

**PROYECTO DE PROTECCIÓN AMBIENTAL Y MANEJO SOSTENIBLE
INTEGRADO DEL SISTEMA ACUÍFERO GUARANÍ**

Argentina-Brasil-Paraguay-Uruguay

GEF-Banco Mundial-OEA

**ACTIVIDAD: ESTUDIO DEL USO ACTUAL Y POTENCIAL DEL ACUÍFERO
GUARANÍ**

Enero 2001

Jorge de los Santos Gregoraschuk

Minas 1580/401
Montevideo
Uruguay

Telefax (+5982) 4092538
e-mail: evarsa@adinet.com.uy

RESUMEN EJECUTIVO

El Estudio del Uso Actual y Potencial del Acuífero Guaraní en Argentina, Brasil, Paraguay y Uruguay como Actividad de preparación de los Términos de Referencia para el PROYECTO DE PROTECCIÓN AMBIENTAL Y MANEJO SOSTENIBLE DEL SISTEMA ACUÍFERO GUARANÍ a presentarse al **Erro! Indicador não definido**.GEF en febrero de 2001, resume en sí el estado del arte alcanzado en el aprovechamiento del recurso hídrico subterráneo compartido por los cuatro países sudamericanos, el conocimiento práctico de sus cualidades y la estimación de sus potencialidades. En él se ha volcado la información reunida, revisada y seleccionada para contener en una síntesis suficiente los diversos aspectos que refieren a la utilización del agua proveniente del SAG en la región. Este informe también es producto, en parte, de la visión expresada al autor por las distintas personas entrevistadas durante las visitas realizadas a los cuatro países participantes en el Proyecto para la Protección Ambiental y Manejo Sostenible del Sistema Acuífero Guaraní, miembros ellos de la Administración Pública, de Centros de Investigación y de Empresas Privadas, relacionados a la actividad geohidrológica.

Consta de dos partes básicas:

- El análisis del uso actual y de las expectativas de uso futuras
- La propuesta de un Programa de Actividades a ser ejecutado en el Proyecto en lo referente a la actividad antedicha

La información que se dispuso fue volcada a un mapa base de la región del SAG, donde se presenta la importancia relativa de los usos por tipo, intensidad y subregión.

ÍNDICE

RESUMEN EJECUTIVO	2
ÍNDICE	3
LISTA DE TABLAS Y FIGURAS	5
INTRODUCCIÓN	6
DESARROLLO Y RESULTADOS	7
Objetivo general	7
Objetivos específicos	7
Antecedentes	8
Información disponible	8
Director Nacional de Hidrografía: Ing. Luis Loureiro	17
Tabla 1. Agua elevada por perforaciones al NW del Uruguay	19
Artigas	19
Tabla 3. Proyección de población y demanda departamental al año 2025	20
<i>Encargado de Deptos. Suelos y Aguas / Uso y Manejo del Agua: Ing. Agr. Daniel Araújo</i>	20
<i>Ing. Agr. Ernesto Carballo</i>	21
Mapa base de la región del SAG	23
Evaluación global del balance hídrico del acuífero	24
Población estimada y demanda	30
Tabla 5. Proyección de la demanda de agua para consumo al 2025 en Argentina	30
Tabla 6. Proyección de la demanda de agua para consumo al 2025 en Brasil	30
Estado	30
Minas Gerais	30
Tabla 7. Proyección de la demanda de agua para consumo al 2025 en Paraguay	31
Uruguay	31
Tabla 8. Proyección de la demanda de agua para consumo al 2025 en Uruguay	31
Departamento	31
Evaluación de las posibilidades de uso del SAG para producción de energía eléctrica con fines comerciales	32
ACTIVIDADES A REALIZAR DURANTE EL PROYECTO: Productos esperados	35
METODOLOGÍA PRELIMINAR	36
ELEMENTOS PARA LOS TÉRMINOS DE REFERENCIA	37
Actividades para elaborar términos de referencia	38
Consultorías requeridas	39
Material requerido	39
Personal requerido	39
Costos de contrapartidas nacionales	40
Costos solicitados al GEF	40
Cronograma físico-financiero de la actividad	41
Organismos que podrían participar en el Proyecto	41
CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	42
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS	44
ACTORES	45
Personas contactadas	45
ANEXOS	53
ANEXO 1	53

LISTA DE TABLAS Y FIGURAS

INTRODUCCIÓN

El Sistema Acuífero Guaraní (SAG) concentra su uso actual en territorio brasileño. Más de 2000 perforaciones penetran el acuífero en sus zonas de recarga o tránsito con diferentes fines. En los restantes tres países, el Uruguay cuenta con 7 perforaciones infrabasálticas en producción y 340 en sus zonas de recarga; la Argentina con siete perforaciones profundas y 100 perforaciones someras, y el Paraguay con 200 perforaciones, aproximadamente.

Ante una tan notable diferencia de uso, claro está que las necesidades del Brasil, en cuanto a la protección y manejo sustentable del SAG refiere, es muy distinto a los restantes países dueños del recurso hídrico subterráneo. Mientras uno requiere un plan de manejo, los demás necesitan aun reconocer el sistema en sus territorios, alcances que influyen en los resultados que se esperan del futuro Proyecto.

El principal uso regional del SAG se apoya en el hidrotermalismo con fines recreativos e hidroterapéuticos. En Brasil, los usos son diversos: abastecimiento a poblaciones, a industrias y en menor proporción, riego.

El objetivo básico para la elaboración de esta actividad fue, en primer lugar, establecer el estado del arte actual en la región y las subregiones para luego extrapolar, en cada una de ellas y por uso, la demanda futura.

Las etapas consistieron en:

- Contactos con las distintas representaciones por país y coordinación de visitas a organismos públicos y privados en los mismos
- Visitas a los distintos actores en cada uno de los países, en forma centralizada y por zonas de uso, y participación en el Taller-Seminario de Asunción (Paraguay).
- Organización y jerarquización de los datos recabados
- Análisis de las distintas situaciones
- Estimación del balance hídrico
- Confección del mapa base regional
- Resumen de actividades necesarias para el futuro Proyecto
- Construcción de los términos de referencia.

DESARROLLO Y RESULTADOS

Objetivo general

Definir en un documento sintético el Estado del Arte y una evaluación de los usos del agua existentes que aprovechan el Sistema Acuífero Guaraní (SAG), así como un primer pronóstico sobre los posibles usos del mismo sobre bases amplias de desarrollo y barrido de las expectativas que pudiere haber sobre su utilización, desde las más probables hasta aquellas que con la información, costos, beneficios y tecnologías actuales, parezcan remotas y preparar un programa de actividades relevantes, debidamente definidas en costo, espacio y tiempo, con sus respectivos Términos de Referencia, sobre los usos de agua del SAG y sus vulnerabilidades a la contaminación y sobreexplotación.

Objetivos específicos

Preparar un documento de Informe Final que incluya:

- El análisis del estado del arte y expectativas de uso de las aguas del acuífero Guaraní, con base en las especificaciones referidas en los puntos II.3 a II.8 del Contrato adjunto, con descripción al nivel de la información actual de los usos existentes en el SAG en conjunto y por país.
- Mapa base de la región del SAG que represente la importancia relativa de los usos por tipo, intensidad y subregión.
- Una propuesta para un Programa de Actividades a ser ejecutado en la próxima fase del Proyecto, con sus respectivos Términos de Referencia, apegado a las especificaciones contenidas en II.9 del Contrato adjunto, así como los anexos necesarios que fundamenten adecuadamente la propuesta técnica y financiera realizada.

Antecedentes

En lo que refiere específicamente a antecedentes de trabajos sobre usos del SAG, a lo largo de este informe y en la bibliografía se citará y aplicará parte del material existente.

Información disponible

La información disponible en los países que comparten el recurso se obtuvo tras la realización de visitas a los organismos públicos y empresas privadas que producen y disponen datos.

Visitas realizadas

- Argentina

Se visitó en este país las siguientes ciudades, a partir del día 18 de noviembre de 2000: Buenos Aires (en dos oportunidades), Santa Fe, Paraná, Resistencia, Corrientes, Formosa, Posadas y el 2 y 3 de enero de 2001 Curuzú Cuatiá y Mariano Loza (Est. Solari) en la zona de recarga correntina. Se contactó a los siguientes organismos: En Buenos Aires, a la Subsecretaría de Recursos Hídricos, a la Subsecretaría de Medio Ambiente y al Servicio Geológico-Minero (SEGEMAR); en Santa Fe, a la Facultad de Ingeniería y Ciencias Hídricas de la Universidad Nacional del Litoral, al Servicio Provincial de Agua Rural (SPAR) y a la Dirección Provincial de Obras Hidráulicas (DPOH); en Paraná (Entre Ríos), a la Subsecretaría de Recursos Hídricos, a la Dirección de Hidráulica y a la Dirección de Minería; en Resistencia (Chaco), a la Administración Provincial del Agua (APA); en Corrientes, al Instituto Correntino del Agua (ICA), y a posteriori, a la empresa Aguas de Corrientes en Curuzú Cuatiá y a la Municipalidad de Mariano Loza; en Formosa, a la Dirección de Recursos Hídricos y a la Dirección de Aguas y Suelos de la Subsecretaría de Recursos Naturales y Ecología; en Posadas (Misiones), a la Secretaría de Obras y Servicios Públicos, manteniendo reunión en esa oportunidad con representantes de dicha Secretaría, del Ente Provincial Regulador de Agua y Cloaca, del Instituto Misionero de Agua y Saneamiento y en la esfera privada, con el Grupo Consultor Mesopotámico y Giúdice S.A., empresa perforista de mayor actividad en la zona.

Los datos disponibles son:

- . Estadísticas Climatológicas (Subsecretaría de Medio Ambiente).
- . Datos climatológicos (Servicio Meteorológico Nacional, WEB: www.meteofa.mil.ar).
- . Datos cartográficos (Instituto Geográfico Militar, WEB: www.igm.gov.ar) en escala 1:250000. Está preparándose 1:100000 en forma magnética. En papel, se cuenta con información 1:50000, con curvas de nivel cada 2,5 m. Hay información satelital procesada como planimetrías 1:100000.
- . Datos geológicos (SEGEMAR) en escala 1:250000, en respaldo magnético y 1:50000, en papel.
- . Datos hidrogeológicos en escala 1:5000000. Quien más ha actuado en el tema es el actual Instituto Nacional del Agua (INA, ex INCYTH). Algunas provincias tienen convenios para la construcción del mapa hidrogeológico con mayor grado de detalle. Santa Fe tiene un convenio con el INA, y en seis meses tendrá un inventario actualizado. Entre Ríos tiene una interpretación hidrogeológica de detalle en pozos de hasta 200m en la Cuenca Norte.
- . Datos hidrométricos. Se cuenta con buena red, y en general es operado por EVARSA (Evaluación de Recursos S.A., ex Agua y Energía Eléctrica), o por las provincias.

. Datos Freatigráficos (Instituto Nacional de Tecnología Agrícola). Hay muy pocos datos en la zona de estudio.

. Datos de Suelos; escala 1:2500000 en respaldo magnético y 1:50000 en papel. En Santa Fe se está cargando la información de suelos, actualmente en papel. En Entre Ríos, algunos departamentos se encuentran a Escala 1:100000. En Chaco se tiene un alto grado de detalle en lo que hace a tipo de suelos y uso potencial en la provincia, producto de un convenio ejecutado con el Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria (INTA). Dicha información se encuentra en Escala 1:50000, en papel, y cubre un 70 % del área provincial.

. Datos censales: datan de 1991. Son poblacionales y ganaderos.

. Datos de Catastro. En cada una de las provincias, en mayor o menor grado de detalle, se encuentran los datos, normalmente en Escala 1:100000. En Santa Fe, se encuentra digitalizado.

. Datos de Vialidad. Ídem anterior.

. Registro de regantes. Es anárquica la información, e incompleta.

. Provisión de agua potable. La mayoría de los servicios principales se abastecen de agua superficial y se encuentran privatizados. Chaco, que cuenta con serios problemas de calidad de agua subterránea, al igual que el norte santafesino, provee agua a sus localidades centrales mediante acueductos, administrados por la provincia. Santa Fe tiene un gran déficit de agua en el norte, con tres departamentos en situación crítica. El agua extraída allí es de perforaciones someras (hasta 100 m) y se encuentra en etapa de proyecto ejecutivo un acueducto que captará agua del Río Paraná y distribuirá a la zona afectada por la escasez. Formosa, Entre Ríos y Corrientes proveen agua potable de reservas subterráneas en casi todas las localidades del interior. En esta última provincia, Aguas de Corrientes S.A. abastece 9 localidades, y el consumo en cuatro de ellas es exclusivamente con agua subterránea (Curuzú Catí y Mercedes al este, Bella Vista y Saladas al oeste). En Curuzú Cuatí se extraen en promedio 400 m³/h de la zona aflorante del SAG, a través de 12 pozos. Los niveles estáticos se encuentran a 10m de la superficie, en promedio, variando en invierno y verano. Con un descenso de 15m, en promedio, se obtienen 50 m³/h de cada pozo. El Flúor no supera 0,3 mg/l y hay poco Hierro. Son aguas duras. Existen 24 perforaciones realizadas para provisión de agua potable en la localidad. En la cercana localidad de Mariano Loza, existen tres perforaciones, con una capacidad de extracción de 100 m³/h totales, con NE a 30m de la superficie del terreno y profundidades de hasta 75m perforados.

. Pozos recientes en el SAG: se registra la existencia de 9 perforaciones en Entre Ríos (Federación, Concordia, Colón, Concepción del Uruguay, Gualaguaychú, Villa Elisa, La Paz, Chajarí y María Grande -en construcción actualmente-). Concepción del Uruguay y Gualaguaychú no alumbraron agua termal. Los caudales alumbrados (surgentes) son del orden de 300 m³/h en algunos casos, y en Villa Elisa y La Paz (100 m³/h la última) el agua es salina. En Federación, la tercera parte del agua del SAG se utiliza para provisión a la población. Respecto de perforaciones infrabasálticas anteriores, Yacimientos Petrolíferos Fiscales (YPF), hoy Repsol-YPF, realizó una buena cantidad en el SAG. Dichos datos están en SEGEMAR, y este organismo cuenta además con una interpretación de la sísmica ejecutada entonces, con geoelectrónica y realiza el seguimiento técnico de los emprendimientos turísticos municipales. Se tiene información verbal sobre la construcción de dos pozos infrabasálticos en Corrientes, uno de los cuales no pudo ser identificado (el restante es Yapeyú, con 600 m perforados en este momento). En esta provincia, además, hay varias perforaciones para riego en las zonas aflorantes del acuífero, y hacia Monte Caseros se utiliza agua subterránea en riego de quintas.

. Estudios geoelectrónicos: Además de los estudios en los pozos terminados en Entre Ríos, hay Sondeos Eléctricos Verticales (SEV) en Cerrito y Victoria, y permisos de construcción solicitados por San José, Villaguay, Federal y Nogoyá, donde se presume que también existe prospección geofísica.

En Chaco, la APA y el INA realizaron 14 SEV, 5 km al norte de Resistencia, y 3 de ellos en territorio provincial correntino.

Observaciones sobre Usos del SAG en Argentina

Argentina tiene 6% de la superficie total de su territorio ocupada por el SAG (225500 km², según las estimaciones presentadas por la UNPP brasileña). La mesopotamia es la región favorecida por la presencia de este recurso, y el resto del litoral puede contener al mismo.

El uso preponderante en la actualidad es recreativo (4 Centros termales habilitados y 3 en proceso de habilitación en Entre Ríos, 1 en proceso de construcción en Yapeyú, Corrientes), y para abastecimiento de agua a poblaciones (sudeste de Corrientes, parte de Misiones) en zonas aflorantes de las areniscas. La capacidad de extracción actualmente instalada en perforaciones infrabasáticas puede estimarse en 2100 m³/h. En el caso de perforaciones someras, se estima en 1500 m³/h. La capacidad total de extracción es 3600 m³/h (1 m³/s).

De acuerdo a la potencialidad de uso del recurso en el país, actualmente es mínimo. Se estima que el desarrollo de futuros proyectos para uso terapéutico y recreativo será el más notable en la región para los próximos 25 años, con relación al uso actual.

Respecto a la sustentabilidad del uso en temas de calidad, el mayor problema se entiende que llegará a darse en las zonas aflorantes donde no existe saneamiento y se utiliza para abastecimiento a poblaciones. En efecto, es notable el incremento de niveles freáticos en invierno debido a la recarga (datos aportados por Aguas de Corrientes S.A. en Curuzú Cuatiá), lo que hace presumir comportamiento similar en San Ignacio, Misiones, y otras zonas de afloramiento.

Pese a desconocerse las áreas de descarga y los mecanismos de recarga generales del SAG en Argentina, no se espera que exista sobreexplotación a corto plazo.

Debido a la Constitución Federal de este país, es importante una coordinación fluida entre municipios, provincias y nación y la elaboración, con los distintos entes de Turismo actuantes, de un plan de uso del SAG y de desarrollo de la actividad turístico-municipal en armonía con los planes provinciales y nacionales para asegurar un buen uso del recurso hídrico subterráneo dentro de un armónico ordenamiento del territorio.

- *Brasil*

La visita a Brasil se realizó entre los días 18 a 22 de diciembre. Se mantuvo reuniones en San Pablo con el Consultor de la Actividad 6, la DAEE, SABESP, CETESB y la empresa perforista HIDROGESP, y en Brasilia con la UNPP brasileña, ANEEL, CPRM e IBAMA.

Los datos disponibles (información aportada en las visitas efectuadas) son:

- . Datos y Estadísticas Climatológicas: Instituto Nacional de Investigaciones Espaciales (INPE) y Agencia Nacional de Energía Eléctrica (ANEEL).
- . Datos cartográficos: Instituto Brasileño de Geografía y Estadística (IBGE).
- . Datos geológicos: Compañía de Investigaciones de Recursos Minerales (CPRM).

- . Datos hidrogeológicos (Departamento de Agua y Energía Eléctrica –DAEE-, CPRM, Petróleo Brasileiro S.A. –PETROBRAS-, Universidades y organismos estatales).
- . Datos hidrogeoquímicos: Companhia de Tecnologia de Saneamento Ambiental (CETESB), en San Pablo.
- . Datos hidrométricos: ANEEL.
- . Datos de Suelos: Empresa Brasileira de Investigaciones Agropecuarias (EMBRAPA).
- . Datos censales: Instituto Brasileiro de Geografia y Estadística (IBGE). El último censo es del año 2000. El mayor crecimiento poblacional en área del SAG se da en la zona de Campinas.
- . Datos de Catastro. Instituto Nacional de Catastro y Reforma Agraria (INCRA).
- . Provisión de agua potable. Servicios estatales.
- . Pozos en el SAG: se registra la existencia de 500 perforaciones, pero se estima en 1700 para el estado de San Pablo y en 2000 y más para todo el país.

Los principales usos se verifican en:

1. Abastecimiento público. En San Pablo hay 40 pozos que sirven ciudades de 30000 a 100000 habitantes, extrayendo agua desde el SAG y recibiendo aportes de Serra geral (en casos, del basalto se extraen hasta 120 m³/h en la zona oeste de San Pablo). Las temperaturas alcanzan hasta 58° C en estos pozos. La demanda por abastecimiento en SABESP se planifica cada 4 años. Se preve inducir recarga al SAG.
2. Abastecimiento industrial. La industria alimenticia es el usuario de mayor presencia en todos los estados, seguida por la industria automotriz en Paraná y Río Grande del Sur, según aportes de la UNPP. Las aguas embotelladas para consumo humano representan una de las demandas con mayor crecimiento inmediato. Como usos potenciales importantes se preve aumentos de la demanda en Santa Catarina, para la industria frigorífica. Habría en San Pablo alguna industria que aun infiltra sus remanentes de agua al subsuelo.
3. Usos turísticos. Los principales usos se verifican en Termas, hoteles y parques temáticos o acuáticos.
4. Usos agrícolas. En casos, existe un uso menor para riego. Se inicia en Río Grande del Sur el uso del SAG para amortiguamiento de heladas y secado de granos, según la UNPP. Estos usos secundarios, sin un plan de aprovechamiento múltiple del recurso, son inadecuados.
5. Usos para producción de energía. ANEEL desestima el SAG como fuente conveniente, y sus esfuerzos actuales se orientan a la evaluación del potencial de producción de energía eólica, contando con tres prototipos de prueba en el país.

La calidad del agua en los pozos de monitoreo de CETESB (profundidades hasta 600 m), con temperaturas de 20°C a 35°C tienen pH entre 4,8 y 9,4. Sólo en un pozo de dicha red los nitratos alcanzan 5 mg/l y existe en algunos de ellos contaminación con coliformes totales y fecales (19% y 13% respectivamente) que proviene de una inadecuada protección en su construcción. Existe presencia de flúor en ciertos casos y no se presentan anomalías en la salinidad. CETESB realiza análisis de 99 propiedades cada 6 meses, en cuatro laboratorios.

El costo aproximado de las perforaciones infrabasálticas (tomando una perforación tipo de 1400 m, con cámara de 14”), revestida y con filtros, varía entre U\$S 850 y U\$S 1000 por metro. Con revestimiento parcial y diámetro menor, puede disminuir a U\$S 550 por metro. El perfilaje de pozos varía entre U\$S 20 y U\$S 33 por metro.

La Actividad 6 de los TOR está especialmente orientada a cubrir en territorio brasileño los temas de la Actividad 3. El inicio de dicha actividad se desfasó 45 días respecto de la Actividad 3, por lo que en este país los TOR definitivos se presentarán a posteriori.

Observaciones sobre Usos del SAG en Brasil

Brasil tiene 10% de la superficie total de su territorio ocupada por el SAG (839800 km², según las estimaciones presentadas por la UNPP brasileña). Los estados de San Pablo y Santa Catarina son los mayores usuarios del recurso. Mato Grosso del Sur, Paraná y Río Grande del Sur le siguen en orden de importancia.

El uso actual preponderante es la provisión de agua potable a poblaciones (70%). En orden de importancia le siguen el uso industrial (25%), y en menor escala, el riego y el recreativo (5%), en valores aproximados. La capacidad de extracción actualmente instalada en perforaciones infrabasálticas y aflorantes es difícil de estimar por las siguientes razones:

- a. La provisión de agua potable se realiza también desde dos acuíferos superiores al Guaraní y se aprovecha el aporte de los tres, o del basalto y el Guaraní en conjunto. Según personal de SABESP, en San Pablo, el 2% de las perforaciones que controla la empresa pertenece al SAG (40 pozos solamente). El caudal y la forma de extracción es variable. De la zona aflorante o somera puede obtenerse con bombas 60 m³/h promedio máximo. De la zona infrabasáltica puede extraerse por surgencia natural desde 1000 m³/h en Pereira Barreto – SP – hasta 300 a 500 m³/h en los de menor producción, mediante bombeo. Las profundidades son variables (del orden de 500 m o más).
- b. La variedad de usos hace difícil establecer la utilización real de la capacidad instalada.

De todos modos, si se supone un 20% de pozos infrabasálticos, utilizados un 50 % del tiempo, sobre un total de 1500 pozos activos (80% pozos someros), puede estimarse en 111000 m³/h (30 m³/s) el caudal extraído actualmente.

De acuerdo a la potencialidad de uso del recurso en el país, pese a ser notablemente superior a su entorno, la extracción es sustentable respecto a las posibilidades del SAG (1/30 respecto de la recarga estimada). Se estima que la presión de uso se mantendrá en forma estable o ligeramente creciente en los próximos 25 años, con relación al uso actual. Se aclara que estas especulaciones no tienen en cuenta los aportes que pudieren provenir del basalto.

Respecto a la sustentabilidad del uso en temas de calidad, el problema mayor puede provenir de las características constructivas de las perforaciones, especialmente en zonas aflorantes. La consistencia de las areniscas lleva a la construcción de pozos parcialmente encamisados (hasta la zona de derrumbes), manteniendo la perforación desnuda en la mayoría de los casos en el resto de su longitud. Las terminaciones de pozos seguramente no son todas adecuadas, en especial en abastecimientos privados. La falta de saneamiento en algunos municipios podría ocasionar contaminación adicional, aunque, como se dijera antes, CETESB en San Pablo tiene una red de monitoreo de calidad de pozos de abastecimiento público (38 en el SAG) que permite alertar cuando estos problemas se insinúan. Los parámetros determinados en la actualidad por dicha empresa son 99. Respecto a contaminación con agrotóxicos, EMBRAPA es la encargada del control.

Por la Constitución Federativa de los estados de este país y por el uso, es inminente una coordinación fluida entre municipios, estados y nación y la elaboración, con los distintos entes reguladores del uso y los usuarios, de un plan de utilización propio para el SAG.

- Paraguay

La visita a Paraguay se realizó entre los días 25 de noviembre a 3 de diciembre, participando los días 27 y 28 en el Seminario-Taller que se llevó a cabo en Asunción. Se recabó información en la propia capital y en Ciudad del Este. Se contactó a los siguientes organismos asunceños: Secretaría del Ambiente, Secretaría Nacional de Saneamiento Ambiental (SENASA), CORPOSANA, Universidad Nacional de Asunción (UNA-FACEN) y al Departamento de Recursos Hídricos del Ministerio de Obras Públicas y Comunicaciones. En Ciudad del Este, la comunicación se hizo efectiva con la compañía perforista HIDROGEON.

Los datos disponibles se resumen a continuación:

- . Datos climatológicos (Dirección Nacional de Aeronáutica Civil).
- . Datos cartográficos (Instituto Geográfico Militar-DiSerMil) en escala 1:50000, en papel, con curvas de nivel cada 10m.
- . Datos geológicos (Dirección de Recursos Minerales) en escala 1:1000000, en papel.
- . Datos hidrogeológicos (Dirección de Recursos Minerales) en escala 1:1000000, en papel.
- . Datos hidrométricos. Se cuenta con anuarios hidrológicos, donde se incorporan datos de limnímetros y limnógrafos de la red de medición (no aforos). Se encuentran en la Gerencia de Navegación e Hidrografía de la Administración Nacional de Navegación y Puertos. Los organismos binacionales Yacyretá e Itaipú cuentan también con información.
- . Datos Freatigráficos. No hay registros.
- . Datos de Suelos (Ministerio de Agricultura y Ganadería) en escala 1:500000, en papel.
- . Datos censales: datan de 1993 (Censo social, económico y poblacional).
- . Datos de Catastro. Secretaría Técnica de Planificación, en Escala 1:100000, actualizados.
- . Registro de regantes. No existe registro ni cultura general de riego debido al benigno régimen anual de precipitaciones en el oriente.
- . Provisión de agua potable. Un 38% de la población cuenta con este servicio, según información oral recibida. El 30% se abastece con agua superficial y el 8% con agua subterránea. La entidad encargada del servicio es CORPOSANA cuando las localidades superan los 4000 habitantes. En caso de poblaciones menores, SENASA promociona y constituye Juntas de Saneamiento Ambiental, las cuales alcanzan a 1000 en el país y alrededor de doscientas en el sector del Acuífero Guaraní, entre Juntas, Comisiones o Filiales. Los sistemas de pozos atendidos por CORPOSANA corresponden a San Ignacio, Santa Rosa y San Juan. SENASA es la empresa estatal encargada de la construcción y puesta en operación de las unidades.

La evolución de la población en la región oriental, en el período 1962 – 1982 se presenta en el siguiente cuadro:

Año	Población
1962	1:744.974
1972	2:287.960
1982	2:979.740

La demanda total de agua potable en la región oriental, en 1982, puede estimarse en 469.816 m³/día, lo que equivale a 172 Hm³/año. Esta última cifra equivale a un 14 a 28 % de la recarga anual (ver Balance Hídrico). Hoy, este porcentaje es mayor. Los datos actuales se presentan en las observaciones al final del capítulo.

. Pozos operando en el SAG: Según técnicos de SENASA, de los aproximadamente 200 pozos construidos, del orden de 50 pertenecen a particulares. Un 80% se encuentra en zona aflorante del SAG. Los departamentos en que aflora son Caaguazú, Caazapá, San Pedro, Concepción, Misiones e Itapúa (en todos parcialmente) y los departamentos donde se manifiesta con espesores basálticos sobreyacentes son: Itapúa, Amambay, Alto Paraná y Canendiyú. Las construcciones en areniscas expuestas no superan los 150m de profundidad, y, de acuerdo al espesor basáltico, las mismas pueden ser desde 100m a 300m, penetrando 12m en las areniscas y concluyendo allí la obra. En la mayoría de los casos las areniscas están consolidadas y las longitudes de entubamiento se encuentran entre los primeros 8m y 30m, no llevando filtro. En un 5% de las perforaciones construidas, por arrastre de arena en el proceso de habilitación, se realiza y construye diseño físico en la obra. Se coloca en todos los casos un sello sanitario. Se obtiene agua de buena calidad en el SAG, ocurriendo en pocos pozos cercanos a Ciudad del Este que el basalto aporta sales. Los pozos no son surgentes, sólo con pocas excepciones. La perforación para uso más profunda realizada hasta el momento ha sido construida en 1998, por HIDROGEON en Puerto Palma, Dpto. Alto Paraná, 20 km al norte de Itaipú. Alcanzó 870m, con basaltos hasta 850m. La surgencia natural alcanzó 9 m³/h y la temperatura a boca de pozo fue próxima a 30°C. Existen 4 o 5 perforaciones petroleras: en el mismo departamento, en Mallorquín, denominadas Inés I, II y III, del orden de 3000m la primera y 1000m las restantes, Asunción I (Empresa Pecten) y San Pedro, de 3000m. En estudios para la construcción de la Represa de Itaipú se exploró el basalto entre 50m y 150m con 200 perforaciones, algunas aun existentes.

Según el Ing. Rebey, de HIDROGEON, los pozos en el SAG son más numerosos, pudiendo llegar a 500 entre los usados para abastecimiento público y privado. Los caudales reportados por este técnico son del orden de 10 m³/h y más. En zona aflorante, el pozo que arrojó más caudal alcanzó 72 m³/h. Los departamentos con más perforaciones son Alto Paraná, Canendiyú, Itapúa y Caaguazú. *El Dpto. Ñeembucú también debe incluirse en las zonas aflorantes.* En pozos infrabasálticos el promedio es 25 m³/h, y penetran hasta 20 m en areniscas consolidadas. Los costos de perforaciones revestidas completamente en afloramientos del SAG alcanzan U\$S 50/m. En caso que exista basalto y no se revista en forma completa, desciende a U\$S 30/m. (Datos para profundidades de hasta 100 m).

En resumen, es buena la cantidad de información al respecto y es importante destacar, que de acuerdo al método constructivo estandarizado, *todas las construcciones en basalto tocan su techo, y, teniendo en cuenta los aportes de esta roca de acuerdo a la descripción de obra, algunas pueden servir como piezómetros para el Proyecto.* SENASA está volcando al banco de datos holandés REGIS toda su información. El Centro Multiuso de Monitoreo Ambiental e Hidrología, dependiente del MOPC, es el cuerpo que debería coordinar la obtención de datos de niveles piezométricos, posiblemente con los municipios, y quien reunirá en el futuro el banco de datos hidrológicos general del país.

. Estudios geofísicos: Prácticamente todas las perforaciones de SENASA tienen perfilaje posterior (Resistividad NC y NL).

Observaciones sobre Usos del SAG en Paraguay

Paraguay tiene 18% de la superficie total de su territorio ocupada por el SAG (71700 km², según las estimaciones presentadas por la UNPP brasileña). El uso del recurso se concentra en 9 departamentos orientales, y es preponderantemente para abastecimiento a poblaciones (75%). Un 25% de pozos pertenece a personas particulares (sobre un total de 200 pozos). La capacidad de extracción actualmente instalada puede estimarse en 8000 m³/h (2,2 m³/s) entre perforaciones infrabasálticas y aflorantes, pero una buena parte de este caudal es aportado por el

basalto, debido a las características constructivas antedichas. De acuerdo a la potencialidad de uso del recurso en el país, la extracción es semejante a la recarga estimada. La presión de uso se mantendrá en forma estable o ligeramente creciente en los próximos 25 años, con relación al uso actual.

Respecto a la sustentabilidad del uso en temas de calidad, el problema mayor puede provenir de las características constructivas de las perforaciones. La consistencia de las areniscas lleva a la construcción de pozos parcialmente encamisados (hasta la zona de derrumbes), manteniendo la perforación desnuda en la mayoría de los casos en el resto de su longitud. Las terminaciones del pozo, de no ser adecuadas, pueden ser un factor de riesgo de contaminación puntual. La falta de saneamiento en algunos municipios donde se abastece la población con agua del SAG podría ocasionar contaminación adicional.

Por la Constitución Unitaria de este país es más fácil la relación entre municipios y entes reguladores del recurso, pero sin embargo, no está bien establecido cuál es el órgano estatal que centraliza el control del agua subterránea, existiendo superposición de poderes. Es importante alcanzar un ordenamiento legal para el ejercicio de poder efectivo hacia un uso sustentable.

- Uruguay

Se recabó información de las siguientes ciudades: Montevideo, Salto y Paysandú. Se contactó a los siguientes organismos: En Montevideo, a la Dirección Nacional de Hidrografía (DNH), a la Dirección Nacional de Minería y Geología (DiNaMiGe), a las Obras Sanitarias del Estado (OSE), a la Dirección Nacional de Medio Ambiente (DiNaMa), a la Administración de Usinas Termoeléctricas del Estado (UTE) y a la Administración Nacional de Combustibles, Alcoholes y Portland (ANCAP), al Programa de Nacional de Riego y Manejo Sustentable (PRENADER), a la Dirección de Suelos y Aguas del Ministerio de Ganadería, Agricultura y Pesca (DSA, MGAP); en Salto, a la Intendencia Municipal de Salto y a Termal Kanarek S.A. y en Paysandú, a la Intendencia Municipal de Paysandú. Algunos de estos contactos (IMS, IMP) se realizaron con anterioridad a la elaboración de estos Términos de Referencia.

La información disponible se resume en:

- . Datos climatológicos (Servicio Meteorológico Nacional).
- . Datos cartográficos (Servicio Geográfico Militar) en escala 1:50000, en papel. En el Clearing House Nacional de Información, se cuenta con esta información digitalizada, con curvas de nivel cada 10m.
- . Datos geológicos (DINAMIGE) en escala 1:500000, en papel.
- . Datos hidrogeológicos (DINAMIGE) en escala 1:2000000.
- . Datos hidrogeoquímicos: Obras Sanitarias del Estado (OSE) y próximamente, la Dirección Nacional de Medio Ambiente (DINAMA).
- . Datos hidrométricos. La DNH registra esta información.
- . Datos Freatigráficos. Hay algunos datos en la zona de estudio, recabados por DINAMIGE y/o PRENADER.
- . Datos de Suelos. MGAP; Dirección de Suelos y Aguas, en escala 1:1000000 en papel.
- . Datos censales: datan de 1996.
- . Datos de Catastro. La Dirección General de Catastro tiene esta información digitalizada en Escala 1:100000.

. Datos de Vialidad. Se encuentran desactualizados en algunas rutas principales en las hojas planialtimétricas. Respaldo magnético.

. Registro de regantes. Existe un registro completo en aguas superficiales, y en menor magnitud en aguas subterráneas (DNH).

. Provisión de agua potable. La mayoría de los servicios principales se abastecen con agua superficial. En las localidades pequeñas de los departamentos que contienen el SAG se provee agua subterránea.

. Pozos operando en el SAG: se registra la existencia de 7 perforaciones activas en Uruguay (Arapey, Hotel Horacio Quiroga, OSE Salto, Daymán, Estancia San Nicanor, Guaviyú y Almirón). De estas perforaciones, la primera pertenece a la IMS, la segunda, al Hotel del Complejo Hidroeléctrico de Salto Grande, la tercera, a OSE, la cuarta, a la IMS, la quinta, es propiedad de una empresa privada y las dos restantes, de la IMP. La última de estas dos perforaciones citadas alumbró agua salina. Muchas perforaciones de OSE y particulares, se encuentran en las areniscas aflorantes en Tacuarembó, Rivera y Artigas. Hay otorgados por parte de la DNH, 6 nuevos permisos precarios de perforación de pozos de estudio, 1 permiso de ejecución de obra, además de estar en trámite la regularización de las 7 obras existentes y un pedido de permiso precario. Hay un pozo terminado en Belén (Dpto. Salto) que alumbró poco caudal y no se encuentra activo.

Muchas perforaciones fueron realizadas por ANCAP para prospección petrolera, y las mismas se encuentran cementadas por tramos y tapadas. Las mismas pueden observarse en el mapa correspondiente al país. Hay legislación propia para el SAG.

. Estudios geofísicos y otros: Los estudios más completos pertenecen a ANCAP, y consisten en:

- Información sísmica (años 1984/85) Mapas base y líneas W61-01 a 33 N.O.
- Información gravimétrica (1985) Mapas de anomalías Bouguer y residuales E=1:100000
- Información de pozos. Primera serie (Gaspar, Artigas, Salto, Quebracho, Guichón, Salsipuedes) Perfiles litológicos, perfilaje eléctrico y Micro perfilaje; Segunda serie (Pelado, Yacaré, Belén, Itacumbú) Perfil litológico, registro de gas, descripciones litológicas de testigos laterales y corona, perfil doble inducción SFL, perfil micro SFL-RG, perfil sónico RG, perfil litodensidad RG, perfil porosidad-densidad, perfil de buzamiento, perfiles computados, perfiles gamma natural, de referencias sísmicas, de temperatura, informes palinológico y geoquímico e informe final de pozo.

En la actualidad, la DNH llamó a una consultoría para escoger tres sitios probables a perforar en Dpto. Artigas, lo que cubrirá estudios geofísicos nuevos.

Resumen de entrevistas efectuadas en Uruguay

Se decidió incluir para este país un resumen de las entrevistas llevadas a cabo para transmitir las opiniones directas de algunos técnicos y directores.

Dirección Nacional de Hidrografía (D.N.H)

Ministerio de Transporte y Obras Públicas (M.T.O.P.)

Director Nacional de Hidrografía: Ing. Luis Loureiro

El Director, Ing. Luis Loureiro, visualiza un crecimiento del desarrollo turístico del Sistema Acuífero Guaraní (S.A.G.), tomando como horizonte el año 2025. Por consiguiente, entiende de interés investigar el potencial desarrollo de esta actividad turística. Al respecto informó que, recientemente la D.N.H. ha otorgado un “permiso de estudio” al Club de Remeros de

Salto, para estudiar un proyecto de desarrollo turístico, y se espera que esta actividad se incremente en los próximos años.

En cuanto a otros usos del S.A.G., el Ing. Loureiro estima posible un uso secundario de las aguas que explotan los establecimientos turísticos, con fines de riego. Al respecto, mencionó el establecimiento San Nicanor, donde el agua luego de su explotación para usos turísticos se conduce a represas para riego. La certeza de abastecimiento en cantidad es, a su juicio, lo que le confiere interés y potencial a este posible uso secundario.

Otros posibles usos están vinculados a una política que fomente el establecimiento de industrias en áreas termales del S.A.G.

El análisis de datos históricos de calidad y la eficiencia de las perforaciones son temas que preocupan a la Dirección.

Dirección Nacional de Minería y Geología (DI.NA.MI.GE.)

Ministerio de Industria, Energía y Minería (M.I.E.M.)

Director Nacional de Minería y Geología: Dr. Carlos Soares de Lima

Area Hidrogeología: Ing. Agro. Enrique Massa

Sergio Pena

El Dr. Carlos Soares de Lima ha asumido recientemente la Dirección Nacional de Minería y Geología (DI.NA.MI.GE.).

Los aspectos fundamentales que preocupan a la Dirección, con relación al S.A.G., son el uso de sus aguas para riego y abastecimiento público, existiendo preocupación respecto de su vulnerabilidad (calidad y sobreexplotación). El Director manifestó asimismo preocupación sobre el tratamiento conjunto del S.A.G. por parte de los cuatro países, destacando entre otros puntos la necesidad de establecer una reglamentación acorde referente a distancia entre perforaciones y tasas de bombeo.

Los técnicos del Area Hidrogeología, a su vez, aportaron la siguiente información:

Existe un inventario de perforaciones semi-surgentes realizadas por la DI.NA.MI.GE., tanto en las áreas aflorantes como no aflorantes. Las perforaciones infrabasálticas son de uso principalmente recreativo, en tanto que las realizadas en áreas aflorantes se utilizan con fines sociales o productivos.

Las perforaciones termales de uso recreativo no son gestionadas por la DI.NA.MI.GE. y son las de conocimiento general. Consideran que al día de hoy existe una alta presión de uso en las áreas termales por utilización no racional del recurso, haciéndolo vulnerable en cuanto a la sobreexplotación.

Las realizadas para dotación de agua para escuelas, policlínicas, productores rurales y otros destinos, son del orden de las trescientas perforaciones.

La expectativa de los técnicos del Area Hidrogeología de la DI.NA.MI.GE. frente al Proyecto para la Protección Ambiental y Manejo Sostenible del S.A.G. es que el mismo privilegie los enfoques prácticos a los académicos. Entienden que el proyecto deberá contemplar una

utilización racional integrada del recurso con fines tanto de interés recreativo como productivo.

La Institución posee información referente a ubicación de perforaciones y caudales. Asimismo, existen datos hidroquímicos históricos y recientes, tanto de las perforaciones profundas como de las someras en el área del S.A.G.; datos cartográficos, geológicos e hidrogeológicos. La DI.NA.MI.GE. cuenta con informes técnicos generados por la propia institución y en cooperación con otros servicios geológicos. También cuenta con reportes técnicos de consultoras privadas.

Obras Sanitarias del Estado (O.S.E.)

Gerencia Técnica: Ing. Emma Fierro

División Aguas Subterráneas: Arq. Lourdes Rocha

La Tabla 1, que se presenta a continuación, muestra el número de perforaciones existentes al año 1999 en la región que ocupa el S.A.G., y el total de agua elevada por dichas perforaciones. Asimismo se distingue entre perforaciones que explotan el acuífero Guaraní, en la zona aflorante con la excepción de la perforación ubicada en el Departamento de Salto, y perforaciones que explotan el basalto superficial alterado.

En la Tabla 2 se muestra el uso relativo de las aguas superficiales y subterráneas, para abastecimiento público de agua potable, en cuatro ciudades ubicadas en la región aflorante que ocupa el S.A.G..

La población residente en la región aflorante del S.A.G., en Uruguay, en el año 1999, totaliza 232.814 habitantes. En tanto, el abastecimiento por perforaciones ubicadas en dicha región totalizó 7.928.971 m³, en el año 1999.

Departamento	Población Año 1999	Agua elevada (m ³) Por Perforaciones	Nº Perforaciones	
			Acuífero Guaraní	Basalto
Artigas	78.845	3.207.286	14	19
Rivera	102.452	5.125.683	42	7
Salto	129.272	3.855.855	1 (*)	32
Tacuarembó	85.875	740.288	8	12

(*) Perforación profunda en el acuífero Guaraní confinado

Tabla 1. Agua elevada por perforaciones al NW del Uruguay

Ciudad	Población Año 1999	Agua elevada (m ³)				Total Elevado (m ³)
		Perforaciones Acuífero Guaraní	%	Usina (agua sup.)	%	
Artigas	42.854	2.063.000	47	2.284.000	53	4.347.000
Rivera	66.512	4.735.973	82	1.040.829	18	5.776.802
Tacuarembó	47.088	8.982	0.3	3.386.730	99.7	3.395.712
Tranqueras	5.825	443.558	100	0	0	443.558

Tabla 2. Uso relativo agua subterránea – agua superficial en ciudades ubicadas en la zona aflorante del S.A.G.

En la entrevista mantenida con la Ing. Emma Fierro se solicitó información en cuanto a los costos relativos de producción (agua subterránea – agua superficial), datos que se encuentran en procesamiento. Con relación a la proyección sobre el uso del S.A.G. tomando como horizonte el año 2025, O.S.E. proporcionó información sobre los departamentos y capitales departamentales ubicadas sobre el Acuífero Guaraní, según surge de las Tablas 3 y 4. Se solicitó una mayor aclaración sobre los datos que generaron las mismas.

Departamento	Población al 2025	Demanda al 2025 (m ³ /día)
Artigas	93.700	25.200
Rivera	104.900	22.100
Tacuarembó	84.300	22.900

Tabla 3. Proyección de población y demanda departamental al año 2025

Ciudad	Población al 2025	Demanda al 2025 (m ³ /día)
Artigas	61.300	17.390
Rivera	79.300	16.400
Tacuarembó	55.000	10.270

Tabla 4. Proyección de población y demanda de capitales departamentales al año 2025

O.S.E. tiene interés en la región aflorante del S.A.G. como fuente de abastecimiento público y le preocupa la vulnerabilidad del acuífero a la contaminación, máxime teniendo en cuenta que las capitales departamentales Artigas y Rivera se ubican sobre la región de interés, y que el Código de Aguas le confiere prioridad al uso para abastecimiento público. Asimismo preocupa la eventual sobreexplotación del acuífero.

En cuanto a identificación de necesidades específicas derivadas de la calidad del agua, O.S.E. expresa preocupación respecto a valores de pH muy bajos en las perforaciones que se ubican en las ciudades de Tranqueras y Rivera.

Conviene señalar que O.S.E se encuentra procesando información cartográfica del Departamento de Rivera, al hallarse en ejecución un estudio hidrogeológico de esta ciudad.

Dirección de Suelos y Aguas (D.S.A.)

Ministerio de Ganadería, Agricultura y Pesca

Encargado de Deptos. Suelos y Aguas / Uso y Manejo del Agua: Ing. Agr. Daniel Araújo

Con relación al uso de las aguas subterráneas en la región que ocupa el S.A.G., el Ing. Araújo señala que ante la D.S.A. no se ha gestionado ningún proyecto de riego que tenga por fuente el acuífero. El uso del agua superficial con fines de riego en la región, en números aproximados, es el siguiente:

Fuente	Tacuarembó – Rivera	Litoral Norte
Embalses	140	277

Tomas de agua	50	97
---------------	----	----

Según datos extraídos de la D.N.H. (1999).

El 98% de los volúmenes de agua extraídos por las tomas directas son con fines de riego. Sólo el 1,9% tienen como fin el abastecimiento de agua potable y el 0,18% el uso industrial. En lo referente a embalses, sólo el 1,5% tiene un uso distinto del riego.

En cuanto a proyección sobre el uso del S.A.G. tomando como horizonte el año 2025, de acuerdo a los datos que maneja la D.S.A., las expectativas de uso para riego en los próximos años, en la zona del acuífero confinado, debido a la dificultad de captación y por lo tanto su costo, no se ve como viable. En la zona aflorante del acuífero (Rivera – Tacuarembó), por tratarse de una zona fundamentalmente ganadera, la D.S.A. estima que podría ser explotado para abrevado del ganado, o en pequeñas áreas de riego.

Respecto a la vulnerabilidad a la contaminación y/o sobreexplotación del S.A.G., por la información con que cuenta la D.S.A., la vulnerabilidad es mayor en la zona de recarga (Rivera - Tacuarembó). Asimismo, se hace notar que desde el punto de vista ganadero, puede ser de cuidado la contaminación proveniente de tambos, puesto que el lavado va directamente a los cursos naturales de agua.

Con relación a conocimiento de informes de consultoría se señala la existencia de un informe de la consultora israelí "Tahal" y se señala que se está llevando a cabo un proyecto que encara el estudio de cuencas forestales (IMFIA- Facultad de Ingeniería, Suelos y Aguas – Facultad de Agronomía, Dirección Forestal y Regional Norte de la D.S.A., estos dos últimos del M.G.A.P.).

En cuanto al uso de los suelos, la región se caracteriza por ser fundamentalmente ganadera, basada en pasturas naturales.

En lo que se refiere a cultivos agrícolas, son de destacar:

Arroz: Litoral Norte con 30.000 Hás. aprox.

Tbo. - Riv. con 13.000 Hás. aprox.

Caña de azúcar: un área reducida en el Dpto. de Artigas que no alcanza a las 2.800 has.-

Papa: alrededor de 2.200hás.-

Citrus: (Datos en el Plan Citrícola del MGAP).-

Programa PRENADER

Ing. Agr. Ernesto Carballo

El Programa Nacional de Riego cuenta con información de aproximadamente 110 a 120 perforaciones someras, con una profundidad de 30m a 50m, ubicadas en el área aflorante o, en el borde basalto – área aflorante, donde las coladas tienen poco espesor, al norte del país. Se trata de perforaciones para riego muy limitado, fundamentalmente para invernáculos y quintas pequeñas, que cuentan con energía monofásica, y que más bien cumplen un fin social. Las expectativas de uso del S.A.G. por parte de PRENADER son limitadas, estando condicionadas al desarrollo económico que pueda experimentar la zona aflorante del S.A.G..

Observaciones sobre Usos del SAG en Uruguay

Uruguay tiene 25% de la superficie total de su territorio ocupada por el SAG (45000 km², según las estimaciones presentadas por la UNPP brasileña). El sistema se desarrolla en 6-7 departamentos. La mayor utilización es con fines recreativos y se establece en los departamentos de Salto y Paysandú. Otros 340 pozos, según la anterior referencia, se utilizan para agua potable (250) y riego (90). Según datos de OSE, sólo 65 pozos abastecen localidades desde el SAG. El agua extraída en 1999 alcanzó los 915 m³/h (0,25 m³/s), lo que sumado a 600 m³/h promedio utilizados por los pozos profundos restantes y 900 m³/h lo utilizado para riego, lleva a 2415 m³/h el uso total (0,67 m³/s). De acuerdo a la recarga estipulada, el uso en Uruguay es aun mínimo y no entraña riesgo desde el punto de vista de la sobreexplotación del recurso. Se estima que la presión de uso crecerá en forma estable en los próximos 25 años, con relación al uso actual, y es de esperar que se cuadruplicue. La actividad turística utilizará más agua relativamente que las otras actividades.

Respecto a la sustentabilidad del uso en temas de calidad, el problema mayor puede ocurrir en las zonas aflorantes. Respecto a contaminación con agrotóxicos, debería evaluarse a la brevedad el área de recarga (algunas zonas tienen implantadas actividades arroceras o forestales).

Por la Constitución Unitaria del país es sencilla la coordinación y la relación entre autoridad y usuarios.

Mapa base de la región del SAG

En la presente etapa de Informe Borrador, se ha generado en ARC-View un mapa general de la zona de influencia del SAG. El mismo contiene las provincias argentinas, los estados brasileños y los departamentos paraguayos y uruguayos donde el SAG subyace. El mapa tiene asignado un código para cada país, y en cada país un código para cada provincia, estado o departamento, el cual enlaza con las Tablas del Banco de Datos. Estas Tablas contienen los atributos que se desee; en este caso, se han incorporado datos poblacionales, geográficos, etc. que pudieron reunirse. En Argentina, la Subsecretaría de Medio Ambiente proporcionó un CD con información de estaciones climatológicas y limnimétricas existentes, ubicación de freáticos y pluviómetros, lo que fuera introducido y se encuentra ya disponible para su uso. Puede, por lo tanto, agregarse cuanta información interese incluir.

No pudo obtenerse en esta oportunidad un archivo de intercambio georeferenciado (*.dxf, *.srf, o de cualquier otra extensión válida) donde consten las zonas de recarga y el contorno general del SAG aceptado hasta este momento. Se solicitó a la Secretaría del Proyecto, para la etapa del Informe Final, la obtención del mismo. Esto permitirá ubicar los usos predominantes por tipo, intensidad y subregión en forma gráfica y fácilmente accesible.

Por último, se tomó la figura base que se está utilizando en el Proyecto en los textos Word para ubicar provisoriamente zonas de mayor densidad de pozos en los distintos países. Además, 6 pozos tipo fueron incorporados al mapa: dos en Brasil (datos cedidos por HIDROGESP), dos en Paraguay (datos cedidos por SENASA), uno en Argentina y otro en Uruguay (archivos de CONTEP). “Picando” sobre el punto donde el pozo se ubica en el plano, aparece el perfil litológico seleccionado. La figura base se incluye en Anexos (Anexo 3) y el mapa base se entrega en respaldo magnético (CD).

Evaluación global del balance hídrico del acuífero

El numeral 5 del Contrato de Consultoría establece: “Con base a la información climatológica, meteorológica, hidrográfica y edafológica que se le provea por parte de la secretaría general del proyecto y la información disponible según el numeral 4 del Contrato (áreas de recarga o descarga), realizar una evaluación global del balance hídrico del acuífero, en cantidad, calidad y por subregión.”

La información climatológica, meteorológica, hidrográfica y edafológica provista en esta etapa de elaboración de los Términos de Referencia del Proyecto para la “Protección Ambiental y Manejo Sostenible del Acuífero Guaraní” es muy limitada, consistiendo básicamente en las memorias de los mapas hidrogeológicos, por país, y el “Atlas of World Water Balance” elaborado por UNESCO (ver bibliografía). En estas condiciones se ha optado por evaluar el balance hídrico anual del acuífero por país, con relación a las zonas aflorantes. No obstante, conviene señalar que sobre éstas últimas, no en todos los casos se dispone de elementos suficientes para su delimitación y clasificación en áreas de recarga o descarga. Debido a estas limitaciones, se ha optado por establecer rangos de infiltración, que contemplan el grado de incertidumbre en la información manejada. Estos rangos de infiltración se han expresado en mm/año, en aquellas subregiones donde no se cuenta con elementos para delimitar con precisión las áreas aflorantes, y en términos volumétricos ($\text{Hm}^3/\text{año}$), en aquellas subregiones donde se conoce con cierta precisión la extensión que abarcan las áreas aflorantes.

Conceptualización del balance hídrico anual

El conocimiento del balance hídrico es fundamental para conseguir un uso más racional de los recursos hídricos en el espacio y en el tiempo. Su aplicación se basa en el principio de conservación de masas, o ecuación de continuidad, que establece que para cualquier volumen arbitrario, la diferencia entre las entradas y las salidas, aplicada a un período de tiempo cualquiera, es igual a la variación del volumen de agua almacenada.

En su forma más general, la ecuación del balance hídrico se expresa mediante la siguiente ecuación:

$$P + Q_{\text{entrada}} - E - Q_{\text{salida}} - \Delta S - \varepsilon = 0 \quad (1)$$

donde:

- P = precipitación
- Q_{entrada} = aportes de agua superficial y subterránea desde otras cuencas
- E = evaporación y/o evapotranspiración
- Q_{salida} = salidas de agua superficial y subterránea
- ΔS = variación del volumen de agua almacenada
- ε = término residual o error de cierre de la ecuación de balance hídrico

La ecuación general del balance hídrico (1) podrá simplificarse o hacerse más compleja, en función de la información disponible, objetivo del cálculo, dimensiones del área de estudio, intervalo de tiempo, etc.

En el caso particular que nos ocupa, evaluación global del balance hídrico sobre las áreas de recarga, la ecuación general (1) puede simplificarse a la siguiente expresión:

$$P + -E - Q_{salida} - \Delta S = 0 \quad (2)$$

donde ΔS representa la infiltración profunda o recarga e incluye los errores en la determinación de los componentes considerados y los valores de los componentes que no se han considerado en esta expresión simplificada del balance hídrico.

Asimismo, debe hacerse notar que cuando se manejan mapas de precipitación anual, evaporación y escurrimiento, como el “Atlas of World Water Balance” y las memorias de los mapas hidrogeológicos nacionales, éstos tienden a ajustar la ecuación simplificada del balance hídrico según la ecuación (3):

$$P - E - Q = 0 \quad (3)$$

De aquí se comprende el grado de incertidumbre en la determinación de la infiltración profunda o recarga mediante la aplicación de la ecuación (2) computada sobre la base de mapas anuales. Por consiguiente, si bien en lo que sigue se maneja la ecuación (2) para la información disponible, también se ha optado por expresar la recarga como porcentaje de la precipitación anual, que normalmente varía entre un 1 a 3 %, siendo éste último rango de variación el más creíble hasta tanto no se disponga de mayor información y se profundice en la elaboración del balance hídrico, como se sugiere en el numeral 05.7 del Contrato.

Argentina

Las perforaciones realizadas en la Provincia de Entre Ríos muestran una geología e hidrogeología similar a la encontrada en el territorio del Uruguay, que confirma la continuidad del S.A.G. al oeste del Río Uruguay. No obstante, estudios precedentes revelan que los límites del S.A.G. no están completamente definidos en la República Argentina, fundamentalmente en dirección oeste. Por consiguiente, tampoco se tiene una información precisa en cuanto a la extensión de las áreas aflorantes. Montaña & Tujchneider et al. (1998), en un estudio que tenía por objeto recapitular el estado actual del conocimiento sobre el S.A.G. en Argentina y Uruguay, señalan que las areniscas que conforman el S.A.G. ocupan parte de la cuenca Chacoparanense, disponiéndose en el subsuelo de la Mesopotamia y ámbito vecino (centro norte de Santa Fe, este de Santiago del Estero) a profundidades que los desvinculan de la factibilidad de recarga. No obstante, afloran en sectores reducidos del centro y sur de la Provincia de Corrientes, pero manteniendo su predominio en el subsuelo, y se manifiesta en superficie entre Corpus y Santa Ana, en la Provincia de Misiones. Conviene, no obstante, acotar que Vives et al. (2000), en un trabajo de premodelación del Acuífero Guaraní como herramienta para integrar la información disponible y contrastar diferentes hipótesis sobre su funcionamiento, identificaron como una de las áreas de descarga natural del acuífero a la localizada en la región de planicies y pantanos ubicada entre los ríos Uruguay y Paraná.

Si bien no se dispone de elementos para delimitar las zonas aflorantes, a continuación se manejan valores medios anuales de precipitación, evapotranspiración y escurrimiento en la región litoral este de Argentina, según se establece en el “Atlas of World Water Balance”

(UNESCO, 1977) y datos de la estación meteorológica de Posadas (Montaño & Tujchneider et al., 1998).

En la región litoral este de la Argentina, la precipitación media anual es del orden de 1.200 a 1.400 mm/año. El coeficiente medio de escurrentía varía entre 0,20 a 0,40, por lo que el escurrimiento medio anual se sitúa en 390 mm/año. La evapotranspiración media se estima en 800 a 1.000 mm/año.

Asumiendo esos valores medios, en el esquema de balance hídrico simplificado expuesto antes, se tiene:

$$I = P - E - Q = 1.300 - 900 - 390 = \mathbf{10 \text{ mm/año}}$$

Dada la incertidumbre de esta ecuación, según se señalara, una estimación primaria de la infiltración profunda de la zona aflorante del S.A.G. puede expresarse como porcentaje (1 a 3 %) respecto a la precipitación media anual. Adoptando este criterio, **la infiltración profunda se estima entre 13 a 39 mm/año.**

Para la estación meteorológica de Posadas (Misiones) se tiene que la precipitación media anual es del orden de 1.700 mm/año. La escurrentía varía en la región entre 140 a 640 mm/año y la evapotranspiración anual es del orden de 1.000 a 1.100 mm/año. Considerando una estimación primaria de la infiltración profunda de la zona aflorante del S.A.G. en la Provincia de Misiones como porcentaje (1 a 3 %) respecto a la precipitación media anual, **la infiltración profunda se estima entre 17 a 51 mm/año.**

Brasil

Vives et al. (2000), en su trabajo de premodelación del Acuífero Guaraní (limitado a una superficie de 902.636 km² que abarca territorios de Brasil, Paraguay y Argentina), sostienen que las principales entradas de agua al S.A.G. son las recargas por infiltración directa en territorio brasileño, distribuidas espacialmente a lo largo de las zonas de afloramientos en los estados de São Paulo, Goiás, Mato Grosso do Sul, Paraná y Santa Catarina. Asimismo, estos autores señalan que la infiltración proveniente de la precipitación, para la zona de afloramiento del acuífero en territorio brasileño, se ha estimado en un 10% de la misma por Rebouças (1976), con una precipitación media anual que en la región varía entre 1300 a 1800 mm.

Del trabajo de Vives et al. (2000) se obtiene que el área de recarga en la zona noreste, correspondiente fundamentalmente al Estado de São Paulo, abarca una superficie de aproximadamente 141.600 km². Con una precipitación media anual para São Paulo del orden de 1300 a 1800 mm/año, se tiene que la recarga media anual estimada a partir de la precipitación oscila entre 18.400 a 25.500 Hm³/año. Hacia el límite oeste del acuífero, la zona aflorante, según los mismos autores abarca 60.585 km², y la recarga media anual calculada a partir de la precipitación se estima en 9.000 Hm³/año. **Por consiguiente, la recarga media anual estimada, en territorio brasileño, oscila entre 27.400 a 34.500 Hm³/año.** No obstante, en el proceso de calibración del premodelo, Vives et al. (2000) encontraron que la recarga se reduce en algunas zonas de afloramiento del S.A.G., por lo que esos autores suponen que la estimación del porcentaje de infiltración de la precipitación es elevada.

No hay que olvidar, sin embargo, la opinión de investigadores brasileños sobre vinculación entre Serra Geral y Botucatú (basaltos y Guaraní), lo que haría impredecible en esta etapa un número afinado de la transferencia de agua hacia el acuífero en carácter de recarga.

Paraguay

En la República del Paraguay, con una extensión de 406.752 km², pueden distinguirse dos regiones naturales sensiblemente diferentes: 1) la región occidental o Chaco, que abarca 246.955 km² y representa el 60,9 % del territorio de Paraguay, y 2) la región oriental, que con una superficie de 159.797 km² representa el 39,1 %. En esta última, como consecuencia de las diferencias entre ambas regiones en cuanto a clima, suelos, vegetación y recursos hídricos, habita aproximadamente el 97 % de la población.

Al Sistema Acuífero Guaraní (S.A.G.) se lo identifica como Acuífero Misiones en el Paraguay. El acuífero abarca aproximadamente 64.735 km² de la región oriental, superficie que representa un 40,5 % de su territorio. La zona aflorante ocupa 37.395 km², constituyendo el acuífero más importante del Paraguay. La zona aflorante está constituida predominantemente por areniscas eólicas, finas a medias, con espesores entre 200 a 300 m. Hacia el este, el acuífero está cubierto por derrames basálticos de la Formación Alto Paraná que en territorio paraguayo abarca una superficie de aproximadamente 27.340 km², siendo su límite este el Río Paraná. Los basaltos presentan, al nivel superficial, una red de fallas y fisuras constituyendo un acuífero fisurado, denominado Basalto, que se explota a través de captaciones con una profundidad media de 100 m. A mayor profundidad, aproximadamente 250 m, se supone que el basalto es totalmente impermeable.

A continuación se manejan valores medios anuales de precipitación, evapotranspiración y escurrimiento en la región oriental, donde aflora el S.A.G.

La precipitación media anual es del orden de 1.600 mm. El coeficiente medio de escurrimiento es aproximadamente 0,20, por lo que el escurrimiento medio anual se sitúa en 300 a 400 mm. La evapotranspiración media se estima en 1.100 a 1.300 mm.

Por consiguiente, en el esquema de balance hídrico simplificado expuesto, se tiene:

$$I = P - E - Q = 1.600 - 1.200 - 350 = 50 \text{ mm/año}$$

Estimaciones realizadas en Paraguay, durante la elaboración del Mapa Hidrogeológico (Gobierno de la República del Paraguay & Organización de las Naciones Unidas, 1986), evalúan la infiltración profunda de la zona aflorante del S.A.G. entre 1 a 2 por ciento de la precipitación anual, con lo que la infiltración profunda se estima en 16 a 32 mm/año. Adoptando estos valores más conservadores, la **recarga anual estimada** en la zona aflorante asume un valor de **600 a 1.200 Hm³/año**.

La zona aflorante del S.A.G. se ubica en la región oriental del Paraguay, donde habita aproximadamente el 97% de su población. Esta situación, a la que se suma el importante nivel de explotación del acuífero aflorante, permiten intuir un elevado grado de vulnerabilidad.

La calidad del agua cumple con las normas de potabilidad, observándose que el valor medio de pH (5,7) es relativamente bajo.

Uruguay

El S.A.G. se desarrolla, en el Uruguay, al norte del Río Negro, ocupando la zona centro – norte, noreste y noroeste, que abarca una superficie de aproximadamente 42.000 km².

El S.A.G. aflora en una faja que se extiende desde el sur hacia el norte, cuya longitud aproximada es 160 km, abarcando una extensión del orden de 3.700 km². Montaña & Tujchneider et al. (1998) clasifican hidrogeológicamente la zona aflorante en tres formaciones, de sur a norte, según tabla adjunta.

Formación	Litología	Capacidad del acuífero
Cuchilla Ombú	Areniscas finas a medias	Bueno
Tacuarembó	Areniscas y pelitas	Regular
Rivera	Areniscas finas y medias	Bueno

Formaciones en la zona aflorante del S.A.G. en el Uruguay (extraído de Montaña & Tujchneider et al., 1998)

A continuación se manejan valores medios anuales de precipitación, evapotranspiración y escurrimiento en la región centro - noreste de Uruguay, utilizando información local y la que se establece en el “Atlas of World Water Balance” (UNESCO, 1977).

La precipitación media anual es del orden de 1.200 a 1.400 mm/año. El coeficiente medio de escurrimiento varía entre 0,20 a 0,40, por lo que el escurrimiento medio anual se sitúa en 390 mm/año. La evapotranspiración media se estima en 800 a 1.000 mm/año.

Asumiendo esos valores medios, en el esquema de balance hídrico simplificado, se tiene:

$$I = P - E - Q = 1.300 - 900 - 390 = 10 \text{ mm/año}$$

Dada la incertidumbre de esta ecuación, según se señalara, una estimación primaria alternativa evalúa la infiltración profunda de la zona aflorante del S.A.G. expresándola como porcentaje (1 a 3 %) respecto a la precipitación media anual. Adoptando este último criterio, la infiltración profunda se estima entre 13 a 39 mm/año. Admitiendo que la zona aflorante es del orden de 3.700 km² (Montaña & Tujchneider et al., 1998) la **recarga anual estimada** en la zona aflorante asume un valor de **48 a 144 Hm³/año**.

Montaña & Tujchneider et al. (1998) analizaron tres captaciones de la zona aflorante, concluyendo que la calidad de las aguas no presenta limitaciones de potabilidad y clasificándolas como cloruradas cálcicas y bicarbonatadas cálcicas.

La Gerencia Técnica de las Obras Sanitarias del Estado (OSE) valora como muy importante y simultáneamente vulnerable el área aflorante del S.A.G. en el Uruguay, puesto que sobre ella se asientan las capitales departamentales de Rivera y Artigas, para las que el S.A.G.

constituye la fuente fundamental de agua potable. Asimismo expresan preocupación con relación a valores observados de pH sumamente bajos.

Población estimada y demanda

Los cálculos realizados son una estimación primaria que se obtuvo a partir de la información de base reunida. De modo general y con el fin de obtener una cifra que represente la demanda de agua potable en cada una de las zonas de cada país al año 2025, se supuso que el consumo medio diario es de 0,25 m³/habitante. En caso de que se cuente con la información intercensal de cada departamento, provincia o estado es conveniente realizar un nuevo ajuste.

Argentina

A partir de los datos relevados por el INDEC (Instituto Nacional de Estadística y Censos), se estimó mediante ajuste lineal la población para las provincias que intervienen en el Proyecto. La demanda se estimó considerando un consumo medio diario de 0,25 m³/habitante. Se hace notar que la información manejada en este caso es satisfactoria.

Tabla 5. Proyección de la demanda de agua para consumo al 2025 en Argentina

	<i>Provincia</i> // $Y = MX+B$					
<i>Año</i>	<i>Corrientes</i>	<i>Chaco</i>	<i>Entre Ríos</i>	<i>Formosa</i>	<i>Misiones</i>	<i>Santa Fe</i>
1990	791917	836021	1020801	392789	778158	2798722
1995	857685	895900	1069102	447094	884291	2949050
2000	921933	951795	1113438	504185	995326	3098661
2005	984641	1004226	1154618	564545	1112117	3248049
2010	1043406	1050529	1189938	626782	1232201	3388521
<i>M</i>	<i>12598.68</i>	<i>10746.84</i>	<i>8475.8</i>	<i>11708.74</i>	<i>22718.24</i>	<i>29571.94</i>
<i>B</i>	<i>-24277443.6</i>	<i>-20545985.8</i>	<i>-15842020.6</i>	<i>-22910401</i>	<i>-44436061.4</i>	<i>-56047279.4</i>
<i>R</i>	<i>0.9995</i>	<i>0.9977</i>	<i>0.9966</i>	<i>0.9992</i>	<i>0.9994</i>	<i>0.9998</i>
<i>2025</i>	<i>1234883</i>	<i>1216365</i>	<i>1321474</i>	<i>799798</i>	<i>1568375</i>	<i>3835899</i>
<i>Demanda (m3/día)</i>	<i>308721</i>	<i>304091</i>	<i>330369</i>	<i>199949</i>	<i>392094</i>	<i>958975</i>

Brasil

Debido a la falta de información se realizó una estimación preliminar de la población en los estados que intervienen en el Proyecto. Los datos de población para el año 2025 se estimaron linealmente a partir de la población del censo del año 1991 utilizando los datos de crecimiento medio de la información preliminar del censo del año 2000. Los datos obtenidos se consideran como una primera aproximación.

Tabla 6. Proyección de la demanda de agua para consumo al 2025 en Brasil

<i>Estado</i>	<i>Población 1991</i>	<i>Crecimiento medio regional 2000 (%)</i>	<i>Población estimada 2025</i>	<i>Demanda estimada (m3/día)</i>
<i>Minas Gerais</i>	15743152	1.6	24307427	6076857
<i>São Paulo</i>	31588925	1.6	48773300	12193325
<i>Paraná</i>	8448713	1.4	12470300	3117575
<i>Santa Catarina</i>	4541994	1.4	6703983	1675996
<i>Rio Grande do Sul</i>	9133670	1.4	13481297	3370324
<i>Mato Grosso do Sul</i>	1780373	2.4	3233157	808289
<i>Mato Grosso</i>	2027226	2.4	3681442	920361
<i>Goiás</i>	4018903	2.4	7298328	1824582
<i>Distrito Federal</i>	1601094	2.4	2907587	726897

Paraguay

La estimación de la población para los departamentos participantes en el Proyecto en Paraguay se realizó extrapolando los datos de población del año 1992 hasta el 2025, utilizando como coeficiente de crecimiento anual el crecimiento medio nacional del periodo 1982-1992.

Tabla 7. Proyección de la demanda de agua para consumo al 2025 en Paraguay

Nombre	Población 1992	Población estimada 2025	Demanda estimada (m3/día)
Alto Paraná	403858	790350	197588
Amambay	97156	190134	47534
Caaguazú	383319	750155	187539
Caazapa	128550	251572	62893
Canindeyú	96826	189488	47372
Concepción	166946	326713	81678
Guirá	162244	317512	79378
Itapúa	375748	735339	183835
Misiones	88624	173437	43359
San Pedro	277110	542304	135576

Uruguay

La estimación de la población para el año 2025 se realizó trabajando con valores de crecimiento medio hallados con los datos intercensales de los 3 últimos censos. De esta manera, partiendo de los datos estimados por el INE para el año 2010, se extrapola la población al año 2025.

Tabla 8. Proyección de la demanda de agua para consumo al 2025 en Uruguay

Departamento	2010 (*)	Crecimiento medio	2025
Artigas	78827	0.0086	89008
Paysandú	122717	0.0067	135036
Río Negro		0.0022	0
Rivera	110773	0.0074	123123
Salto	138338	0.0082	155328
Tacuarembó	87401	0.0022	90295

(*)=estimado por INE

Evaluación de las posibilidades de uso del SAG para producción de energía eléctrica con fines comerciales

Los reservorios geotérmicos pueden utilizarse para proveer calor y su uso básico es para consumo residencial, industrial y comercial. La generación de energía eléctrica a partir de la energía geotérmica para usos comerciales se inició en Italia en el año 1914, siendo en la actualidad una actividad industrial establecida en Estados Unidos, Indonesia, Filipinas, México, etc. En Argentina existe una pequeña central (Copahue, Pcia. de Neuquén).

País	MW	Nº de unidades	MW/unidad
Estados Unidos	2850	203	14
Filipinas	1848	64	28,9
México	743	26	28,6
Italia	742	-	-
Indonesia	589,5	15	39,3
Japón	530	18	29,4
Nueva Zelandia	364	-	-
Costa Rica	120	4	30
El Salvador	105	5	21
Nicaragua	70	2	35
Islandia...	50,6	13	3,9
....Argentina	0,7	1	0,7

Tabla 5. Capacidad de Potencia Geotermal Instalada

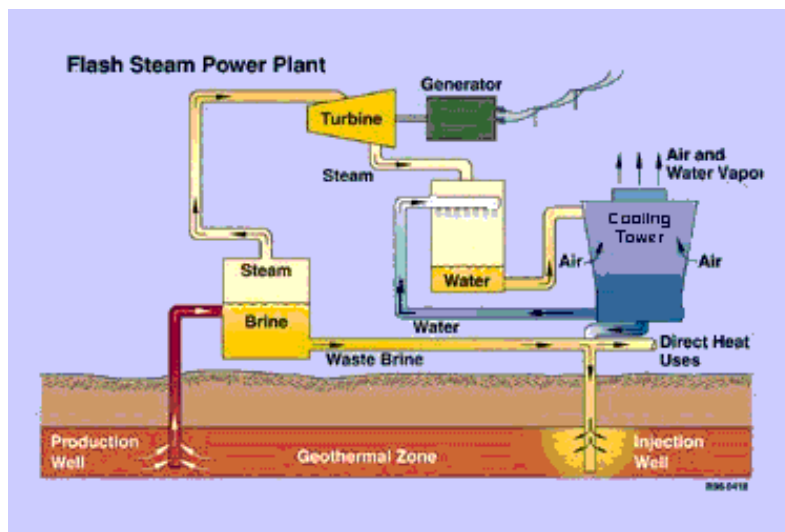


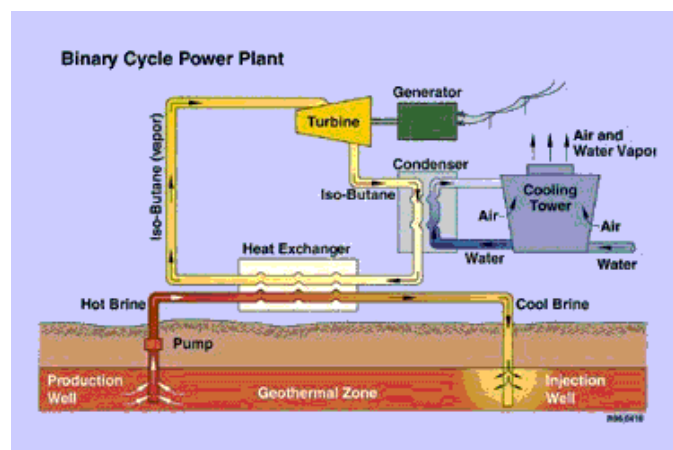
Ilustración 1 – Esquema de planta del tipo “flash steam” (Fuente U.S. Department of Energy)

Tipos de plantas

El tipo de planta generadora está determinada primariamente por la naturaleza del reservorio geotérmico.

Existen básicamente 4 tipos de plantas geotérmicas para generación de electricidad:

1. Las *plantas de vapor directo* son usadas cuando la temperatura del reservorio es tan alta que el vapor es aportado directamente desde el pozo hacia la turbina de generación.
2. Las *plantas de “flash steam”* son las más adecuadas cuando se cuenta con un reservorio a temperaturas entre 175°C y 300° C. Cuando el fluido alcanza la superficie, donde la presión es menor, se transforma en vapor, derivándose a un separador y luego a la turbina de generación (Ilustración 1).
3. Las *plantas binarias* son aquellas en las que debido a las bajas temperaturas de la fuente se hace necesaria la utilización de un segundo fluido para la generación de vapor (95°C a 175°C). El esquema se muestra en la Ilustración 2.
4. Las *plantas híbridas* son combinaciones de las antes mencionadas, y su utilización se debe a las variaciones de las propiedades físico-químicas de los fluidos utilizados.



Debido a las temperaturas disponibles en el SAG, se abordó preliminarmente el estudio de la posibilidad de generación de **energía eléctrica para uso comercial** por medio de una planta binaria.

Basados en la información disponible en el sitio del U.S. Department of Energy <http://www.eren.doe.gov/geothermal/> se realizaron chequeos de listas para evaluar la posibilidad de utilización del acuífero para la generación de energía eléctrica de uso comercial.

En el SAG, en el mejor de los casos, podría contarse con un caudal máximo de 1000 m³/h y una temperatura máxima posible del orden de 62 °C a boca de pozo.

Con estas premisas, en primer lugar, la temperatura mínima de reservorio para la generación de energía eléctrica en uso en EUA en la actualidad es 104 °C.

En segundo lugar, se verifica que debido a la actual disposición de equipos comerciales, la capacidad de generación mínima es 100 kW. Para tal planta, el requerimiento de agua es de al menos 70 m³/h (lo que es ampliamente cubierto), pero en la suma de las condiciones de proyecto, las eficiencias netas de generación esperadas son menores de 6%.

En tercer lugar, se comprueba que los costos de proyecto para la implantación de una planta de generación solamente (sin tener en cuenta los costos de pozos, etc.) oscilan entre U\$S 1500 y U\$S 3000 por kW de capacidad neta instalada, y que los mismos disminuyen al aumentar la capacidad instalada.

El correcto uso del recurso subterráneo lleva a la construcción de dos pozos para producción de energía: uno para extracción y otro para inyección del agua utilizada.

El rango de trabajo para la generación de **energía geotérmica** a partir del agua disponible del SAG no es el usual. Las restricciones provienen de la temperatura de trabajo y no del volumen de agua necesario. El costo de las perforaciones para obtener temperaturas convenientes significa un incremento notable para una estimación de factibilidad: U\$S 1500000 por perforación.

Sin embargo, debido a las variaciones espaciales que presenta el SAG, a las potencias variables de las areniscas y a características particulares de los proveedores de equipos de generación, no se descarta categóricamente la viabilidad económica de la utilización de plantas binarias o mixtas para generación de energía, requiriéndose estudios económicos particulares en cada caso.

ACTIVIDADES A REALIZAR DURANTE EL PROYECTO: Productos esperados

Parece difícil que el SAG se comporte con unidad en los cuatro países, y el sistema geológico sedimentario contenga un sistema hidráulico unitario o cuasi unitario. En lo que hace a lo reunido, revisado y aquí presentado surge que las zonas de descarga del SAG que han sido propuestas aun son una especulación. Las áreas aflorantes contribuyen a la recarga, pero distan de ser indicadas como la única fuente y el solo lugar de acceso del agua del sistema. En Brasil existen evidencias de recarga a través del basalto.

Aparece así una primera y fundamental tarea a encarar. Es imposible hablar de uso sustentable si no se cuantifican las entradas y salidas para establecer la dinámica del acuífero.

Un segundo tema corresponde a los baches de información. Desde el reconocimiento directo en Brasil hasta el desconocimiento de la existencia del SAG en zonas de Argentina, hay toda una franja intermedia de datos escasos y aislados que necesitan un nexo claro y sólido. La prospección geofísica, junto a la hidrogeoquímica y los ensayos con trazadores pueden aportar esa idea de conjunto tan necesaria, y esclarecer si se trata de un solo sistema o varios sistemas interrelacionados.

Un tercer punto es la existencia de agua de distintos orígenes: agua dulce o salobre y salada. Se desconoce si existe una zona de mezcla, o ambas están totalmente aisladas y puede evitarse la presencia de la segunda si se perfora prudentemente el medio y se explota de igual modo el recurso.

Un cuarto punto es el desequilibrio de datos directos a través de perforaciones en los cuatro países. Se comprende necesario el apoyo de todos los estudios con alguna perforación nueva en sitio/s estratégicamente ubicado/s, asociado/s tal vez a las áreas piloto de cada país, con fondos de contrapartida nacional o al nivel de MERCOSUR.

En resumen, los productos principales a obtener consisten en:

1. Construcción de un modelo geológico - geofísico que sirva de apoyo a la determinación de zonas de recarga, tránsito y descarga del sistema y aporte al estudio de calidad de aguas.
2. Determinación precisa de la recarga en cantidad, origen y distribución espacial. Determinación de las zonas de descarga y de las cantidades descargadas.
3. Selección de los mejores sitios para construcción de perforaciones piloto y perforaciones de óptima oportunidad aplicando el conocimiento adquirido y en armonía con las posibilidades de uso de las mismas.
4. Elaboración de un esquema constructivo de obras de extracción tipo que reúnan calidad mecánica en la perforación con preservación de la calidad del agua, de acuerdo a profundidades previsibles según la zona.
5. Implementación permanente de instrumentos de medición en todos los pozos de la red mínima de monitoreo y normalización de la instrumentación en obras a realizarse en el futuro en los cuatro países.
6. Jerarquización de usos y complementariedad de los mismos en procura de un aprovechamiento múltiple del recurso.
7. Estudios para la optimización de planes de uso y manejo del agua extraída, por unidad, región, país y en conjunto.
8. Plan de uso aconsejable del recurso.

METODOLOGÍA PRELIMINAR

El uso futuro del SAG depende en buena parte de la profundización del conocimiento que se logre durante el desarrollo de este Proyecto.

La metodología, en este punto, descansa en la oportuna realización de todas las etapas propuestas en las consultorías de las Actividades 1 y 2. La Actividad 3 requiere el input imprescindible de las tareas básicas y comunes a todo análisis de sistemas geohidrológicos.

Tras el conocimiento del sistema, su potencialidad y funcionamiento, debe realizarse un análisis exhaustivo de las actividades productivas que requieren agua como insumo, su grado de desarrollo actual y posibilidades futuras. Mediante SIG

- Se deberá elaborar una base de datos de las principales áreas, con usos alternativos, productos predominantes, rendimientos y valores unitarios
- Se agregará la disponibilidad de agua del SAG, el ordenamiento de usos actuales del agua (extracción, disposición de efluentes, ubicación de actividades contaminantes, etc.) la oportunidad, costos de construcción y extracción de agua y características químicas y térmicas de la misma
- Se incluirán factores externos que influyan en la toma de decisiones para asignación de usos
- Se estudiará la viabilidad y se analizará económicamente cada uso estudiado
- Se cruzarán los distintos resultados para obtener una priorización preliminar de usos
- Se penalizarán las incompatibilidades y los usos consuntivos no prioritarios
- Se elaborará un documento final que incluirá todos los resultados sobre usos proyectados al año 2025

ELEMENTOS PARA LOS TÉRMINOS DE REFERENCIA

Balance Hídrico

A pesar de que existen diversos métodos para estimar cuantitativamente la distribución espacial y temporal de la recarga, pocos pueden aplicarse exitosamente puesto que normalmente no hay modo de confirmar los datos derivados como resultado de la aplicación de esos métodos. Todas las herramientas de cálculo se caracterizan por su gran incertidumbre en la estimación.

Para estimar la recarga de las aguas subterráneas es esencial partir de una buena conceptualización de los diferentes mecanismos de recarga y su importancia en el área de estudio. Además de esta conceptualización, la elección de los métodos para la estimación de la recarga debe tener en cuenta los objetivos del estudio, disponibilidad de información y recursos, y posibilidad de obtener información adicional. Asimismo, para decidir la metodología a utilizar para la estimación de la recarga, es esencial considerar la escala espacial y temporal de interés, puesto que la técnica de medidas a adoptar está estrechamente ligada a la variabilidad inherente a la escala.

Los métodos de cálculo de la recarga suelen clasificarse en: 1) métodos físicos indirectos (ej. balance hídrico) y 2) métodos físicos directos (ej. trazadores).

Usos actuales y futuros

En lo estrictamente atinente al tema de Uso Actual y Potencial del Acuífero Guaraní, y a efectos de evitar superposiciones temáticas con los demás contratos de consultoría realizados por la OEA, el orden de trabajo expuesto se basará en las especificidades de la tarea.

De lo reunido en cada país visitado, se observa disparidad en el uso, en cantidad y fin. Cuando la obra es somera, los usuarios son múltiples y las características de uso y de construcción de la obra, variados. Cuando se trata de perforaciones infrabasálticas, la terminación de obra y la forma de uso es más uniforme y cuidada. Los usos consuntivos principales son, por orden: Abastecimiento público, industrial, recreativo y riego. No se utiliza para generación de energía en ninguno de los cuatro países. En casos, existe un acuífero subyacente con características salinas del agua, lo que limita su uso. Se prevé que en los próximos 25 años los usos continúen con igual orden de importancia, incrementándose aquellos con fines recreativos, hasta equiparar el uso industrial.

El ordenamiento y las premisas propuestos para la próxima etapa del proyecto se presentan a continuación:

1. Es prioritaria la armonización entre las legislaciones estatales o provinciales al nivel nacional y la legislación internacional del uso del recurso
2. Cada país debe generar un banco de datos con toda la información que actualmente pueda reunirse y establecer la existencia de un organismo único de control del agua o de organismos interrelacionados, en temas de cantidad y calidad, con una efectiva actuación como autoridad y ordenador de las actividades
3. Debe estudiarse cuidadosamente, de acuerdo a los datos reunidos, los aportes reales del SAG al punto de extracción, evitando asignar caudales que provienen de otros acuíferos

4. Debe establecerse al final del Proyecto una red básica por país y una red básica para los cuatro países, bien escogida desde el punto de vista constructivo de las obras, donde se realice un programa de monitoreo y control del sistema y que sirva para realizar investigaciones cuando sea necesario
5. Deben definirse esquemas constructivos, de análisis y de control de las perforaciones de estudio y explotación bajo la consideración de que se trata de una obra de ingeniería
6. Debe establecerse un programa previo de uso de la obra u obras para aprovechar aquellas zonas donde el SAG presenta características surgentes y termales y debe preverse la pérdida de surgencia que pueda devenir del incremento de puntos de extracción y del bombeo
7. Dicho programa debe considerar usos consorciados
8. Debe estudiarse la evolución económica de cada región en aquellas actividades que requieren uso de agua (industrial, agropecuario, turístico, alternativos varios); cuantificar y justificar la posibilidad de utilización del recurso
9. Cada país debe contar, al final del Proyecto, con un modelo matemático de flujo y transporte que le permita manejar adecuadamente el recurso, flexible para el ingreso de nuevos datos y sencillo para reajustar las variables de calibración a través del tiempo, y con un modelo de gestión que dé rapidez y precisión en la toma de decisiones.
10. Los planes o programas nacionales que prevean desde cualquier ámbito el uso del recurso, deberán ser coherentes con cada uno de los usos establecidos sin generar conflictos de índole alguna entre sí.

Actividades para elaborar términos de referencia

Balance Hídrico

- a) Identificación y delimitación de las áreas aflorantes (Imágenes satelitales, fotografías aéreas, geología, geofísica).
- b) Determinación de su carácter de áreas de recarga o descarga (Piezometría, ensayos de campo).
- c) Fuentes y mecanismos de recarga. Factores que afectan la recarga.
- d) Modelo conceptual de la recarga.
- e) Métodos físicos indirectos para estimación de la recarga: balance hídrico y selección de la escala temporal.
- f) Ensayos de infiltración. Estimación del flujo en la zona no saturada y en la zona saturada.
- g) Modelos numéricos para estimar la recarga.
- h) Métodos físicos directos: trazadores (químicos e isótopos naturales)

Usos actuales y futuros

- a) Construcción de un Banco de Datos interactivo y flexible para el análisis con SIG
- b) Construcción de mapas temáticos
- c) Construcción de planillas de costos constructivos de perforaciones en zonas aflorantes e infrabasálticas por país
- d) Estudios de rendimiento económico de actividades en las que se preve el uso de agua del SAG por país
- e) Estudios de usos consorciados y escalamiento de los mismos, priorizando los usos no consuntivos ni degradatorios de la calidad del agua
- f) Utilización del SIG como herramienta de análisis básico
- g) Utilización de los modelos numéricos de flujo y transporte para estudiar la vulnerabilidad del recurso a los usos propuestos
- h) Utilización de un modelo de gestión adecuado para el SAG
- i) Propuesta final del plan de gestión para el SAG

Consultorías requeridas

En esta temática se requieren consultorías especializadas en los siguientes temas:

- Evaluación económica de actividades con uso del SAG, por país
- Evaluaciones alternativas de uso del agua (técnicas y económicas) por especialistas en los siguientes ítems: abastecimiento público, industrial, turístico, riego, producción de energía, secado de granos, control de heladas y usos consorciados
- Selección e implementación de un modelo de gestión por país y en conjunto

Material requerido

El desarrollo de la Actividad 3 se llevará a cabo en los tres años del Proyecto (años 1 y 2, actividades 1 y 2; año 3, actividad 3) y ocupará parte del material requerido en las Actividades 1 y 2.

Personal requerido

En lo específico de la Actividad 3, se solicita sólo la contratación de especialistas que cuenten con las herramientas especializadas para cada tarea y acrediten solvencia en el manejo de las mismas.

Respecto a la reunión de la información pormenorizada de usos, su relevamiento para el Proyecto y su control posterior a la culminación del mismo, se entiende como actividad propia

de los organismos participantes, y dicho trabajo puede ser cubierto por personal solicitado en las Actividades 1 y 2 para cada país.

Por cada país

1 especialista en abastecimiento de agua
1 especialista en riego
1 economista

Para el Proyecto en conjunto

1 especialista en geoenergía
1 especialista en turismo
1 economista
1 especialista en modelos de gestión

Costos de contrapartidas nacionales

Argentina

1 especialista en abastecimiento de agua, 1 mes hombre:	U\$S 4000
1 especialista en riego, 1 mes hombre:	U\$S 4000
1 economista, 3 meses hombre:	U\$S 9900
TOTAL	U\$S17000

Brasil

1 especialista en abastecimiento de agua, 1 mes hombre:	U\$S 4000
1 especialista en riego; 1 mes hombre:	U\$S 4000
1 economista; 3 meses hombre	U\$S 9900
TOTAL	U\$S17000

Paraguay

1 especialista en abastecimiento de agua, 1 mes hombre:	U\$S 4000
1 especialista en riego; 1 mes hombre:	U\$S 4000
1 economista; 3 meses hombre	U\$S 9900
TOTAL	U\$S17000

Uruguay

1 especialista en abastecimiento de agua, 1 mes hombre:	U\$S 4000
1 especialista en riego; 1 mes hombre:	U\$S 4000
1 economista; 3 meses hombre	U\$S 9900
TOTAL	U\$S17000

Costos solicitados al GEF

1 especialista en geoenergía, 4 meses hombre:	U\$S 22000
---	------------

1 especialista en turismo; 3 meses hombre:	U\$S 15000
1 economista, 2 meses hombre:	U\$S 9000
1 especialista en modelos de gestión: 9 meses hombre:	U\$S 54000
Viajes de coordinación, viáticos (4 semanas, 2 técnicos)	U\$S 6400
TOTAL	U\$S106400

Cronograma físico-financiero de la actividad

Año 3 – Especialistas Contrapartida Nacional (Argentina, Brasil, Paraguay, Uruguay)

Especialista /Mes	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
1		x										
2			x									
3	x	x	x									

Año 3 – Especialistas GEF

Especialista /Mes	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
1	x	x	x	x								
2		x	x	x								
3			x	x								
4				x	x	x	x	x	x	x	x	x

Organismos que podrían participar en el Proyecto

Los organismos que podrían participar en el Proyecto pueden encontrarse citados en ACTORES.

Se entiende que en toda la etapa de estudios, las Universidades que se encuentran en el área del SAG, en colaboración en temas puntuales con otros centros de enseñanza nacionales, pueden llevar adelante dicha actividad. Los organismos públicos que cuenten con recursos humanos suficientes y capacitados pueden ocuparse de los trabajos de instalación de equipamientos, monitoreos (en conjunto con las universidades que cuenta con becarios en forma permanente), mantenimiento de la red de observación y construcción de bancos de datos adecuados para los requerimientos del Proyecto. El mantenimiento y operación de la red de monitoreo, a posteriori del Proyecto, debería ser realizado por estos organismos y por las universidades y el control permanente del agua usada debería ocupar un lugar notable en las previsiones de los administradores del recurso.

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

Los usos actuales del SAG son, en general, abastecimiento público y privado (70%), industrial (20%), turístico (5%) y agrícola-ganadero (5%), en porcentajes aproximados. Difiere la importancia de uno sobre otro según el país de que se trate y es previsible en los próximos años el crecimiento de la demanda de agua termal para uso recreativo e industrial.

El SAG es un sistema complejo. En la actualidad no pueden definirse certeramente sus mecanismos de recarga: la infiltración de agua de lluvia no es su única fuente de alimentación y las áreas donde el basalto puede aportar a las areniscas, como la cantidad de agua transmitida, no se conocen con precisión. Sus descargas no han sido bien ubicadas ni cuantificadas y no se conocen los subsistemas hidráulicos contenidos en la unidad geológica sedimentaria y en el conjunto basáltico-sedimentario.

El acuífero se usa en distinto grado, pero, sin dudas, mucho más de lo que se lo conoce. En ningún país el recurso está comprometido por sobreexplotación, y considerando las recargas estimadas primariamente, sólo Paraguay explota el acuífero en un orden semejante a la infiltración a través de sus afloramientos.

El total de perforaciones en el SAG puede alcanzar 3500; la mayoría de ellas, someras (< 100 m).

La extracción por país es aproximadamente:

Argentina: 1 m³/s

Brasil: 30 m³/s

Paraguay: 2,2 m³/s

Uruguay: 0,7 m³/s

Total: 33,9 m³/s

El 88% de la extracción corresponde a Brasil y el 6% a Paraguay. Estos números podrían ser aun mayores, debido a la mayor capacidad instalada de extracción en Brasil y a los datos aportados por HIDROGEON en Paraguay.

Las características constructivas de las perforaciones hacen al acuífero especialmente vulnerable. La mayoría de las mismas son revestidas en forma incompleta.

Los costos del metro de perforación son variables: U\$S 50 dólares para perforaciones someras; U\$S 850 para perforaciones profundas y entubadas.

Los costos de agua en la región varían en el orden de U\$S 0,005 (Brasil) por m³ de agua bruta a U\$S 1,50 (Uruguay) por m³ de agua potable.

La generación de energía eléctrica utilizando las características geotérmicas del SAG aparece de difícil viabilidad inicial, pero conviene estudiar el tema (así como usos secundarios del calor) con mayor detalle en el Proyecto.

Es conveniente generar una cadena de usos consorciados en el caso de utilización para turismo termal o hidroterapias: el agua de renovación de piscinas o para uso industrial en frigoríficos de aves, con tratamiento adecuado, puede derivarse al riego; el agua para producción de energía puede derivarse al abastecimiento público con tratamiento mínimo y evitar la construcción de un pozo de inyección. Esto debe ser acompañado de un análisis minucioso y especializado, para formar parte de las alternativas a analizar en el plan de gestión para cada país.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Gobierno de la República del Paraguay & Organización de las Naciones Unidas (1986) “Memoria del Mapa Hidrogeológico de la República del Paraguay”.

Montaño, J. & Tujcheider, O. et al. (1998) “Acuíferos regionales e América Latina. Sistema Acuífero Guaraní. Capítulo argentino – uruguayo”. Centro de Publicaciones, Secretaría de Extensión, UNL.

Rebouças, A.C. (1976) “Recursos Hídricos da Bacia do Paraná. São Paulo, Tese de Livre Docência, IgC/USP.

UNESCO (1977) “Atlas of World Water Balance”

UNESCO (1981) “Métodos de cálculo del balance hídrico. Guía internacional de investigación y métodos”. Instituto de Hidrología de España/Unesco.

UNESCO (1996) “Mapa hidrogeológico de América del Sur”. CPRM. Brasil.

Vives, L., Campos, H., Candela, L. & Guarracino, L. (2000) “Premodelo del Acuífero Guaraní”. 1st Joint World Congress on Groudwater. Fortaleza, Brazil.

Chebli, G.A. et al (1999) “Cuencas sedimentarias de la llanura chacopampeana”, IGRM, Geología Argentina, Anales 29 (20):627-644, Buenos Aires, Argentina.

Consejo Federal de Agua Potable y Saneamiento de Argentina (1993) “Normas de estudio, criterio de diseño y presentación de proyectos de desagües cloacales para localidades de hasta 30000 habitantes”, Normas, Vol.1, Cap. 2.1; Población.

Boletín Oficial de la Pcia. Entre Ríos, Argentina (18/11/1996) Ley 9032. (21/08/1998) Decreto 3414.

Global Water Partnership (2000) “Agua para el Siglo XXI: de la visión a la Acción. América del Sur”. 81 pág.

CETESB (1997) “Relatório de Qualidades das Águas Subterrâneas do Estado de São Paulo”, Série Relatórios.

Ministério do Meio Ambiente (2000) “Projeto de Proteção ambiental e gestão sustentável do Sistema Aquífero Guaraní”, Versão 2B.

ACTORES

Personas contactadas

1. Lic. María Josefa Fioriti
UNPP Argentina
San Martín 459
Buenos Aires - Argentina
2. Dr. Miguel Auge
Consultor TOR Actividad 1
Diagonal 112 N° 70
(1900) – La Plata – BA – Argentina
Tel. (+54 221) 4242728
e-mail: auge@way.com.ar
3. Ing. Oscar Carnabucci
ENOHSA
Av. Leandro N. Alem 628 - 10° Piso
Tel. (+54 11) 48916528/9
Buenos Aires - Argentina
4. Lic. Osvaldo Teruggi
UNPP Argentina
Secretaría de Desarrollo Sustentable y Política Ambiental
San Martín 459 - Of. 405
1004 - Buenos Aires - Argentina
Tel. (+54 11) 43488623/8490
Fax 43488624
e-mail: oteruggi@sernah.gov.ar
5. Lic. Abel Pesce
Jefe Dpto. Geotermia
Servicio Geológico Minero Argentino (SEGEMAR)
Subsecretaría de Minería - MME
Av. Julio A. Roca 651 – 8° Piso
Buenos Aires - Argentina
Tel. (+54 11) 43493113
Fax 43493155
e-mail: apesce@secin.mecon.gov.ar
6. Lic. Ofelia Tujchneider
Consultor TOR Actividad 1
Ciudad Universitaria - Pje. El Pozo - CC 217
3000 - Santa Fe - Argentina
Tel. (+54 342) 4575244
Fax 4575224
e-mail: pichy@fich.unl.edu.ar

7. Ing. Horacio Bersezio
Director del Servicio Provincial de Agua Rural
(SPAR) MOSPyV
Av. Alte. Brown 4751
3000 – Santa Fe - Argentina
Tel./Fax (+ 54 342) 4554288
8. Ing. José Jorge Labuckas
Jefe Dpto. Estudios y Proyectos
(SPAR) MOSPyV
Av. Alte. Brown 4751
3000 – Santa Fe - Argentina
Tel./Fax (+ 54 342) 4554288 - 4536962
9. Ing. Fratti
Director DPOH de Santa Fe
Alte. Brown 4751
3000 – Santa Fe - Argentina
10. Ing. Sergio Flesler
Director de Hidráulica de Entre Ríos
Córdoba 641
(3100) Paraná – Entre Ríos – Argentina
Tel/Fax (+54 343) 4316065/6372
e-mail: dher@ciudad.com.ar
11. Geol. José A. Sanguinetti
Director de Minería de Entre Ríos
Córdoba 641
(3100) Paraná – Entre Ríos – Argentina
e-mail: jasanguinetti@arnet.com.ar
12. Ing. Carlos Alberto Ricciardi
Subsecretario de Recursos Hídricos de Entre Ríos
Of. 84 – Primer Piso – Casa de Gobierno
(3100) Paraná – Entre Ríos - Argentina
Tel/Fax (+54 343) 4208409/19
e-mail: srhmaer@ciudad.com.ar
13. Ing. Beatriz Villalba de Alvarenga
Jefa Gerencia Técnica Dpto. de Obras
Instituto Correntino del Agua
Corrientes - Argentina
Tel/Fax. (+54 3783) 431273
e-mail: beatrizvillalba@ciudad.com.ar

14. Téc. Iván N. Cáceres
Jefe de Producción
Aguas de Corrientes S.A.
Curuzú Cuatiá – Corrientes - Argentina
Tel. (+54 3774) 422403
Cel. 15632353
15. Sr. Manuel R. Morel
Planta de Perforaciones de IMMIL
Mariano I. Loza – Corrientes - Argentina
Tel. (+54 3773) 495005
16. Ing. Hugo R. Rohrmann
Presidente de la Administración Provincial del Agua
Marcelo T. De Alvear 32
(3500) Resistencia – Chaco - Argentina
Tel/Fax. (+54 3722) 430942 – 421132 - 448040
e-mail: hugorohrmann@ecomchaco.com.ar
17. Ing. Carlos J. Nardin
Director de Recursos Hídricos de Formosa
Santa Fe 1216 – Formosa - Argentina
Tel. (+54 3717) 433626
e-mail: cnardin@ciudad.com.ar
18. Ing. Horacio Zambón
Formosa - Argentina
Tel. (+54 3717) 432092
Fax 422703
e-mail: horaciorz@infovia.com.ar
19. Ing. José Nery González
Directore de Aguas y Suelos
J.M. Uriburu 1513
(3600) Formosa - Argentina
Tel. (+54 3717) 427576
Fax 422703
e-mail: proppfsa@satlink.com.ar
20. Ing. Anahí Mabel Poggiese
Administradora del Instituto Misionero de Agua y Saneamiento
Av. Lavalle 4809
(3300) Posadas – Misiones - Argentina
Tel. (+54 3752) 458217/18
Fax 458219
e-mail: anahipoggiese@radar.com.ar

21. Ing. Rubén A. Bladillo
Presidente del Ente Provincial Regulador de Agua y Cloaca
Félix de Azara y Córdoba
(3300) Posadas – Misiones - Argentina
Tel/Fax. (+54 3752) 447131/2
e-mail: bladillo@arnet.com.ar
22. Ing. Santiago E. Ros
Secretario de Obras y Servicios Públicos
Alvear 217
(3300) Posadas - Misiones - Argentina
Tel. (+54 3752) 447563/4
Fax 447565
e-mail: soysp@misiones.gov.ar
23. Lic. Roberto F. Longarzo
Grupo Consultor Mesopotámico
Sarmiento 1317 – 2º Piso
(3300) Posadas – Misiones - Argentina
Tel. (+54 3752) 435038
e-mail: felongarzo@spsarg.com
24. Sr. Juan Carlos Giudice
Vicepresidente de Giudice S.A.
Av. Uruguay 3255
(3300) – Posadas -Misiones - Argentina
Tel. (+54 3752) 434882 - 425654
Fax 433066
25. Lic. José Eduardo Campos
DAEE
Rua Butantá 285 – 4º Piso
Pinheiros - San Pablo – Brasil
Tel. (+55 11) 38149011 Ramal 2176
26. Geól. Joao Carlos Simanke de Souza
División Técnica Operacional en Aguas Subterráneas
SABESP
Rua Padre Joao Manoel 755 – 8º Piso
San Pablo - Brasil
Tel. (+55 11) 30834261
e-mail: jsimanke@sabesp.com.br
27. Ing. María Fátima Bueno da Silva
CETESB
San Pablo - Brasil
Tel/Fax. (+55 11) 30306032

28. Valter Galdiano Goncales
Director Técnico de HIDROGESP
Rua Inácio Luiz da Costa 1632
Parque Sao Domingo - Pirituba
San Pablo - Brasil
Tel. (+55 11) 38339777
Fax 38362133
e-mail: valter.galdiano@uol.com.br
29. Ing. Rogério Abdalad
Consultor – Energía y Medio Ambiente
Agencia Nacional de Energía Eléctrica
SGAN 603 - Módulo J – Primer Piso
Brasilia – DF –Brasil
Tel/Fax. (+55 61) 4265852
e-mail: rogerio@aneel.gov.br
30. Ing. Luiz Amore, M. Sc.
UNPP Brasileña
SAS, Cuadra 5, Lote 5, Bloque H, Ed. IBAMA, 8º Piso
Brasilia – DF - Brasil
Tel. (+55 61) 3252235
Fax 2242010
e-mail: aquifero.guarani@ig.com.br
31. Lic. Joao Salles, M. Sc.
Asesor de Hidrología y Gestión Territorial
CPRM
SGAN 603, Conj. J – Parte A – Primer Piso
Brasilia – DF - Brasil
Tel. (+55 61) 2231059
Fax 2253985
e-mail: jsrsalles@terra.com.br
32. Fernando R. De O. Carvalho
Consultor Técnico de IBAMA
SAIN AV. L4 Norte
Ed. Sede de IBAMA
Tel. (+55 61) 3161332
Fax 2250564
e-mail: rfernando@sede.ibama.gov.br
33. Lic. Félix Villar
Jefe Dpto. Recursos Hídricos
Gral. Garay y Virgen del Rosario
Ruta San Lorenzo – Luque – San Lorenzo - Paraguay
Tel/Fax. (+595 21) 582507/583504
e-mail: geovillar@hotmail.com

34. Lic. Félix Carvallo
Gral. Garay y Virgen del Rosario
Ruta San Lorenzo – Luque – San Lorenzo - Paraguay
Tel/Fax. (+595 21) 582507/583504
35. Lic. Néida Rivarola
Secretaría del Ambiente
Km 10.5 Ruta Mcal. Estigarribia
San Lorenzo - Paraguay
Tel/Fax. (+595 21) 570092
36. Dr. Juan H. Palmieri
Vicepresidente del Grupo Minero Guaraní
Ntra. Sra. De la Asunción 930
Asunción - Paraguay
Tel. (+595 21) 495511
Fax 445277
e-mail: gmg@mmail.com.py
37. Lic. Juan Ríos Otero
Ministerio de Obras Públicas y Comunicaciones
Dpto. de Recursos Hídricos
Libertad S/N
Luque – San Lorenzo - Paraguay
Tel/Fax. (+595 21) 671003
e-mail: drm.mopc@conexión.com.py
38. M.Sc. Juan Carlos Velázquez
Universidad Nacional de Asunción
C.C. 1039 y 1804
Ciudad Universitaria
Asunción - Paraguay
Tel. (+595 21) 585602
e-mail: sismolog@facen.una.py
39. Ing. Rosalino Rebey
HIDROGEON
Ruta Nac. N° 7, km 3,5
Ciudad del Este - Paraguay
Tel/Fax. (+595 61) 570954

40. Dr. Carlos Soares de Lima
Director Nacional de Minería y Geología
Ing. Agro. Enrique Massa
Area Hidrogeología
DI.NA.MI.GE.
Hervidero 2861
C.P. 11800 Montevideo, Uruguay
Tel. (+5982) 209 31 96
Fax (+5982) 209 49 05
[e-mail: dinamige@adinet.com.uy](mailto:dinamige@adinet.com.uy)
<http://www.dinamige.gub.uy>
41. Ing. Luis Loureiro
Director Nacional de Hidrografía
DNH-MTOP
Rincón 565
C.P. 11000 Montevideo – Uruguay
Tel. (+5982) 916 47 83
Fax (+5982) 916 46 67
[e-mail: dnh@uyweb.com.uy](mailto:dnh@uyweb.com.uy)
42. Ing. Agr. Daniel Araújo
Encargado de Deptos. Suelos y Aguas/Usos y Manejo del Agua
Dirección de Suelos y Aguas
Ministerio de Ganadería, Agricultura y Pesca
Avda. Garzón 456
Montevideo – Uruguay
Tel. (+5982) 3309 70 25
Fax (+5982) 305 53 07
[e-mail: duma@adinet.com.uy](mailto:duma@adinet.com.uy)
43. Ing. Emma Fierro
Gerencia Técnica de Obras Sanitarias del Estado (O.S.E.)
Arq. Lourdes Rocha
División Aguas Subterráneas
O.S.E.
Carlos Roxlo 1275
C.P. 11300 Montevideo – Uruguay
Tel. (+5982) 1871
44. Ing. Agr. Ernesto Carballo
PRENADER
Cerrito 315
C.P. 11000 Montevideo – Uruguay
Tel. (+5982) 915 43 92
Fax (+5982) 915 43 99

45. Fernando Pacheco
Departamento de Emisiones al Ambiente
Dirección Nacional de Medio Ambiente
(MVOTMA)
Rincón 422 – 6° Piso
Montevideo – Uruguay
Tel. (+5982) 9170090/2
e-mail: fpacheco@dinama.gub.uy
46. Ing. Nelson Ucha
ANCAP
Paysandú 1101
Montevideo – Uruguay
Tel. (+5982) 9084557
Fax 9006724
47. Ing. Julio Patrone
UTE
Paraguay 2431
Montevideo – Uruguay
Tel. (+5982) 2034120
Fax 2036864

ANEXOS

ANEXO 1

Cuestionario básico presentado en los distintos países con relación a la Actividad N° 3

Datos solicitados

1. Pozos en el SAG, profundos y someros. Datos de surgencia. X,Y,Z de los mismos. Presión y temperatura a boca de pozo. Altura a la que se encuentra el manómetro. Existencia de datos hidroquímicos (análisis completos de iones fundamentales).
 2. Uso de los pozos (Número de ellos que se dedica al abastecimiento público o privado, industrial, turístico, de riego, usinas geotérmicas o inyección de líquidos residuales).
 3. Caudales de surgencia de los pozos. Caudales de extracción en caso de uso de bombas. Caudal anual de uso real. Calidad del agua.
 4. Costo de una perforación bien realizada desde el punto de vista técnico, en zona aflorante y en zona infrabasáltica, y del equipamiento necesario para extraer 300 a 400 m³/h. Compañías principales que intervienen en esta tarea, por estado.
 5. Entidades oficiales o privadas que usan el recurso. Usos relativos de agua subterránea y superficial por estado para abastecimiento público. Costo del m³ de agua potable o del costo del KW promedio por actividad.
 6. Datos de uso de la tierra en forma global. Demarcación de zonas más desarrolladas en los estados que subyace el SAG.
 7. Principales actividades económicas que usan agua en los estados involucrados en el Proyecto.
 8. Proyectos estatales que prevean uso de agua del SAG en los próximos 25 años.
 9. Organismos públicos o privados que actúan o tienen autoridad en el otorgamiento de permisos de perforación, de estudios de impacto ambiental, en toma de datos, registro de perforaciones y posesión de bancos de datos. Existencia de ley de aguas por estado o nacional.
 10. Cartas de vulnerabilidad intrínseca en zonas aflorantes de los sedimentos que contienen el SAG.
 11. Balances hídricos al nivel de suelo o globales en zonas de afloramiento. Areas totales de afloramiento por estado.
 12. Información básica (cartografía, datos climáticos, hidrografía, geología e hidrogeología, tipos y uso de suelos, datos catastrales, censos económico-sociales). Escalas, y organismos que los poseen.
 13. Informes de consultoría que contengan datos del basalto o de las areniscas.
 14. Fórmulas de proyección de la demanda de agua que se utilizan al nivel nacional o estadual. Detalles.
 15. Importancia del agua subterránea en las expectativas socioeconómicas estatales. Posibles usos inmediatos.
 16. Identificación de posibles expectativas que genere el Proyecto par ala Portección ambiental y Uso sustentable del SAG.
-

ANEXO 2

Bibliografía de interés

- * Estudios Geofísicos de Aguas Subterráneas Profundas sobre la Costa del Río Uruguay (Convenio Agua y Energía – Dirección de Minería de Entre Ríos – 1986)
- *" Desarrollo Turístico de la Actividad Termal en el Litoral del Uruguay" (Hidrosud Sociedad de Consultores-1988)
- * Mediciones Geofísicas en San José – Entre Ríos (Unidad Ejecutora –Dpto de Geofísica-IIACE-CRICYT-Mendoza –1992)
- * Exploración Geoeléctrica y Análisis Geológico en Villa Elisa –Entre Ríos (J.A.Sanguinetti, E.Díaz, O.Dalla Costa, 1993)
- * Exploración Geoeléctrica y Análisis Geológico en Colón -Entre Ríos (J.A.Sanguinetti, E.Díaz, O.Dalla Costa, 1993)
- * Prospección Hidrotermal por Métodos Geoeléctricos en la Ciudad de La Paz- Entre Ríos (Geoconsult.S.A. 1996)
- * Acuíferos Profundos en Villaguay –Entre Ríos (Consultora Geofísica INGEP SRL –1997)
- * Hydrogeology of the Mercosul aquifer system in the Paraná and Chaco-Paraná Basins, South America , and comparasion with the Navajo –Nugget aquifer system,USA (L.M.Araujo, A.B. Franca, P.E.Potter Petrobras 1999)

En la Dirección de Minería de la Provincia de Entre Ríos se dispone de informes sobre la cuenca chaco-paranense realizados por Fernandez Garrasino y otros (ex YPF) y también de informes que incluyen exploración geoeléctrica y descripción de columnas lito-estratigráficas para Colón, Villa Elisa y Concordia , producidos por el organismo nacional de incumbencia en fuentes termales.(Secretaria de Energía y Minería de la Nación). Informes recientes .

En relación a la parte cuspidal de la columna estratigráfica y suelos superficiales se dispone en la Subsecretaria de Recursos Hídricos y Medio Ambiente de los Informes de las Etapas II y III (Estudios de Aguas Subterráneas en la Provincia – Convenio CFI- Prov. de Entre Ríos – Años 1996 –2000). En los aspectos geológico-estratigráficos y de suelos superficiales estos informes sintetizan el estado actual del conocimiento del tema para la cuenca del Arroyo Feliciano y para la zona centro-oeste de la Provincia.

Datos aportados por: Geól. José A. Sanguinetti (Director de Minería de Entre Ríos))
Dic . 2000 (jasanguinetti@arnet.com.ar)