idiomas, así como también al cambio de los colores y fuentes que se observan. Asimismo, esta aplicación presenta una estructura que permite rápidamente modificar algunos aspectos operativos a requerimiento del cliente, por ejemplo si se desea que esta aplicación sólo pueda cargar información y no pueda realizarse ningún tipo de exportación de información.

Dadas las características tan particulares de esta herramienta, no se ha podido constatar en la bibliografía revisada, una aplicación similar a la descrita.

4 SISTEMA SOPORTE DE INFORMACIÓN: APLICACIÓN A LA CUENCA DEL ARROYO DEL AZUL

El sistema soporte de decisión SSD propuesto se ha aplicado a la Cuenca del Arroyo del Azul (Figura 3). El sistema SSD desarrollado se centra casi exclusivamente para la gestión de la información, por ello de aquí en adelante lo denominaremos sistema soporte de información SSI (Vives et al., 2001a).

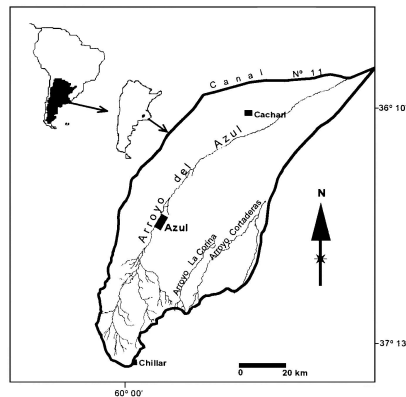


Figura 3: Ubicación de la Cuenca del Arroyo Azul.

La parte referente a la explotación remota que emplea el SSI se fue desarrollando conjuntamente a la aplicación de este a la Cuenca del Arroyo Azul. En primer lugar se definieron las consultas básicas que son esperables en el portal en una fase inicial, y que se consideran son las necesarias para que el mismo pueda operar, aunque evidentemente con el uso progresivo algunas de ellas deberán modificarse o reformularse y se tendrán que implementar otras nuevas. Este aspecto hace que la herramienta sea dinámica desde un puesto de vista de su facilidades de explotación, de acuerdo a las necesidades de los usuarios.

Se adaptaron una serie de herramientas, consultas y visualizaciones para potenciar el SSI, entre las que podemos destacar:

- Ingreso de información a la base de datos. Los tipos de datos permitidos son: numéricos (por medio de tablas preestablecidas –masivo- o por ventana), imágenes, textos, fotografías, videos, direcciones, etc.
- Filtros para seleccionar la información (por ejemplo seleccionar por tipo de información, rango de tiempos, posición, etc.).
- Descarga de la información seleccionada a una máquina remota. Se adaptó para la exportación de datos numéricos los formatos nativo de MS Word (.doc), MS Excel (.xls) y Adobe Acrobat Reader (.pdf).
- Mapas bidimensionales: mapas con puntos de medidas y valores, se permite superposición de mapas (concepto de layers) y contiene una barra de herramientas sencilla (por ejemplo, se puede seleccionar zonas, activar el zoom, desplazamientos, escala, etc.).
- Visualización de imágenes, fotografías y videos.
- Diagramas para análisis químicos: Columnar o Collins, Triangular o Piper y verticales o Schoeller Berkaloff.
- Diferentes tipos de gráficos X-Y
- Herramientas básicas de estadísticas para un conjunto de datos: valor mínimo y máximo, valor medio, desviación tipo, regresión, correlación, etc.
- Bibliografía: visualizador, buscador dentro del texto, autores, etc.
- Usuarios-Organismos: listado de personas y organismos con todos sus datos (dirección, teléfonos, e-mails, etc.).
- Novedades: los responsable de la gestión del sitio o los usuarios disponen de un sitio para transmitir sus novedades, comentarios, etc.
- Comunicación entre miembros o usuarios a través de un Chat.

En la presentación de los mapas (Figura 4), donde se intenta que el usuario se encuentre cómodo al utilizarlo, se cuenta con la posibilidad de visualizar los distintos mapas a través del concepto de capas o layers, es decir, pueden verse los puntos de medidas (por ejemplo los pozos, estaciones climáticas, estaciones de aforos, etc.) junto con el mapa político, el de ríos y el de la cuenca al mismo tiempo, y por medio de botones se activan o desactivan las distintas capas. Al visualizar el mapa se agrega a la vista una barra cuyo valor indica el grado de transparencia con el que se representará el mapa o capa en cuestión sobre la imagen final.

Los puntos de medidas se clasifican en pozos, perforaciones o sondeos, estaciones

limnimétricas y estaciones de registros climáticos. De estos puntos se puede obtener toda la información referente al mismo, por ejemplo para los pozos tenemos: litologías, geología, hidrogeología, datos constructivos, explotación, niveles-profundidades, ensayos hidráulicos, etc. (Figura 5 y 6). A todos los puntos de medidas se puede acceder directamente clickeando encima del mismo en el mapa.

La aplicación tiene implementado un asistente para la preselección de los puntos de medidas a consultar. A partir del asistente se podrá filtrar información de puntos en función de departamentos (provincia), cuarteles, geologías, hidrogeologías, hidrografía, por región geográfica (coordenadas) y por la existencia de tipos de estaciones y por la información que los mismos contengan (Figura 7). El asistente admite que la preselección sea una combinación de varios de los aspectos mencionados anteriormente. Por ejemplo, se puede seleccionar un conjunto de puntos de pozos que estén ubicados en una departamento o región dada, en una formación geológica específica y que además tengan análisis químicos. El usuario puede también elegir un conjunto de pozos que él mismo haya almacenado con anterioridad. Dicha selección se realiza como paso previo a la visualización de los mapas.

Todos los puntos de medidas tienen la posibilidad de tener adjunta algunas fotografías (Figura 8) y muestras de agua. Las muestras de agua pueden tener análisis físicos-químicos básicos, otros físicos-químicos, bacteriológicos e isotópicos, siempre especificando el laboratorio que ha realizado el análisis y la persona que ha tomado la muestra.

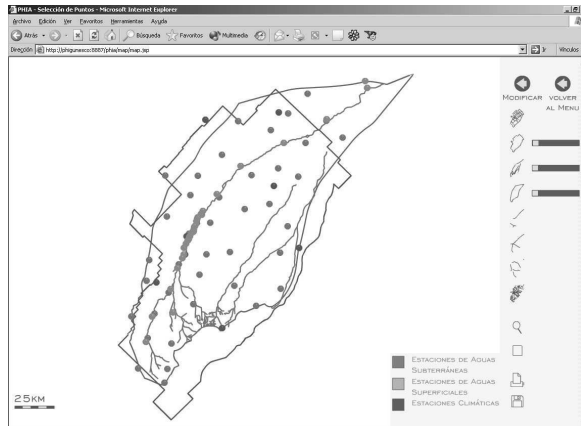


Figura 4: Pantalla con la vista del mapa de contorno político, red hidrográfica, límite de la cuenca y la red de puntos de mediciones o monitoreo.

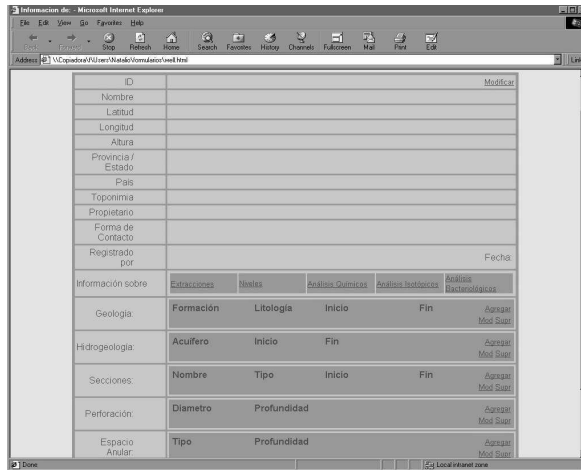


Figura 5: Ventana de sitio de medida de datos hidrogeológicos.

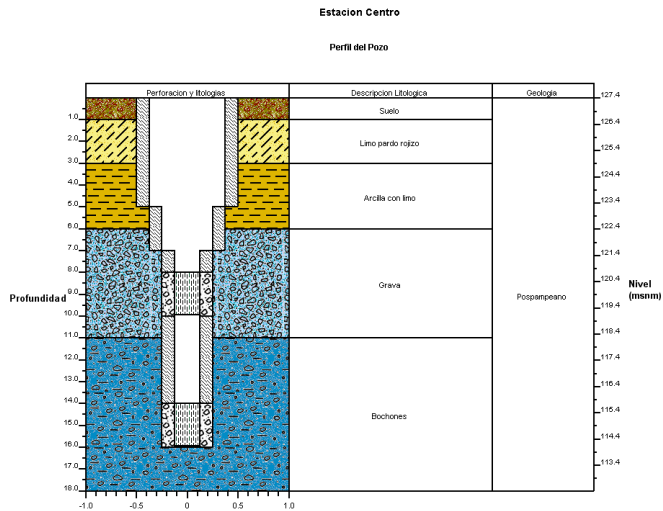


Figura 6: Perfil de un pozo. En este gráfico se pueden mostrar todos los parámetros de la estructura del pozo (perforación, filtros, camisas, relleno anular, prefiltros), litologías y geologías.



Figura 7: Ventana para la preselección de puntos de medidas.



Figura 8: Fotografía de la estación sobre el Arroyo Videla donde hay un punto de medida de aguas superficiales (limnógrafo).

Esta aplicación permite tener información de sensores remotos (Figura 9) y mantener comunicación entre miembros a través de un Chat.

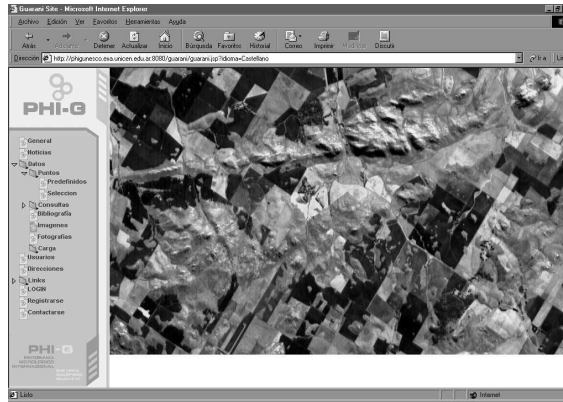


Figura 9: Pantalla con una imágenes satelital de la cuenca.

La aplicación permite visualizar un conjunto de análisis químicos con los diagramas químicos clásicos empleados en hidrogeología: Columnar de Collins, Piper y Schoeller-Berkaloff. (Figura 10).

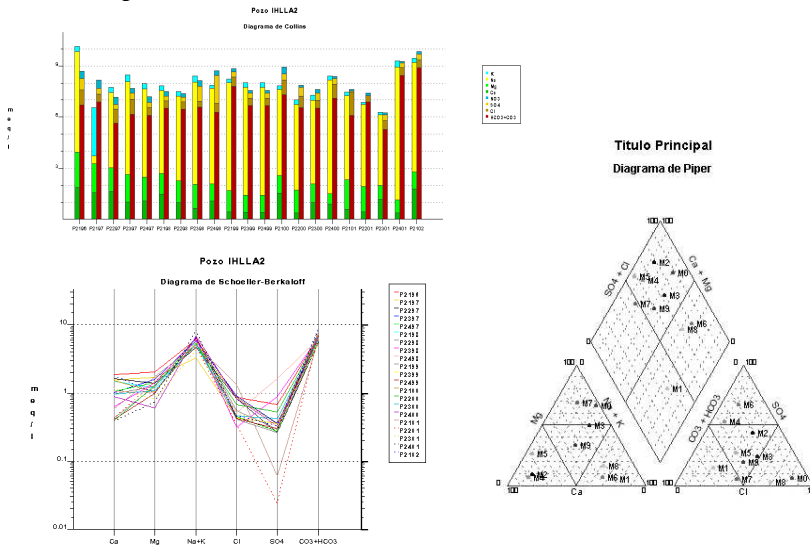
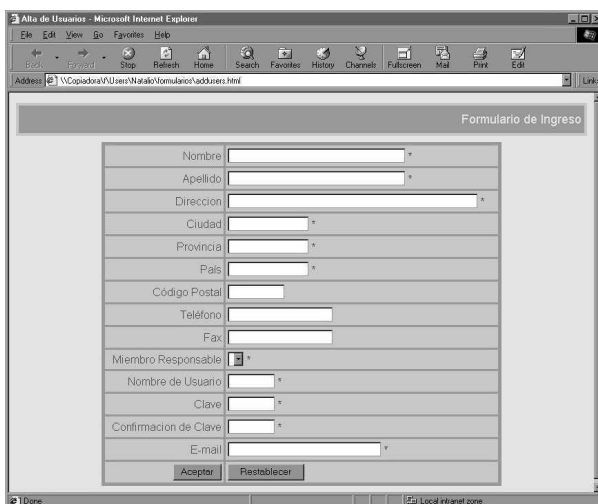


Figura 11: Pantalla de diagramas químicos: columnar de Collins, Piper y de Schoeller-Berkaloff.

El proceso de registro o alta de usuarios del sitio consta de dos etapas. La primer etapa en donde se completa el formulario de la Figura 11, se genera automáticamente el envío de dos mensajes tanto al que desea ingresar como al que lo recomienda (debe ser miembro del sitio). Una vez confirmada la autorización por parte de la persona que recomienda a nuevo socio, se activa una segunda solicitud con información adicional (Figura 12). Esta necesidad de confirmación del nuevo miembro es fundamental para mantener seguridad en la información que se vuelca a la base, sabiendo que toda información nueva tiene asociada la persona que la ha agregado como el día que se ha realizado la carga.

El SSI ha sido empleado al comienzo exclusivamente por el Instituto de Hidrología de Llanuras de Azul, el cual ingresó sus datos hidrológicos de varios años, y participó activamente en el diseño de la forma de explotación de la información. El personal de ese instituto adaptó el sitio Web a las necesidades locales. Posteriormente, comenzaron a ingresar datos otros organismos involucrados en los recursos hídricos, como: la Municipalidad de Azul, la Cooperativa Eléctrica de Azul, INTA Rauch, productores locales que poseen pluviómetros, etc.

Asimismo, la información ingresada en la base de datos es consultada por cualquier usuario que se conecte al sitio Web.



The image shows a screenshot of a Microsoft Internet Explorer browser window displaying a registration form. The browser's address bar shows the local file path: "file:///N:/Copiador%20de%20Disquetes/Vomulacion/usuarios.html". The form is titled "Formulario de Ingreso" and contains the following fields:

- Nombre *
- Apellido *
- Direccion *
- Ciudad *
- Provincia *
- País *
- Código Postal
- Teléfono
- Fax
- Miembro Responsable *
- Nombre de Usuario *
- Clave *
- Confirmación de Clave *
- E-mail *

At the bottom of the form are two buttons: "Aceptar" and "Restablecer". The browser's status bar at the bottom indicates "Done" and "Local intranet zone".

Figura 11: Pantalla de formulario de alta de usuarios, datos generales.

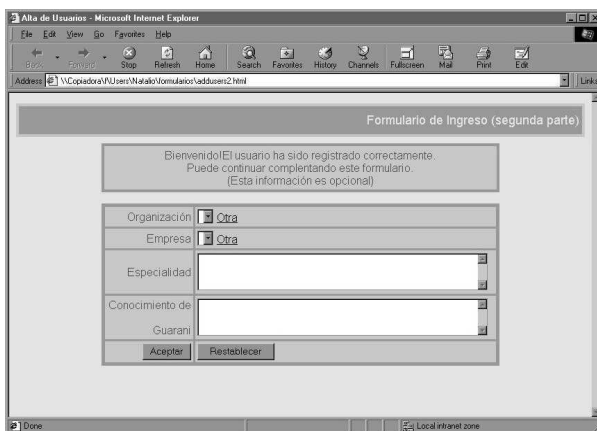


Figura 12: Pantalla de formulario de alta de usuarios, datos suplementarios.

5 EMPLEO DEL SISTEMA SOPORTE DE INFORMACIÓN

El sistema soporte de información SSI está siendo empleado con éxito en la cuenca del Arroyo Azul (Argentina) y está permitiendo cumplir los objetivos de apoyo en los estudios orientados al conocimiento del modelo de funcionamiento de los complejos sistemas hidrológicos (tanto superficial como subterráneo). Como valor agregado esta herramienta permitirá en el futuro próximo facilitar la gestión integral de los recursos hídricos, ya que los organismos administradores del recurso podrán aprovechar toda la información existente. Asimismo, esta herramienta puede perfectamente gestionar toda la red hidrológica de un país (por ejemplo la red hidrográfica de la Argentina, Nigeria, etc) o de una región (por ejemplo la Cuenca del Río Salado, del Amazonas, etc).

6 CONCLUSIONES

Se ha presentado un Sistema Soporte de Decisión que gestiona una base de datos con toda la información de una Cuenca Hidrográfica: climática, geológica, hidrológica, hidrogeológica, química, biológicas, etc. Esta base de datos dispone de un mecanismo de explotación de la información de forma remota a través de una página Web.

Esta herramienta gestiona integralmente toda la información y además permite difundir los datos a cualquier persona o grupo interesado en realizar estudios parciales o totales de la región, con el único compromiso de volcar en el sitio Web los resultados obtenidos a partir de la información suministrada como de la nueva información generada en dicho estudio, para así contribuir al conocimiento general del sistema y mejorar el banco de datos (por ejemplo, validando datos de diferentes fuentes). Es decir, esta herramienta trabaja como un potente

mecanismo para la transferencia de experiencias por parte de los usuarios, enriqueciendo el conocimiento del sistema hídrico regional.

7 AGRADECIMIENTOS

Los autores expresan su especial agradecimiento a la Oficina de Montevideo del Programa Hidrológico Internacional de UNESCO, sin cuyo apoyo no hubiese sido posible la formulación e implementación de esta propuesta.

8 REFERENCES

- García L. 1998. Integrated water resources management in Latin America and the Caribbean. Technical Study Nr. ENV-123, Interamerican Development Bank, Washington, D.C., 59 p.
- Usunoff E. 2000. Web-based information for integrated water resources management of a multi-national aquifer: The Global Environment Facility project on the Guaraní Aquifer. III Water Information Summit, Florida Center for Environmental Studies, Miami, Florida, USA.
- Usunoff E., Vives L. and Fernández-Jáuregui C. 2001a. Groundwater information handling tool for transboundary water resources management”. International Conference on Hydrological Challenges in Transboundary Water Resources Management. pp 117-129. Koblenz, Alemania.
- Usunoff E., Vives L. and Fernández-Jáuregui C. 2001b. Transboundary aquifer data management. Water Information Summit IV, Panamá.
- Vives L., Aprile P., Clausse A., Lorenzo J., Usunoff E., Varni M., Venére M. y Fernández-Jáuregui C. 2001a. Propuesta para la gestión de la información en cuencas hidrográficas [Proposal for information management of hydrological basins data]. Seminario Internacional sobre Manejo Integral Cuencas Hidrográficas. Rosario Argentina
- Vives L., Usunoff E. y Fernández-Jáuregui C. 2001b. Sistema de Soporte de Decisión para la Gestión Sustentable del Acuífero Transfronterizo Guaraní [Decisión-support system for integrated water resources management of the transboundary Guaraní Aquifer]. Congreso IV Fourth Inter.-American Dialogue on Water Management. pp. 263. Foz iguazú, Brasil.