

Volumen 123

Número 3

Año 2012

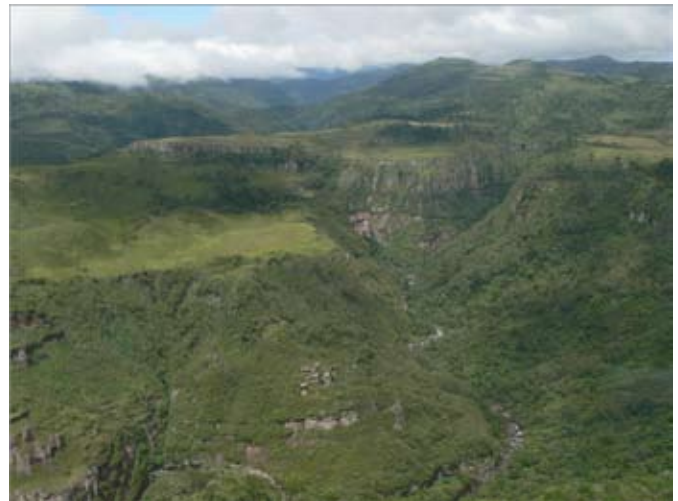
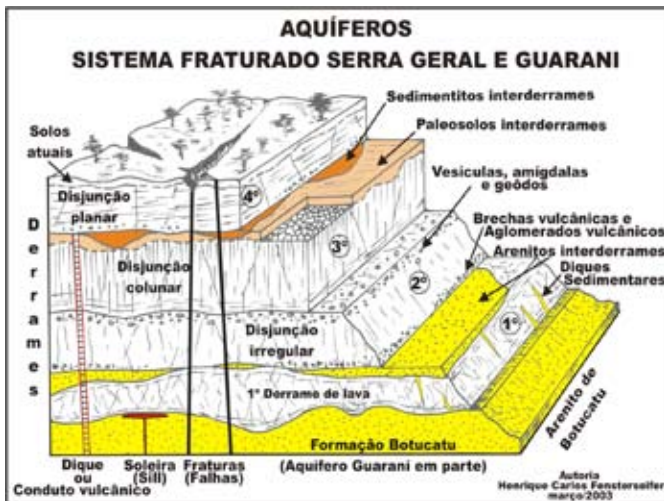
# Boletín Geológico y Minero

Revista trimestral de Ciencias de la Tierra, fundada en 1874 - 5.ª serie

## Sumario / Contents

Presentación.....	203
Prólogo .....	205-206
Carta de São Paulo. <i>Declaration of São Paulo</i> .....	207-209
La soberanía de los Estados sobre sus recursos naturales de agua dulce y el Acuerdo sobre el Acuífero Guaraní. <i>State sovereignty over natural fresh-water resources and the Guaraní Aquifer Agreement</i> . Alejandro Pastori .....	211-220
El principio de la soberanía estatal en el Acuerdo sobre el Acuífero Guaraní. Problemas jurídicos particulares de la Argentina. <i>The principle of state sovereignty in the Agreement on the Guaraní Aquifer and legal problems specific to Argentina</i> . G. J. Apesteguía .....	221-233
Acuíferos transfronterizos: respuestas desde el derecho internacional y vacíos en Centroamérica. <i>Transboundary aquifers: the response of international law and legal voids in Central America</i> . Nicolás Boeglin .....	235-248
Modelo hidrogeológico conceptual del Sistema Acuífero Guaraní (SAG): una herramienta para la gestión. <i>Hydrogeological conceptual model for Guaraní Aquifer System – A tool for management</i> . D. Gastmans, G. Veroslavsky, H. Kiang Chang, M. R. Caetano-Chang y M. M. Nogueira Pressinotti .....	249-265
Importancia de la formulación del régimen temporal de flujo en el modelo numérico del Sistema Acuífero Guaraní. <i>The importance of transient flow simulation in the numerical model of the Guaraní Aquifer System</i> . A. Gómez, L. Vives, L. Rodríguez y S. D. S. Cota .....	267-280
Hidroquímica del Sistema Acuífero Guaraní e implicaciones para la gestión. <i>Hydrochemistry of the Guaraní Aquifer System and implications for its management</i> . M. Manzanoy M. Guimaraens .....	281-295
Definición del límite occidental del Sistema Acuífero Guaraní (Gran Chaco, Argentina): ¿técnico o convencional? <i>The definition of the western boundary of the Guaraní Aquifer System (Gran Chaco, Argentina): technical or conventional?</i> E. A. Rossello y G. Veroslavsky .....	297-310
Estimativa de recarga subterránea em área de afloramento do Sistema Aquífero Guaraní. <i>Estimating groundwater recharge in the outcrop area of the Guaraní Aquifer System</i> . M. C. Lucas(1), R. C. Guanabara(2) e E. Wendland .....	311-323
Análise de fraturas dos basaltos do Aquífero Serra Geral e o potencial de recarga regional do Sistema Aquífero Guaraní. <i>Analysis of fracturing in the basalts of the Serra Geral Aquifer and the potential regional recharge of the Guaraní Aquifer System</i> . A. J. Fernandes, F. de Assis Negri, J. M. Azevedo Sobrinho e C. Varnier .....	325-339
Antecedentes y posibilidades para la mayor participación social en la política de gestión del Acuífero Guaraní. <i>Precedents and possibilities for improved social participation in Guaraní aquifer management policy</i> . F. Lindsay-Herrera y J. Taks .....	341-352

Diretrizes para o desenvolvimento e proteção ambiental da área de afloramento do Sistema Aquífero Guarani no estado de São Paulo, Brasil. <i>Guidelines for the development and environmental protection of the outcrop area in the Guarani aquifer system in São Paulo State, Brazil.</i> J. L. Albuquerque Filho, A. M. de Carvalho, P. Ikematsu, M. Costa Barbosa, M. Iritani, M. M. Nogueira Pressinotti, G. Rocha, M. Pereira Militão da Silva, A. Theodorovicz .....	353-366
Hacia una gestión compartida de las aguas subterráneas transfronterizas: la Hidrogeología y el Sistema Aquífero Guarani. <i>Towards the Joint-Management of Transboundary Groundwaters: Hydrogeology and the Guarani Aquifer System.</i> M. Walter.....	367-376
O município como partícipe na proteção das águas subterráneas no Brasil. <i>The city as a participant in the protection of groundwater in Brazil.</i> L. Cordeiro de Souza .....	377-388
Tutela jurídica do Aquífero Guarani em Ribeirão Preto (Estado de São Paulo, Brasil). <i>Legal protection of the Guarani aquifer in Ribeirão Preto (São Paulo State, Brasil).</i> M. Pedroso Goulart, H. Cavalheiro Navajas Sampaio Campos y O. Nepomuceno.....	389-399
Publicaciones. <i>Publications</i> .....	401-403



Capa: A foto mostra uma das nascentes do rio Canoas, no município de Urubici, Santa Catarina, Brasil. Pelo menos três derrames de rocha vulcânica da Formação Serra Geral, mostrando intenso diaclasamento vertical, cobrem a superfície irregular das antigas dunas do deserto de Botucatu, que constituem hoje a parte principal do Sistema Aquífero Guarani, mostrado na parte inferior como uma única escarpa com tonalidade rosa. A vegetação mais densa no lado esquerdo do afloramento sugere a existência de fraturas profundas, responsáveis pela provável interconexão entre a superfície, o Sistema Aquífero Serra Geral e o próprio Sistema Aquífero Guarani. (Foto Henrique Carlos Fensterseifer, da REDE GUARANI/SERRA GERAL).

Portada: La foto muestra una de las nascentes del río Canoas (municipio de Urubici, Santa Catalina, Brasil). Por lo menos tres coladas basálticas de la Formación Serra Geral, que muestran un intenso diaclasamiento vertical, cubren la superficie irregular de las antiguas dunas del desierto de Botucatu. Estas últimas constituyen hoy las areniscas que conforman la parte principal del Sistema Aquífero Guarani y se observan a muro de los basaltos como un único escarpe de tonalidad rosa. La vegetación más densa en el lado izquierdo del afloramiento sugiere la existencia de fracturas profundas, responsables de la probable interconexión entre la superficie, el Sistema Aquífero Serra Geral y el mismo Sistema Aquífero Guarani. (Foto Henrique Carlos Fensterseifer, de la RED GUARANI/SERRA GERAL).

Referencia Esquema y Foto: SCHEIBE, L.F.; HIRATA, R. 2011. O Sistema Aquífero Integrado Guarani/Serra Geral (SAIG/SG) em Santa Catarina e os recursos hídricos da Bacia do Rio do Peixe. In: TREVISOL, J.V.; SCHEIBE, L.F. (Ed.) *Bacia Hidrográfica do Rio do Peixe Natureza e Sociedade*. Joaçaba: UNOESC. p. 65, Figura 1 ye Fotografia 1.

Cover: The photo shows one of the sources of the river Canoas (municipality of Urubici, Santa Catalina, Brazil). At least three basalt flows belonging to the Serra Geral Formation, showing considerable vertical jointing, cover the irregular surface of ancient dunes of the Bocutacú dessert. These dunes, which can be seen as a uniform, reddish scarp beneath the basalts, went to form the sandstones that make up most of the Guarani aquifer system today. The denser green vegetation on the left-hand side of the outcrop suggests the presence of deep fractures that might be responsible for the probable interconnection between the surface, the Serra Geral aquifer system and the Guarani aquifer system itself. (Photograph by Henrique Carlos Fensterseifer of the RED GUARANI/SERRA GERAL).

## PRESENTACIÓN

Una vez más un número especial del Boletín Geológico y Minero está dedicado a la hidrogeología. En este caso, es resultado del convenio entre la Asociación Internacional de Hidrogeólogos-Grupo Español, UNESCO y el IGME. En relación con este Convenio se han desarrollado desde 1999 interesantes contribuciones editoriales sobre la actividad en el campo de la hidrogeología ligada a Latinoamérica, ya que a esta zona se dirigía el acuerdo. En este sentido, este volumen del Boletín resulta de particular relevancia al presentar los trabajos seleccionados en la Conferencia Internacional La gestión del Sistema Acuífero Guaraní: Un ejemplo de cooperación (CIGSAG) que se desarrolló en San Pablo, Brasil, en Septiembre de 2011. Esta conferencia ha tenido gran impacto en el marco subcontinental, pues se inscribe entre las últimas iniciativas comunes que refuerzan la colaboración entre los países integrantes del MERCOSUR (Argentina, Brasil, Paraguay y Uruguay).

Los recursos hídricos transfronterizos, ya sean superficiales o subterráneos, se presentan como una excelente motivación para la acción conjunta de los países al requerir una gestión sostenible de los mismos. En cuanto a los recursos hídricos superficiales la experiencia histórica, si bien no siempre fácil, es extensa. En contraste, los sistemas acuíferos transfronterizos suponen un desafío al demandar el cambio de una visión que, hasta tiempos recientes, consideraba la explotación del recurso subterráneo un aspecto de carácter privativo nacional por una percepción regional, en este caso subcontinental, donde el impacto de las actuaciones trasciende las fronteras. El Sistema Acuífero Guaraní por su vastedad, diversidad de ambientes, comunidades y paisajes obliga a que su gestión trascienda en gran medida el marco de la hidrogeología. De hecho, requiere repuestas y herramientas en el ámbito del derecho internacional y los ordenamientos a distintas escalas de la sociedad desde el municipal al supranacional. En el CIGSAG se presentaron y debatieron más de 60 contribuciones, este número monográfico refleja la riqueza de este foro multidisciplinar en los 14 trabajos seleccionados que desarrollan sendas ponencias con rigor y profundidad científica.

Para finalizar, quiero expresar mi agradecimiento a los miembros del Comité Organizador de la CIGSAG el Dr. Ricardo Hirata (CEPAS, Universidad de San Pablo, Brasil), el Dr. Geroncio Rocha (Secretaría de Medio Ambiente del Estado de San Pablo, Brasil), el Dr. Francesco Síndico (Universidad de Dundee, Escocia) y al Dr. Javier Heredia, por parte del Grupo Español de la AIH. Todos ellos, como editores invitados hicieron posible con su esfuerzo este número monográfico.

*Rosa de Vidania Muñoz*  
Directora del Instituto Geológico y Minero de España



## PRÓLOGO

Este nuevo número monográfico del Boletín Geológico y Minero de la serie que corresponde al convenio entre Instituto Geológico y Minero de España, el Grupo Español de la Asociación Internacional de Hidrogeólogos y UNESCO ofrece un contenido de singular interés. En el mismo se presentan trabajos seleccionados de la Conferencia Internacional *La gestión del Sistema Acuífero Guaraní (SAG): Un ejemplo de cooperación (São Paulo, Brasil, Septiembre de 2011)*, organizada conjuntamente por el Centro de Investigación de Aguas Subterráneas (CEPAS) de la Universidad de São Paulo, la Secretaria de Medio Ambiente del Estado de São Paulo y la Universidad de Surrey en Reino Unido. Se es fiel con ello al espíritu del convenio al dar voz a tan importante acontecimiento del ámbito de la hidrogeología Latinoamericana. Sin embargo, se trasciende a su vez este campo del conocimiento al presentarse trabajos que reflejan el carácter multidisciplinar que demanda la gestión de un recurso hídrico transfronterizo de la magnitud del Guaraní.

En diciembre de 2010 la UNESCO ha organizado en París una conferencia titulada "Acuíferos Transfronterizos: Desafíos y nuevas direcciones". En dicha ocasión expertos de todo el mundo debatieron el estado de cooperación a nivel mundial en materia de recursos de agua subterráneas transfronterizas. Si hubo un acuífero que salió de dicha conferencia como ejemplo de cooperación (de los 273 que han sido inventariados) fue precisamente el SAG, uno de los pocos acuíferos transfronterizos cuya gestión ha sido objeto de un tratado internacional *ad-hoc*. De hecho, pocos meses antes de la conferencia de París, en agosto de 2010, Argentina, Brasil, Paraguay y Uruguay, países que comparten el SAG, han firmado un Acuerdo de cooperación para la gestión de este complejo sistema. Mientras los países pasan a ratificar dicho acuerdo, y las negociaciones se centran sobre los aspectos institucionales y sobre el anexo relativo a un posible procedimiento arbitral, la gestión del SAG ha llegado a un momento en el que puede beneficiarse de una reflexión sobre los pasos que han sido dados hasta ahora, y los retos que esperan a quienes se ven involucrados en dicha gestión. La Conferencia Internacional de Sao Paulo tenía precisamente este fin y, cara al interés que el SAG ha suscitado a nivel internacional, se presentó como un marco donde discutir si su gestión es verdaderamente un ejemplo de cooperación, o si se trata sólo de un espejismo.

Para tratar de dar respuestas a estos interrogativos investigadores, consultores y profesionales en la gestión de recursos hídricos se han reunido durante la Conferencia Internacional de Sao Paulo y se ha articulado alrededor de tres sesiones dedicadas al actual conocimiento científico sobre el Acuífero Guaraní, a la utilización actual y protección del SAG y a la cooperación regional relativa a su gestión. La discusión ha tomado en cuenta los resultados, a nivel regional, del Proyecto para la Protección Ambiental y Desarrollo Sostenible del SAG y, a nivel global, del Borrador de Artículos sobre el Derecho Internacional de los Acuíferos Transfronterizos de la Comisión de Derecho Internacional de la Naciones Unidas.

Aunque la gestión del SAG no sea perfecta, y no pueda ser considerado un modelo que otros países y regiones pueden utilizar automáticamente, no cabe duda que este acuífero transfronterizo presenta unos aspectos que merecen ser subrayados. El elemento que queremos destacar en esta introducción no se refiere a los avances en su conocimiento hidrogeológico, ni a las características de su regulación normativa institucional tanto regional como en los cuatro países, temas que son tratados en varios de los trabajos presentes en este número del Boletín Geológico y Minero. Lo que nos interesa resaltar en estas breves palabras introductorias es el necesario (y difícil) enfoque multidisciplinar que implica la gestión del SAG (y la de todo acuífero transfronterizo y, más en general, de todo recurso hídrico compartido). Además, la gestión de un recurso tan preciado como el agua subterránea precisa no sólo de un enfoque multidisciplinar, sino también de la participación de gobiernos juntos con la sociedad civil. Precisamente este ha sido el éxito más grande de la conferencia *La gestión del Sistema Acuífero Guaraní*: es decir, el haber sido un momento de debate multidisciplinar capaz de incluir todos los que tie-

nen un interés en la gestión del SAG. El número especial del Boletín Geológico y Minero que tiene Usted entre sus manos es una postila más en esta dirección con la esperanza que sea un puente hacia una segunda conferencia sobre *La Gestión del Sistema Acuífero Guaraní* en 2013, en la que seguir en el camino trazado del debate multidisciplinar con participación de expertos, gobiernos y sociedad civil.

Junio de 2012

Javier Heredia, IGME – AIH-GE  
Ricardo Hirata, CEPAS, Universidad de São Paulo  
Gerônimo Rocha, Secretaria de Medio Ambiente del Estado de São Paulo  
Francesco Sindico, Universidad de Dundee, Escocia  
(anteriormente en la Universidad de Surrey en Reino Unido)  
*Editores invitados*

# CARTA DE SÃO PAULO

Reunidos na Universidade de São Paulo, na Conferência Internacional “A Gestão do Sistema Aquífero Guarani”; técnicos, pesquisadores e profissionais de diversas áreas.

- Considerando os resultados do Projeto Sistema Aquífero Guarani (GEF-OEA-BM 2002-2008), consubstanciados no PEA – Plano Estratégico de Ação.
- Considerando os avanços na cooperação entre os quatro países – Argentina, Brasil, Paraguai e Uruguai – que culminaram com a assinatura do Acordo do Aquífero Guarani em 02 de agosto de 2010.
- Animados a difundir as bases práticas de gestão do Aquífero, dando continuidade aos projetos pilotos desenvolvidos em Ribeirão Preto, Salto-Concórdia, Itapúa e Rivera-Santana do Livramento, que são fontes de aprendizado prático, com o envolvimento do poder local.
- Convencidos da necessidade e importância de um programa de comunicação social, com informação qualificada sobre o bom uso e a proteção do Aquífero, amplamente difundida nas comunidades.
- Conscientes do interesse que a experiência de gestão do Aquífero venha a ser compartilhada no marco da evolução das regras internacionais aplicáveis aos aquíferos transfronteiriços.
- Conscientes das ameaças que poderão afetar o Aquífero, provenientes de possíveis mudanças no uso da terra, aumento da população e impactos das mudanças climáticas.

Tornam públicas as seguintes conclusões e recomendações:

1. Animar os Governos dos quatro países a ratificarem o Acordo do Aquífero Guarani, ressaltando a atualidade e importância de seguir o caminho apontado em seu artigo 4: “As partes promoverão a conservação e a proteção ambiental do Sistema Aquífero Guarani de maneira a assegurar o uso múltiplo, racional, sustentável e equitativo de seus recursos”
2. Recomendar aos Governos a continuidade das atividades previstas no Plano de Estratégico de Ação (PEA), mediante:
  - reconstituição de estrutura operacional semelhante a que funcionou durante a execução do Projeto no período de 2003-2008;
  - possível alocação de um profissional “ad hoc” com a função específica de facilitador na interlocução com os responsáveis técnicos dos quatro países, para a operacionalização das atividades definidas pela Comissão Interpaíses (artigo 15).
3. Animar os órgãos gestores de recursos hídricos dos quatro países a estabelecerem um sistema de informações e dados do Aquífero, em ambiente WEB-Portal, descentralizado e acessível, de modo a permitir o avanço do conhecimento e a melhor gestão dos recursos hídricos;
4. Solicitar o apoio dos Governos para a organização de futuras conferências bienais (CIGSAG), com rotação do país – sede,

São Paulo, Brasil  
23 de setembro de 2011

Sessão Plenária do CIGSAG

# CARTA DE SÃO PAULO

Reunidos en la Universidad de São Paulo, en la Conferencia Internacional “La gestión del Sistema Acuífero Guaraní”, técnicos, investigadores y profesionales de diversas disciplinas.

- Considerando los resultados del Proyecto Sistema Acuífero Guaraní (GEF-OEA-BM 2002-2008), incorporados en el PEA – Plan Estratégico de Acción.
- Considerando los avances en la cooperación entre los cuatro países – Argentina, Brasil, Paraguay y Uruguay – que culminaron con la firma del Acuerdo del Acuífero Guaraní el 02 de agosto del 2010.
- Entusiasmados por difundir las bases prácticas de la gestión del acuífero, para asegurar la continuidad de los proyectos piloto desarrollados en Ribeirão Preto, Salto-Concordia, Itapúa y Rivera-Santana do Livramento, que son fuentes de aprendizaje práctico, con participación del poder y las sociedades locales.
- Convencidos de la necesidad e importancia de un programa de Información y Comunicación jurídica, institucional, técnica, económica y social, con fundamento en datos calificados sobre la situación, el buen uso y la protección del acuífero, mediante un sistema que promueva la participación de las comunidades y todos los actores gubernamentales y privados involucrados – y asegurando que sus aportaciones sean tomadas en cuenta.
- Conscientes del interés que la experiencia de la gestión del Acuífero, en el marco de la evolución de las reglas internacionales aplicables a los acuíferos transfronterizos, sea compartida al ritmo en la que se vaya generando y enriqueciendo.
- Conscientes de las amenazas que puedan afectar el Acuífero, derivadas de posibles cambios en el uso de la tierra, aumento de la población e impactos de los cambios climáticos.

Hacen públicas las siguientes conclusiones y recomendaciones:

1. Convocar a los Gobiernos de los cuatro países a que ratifiquen el Acuerdo del Acuífero Guaraní, resaltando la actualidad e importancia de seguir el camino indicado en su artículo 4: “Las partes promoverán la conservación y la protección ambiental del Sistema Acuífero Guaraní con el fin de asegurar el uso múltiple, racional, sostenible y equitativo de sus recursos”.
2. Recomendar a los Gobiernos la continuidad de las actividades previstas en el Plan Estratégico de Acción (PEA), mediante:
  - la reconstitución de una estructura operacional semejante a la que funcionó durante la ejecución del Proyecto en el período del 2003-2008
  - la asignación de un profesional “ad hoc” con la función específica de dirigir dicha organización y facilitar el diálogo con los técnicos responsables de los cuatro países, para la ejecución de las actividades definidas por la Comisión Inter-países. (artículo 15).
3. Convocar a los órganos gestores de los recursos hídricos de los cuatro países a establecer un sistema de información y datos del Acuífero, en un ambiente Portal-WEB, descentralizado, accesible, y que posibilite que sus usuarios lo retroalimenten, para permitir el avance del conocimiento y la mejor gestión de los recursos hídricos.
4. Solicitar el apoyo de los Gobiernos para la organización de futuras conferencias bienales (CIGSAG), enfocadas a temas coyunturales que los propios Gobiernos vayan acordando, con la rotación del país – sede.

São Paulo, Brasil  
23 de septiembre de 2011

Sesión Plenaria de la CIGSAG



# DECLARATION OF SÃO PAULO

The Group of Experts including practitioners, academics and policy makers from different fields, gathered at the University of São Paulo for the International Conference “The Management of the Guarani Aquifer System”:

- Recognising the successful results of the Guarani Aquifer System Project (GEF-OAS-WB 2002-2008), incorporated in the Strategic Action Program;
- Acknowledging the improvements in the cooperation between the four countries – Argentina, Brazil, Paraguay and Uruguay – that led to the adoption of the Guarani Aquifer Agreement on 02 August 2010;
- Desiring to disseminate examples of best management practice within the Guarani Aquifer, building upon the pilot projects of Ribeirão Preto, Salto-Concórdia, Itapúa and Rivera-Santana do Livramento, which are valuable sources of practical knowledge, characterised by strong local authority participation;
- Convinced of the need and importance of a social communication program, featuring sound information on the good use and stewardship of the Aquifer, to be widely circulated throughout communities;
- Mindful of the interest to learn from the experience of the management of the Guarani Aquifer, in the context of the evolution of the rules of international law applicable to transboundary aquifers;
- Conscious of the potential threats posed to the Aquifer due to changes in land use, increase in population, and climate change effects.

The Group of Experts put forward the following conclusions and recommendations:

1. Encourages the governments of the four countries to follow up the ratification process of the Guarani Aquifer Agreement, highlighting the relevance of its Article 4: “The Parties shall promote the conservation and environmental protection of the Guarani Aquifer System so as to ensure multiple, reasonable, sustainable, and equitable use of its water resources.”
2. Recommends the governments to continue the activities planned in the Strategic Action Program, through:
  - The reconstitution of an operational structure similar to the successful structure used during the project implementation period 2003-2008;
  - The possible allocation of an “ad-hoc” professional with the specific function of facilitating the communication between the technical experts responsible in each of the four countries, in order to operationalise the activities planned for the Intergovernmental Commission (Article 15).
3. Encourages the institutions that manage water resources in the four countries to establish a decentralized and accessible web based Aquifer information system, in order to advance knowledge and improve the management of the water resources;
4. Seeks support from the governments of each of the four countries, for the organization of future biennial conferences (CIGSAG), to be hosted each time in a different country and location.

São Paulo, Brazil  
23 September 2011

CIGSAG’s plenary session