

SISTEMA ACUÍFERO GUARANÍ

NIVEL BASE DE CONOCIMIENTO EN EL PILOTO: CONCORDIA [ARGENTINA]-SALTO [URUGUAY]



Primera Perforación en URUGUAY: Pozo Arapey -1937-



Primera Perforación en ARGENTINA: Pozo Federación -1994-

AÑOS
2003-2012



Termas Vertiente de la Concordia
Entre Ríos, ARGENTINA



Termas Club Remeros Salto. URUGUAY

Autores: Dr. JORGE NÉSTOR SANTA CRUZ y Lic. ESTELA MARÍA SOLANA
PLAN DE AGUAS SUBTERRÁNEAS -COHIFE- SUBSECRETARÍA DE RECURSOS HÍDRICOS DE ARGENTINA



PLAN NACIONAL FEDERAL DE AGUAS SUBTERRÁNEAS DE LA REPÚBLICA ARGENTINA

NIVEL BASE DE CONOCIMIENTO EN EL PILOTO CONCORDIA (Argentina) - SALTO (Uruguay) SISTEMA ACUÍFERO GUARANÍ

REIMPRESIÓN - AÑO 2013

Versión original: Serie Manuales y Documentos Técnicos del
**“Proyecto para la Protección Ambiental y Desarrollo
Sostenible del Sistema Acuífero Guaraní”**

Fondo para el Medio Ambiente Mundial - Banco Mundial

Organización de Estados Americanos

República Argentina, República Federativa del Brasil

República del Paraguay

República Oriental del Uruguay

ISBN: 978-987-29297-0-1

Adhesión: Ministerio de Ciencia, Tecnología e Innovación Productiva de la República Argentina; Agencia Nacional de
Promoción Científica y Tecnológica; Fondo para la Investigación Científica y Tecnológica;
Proyecto de Investigación y Desarrollo 075/2011

www.hidricosargentina.gov.ar

I. INSTITUCIONAL DEL PILOTO

Comisión Local argentina del Proyecto Piloto:

Concordia (AR) – Salto (UY) del PSAG 2003-2009

Presidente	Mireya López Bernis/Arizcoreta Sergio
Facilitador	Enrique Massa Seguí
Asistentes técnicos	Ricardo Rosales/Cristian Garabau
Pasante OEA	Estela Solana
Administrativo	Miguel Ruíz Díaz

Geóloga María Santi - Dirección de Hidráulica de la Provincia de Entre Ríos

Geógrafa María Josefa Fioriti - Subsecretaría de Recursos Hídricos de Argentina

Actual: Jefe Departamento Articulación Local Concordia SAG: Arq. Mireya López Bernis

Salto (UY):

Eduardo Tenca

Lourdes Batista

Ximena Lacués

Carlos Cattani

José Pinto

AUTORIDADES MUNICIPALES ACTUALES

Contador Gustavo Eduardo Bordet

Presidente Municipal de Concordia (Ar)

Sr. Germán Coutinho

Intendente de Salto (Uy)

AGRADECIMIENTOS

María Josefa Fioriti, Mireya López Bernis, Lida Borello, María Santi y Enrique Massa Seguí por los apoyos recibidos, lectura del material y gestiones realizadas para la presente publicación y su difusión.

II. PRESENTACIÓN

Este trabajo tiene su origen en la conveniencia de agrupar y consolidar las principales tareas, desarrollos y conocimientos producidos en el área del denominado “Piloto Transfronterizo Concordia-Salto”, entre Argentina y Uruguay, correspondiente al Proyecto Protección Ambiental y Desarrollo Sostenible del Sistema Acuífero Guaraní –PSAG– (2003-2009). En efecto, de la lectura de los informes finales producidos en el referido Proyecto se advierte la dificultad de focalizar fácilmente lo correspondiente a los Proyectos Pilotos con que contó el PSAG, y la carencia de un contenido abarcativo del conocimiento alcanzado. Además, se ha continuado produciendo información y otras acciones luego de la finalización del Proyecto a nivel de los 4 países, y en nuestro caso en el área Concordia-Salto. También para el armado concreto de este trabajo, se acudió a presentar algunos antecedentes específicos existentes, no publicados por el PSAG.

La dinámica existente en el mundo de atención al derecho aplicado a los acuíferos transfronterizos implica un ajustado conocimiento del sistema acuífero de cada caso, por lo que este trabajo también pretende contribuir a crear un marco adecuado para perseguir aumentando el conocimiento del Recurso, y permitir contar con un ejemplo “Piloto” aplicado también al desarrollo de las ciencias jurídicas para los casos de acuíferos que trascienden las fronteras políticas.

Se deja constancia del empeño con que se trabajó –y se sigue mancomunadamente trabajando– en este “Piloto” Concordia-Salto durante y después de finalizado el PSAG, tanto por la Argentina como Uruguay, colaborando en transferir, comunicar y difundir el conocimiento técnico-científico a la sociedad. Especialmente alentamos a la Provincia de Entre Ríos y al Municipio de Concordia a seguir en ese camino con nuestro fuerte apoyo.

Dr. Jorge N. Santa Cruz

Ex Coordinador Técnico del PSAG y Coordinador del Plan Nacional Federal de
Aguas Subterráneas
de la República Argentina - Consejo Hídrico Federal
y Subsecretaría de Recursos Hídricos

III. ANTECEDENTES

Los Gobiernos de Argentina, Brasil, Paraguay y Uruguay convinieron, a principios del 2000, llevar adelante el Proyecto para la “Protección Ambiental y el Desarrollo Sostenible del Sistema Acuífero Guaraní” (el Proyecto), con el apoyo del Fondo para el Medio Ambiente Mundial (GEF) y del Banco Mundial (BM) como Agencia de Implementación de los fondos GEF. Para ello las partes acordaron que la Secretaría General de la Organización de Estados Americanos (SG/OEA), actuara como agencia ejecutora internacional del Proyecto. La SG/OEA ejecutó técnica y administrativamente el Proyecto a través de su Departamento de Desarrollo Sostenible (DDS-OEA). El Proyecto se estructuró en 7 Componentes: I) expansión y consolidación del conocimiento científico y técnico del Sistema Acuífero Guaraní; II) desarrollo e implementación conjunta de un marco de gestión; III) fortalecimiento de la participación pública, la comunicación social y la educación ambiental; IV) evaluación, seguimiento y diseminación de los resultados del Proyecto; V) desarrollo del adecuado manejo del acuífero y medidas de mitigación en áreas críticas identificadas - **PROYECTOS PILOTOS**; VI) análisis del potencial geotérmico del acuífero y, VII) coordinación y gestión para la ejecución del Proyecto. En los Arreglos Institucionales para la ejecución del Proyecto se convino en instalar una Secretaría General localizada en la ciudad de Montevideo, Uruguay. La Secretaría General (SG-SAG), se integró con un Secretario General del Proyecto, dos Coordinadores Técnicos (Componentes I y VI, y Componente II y V), Administración, Comunicación, Asistente Técnico en la Sede, apoyo administrativo y cuatro Facilitadores Locales en las Áreas Piloto. Este Proyecto finalizó en enero de 2009, habiéndose iniciado en mayo de 2003. Fue diseñado en la fase de preparación desde enero de 2000 a diciembre de 2001. Los resultados del Proyecto para la Protección Ambiental y Desarrollo Sostenible del Sistema Acuífero Guaraní fueron presentados en noviembre de 2008.

El Proyecto fue completamente ejecutado y el objetivo de los países para avanzar en el desarrollo del proceso de gestión de los recursos hídricos subterráneos fue plenamente cumplido.

Cartografía básica: En la primera fase de ejecución del proyecto, los técnicos crearon una cartografía básica, común a los cuatro países involucrados, para servir de base a la elaboración de un conjunto de mapas técnicos específicos y el registro de datos recolectados en el campo. Las 191 cartas topográficas del área del acuífero en los 4 países fueron consolidadas por primera vez bajo un mismo sistema de coordenadas y de proyecciones geográficas. El mapa básico del Sistema Acuífero Guaraní ganó en 2008 un importante premio internacional.

Base de Datos Hidrogeológicos: La construcción de una Base de Datos Hidrogeológicos consistida fue posible a partir del análisis de la información de más que 7.500 pozos perforados en la región, donde se confirmó que el 50 % de los mismos acceden al Acuífero Guaraní. Estos datos son de fundamental importancia para la comprensión y la gestión de los recursos hídricos de los cuatro países involucrados.

Red de Monitoreo: Una Red de Monitoreo regional analizará un conjunto inicial de 180 pozos para el seguimiento de la capacidad de uso y la calidad del agua. Los datos de la red local propuesta deberán ser evaluados en las áreas pilotos, donde servirán de apoyo a los procesos de toma de decisión por parte de los gestores públicos.

Sistema de Información para el SAG (SISAG): Todo el relevamiento de pozos realizado por el Proyecto y registrado en la cartografía básica unificada será permanentemente actualizado por las instituciones de gerenciamiento de la información hídrica en las 33 estaciones de trabajo en los países que conforman el sistema de información del Acuífero, accesible a todo el público interesado a través de la internet.

Modelos: Los estudios e investigaciones hidrogeológicas del Acuífero Guaraní posibilitaron el desarrollo de mapas temáticos y modelos matemáticos de predicción de las disponibilidades y flujos del agua almacenada en las áreas pilotos. Estos modelos pueden ser ajustados en relación a la evolución del uso de las aguas subterráneas y a las modificaciones que se puedan producir, constituyéndose así en una importante herramienta de planificación y gestión local. El modelo regional apunta a la necesidad de promover la gestión del agua subterránea a una escala de mayor detalle para la efectiva protección y uso sostenible del acuífero.

Difusión: El Proyecto logró posicionar el agua subterránea en la agenda pública de la región y llegar con información precisa sobre el Acuífero Guaraní a casi 5 millones de personas a través del spot para televisión, del sitio de Internet y las actividades de más de 40 Organizaciones No Gubernamentales (ONGs) involucradas.

Fondo de Universidades: El Fondo de Universidades fue un instrumento creado para apoyar a las universidades de la región en sus esfuerzos de investigación y docencia.

Posibilitó el desarrollo de 9 trabajos, realizados en colaboración por dos o más universidades de la región, apoyando a un total de 18 instituciones académicas.

Fondo Guaraní de Ciudadanía: El Fondo Guaraní de la Ciudadanía financió 24 proyectos de ONGs e instituciones educativas. Por medio del desarrollo de actividades presenciales y de la difusión de contenidos didácticos a través medios locales de comunicación, se llegó de modo directo a dos millones trescientas mil personas. La ejecución de los proyectos posibilitó a las ONGs incorporar el agua subterránea en sus áreas de actuación y seguir trabajando en la temática.

Pueblos Originales - Indígenas: Los pueblos indígenas de la región, representados por más de 160 miembros, participaron del Proyecto a través de encuentros en los que, además de recibir información, expresaron sus preocupaciones y formularon sus propuestas.

Futuro: El Proyecto permitió un enorme avance del conocimiento sobre el Sistema Acuífero Guaraní (SAG) y fortaleció la necesidad de promover su protección y uso sostenible mediante una mejor gestión de las características y valor de las aguas subterráneas y su tratamiento conjunto con las aguas superficiales en el contexto de la Gestión Integrada de los Recursos Hídricos, reafirmando asimismo la soberanía de cada uno de los países sobre el recurso.

Análisis de Diagnóstico Transfronterizo (ADT): El relevamiento preliminar de las percepciones y prioridades de los principales usuarios e interesados en el SAG fue consolidado en tres ejes principales: riesgos potenciales de sobreexplotación, de contaminación de los pozos y la necesidad de fortalecer las capacidades para su gestión.

Programa Estratégico de Acción (PEA): Elaborado a partir de acciones prioritarias propuestas por los países, el Programa Estratégico de Acción fue detallado y sistematizado en 11 ejes. El gerenciamiento del Acuífero Guaraní por los países a los cuales pertenece depende de la apropiación de los conocimientos e instrumentos de gestión, creados en el ámbito del Proyecto, y de la continuidad de los procesos de cooperación efectiva desarrollados conjuntamente por Argentina, Brasil, Paraguay y Uruguay.

ÍNDICE

CAPÍTULO 1. CARTOGRAFÍA Y MAPA GEOLÓGICO SUPERFICIAL	
GEOLOGÍA. GEOFÍSICA	13
1.1. Cartografía	13
1.2. Estratigrafía	24
1.3. Estructura	37
1.4. Geofísica	39
CONSIDERACIONES SOBRE EL CAPÍTULO	53
CAPÍTULO 2. PERFORACIONES TERMALES EXISTENTES. MONOGRAFÍAS	55
2.1. Principales pozos termales y sus características hidráulicas	56
2.2. Ubicación de pozos	56
2.3. Monografías de pozos	57
2.3.1. Perforación Village Termal - H2O Termal. Villa Zorraquín	57
2.3.2. Perforación Vertiente de la Concordia	58
2.3.3. Perforación Obras Sanitarias del Estado (OSE)	59
2.3.4. Perforación Club Remeros	60
2.3.5. Perforación Daymán	61
2.3.6. Perforación Posada Siglo XIX	62
2.3.7. Perforación San Nicanor	63
2.3.8. Perforación Hotel Horacio Quiroga	64
2.3.9. Perforación Fuente Nueva	65
CAPÍTULO 3. HIDROGEOLOGÍA	67
3.1. Hidroestratigrafía	67
3.1.1. Modelo conceptual sub-regional	67
3.1.2. Modelo conceptual del área del Piloto Concordia-Salto	69
3.2. Superficies hidroestratigráficas	71
3.2.1. Superficie del terreno	71
3.2.2. Techo del basalto	71
3.2.3. Techo del Sistema Acuífero Guaraní (SAG)	72
3.2.4. Piso del Sistema Acuífero Guaraní (SAG)	73
3.2.5. Espesor del Sistema Acuífero Guaraní (SAG)	74
3.2.6. La superficie del Techo del Basamento Precámbrico	75
3.2.7. Superficie potenciométrica	77
3.2.8. Condiciones de recarga/descarga del acuífero	78

3.3. Análisis de los ensayos hidráulicos	79
3.3.1. Metodología para los ensayos de campo	80
3.3.2. Análisis de los ensayos	81
3.3.3. Conclusiones de los ensayos hidráulicos	83
CONSIDERACIONES SOBRE EL CAPÍTULO	84
CAPÍTULO 4. HIDROQUÍMICA E ISOTOPIA	85
4.1. Descripción de la red de monitoreo	85
4.2. Resultados del muestreo del año 2006	86
4.2.1. Parámetros medidos en campo	86
Alcalinidad	86
Conductividad eléctrica (CE)	87
pH	88
Temperatura	89
4.2.2. Resultados de laboratorio	91
Metales	93
Cationes	93
Aniones	95
Otros parámetros	100
Parámetros orgánicos	102
Microbiología	103
Facies hidroquímicas	104
4.3. Calidad del agua subterránea – Análisis de pozos de bombeo	105
4.3.1. Resultados químicos de los ensayos hidráulicos	105
4.3.2. Resumen de análisis químicos de los ensayos hidráulicos	107
4.4. Isotopía	108
4.4.1. Muestreo	108
4.4.2. Resultados de isótopos estables	109
4.4.2.1. Grupo 1 - Pozos someros en el área del Piloto	109
4.4.2.2. Grupo 2 - Pozos profundos en el área del Piloto	109
4.4.2.3. Grupo 3 - Pozos profundos por fuera del área del Piloto	110
4.4.3. Análisis e interpretación de los resultados	110
4.4.3.1. Trazado de los isótopos estables	110
4.4.3.2. Análisis - Pozos someros (Grupo 1)	112
4.4.3.3. Análisis - Pozos profundos del SAG (Grupo 2)	112
4.4.3.4. Análisis - Pozos profundos por fuera del área del Piloto (Grupo 3)	112

4.4.4. Susceptibilidad intrínseca del agua subterránea (GWIS)	113
4.5. Estudio de la dinámica del agua subterránea en el Sistema Acuífero Guaraní (SAG) mediante técnicas isotópicas	115
4.5.1. Origen de los solutos	116
4.5.2. Conclusiones	116
4.5.3. Recomendaciones	118
CONSIDERACIONES SOBRE EL CAPÍTULO	118
RESULTADOS DEL MONITOREO DE POZOS PROFUNDOS DESDE MAYO 2009 A DICIEMBRE 2011	123
CONCLUSIÓN	127
CAPÍTULO 5. MODELACIÓN NUMÉRICA DEL PILOTO CONCORDIA-SALTO EN EL SISTEMA ACUÍFERO GUARANÍ	129
5.0. CONCLUSIONES	133
RECOMENDACIONES	134
5.1. Escasez de información	134
5.2. Recolección de información a partir de las instalaciones existentes	135
5.3. Nuevas investigaciones	136
5.4. Modelación futura	136
5.5. Desarrollo en etapas	137
CONSIDERACIONES SOBRE EL CAPÍTULO	137
CAPÍTULO 6. CARACTERÍSTICAS DE LAS TERMAS	139
6.1. Usos del recurso termal y su impacto ambiental	139
6.1.1. Impacto bacteriológico	140
6.1.2. Conclusiones	141
6.2. Contenido de metales en agua del SAG	142
6.2.1. Arsénico	142
6.2.2. Metodología para el establecimiento de niveles guía de calidad de agua ambiente para recreación humana	143
6.2.3. Criterios	144
6.3. Presencia de microalgas en pozos termales profundos del SAG	144
6.3.1. Introducción	144
6.3.2. Aspectos Generales sobre las Algas	146
6.3.3. Área de Estudio	147

6.3.3.1. Metodología	148
6.3.3.2. Características de las algas identificadas	151
6.3.3.3. Conclusiones y Recomendaciones	155
CONSIDERACIONES SOBRE EL CAPÍTULO	157
CAPÍTULO 7. ESTUDIO TÉCNICO SOCIO-ECONÓMICO	159
7.1. Introducción	159
7.1.1. Concordia-Salto. Entorno físico	159
7.1.2. Topografía y fisiografía	160
7.1.3. Clima	161
7.1.4. Uso del agua subterránea del SAG	161
7.2. Descripción del área del Piloto	162
7.2.1. Marco Legal e Institucional	162
7.2.2. República Argentina	162
7.2.3. República Oriental del Uruguay	163
7.3. Aspectos Técnicos	163
7.3.1. Usos del suelo	163
7.3.2. Usos del agua	164
7.4. Aspectos socio-económicos	164
7.4.1. Consumo de Agua	166
7.4.2. Consumo urbano (consumo actual vs. proyectado)	166
7.4.3. Usos conflictivos y competencia presente/futura	167
7.4.4. Penalidades por descarga de efluentes contaminados	167
7.4.5. Importancia del SAG en el área del Piloto y dependencia de la población en el área de influencia	167
7.4.6. Instrumentos Económicos	168
7.4.7. Desarrollo Sostenible del SAG en Concordia-Salto	168
CONSIDERACIONES SOBRE EL CAPÍTULO	170
BIBLIOGRAFÍA CONSULTADA Y COMPLEMENTARIA	171
CRONOLOGÍA Y EVOLUCIÓN DE LA ACTIVIDAD LOCAL DEL PILOTO	
CONCORDIA-SALTO	177
EPÍLOGO	192

CAPÍTULO 1

CARTOGRAFÍA Y MAPA GEOLÓGICO SUPERFICIAL. GEOLOGÍA. GEOFÍSICA

1.1. Cartografía

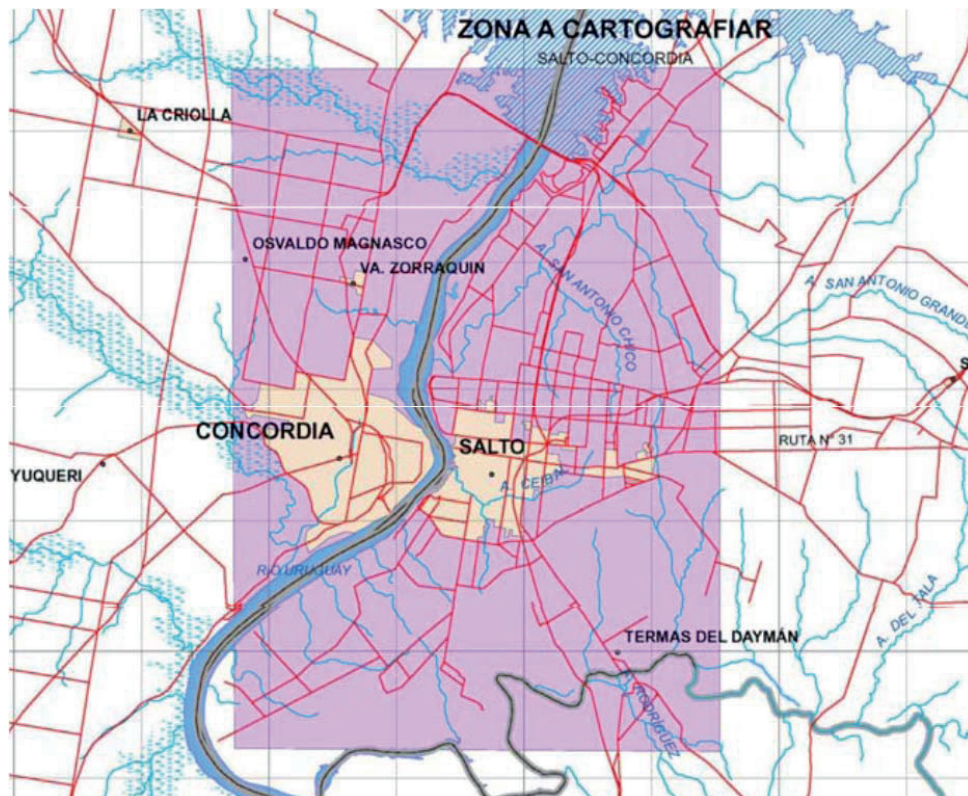
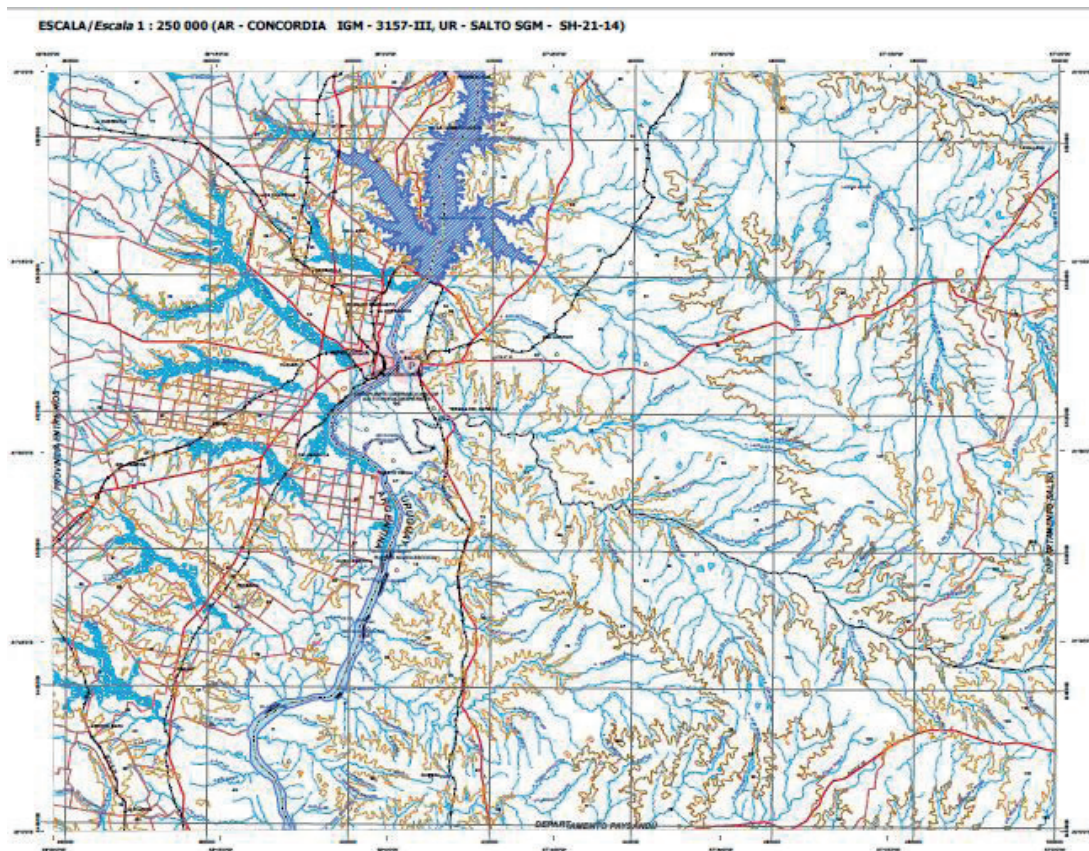


Fig 1. Zona de mapeo Proyecto Piloto Concordia-Salto.



ciudades de Concordia y Salto y abarcará una superficie aproximada de 500 Km² en los territorios de la Provincia de Entre Ríos (Argentina) y del Departamento de Salto (Uruguay).

Anexo III.

La escala de trabajo sería de 1: 50 000.

1. Elaboración

1.1. Metodología

1.1.1. La elaboración de la cartografía básica tiene por objeto la captura y el procesamiento de los elementos o detalles que son de interés de este proyecto, consiste básicamente en la captura de coordenadas 2D (x,y), 2,5D (x,y + z como atributo) como por ejemplo curvas de nivel, y 3D (x,y,z); su impresión en formato digital (softcopy) y papel (hardcopy) en escala de salida 1: 3 000 000 y sobre todo, constituirá la base gráfica del SIG. Se realizará a partir de las informaciones cartográficas existentes tanto en papel como en digital a escala: 1: 250 000 a 1: 50 000 utilizándose como apoyo puntos de control terrestre y otros productos cartográficos disponibles.

1.1.2. La digitalización de la información cartográfica se realizará en forma directa de las cartas topográficas en papel mediante el uso de programas CAD y SIG compatibles, y dependerán de las formas como se encuentren los datos en los diferentes países involucrados:

- Digitalización de mapas análogos existentes.
- Introduciendo directamente al sistema archivos digitales existentes.
- Introduciendo directamente al sistema los archivos digitales que contienen las imágenes satelitales.
- Coordenadas digitales obtenidas en levantamientos de campo.

1.1.3. En el proceso de entrada de datos se conservarán los sistemas de referencias originales de los productos utilizados con excepción del sistema de proyección que deberá ser UTM.

1.1.4. Para la integración y obtención del mapa final, estos sistemas de referencias serán convertidos en los siguientes parámetros:

- Datum Horizontal: WGS84
- Elipsoide: WGS84
- Datum Vertical: Imbituba (Brasil) u otro propuesto y justificado por el oferente
- Proyecciones: Policónica o Cónica Conforme de Lambert (el oferente justificará la elección siguiendo estándares para mapas topográficos en esa escala)

1.1.5. Unidades de Medida: Sistema Internacional (SI).

1.1.6. El proceso de vectorización y el registro de la información gráfica georeferenciada serán automáticas a tiempo real.

1.1.7. Requisitos básicos de información para entrada de datos:

- a) Cartas topográficas a escala 1: 250 000 como mínimo y 1: 50 000 como máximo.
- b) Puntos de control y sus coordenadas terrestres correspondientes (X,Y,Z).
- c) Archivos digitales con escala de captura 1: 250 000 a 1: 50 000.
- d) Imágenes satelitales digitales georreferenciadas en lugares sin cartografía y/o para actualización.

1.1.8. La empresa consultora oferente coordinará con las diferentes instituciones responsables de la cartografía en los cuatro países la adquisición y utilización de los materiales cartográficos necesarios, puntos de apoyo terrestre u otros a ser utilizados en la elaboración del Mapa Base, conforme a las legislaciones respectivas; además deberá coordinar sus trabajos con el componente de Sistemas de Información Geográfica para garantizar su adecuada integración al SISAG. Igualmente, en lo posible, debe efectuarse la revisión y validación del mapa base por parte de las instituciones responsables de la cartografía oficial en cada uno de los países, para lo cual dispondrá de los recursos económicos necesarios.

1.2. Modelo Digital de Elevaciones (MDE)

1.2.1. El MDE será obtenido y proveído como una entrega separada en formato ASCII en CD ROM. Estos serán archivos digitales, incluyendo valores XYZ, formateados como campos fijados, e incluyendo cualquier información sobre codificación adicional. El MDE será utilizado como producto necesario para análisis y mapeo en un Sistema de Información Geográfica (SIG).

1.2.2. El MDE proporcionará puntos de perfiles a distancias regulares para la obtención de curvas de nivel con equidistancia de 100 metros, y puntos acotados.

1.2.3. La colección de datos debe incluir puntos de elevación a lo largo de líneas de cambio de pendientes, puntos significativos como cumbres y depresiones, y los perfiles a intervalos regulares. La densidad de puntos en la colección deberá estar en función del tipo de terreno. La malla irregular generada por correlación automática de imágenes será regularizada con resolución espacial acorde a esta especificación.

1.2.4. Los datos serán ordenados de Oeste a Este en perfiles de Norte a Sur.

1.2.5. Las elevaciones estarán referidas al Nivel Medio del Mar (NMM), Datum Vertical mencionado en el ítem 1.1.4.

1.2.6. Las líneas de cambio de pendiente deberán incluir serranías, drenajes, fronteras de superficies de agua y otros caracteres lineales distintivos que impliquen un cambio brusco en la pendiente (mayor a 36 %).

1.2.7. Se elaborará un mapa de pendientes conforme a la siguiente clasificación:

0 – 2 % = plana

2 – 9 % = Ligeramente ondulada

9 – 18 % = Medianamente ondulada

18 – 27 % = Ondulada

27 – 36 % = Fuertes

+ de 36 % = Extra fuertes

1.2.8. La información de puntos de elevación estará codificada por tipos para distinguir entre líneas de cambios de pendiente, puntos adicionales de masa de agua y puntos de perfiles.

1.2.9. En la colección de datos del MDE debe distinguirse entre líneas de cambio de pendiente brusco y suave, por ejemplo un cambio gradual de declive será una línea de pendiente suave, mientras que el borde de un risco será un cambio de pendiente brusco. Esta distinción se utilizará en una interpolación posterior del MDE y la creación de un modelo de superficie en un GIS.

1.2.10. El contratista deberá describir el método a ser utilizado en la producción del MDE y someter a consideración de la SG-SAG.

1.2.11. El contratista deberá usar un método de producción de MDE que se ajuste a la precisión vertical para la generación de curvas de nivel con equidistancia de 100 metros, la precisión horizontal de acuerdo a estas especificaciones.

1.2.12. El error medio en la determinación de la elevación de un punto será de ± 25 metros en el MDE.

1.2.13. La Exactitud Vertical variará de acuerdo con el porcentaje de declive que caracterice al terreno cartografiado. El 90 % de las curvas de nivel y elevaciones de puntos será igual a $\frac{1}{4}$ del intervalo de curvas de nivel estipulado para ese porcentaje de declive, conforme a las especificaciones del Instituto Panamericano de Geografía e Historia; o al estándar ISO TC/211 del Comité de Estándares de Datos Espaciales CP IDEA¹, en caso de no estar definido la consultora propondrá uno.

1.3. Estructura de Archivo

1.3.1. Los archivos digitales producidos serán suministrados en formato vectorial, compatibles con los sistemas existentes en los cuatro países, con topología y bases de datos asociadas.

1 Sitio Web: www.isotc211.org

1.3.2. La normalización y codificación de la información se realizará conforme a estándares ISO TC/211.

1.3.3. La observación en una terminal gráfica de computadora deberá permitir la orientación del Norte de la proyección de cuadrícula en la parte superior.

1.4. Información Gráfica Vectorizada – Mapa Digital.

1.4.1. Los productos serán en forma digital (“softcopy”) y analógica (“hardcopy”), y deben ser de línea (ficheros vectoriales).

1.4.2. La altimetría incluye curvas de nivel con degradaciones isométricas cada 100 metros y puntos de control altimétrico y constituyen la base topográfica del mapa a imprimir. Se buscará evitar superposición de información.

1.4.3. Las curvas de nivel se generarán automáticamente a partir del Modelo Digital de Elevaciones (MDE) y se ajustarán a lo siguiente:

- a) La equidistancia de las curvas de nivel será de 100 metros.
- b) Partiendo del nivel cero (0), en cada quinta curva de nivel se rotulará y acentuará el espesor de la línea para identificar la curva índice.
- c) Los puntos de control altimétrico se rotularán y se identificarán con un símbolo a ser diseñado por la firma consultora y sometidos a consideración de la SG-SAG.

1.4.4. Para cada hoja o lámina del mapa digital para su impresión se generarán:

- a) Líneas de latitud y longitud con separación de 2 (dos) grados, la proyección será la Policónica o Cónica Conforme de Lambert, además de los paralelos y meridianos límites de hoja se generarán intersecciones de 1 (un) cm por 1 (un) cm cada 1 (un) grado.
- b) En este nivel cada punto de control se ploteará en su posición con símbolos cartográficos.

1.4.5. Se identificarán los límites con símbolos cartográficos únicos estándar:

- a) Límite internacional.
- b) Límite Departamental, Estadual o Provincial.
- c) Límite Distrital (en función a la densidad de detalles).

1.4.6. La colección de datos se hará a una densidad que permita una salida de impresión en papel (Hardcopy) a escala 1: 3 000 000 y mayor, conforme a las necesidades de los usuarios.

1.4.7. Se hará un esquema de ubicación del mapa digital de acuerdo al formato de salida dentro del mapa de América del Sur.

1.4.8. Los objetos espaciales y sus atributos serán estructurados de acuerdo al tipo, clase, tabla de nombres, valores y textos.

1.4.9. La estructura de los objetos digitalizados en el archivo será organizada y codificada en distintos niveles o capas de acuerdo a la siguiente clasificación:

- a) Hidrografía: Océanos (líneas costaneras).
Ríos.
Lagos, Lagunas.
Represas.
Pantanos (los grandes).
Arroyos.
- b) Topografía: MDE.
Curva de nivel.
Puntos de control horizontal y vertical.
- d) Planimetría: Vías de comunicación, incluyendo nomenclatura (Internacional, Nacional, Departamental, Estadual, Provincial).
Aeropuertos, Puertos, Ciudades, Capitales de Países, (Departamentos, Estados, Provincias, en función a la densidad de detalles).
- e) Límite territorial: Límite del área de influencia del acuífero Internacional, Nacional, Departamental, Estadual, Provincial (se capturarán en la entrada de datos pero no se imprimirán en el mapa de salida).
- f) Base Cartográfica: Cuadrícula original de los productos utilizados de cada país en las láminas de entrada de datos.
Proyección UTM en las láminas de entrada de datos.
Proyección Policónica o Cónica Conforme de Lambert en el producto de salida.
- g) Cada hoja o lámina utilizada como base cartográfica de entrada de datos conservará su identificación o código correspondiente a la posición que ocupa la lámina en el diagrama de hojas que cubre el área de estudio en los diferentes países, se conformará un diagrama de hojas del conjunto que cubre el área del acuífero que estará ubicado en un nivel independiente.

1.4.10. Esta organización y estructura de archivo es provisional, la tabla final o lista de código de atributos con sus detalles y tipos de detalles asociados deberán ser diseñados y elaborados por la empresa consultora conforme a requerimientos específicos del proyecto para su adecuada incorporación y utilización en el SIG, y entregados a la SG-SAG para su aprobación.

1.4.11. El contratista incluirá los metadatos de los productos utilizados. El almacenamiento y actualización del banco de metadatos se generará siguiendo los padrones ya establecidos respecto a estándares internacionales (como por ejemplo ISO TC/211), pudiendo realizarse en forma automática conforme a procesos definidos por el contratista y aprobados por la SG-SAG.

1.5. Precisión del Mapa Digital.

1.5.1. Precisión horizontal: El 90 % (noventa por ciento) de todos los elementos planimétricos debe ubicarse dentro ± 0.50 mm (125 metros aproximadamente) de su posición geográfica. Cualquier desplazamiento de su representación ocasionado por el ajuste entre materiales de consulta y la simbolización deberá mantenerse al mínimo.

1.5.2. El desplazamiento máximo de cualquier característica bien definida de su posición verdadera no excederá ± 0.50 mm a la escala del mapa (125 metros aproximadamente).

1.5.3. La precisión vertical debe ser tal que el 90 % (noventa por ciento) de todas las curvas de nivel y elevaciones de puntos deben ser precisas dentro de $\frac{1}{4}$ del intervalo básico de curvas de nivel (+ 25 metros).

1.5.4. La confección de las cartas debe considerar que los elementos o detalles espaciales que correspondan a más de una hoja o carta deben estar computacionalmente exactos en sus coordenadas.

1.5.5. Se debe seguir el estándar ISO TC/211 del Comité de Estándares de Datos Espaciales.

1.6. Formato de Salida

1.6.1. El formato de impresión del mapa digital estará limitado por coordenadas geográficas.

1.6.2. El Mapa a escala 1: 3 000 000 tendrá un formato de 23 grados de arco de latitud por 20 grados de arco de longitud.

1.6.3. En el margen inferior, en los dos idiomas oficiales del Mercosur como mínimo, conforme a estándares, llevará la información correspondiente a los siguientes:

- a) Escala
- b) Equidistancia de curvas de nivel y/o degradaciones isométricas en escala 100 metros
- c) Sistemas de referencias: datum, proyección, elipsoide
- d) Gráfico de ubicación del área de influencia del acuífero dentro del mapa de América del Sur
- e) Fuente de datos utilizados y actualidad de los mismos
- f) Institución o entidad responsable
- g) Fecha de edición e impresión
- h) Leyenda
- i) Logo del proyecto
- j) Banderas de los países

1.7. Toponimia

1.7.1. Se rotularán los nombres, valores y símbolos a imprimir; los tipos de letra, las dimensiones, posiciones y cantidades serán preparadas por la firma consultora y presentadas a la Secretaría General para su aprobación y son los siguientes:

- a) Los valores de cuadrícula y proyección de cada lámina
- b) Nombre de los océanos, ríos, lagos, arroyos y pantanos
- c) Las curvas de nivel índice y cotas de puntos de apoyo terrestre
- d) Nomenclatura vial
- e) Nombre de ciudades
- f) Nombre de Departamentos/Estados/Provincias
- g) Nombre de países
- h) Nombre de represas
- i) Nombre de cuenca del acuífero
- j) Se conservarán los nombres originales en cada país.

1.8. Control de Calidad

Todas las fases de producción estarán sujetas a control de calidad (modelo digital de elevaciones, archivo vectorial del mapa digital y bases de datos asociadas, y las láminas de impresión) correspondiente al área del Sistema Acuífero Guaraní, por parte de la SG-SAG.

Para efectos de comprobación de precisión, la SG-SAG se reserva el derecho de utilizar puntos de chequeo seleccionados al azar. Adicionalmente la fiscalización utilizará métodos convencionales para la verificación de la precisión horizontal y vertical de los detalles contenidos en cada lámina.

El contratista proveerá e instalará a la SG-SAG una licencia libre de uso del/(los) software que permita visualizar los datos de las entregas durante el tiempo que dure el trabajo.

CONSIDERACIONES SOBRE LA CARTOGRAFÍA:

Mediante los trabajos hechos por las empresas contratadas, con la participación de técnicos locales de destacada trayectoria, cabe resaltar la realización del mapa-base como modelo de excelencia dentro de la Cartografía aportada por el PSAG, por lo cual ha obtenido distintos premios, y que permitió con toda precisión y detalle avanzar en los mapas que grafican los demás aspectos estudiados, como los mapas: Geológico, Uso del suelo, Capacidad específica, Volúmenes actuales, Techo del basalto, Techo del SAG, Piso del SAG, Espesor del SAG, Techo del basamento precámbrico, Superficie potenciométrica, Alcalinidad, Conductividad eléctrica, pH, Temperatura, Arsénico, Cloruros, Fluoruros, Nitratos, Sulfatos, Sólidos disueltos totales, Dureza.

Durante el desarrollo de las tareas, el equipo de trabajo realizó salidas al campo acompañado por el facilitador local del área del Piloto, Ing. Agr. Enrique Massa Seguí quien contribuyó tanto en el reconocimiento del área del Piloto en territorio uruguayo como proporcionando bibliografía geológica y espacio físico para labores de gabinete. Para el mapeo realizado dentro del área del Piloto fue de gran utilidad el reconocimiento inicial de campo realizado con el geólogo citado.

Se dispuso de mapas geológicos a escala regional y local en la zona de Salto que fueron utilizados, como una guía para el desarrollo de la presente tarea.

Los antecedentes bibliográficos completos se detallan en el informe final.

1.2. Estratigrafía

La estratigrafía en el área del Piloto se encuentra discriminada en las siguientes unidades litoestratigráficas (Formaciones): Serra Geral, Puerto Yeruá, Fray Bentos, Salto, Nueva Hespérides (sólo en territorio uruguayo) y sedimentos aluvionales modernos que en parte corresponden a la Formación Ubajay (Holoceno).

En la tabla 1 se muestran los nombres y equivalencias de las unidades en Argentina y Uruguay. Los nombres sombreados se usarán en adelante en este informe.

Edad	Argentina	Uruguay
Plioceno sup	Fm. Ituzaingó	
	Fm. Salto Chico	Fm. Fray Bentos
Mioceno	Fm. Fray Bentos	
Oligoceno	Fm. Arroyo Castillo	
Cretácico sup.	Fm. Puerto Yeruá	Fm. Asencio
		Fm. Mercedes
		Fm. Guichón
Cretácico inf.	Fm. Serra Geral	Fm. Arapey

Tabla 1. Unidades litoestratigráficas utilizadas en el mapa geológico del área del Piloto Concordia-Salto.

Profundidad aproximada (m)	Unidad estratigráfica	Edad
0 - 180	Formación Salto y Fray Bentos	Oligoceno a Plioceno
180 - 955	Formación Serra Geral o Arapey	Cretácico
955 - 1145	Formación Rivera	Jurásico
1145 - 1240	Tacuarembó	
1240-1487	Formación Buena Vista	Triásico
1487 - 1663		Pérmico (Nota: probablemente hay sedimentos Paleozoicos más antiguos bajo el Pérmico)
1663 - 1871	Yaguarí (sedimentos costaneros)	
1871 - 1932	Grupo Melo (marino somero)	
1932 - 2004	Tres Islas	
2004 - 2178	San Gregorio (glacial)	
2178 - 2204	Basamento	Precámbrico

Tabla 2. Unidades estratigráficas utilizadas en el mapa geológico del área del Piloto Concordia-Salto.

Las profundidades se basan en los registros de la perforación Daymán.

Formación Serra Geral: Compuesta principalmente por un basalto afanítico rojizo bastante alterado (Fig 5). Las secciones aflorantes están compuestas por el apilamiento de múltiples cuerpos de coladas de espesores métricos.

El mapeo involucró a la sección superior de la unidad (las últimas efusiones de edad cretácica inferior preservadas en la zona). El espesor de este cuerpo volcánico es muy variable y se reconocen espesores de 500 a 1000 metros, lo cual es conocido sólo por datos de subsuelo (perforaciones para aguas termales).

Pozo	Espesor Fm. Serra Geral (en mts)
ANCAP-1 Termas del Daymán (Uy)	955
Termas de Arapey (Uruguay)	540

Tabla 3. Espesores de Fm. Serra Geral en perforaciones ubicadas dentro del área del Piloto (Daymán) y cerca de la misma (Arapey).

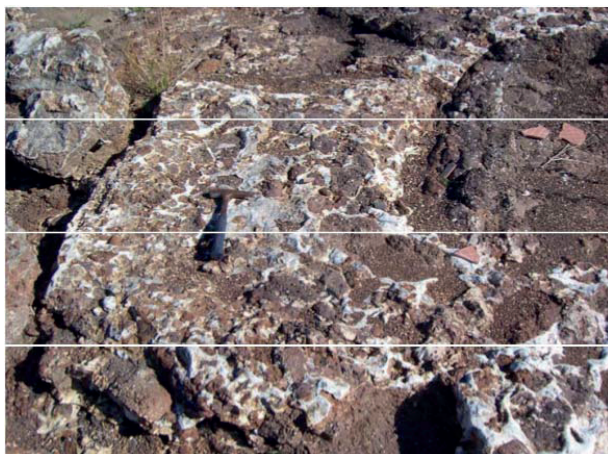
En algunos afloramientos se observa a la roca basáltica rellena con calcita en fracturas y estructuras alveolares y vesiculares (Fig 6).

Sobre la margen izquierda del Río Uruguay la unidad presenta menor grado de alteración superficial y tiene colores grisáceos, sobre todo en la zona de seguridad aguas abajo de la presa de Salto Grande (Fig 7).

Los afloramientos menos alterados se observan dentro del lecho del río, sobre todo en los días con bajo caudal (controlado).



Fig 5. Basaltos con alto grado de alteración.



**Fig 6. Coladas basálticas fracturadas, alteradas y rellenas con carbonatos.
Las oquedades están generalmente rellenas con calcita.**



Fig 7. Basaltos fracturados con escasa alteración.

Formación Puerto Yeruá: Unidad de edad Cretácica Superior compuesta principalmente por areniscas de grano fino a mediano con coloraciones rojizas. Dominan los granos de cuarzo bien seleccionados, subredondeados a redondeados. Se presentan en cuerpos irregulares a lenticulares con base erosiva y gradación normal con estratificación, entrecruzada plana y en artesa, a veces cuneiforme. En algunos sets la roca presenta fuerte reacción al HCl en frío y son los más tenaces (cementación carbonática).

Se los interpreta como sedimentos depositados en ambiente fluvial.

Si bien dentro del área del Piloto no se pudo observar el contacto entre las Formaciones Serra Geral y Puerto Yeruá, a nivel regional se puede inferir que el mismo es de tipo erosivo con la última unidad traslapando a la primera.

Un lugar donde es posible reconocer ambas unidades afloradas es en la margen derecha del Río Daymán entre el complejo termal homónimo y los Cerros Colorados. Allí se encuentran los basaltos aflorando en el lecho del río y las areniscas a pocos metros en la margen.

En esta zona la Formación Puerto Yeruá posee los mayores espesores dentro del área del Piloto, llegando a casi 20 metros.

Aguas abajo, sobre la misma margen del Río Daymán afloran caliches de la Formación Fray Bentos apoyados directamente sobre los basaltos de la Formación Serra Geral.

Una buena exposición de la formación Puerto Yeruá se encuentra fuera del área del Piloto, sobre la margen derecha del Río Uruguay en el balneario de Puerto Yeruá (localidad tipo) ubicado a 16 Km al sur de la ciudad de Concordia (Fig 8).



Fig 8. Facies de relleno de canal fluvial en la Fm. Puerto Yeruá.

Formación Puerto Yeruá (De Alba y Serra, 1959)

Estos sedimentos fueron descriptos por primera vez por de Olivera (1912) quien se refirió al hallazgo del reptil clasificado como *Argyrosaurus superbus*. Luego, Frenguelli (1939) las describe como sedimentitas del grupo “C” incluyendo las areniscas, brechas y toscas que afloran en Puerto Yeruá; este autor describe a las brechas como compuestas de fragmentos de areniscas de la Formación Botucatú, que constituyen las sedimentitas del grupo “A”. Las mismas se describen no sólo en Puerto Yeruá sino que son iguales a las aflorantes en Salto Grande, Cerro de la Cruz, Puerto de Concordia y arroyo Yuquerí Grande.

En el informe geológico de la hoja Ubajay se describen algunos afloramientos de esta arenisca sobre el Río Uruguay. De Alba y Serra (1959) son los primeros en describir el perfil asignándole el nombre de la localidad Puerto Yeruá. Según Padula y Mingramm las incluyen dentro de la Formación Mariano Boedo (Cretácico superior). Para Herbst (1971), se trata de una sucesión de areniscas gruesas y medianas además de conglomerados con irregulares lentes arcillosos, volviendo a confirmar el nombre de Formación Puerto Yeruá para las mismas. Russo (1979), las describe como areniscas rojizas

que deben su origen a un ambiente de deposición continental oxidante y a las calizas arenosas y areniscas calcáreas les asigna un origen marino litoral cercano a la costa. Sus áreas de afloramiento han sido señaladas en las localidades de Salto Chico, Puerto Yeruá, Cueva del Tigre, Nueva Escocia, Paso Hervidero y Colón (Gentili y Rimoldi, 1979) Herbst (1980), propone el nombre de Formación Pay Ubre para las areniscas calcáreas y calcáreo-arenosas de la misma y deja el nombre de Formación Puerto Yeruá para las areniscas y conglomerados.

La edad se ha determinado en territorio argentino a través de un solo fósil *Argyrosaurus superbus*, le asigna edad senoniana (Cretácico superior). En Uruguay se han encontrado fósiles clasificados como *Uruguaysuchus aznarezi* (Lambert, 1939) y *Uruguaysochus terrai* (Bossi et. al., 1979). No hay consenso al respecto y la edad se encuentra en revisión (Groso, et. al., 1999).

Algunos autores han definido estas sedimentitas dentro de lo que se dio en llamar Formación Mariano Boedo. Según Russo (1979), la misma posee un espesor de 120 m en el pozo Nogoyá 1 y alcanzan los 350 m en la Provincia del Chaco en Argentina. El Cretácico en Uruguay, como veremos luego, reparte su espesor entre la Formación Guichón de 96 m, la Formación Mercedes alcanza los 71 m y la Formación Asencio los 30 m (Bossi, et. al. 1975).

De acuerdo con Tófaló (1986) se trata de variaciones laterales del mismo ambiente deposicional y proceso sedimentario. Esta última autora determina una serie de Facies que le permiten determinar los procesos sedimentarios y ambiente deposicional de la Formación Puerto Yeruá. A tal efecto mencionaremos algunas de las características de las facies definidas por Tófaló (1986):

Facies Sedimentarias Primarias

Facies A Conglomerados Areniscas y Pelitas: Cuerpos lentiformes, conformados por conglomerados finos, areniscas y pelitas con variaciones laterales de las mismas, de base neta y erosiva excepto el pasaje a areniscas que es transicional, poseen entre 1 y 4 metros de espesor. Las estructuras más conspicuas son areniscas con estratificación entrecruzada planar y estructuras de corte y relleno, estructuras de estratificación plana horizontal, además posee estratificación entrecruzada en artesa e intercalación de limos de estratificación horizontal. Los niveles pelíticos son masivos con restos vegetales y los niveles limo arcillosos poseen estratificación horizontal y ondulitas escalonadas.

Estas facies fueron interpretadas como originadas a partir de corrientes unidireccionales tractivas de energía variable de alta a moderada. En primera instancia estas corrientes fueron erosivas y rellenaron paleocauces. Estos depósitos tienen entonces un origen fluvial característico (Tófaló, 1986).

Facies B Pelitas Lenticulares: Asociada a la anterior horizontal y verticalmente, son cuerpos lentiformes de espesor variable entre 8 m y 10 m de base erosiva y tamaño de grano

correspondiente a arena gruesa o sábulo que rápidamente varía a niveles pelitas. El techo es de contacto neto irregular y por encima se ubican las facies A, internamente las lentes presentan laminación horizontal. El material limoso tiene un predominio de granos de cuarzo. El mismo fue interpretado como rellenos de canales abandonados por sedimentación y decantación de material fino (Tófaló, 1986).

Facies Diagenéticas

Facies C de Calcretes pulverulentos: Son de contacto transicional con las facies A y muchas veces erosivo con las facies D. Las estructuras sedimentarias originales son difusas y han sido destruidas por el reemplazo carbonático.

Definidas como “Wackestone y Mudstone” de textura fango-sostén en las que el material carbonático ocupa el 95 %. Posee material detrítico considerado como restos de paleosuelos y granos de arena gruesa corroídos por fango carbonático que lo reemplaza parcialmente (Tófaló, 1986).

Fueron interpretadas como producidas por el movimiento descendiente del agua en la zona vadosa o el ascenso capilar de agua desde la freática en períodos de gran evaporación (Tófaló, 1986).

Facies D Calcretes nodulares o pelletoidales: Estos niveles gradan hacia la parte inferior con las facies A y el techo pasa transicionalmente a las facies E de duricostras, neto con las facies C y erosivo con las facies A. Sus estructuras primarias han sido alteradas y deformadas por la presencia de nódulos hacia los niveles superiores sin estructura interna y de tipo micrítico de 10 cm a 15 cm de diámetro. Definidos petrográficamente como “Wackestone o Mudstone” poseen también fragmentos líticos de distinta composición. Fueron interpretados como el resultado de desplazamiento y reemplazo por introducción de carbonatos vadosos en suelos, rocas o sedimentos a causa de precipitaciones rápidas por evaporación (Tófaló, 1986).

Facies E Duricostras (“Hardpan”): Constituida por niveles densos de carbonatos que pasan transicionalmente a las facies C o facies D o menos comúnmente a las facies H. Las estructuras primarias se hallan totalmente borradas.

Se han denominado un conjunto de subfacies E1 y E2 en función del tipo de reemplazo de la calcita criptocristalina y forma del calcrete.

La interpretación de estas subfacies corresponden para las definidas como E1 a concentraciones de calcita criptocristalina en una matriz inicialmente de carbonato microcristalino; este cambio es de origen diagenético. La micrita es consecuencia de una rápida precipitación de soluciones hipersaturadas según Tófaló, (1986). Las facies E2 se las ha vinculado a precipitación de aguas meteóricas vadosas del tipo de las que ascienden en la freática en períodos de gran evaporación y por relleno de grietas de desecación o fracturas provocadas por pedoturbación (Tófaló, 1986). En síntesis de ambas facies

son consecuencia de transporte de carbonatos de calcio hacia abajo por percolación de aguas de lluvias vadasas.

Facies F de Calcretes laminares: Estos niveles corresponden a bancos duros y bien consolidados de mayor resistencia a la erosión debido la presencia de sílice (Tófalo, 1986). Sus estructuras primarias han desaparecido totalmente por la introducción del fango carbonático que desplazó a los clastos de origen detrítico. Su laminación es de origen diagenético dada por finas bandas de no más de 0,5 cm de color gris claro, pardo claro y rojo pálido. Tófalo define su origen según los siguientes criterios:

- Diferencias del tamaño de grano de calcita
- Variaciones del contenido de óxido férrico
- Intercalación de Chert y ópalo con la calcita
- Intercalación de calcita con material arcilloso detrítico

Estas fueron interpretadas como “Cornstone” de tipo IV donde la laminación indica su génesis subaérea, por percolación de agua en zona vadosa conforme a la interpretación de Tófalo (1986).

Facies G de Calcretes Brechosos: En general aparecen como calcretes bien indurados, masivos y estratificados que suprayacen a las facies E o las facies A definidas por el autor antes citado. Se diferenciaron dos tipos de brechas por las distintas litologías que las engloban, tratándose en un caso por trozos de la duricostra inferior y en el segundo de areniscas angulosas. Las dos facies han recibido la denominación G1 y G2 (Tófalo, 1986) y las interpretó respectivamente según:

G1 Subfacie de brechas de calcretes recementados

G2 Subfacie de brechas clásticas

Las subfacies G1 son depósitos de no más de un metro de espesor donde se destacan gruesas fracturas rellenas de calcita, petrográficamente poseen microbrechamientos de los granos, con fango y relleno en las fracturas. La brecha es local compuesta por trozos de calcretes masivos inferiores, fracturados de color naranja rosado grisáceo y aglutinados por venas de carbonato esparítico.

Interpretado como producto de una rápida variación en las condiciones de cementación y fracturación no tectónica en zonas cercanas a superficie. Esto es la explicación de la formación de las brechas según Tófalo (1986).

Las subfacies G2 el carbonato se encuentra con el material arcilloso asociado constituyendo el 65 % de la roca, presentándose como calcita microcristalina que por recristalización origina subesparita.

Los fragmentos líticos son angulosos y de formas irregulares conformando el 30% y corresponden a los wakes del banco infrayacente (Tófalo, 1986).

Estos niveles fueron interpretados como una transformación “in situ” a escala macro y microscópica involucrando dos procesos: uno de naturaleza física y otra química. El más importante es el desplazamiento por crecimiento de calcita de las aguas meteórica vado-sas, la fracturación se debe a la acción de raíces llenadas posteriormente por carbonatos (Tófalo, 1986).

Facies H de Calcretes conglomerádicos: Sin evidencias de sus estructuras primarias por el crecimiento de la calcita, presenta sin embargo una gradación normal de grava a arena gruesa. En el techo gradan de calcretes conglomerádicos a “wackestone” arenosas. Se interpretaron como conglomerados intraformacionales y su presencia evidencia que en la cuenca deposicional se produjeron corrientes de moderada energía y la erosión en la base de los calcretes conglomerádicos prueba que ha habido erosión del material infra-yacente. Esto se atribuye a depósitos que han sufrido un transporte corto (Tófalo, 1986). De acuerdo con la descripción e interpretación para la Formación Puerto Yerúa propuesta por Tófalo (1986), que es la más reciente y completa con que se cuenta en la bibliografía hasta la fecha, esta última autora interpreta la evolución del paleoambiente teniendo en cuenta que es muy importante determinar la proveniencia de carbonato de calcio, el rango de depositación sedimentaria, los procesos de dilución y cementación y el tiempo transcurrido. La fuente de carbonato se ha asignado la composición de los niveles hospedadores, las erupciones volcánicas, la vegetación y las aguas freáticas.

En zonas semiáridas el lavado por lixiviación es insuficiente para eliminarlo completamente del sistema, procesos de rápida evaporación producen una precipitación repentina de los carbonatos por disminución de la presión parcial en los poros. Es así como algunas de las facies de la formación Puerto Yerúa (C, D, E y G) incluyen procesos mixtos de formación con participación de procesos pedogénicos. Todo esto vinculado a procesos de humedad y sequía que influyen en el ascenso y descenso de la freática. Otras facies (A, B y H) evidencian procesos de gran descarga estacional, clima semiárido y algunos calcretes se forman por depositación de carbonatos en canales. Esto no está vinculado a un origen pedológico como se citó para las facies anteriores, aunque sí pueden tener vinculados procesos edafológicos.

El principal área de aporte es la Formación Serra Geral dado el predominio de basaltos y areniscas cuarzosas de iguales características que la antedicha Formación (Tófalo, 1986).

Formación Fray Bentos: En el presente trabajo se utiliza esta denominación para involucrar tanto a la Formación Arroyo Castillo como a la Formación Fray Bentos propiamente dicha. La escala del mapeo realizado no permite la discriminación de ambas, siendo además las mismas litológicamente similares.

La Formación Fray Bentos está compuesta principalmente por caliche rosado claro a blanquecino y areniscas finas cuarzosas fuertemente cementadas. Cuando la proporción de arenas es mayor, la roca es de color castaño rosada y en algunos casos llega a ser similar a una arenisca.

También se ha observado una textura brechosa hacia la base y en contacto con los basaltos de la Formación Serra Geral, en la que quedan inmersos fragmentos basálticos angulosos (Fig 9).

En los afloramientos de mayor desarrollo vertical (del orden de los 15 metros) se pueden observar facies con textura más fina, loésica, muy disturbada, cementada por carbonatos en donde se pueden distinguir concreciones y nódulos (glaebulos) de diversas formas. Esta unidad posee escasa continuidad lateral y sólo aflora en las zonas más bajas coincidentes con los ríos y arroyos más conspicuos. Las mejores exposiciones están sobre las riberas del Río Uruguay (Fig 10).



Fig 9. Caliche de la Formación Fray Bentos con fragmentos basálticos en la base.

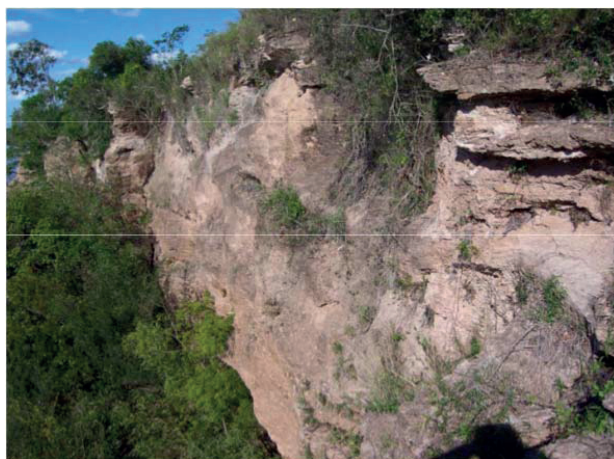


Fig 10. Formación Fray Bentos sobre margen izquierda del río Uruguay.

Formación Salto: Esta es la unidad litoestratigráfica con mayor área aflorada en el Piloto. Se reconocieron tres litofacies diferentes:

- **Facies de desbordamiento:** Pelitas verde grisáceas claras compuestas predominantemente por arcillas muy plásticas en las que a veces se ven granos de arena muy dispersos; en bancos irregulares de 0,5 m de espesor con base neta plana y techo irregular, resguardadas generalmente debajo de facies más gruesas como areniscas conglomerádicas y conglomerados (Fig 11). Esta facies es la menos abundante en el área.

- **Facies de relleno de canal:** Areniscas finas castaño claras a castaño rojizas con clastos de cuarzo dominante, friables, con estratificación entrecruzada en artesa, formando sets de estratos amalgamados con geometría irregular a lenticular. Presentan base erosiva y techo irregular, son granodecrecientes, con intraclastos pelíticos en la base y preservación de depósitos residuales (lags) y espesores variables de 0,7 a 1 m (Fig 12). A veces se observan capas conglomerádicas con cemento limonítico de hasta 5 cm de espesor (Fig 13).

- **Facies de barras conglomerádicas:** Conglomerados polimícticos con matriz arenosa fina y cemento ferruginoso, color ocre. Los clastos son mayormente de composición silícea y basáltica, y forman rodados que en general no superan los 10 cm de longitud mayor (Fig 13). Esta facies puede contener fragmentos de madera silicificados de variables tamaños, llegando a más de un metro de longitud.

Además de estas litofacies se reconocieron:

Niveles de cementación freática: Afloran en bancos nodulares de 30 a 50 cm de espesor, excepcionalmente mayores (Fig 14), con cementación silícea y posiblemente relacionados a niveles paleo-freáticos.

Dichos horizontes corresponden a areniscas conglomeraditas finas a medianas, de coloraciones amarillas muy claras a blanquecinas, cuarzosas y silicificadas.

En general son las facies de barras o de relleno de canal cementadas.

Se interpreta que los sedimentos de la Formación Salto fueron depositados en un ambiente fluvial entrelazado, arenoso a conglomerádico.

Cada una de las litofacies está intercalada con las otras y tienen relativamente poca continuidad lateral.



Fig 11. Facies pelítica de escaso espesor preservada debajo de un conglomerado muy cementado.

Facies de relleno de canal



Fig 12. Formación Salto. Areniscas finas friables subyaciendo a la facies de areniscas conglomerádicas silicificadas de relleno de canal.



Fig 13. Facies de areniscas finas castañas friables subyaciendo facies de conglomerados con nivel limonítico en la base.



Fig 14. Areniscas conglomerádicas en bloque muy silicificado.

Formación Ubajay: Depósitos conglomerádicos reconocidos solamente en las márgenes del Río Uruguay. Tiene muy poca extensión dentro de la zona de mapeo por ello esta entidad no está diferenciada en el mapa.

Se la interpreta como producto de los aluviones modernos relacionados con el Río Uruguay (Fig 15).

Los sedimentos Holocenos distinguidos en el mapa como *Cuaternario Indiferenciado*, cubren gran parte de la zona de mapeo. Son los terrenos cultivados, forestados y urbanizados y/o zonas de gran desarrollo edáfico y vegetal.

Son las terrazas del Río Uruguay y las llanuras aluviales de los arroyos, que en general están ocupadas por asentamientos poblacionales y actividad agrícola y ganadera.

Formación Nueva Hespérides: Constituye un manto edáfico muy orgánico de 1 m de espesor aproximado, que sólo aflora a modo de parches aislados en una pequeña área al sur de la ciudad de Salto. Sobre esta unidad se desarrolla una intensa actividad hortícola.



Fig 15. Conglomerado polimíctico de la Formación Ubajay. Moneda de 1 real como escala.

1.3. Estructura

Se encuentra la Formación Serra Geral con una tendencia de nacencia subhorizontal a suavemente inclinada y dentro del área del Piloto no fue posible, sin embargo, tomar datos de buzamiento confiables en las coladas basálticas que la componen.

En la Formación Salto se pudieron tomar datos de buzamiento que indican una inclinación muy suave hacia el Oeste, más o menos con 4 ó 5 grados.

Sin embargo, no es posible discriminar si esta inclinación es debida a un basculamiento pleistoceno o a la inclinación primaria de los depósitos fluviales que la componen.

Se puede inferir por esto que la zona de mapeo se ubica en el flanco de una estructura regional de mayor tamaño.

Las inclinaciones son tan sutiles que es difícil reconocer estructuras en un mapa de reducidas dimensiones como el que se presenta.

Ello abona la idea de que el bloque se encuentra dentro de una zona tectónicamente tranquila con deformación muy suave.

Cuando el basalto de Formación Serra Geral se presenta con escasa alteración superficial se puede observar una red de fracturas menores posiblemente en respuesta a la relajación de esfuerzos asociados al enfriamiento de las coladas.

Otro rasgo reconocido de escala métrica, es un bloque basculado de la Formación Salto al oeste de la ciudad de Concordia. Son pelitas grises muy claras que subyacen a areniscas y conglomerados. Todo el paquete está inclinando hacia WNW ($290^{\circ}/20^{\circ}$) posiblemente a causa de una falla menor que no se pudo reconocer en el afloramiento (Fig 16).



Fig 16. Paquete de pelitas y areniscas inclinado hacia el W.

Respecto de las lineaciones fotogeológicas presentadas en mapas geológicos previos de la región, no han sido relevadas en el mapa del área del Piloto que se presenta.

El criterio que se utilizó con respecto a los fotolineamientos tiene que ver con las siguientes causas:

- No se reconocieron en terreno. No hay evidencias de rotura ni desplazamiento de bloques en la ubicación de tales fotolineamientos, ni en sus cercanías.
- No se ha constatado en terreno que el patrón hidrográfico tanto de los ríos principales como de los arroyos menores esté controlado por fallas y fracturas.
- Dada la suave deformación que presentan las coladas, las fracturas menores reconocidas estarían relacionadas al enfriamiento de las mismas y sería un elemento sumamente local y ajustado a cada una de las distintas coladas superpuestas.
- En el caso de existir estructuras transtensionales o transpresionales antiguas o modernas que controlen la red de drenaje serían visible en afloramiento y tendrían efecto en los depósitos cuaternarios que suprayacen al basalto (no observado en terreno).

Con esto no se afirma que no existan las fracturas, sólo que no es posible reconocerlas mediante el mapeo geológico de superficie.

Conclusiones

En este informe se reportan los elementos estratigráficos y estructurales necesarios para comprender el mapa geológico de Concordia-Salto.

Además se adjunta la explicación del perfil estratigráfico medido en el área del Piloto.

Se define una estratigrafía simple utilizando en parte las denominaciones locales, se plantean correlaciones entre las mismas a ambos lados de la frontera y se da una noción de la estructura tal como se la reconoció en superficie.

Recomendaciones

Con el fin de llegar a interpretaciones más precisas sobre la geología del área del Piloto se recomienda la realización de algunas tareas:

- Correlaciones estratigráficas entre perfiles de pozos.
- Determinación de porosidad y permeabilidad de las facies de la Formación Salto.

1.4. Geofísica

PERFILES DE TRES PERFORACIONES

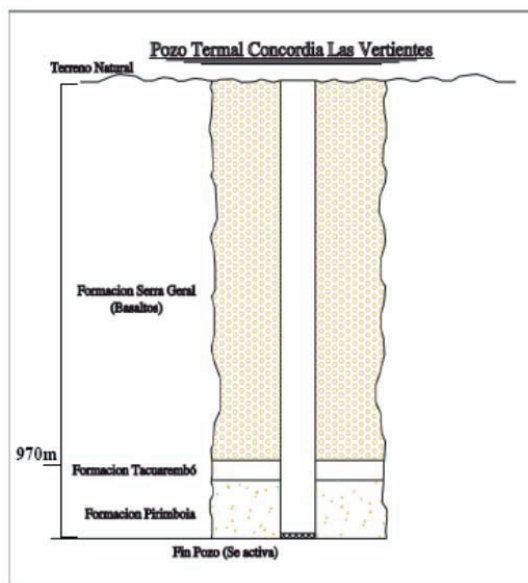


Fig 17. Perfil esquemático pozo Concordia II. Fuente: Ing. Sergio Flesler
Dirección de Hidráulica de la Provincia de Entre Ríos.

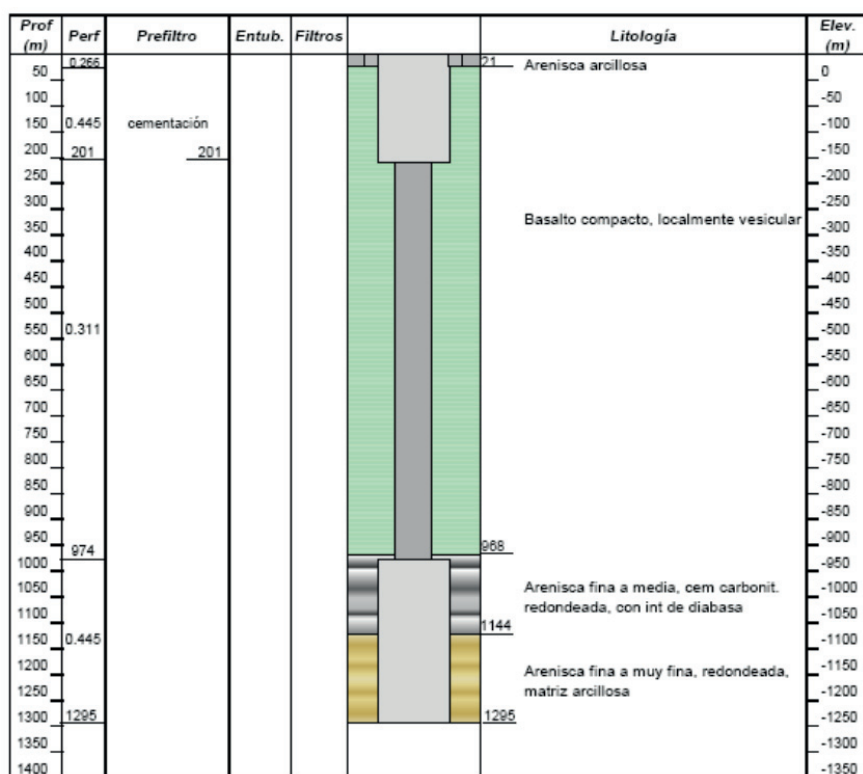


Fig 18. Perfil pozo Horacio Quiroga (Uruguay).

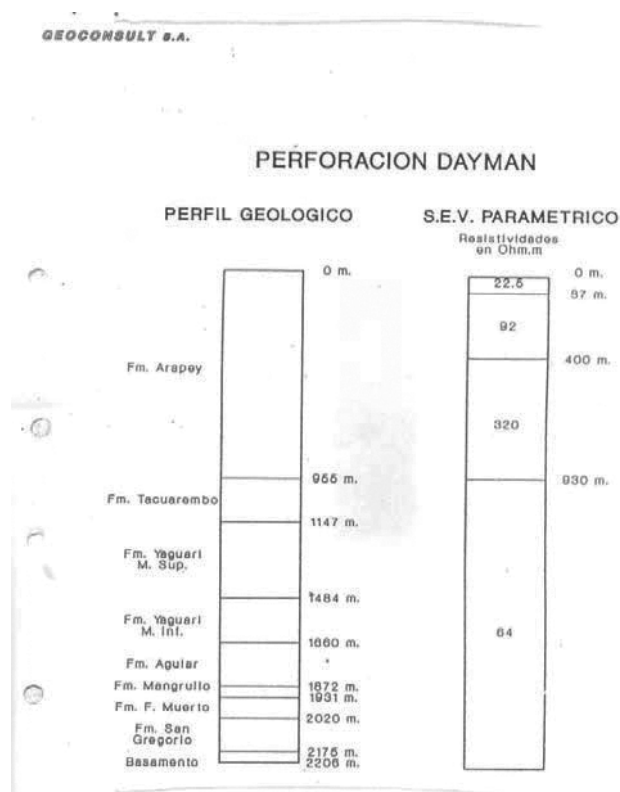


Fig 19. Perfil geológico y geoelectrico de la perforación Daymán.

PROSPECCIÓN HIDROGEOLÓGICA GEOCONSULT. 1993

Prospecciones geofísicas: Comprendieron prospecciones geoelectricas realizadas con una empresa privada. Las mediciones se realizaron en distintos puntos del área de interés con el uso de un resistivímetro de alta sensibilidad de manufactura nacional.

Se trabajó con 12 volts en corriente continua y tendidos AB de varios kilómetros de longitud. Los puntos o áreas de prospección se determinaron según la geología previa y la demanda de servicio en la región.

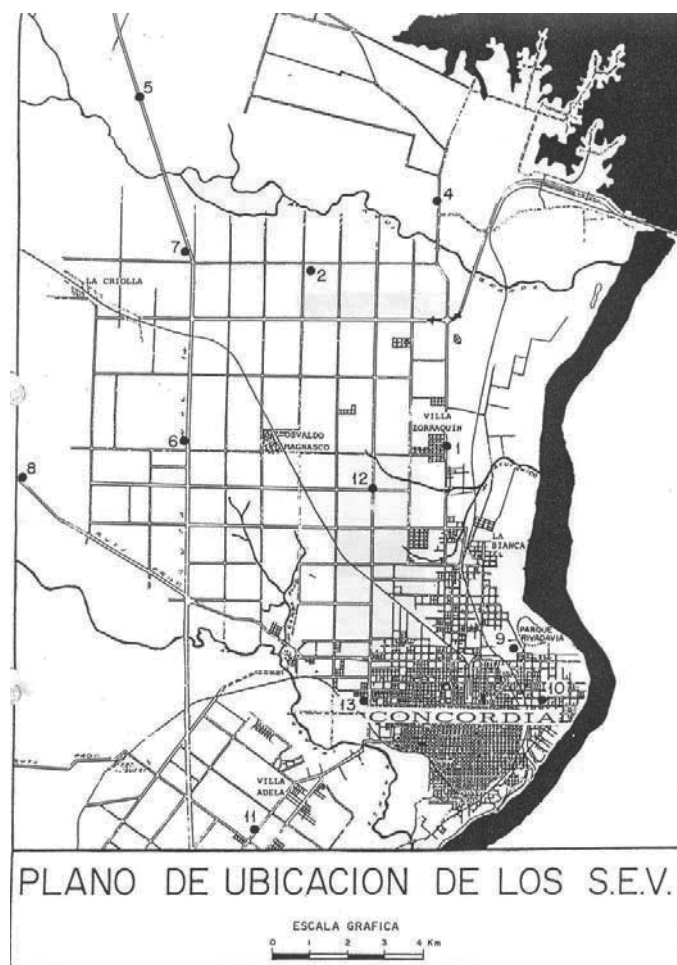


Fig 20.

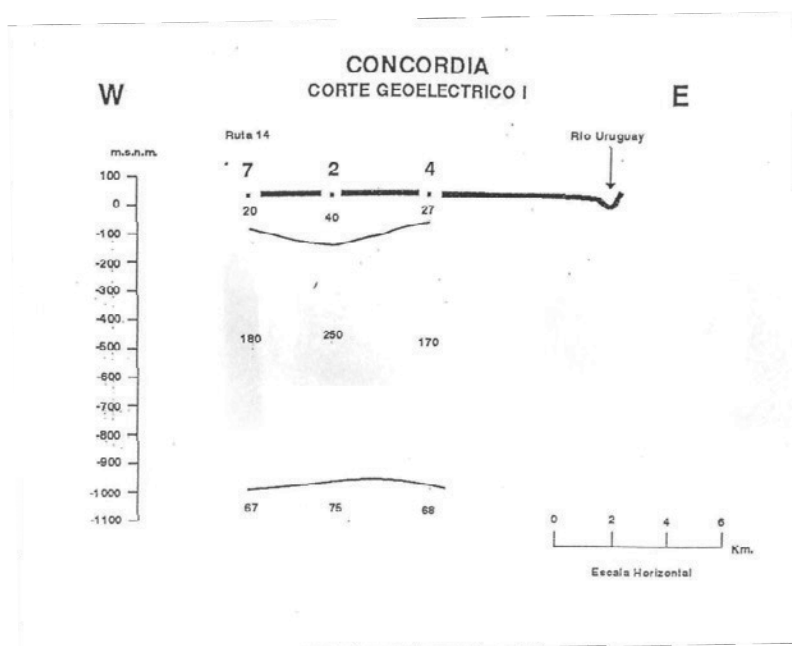


Fig 21. Corte geoelectrico Concordia.

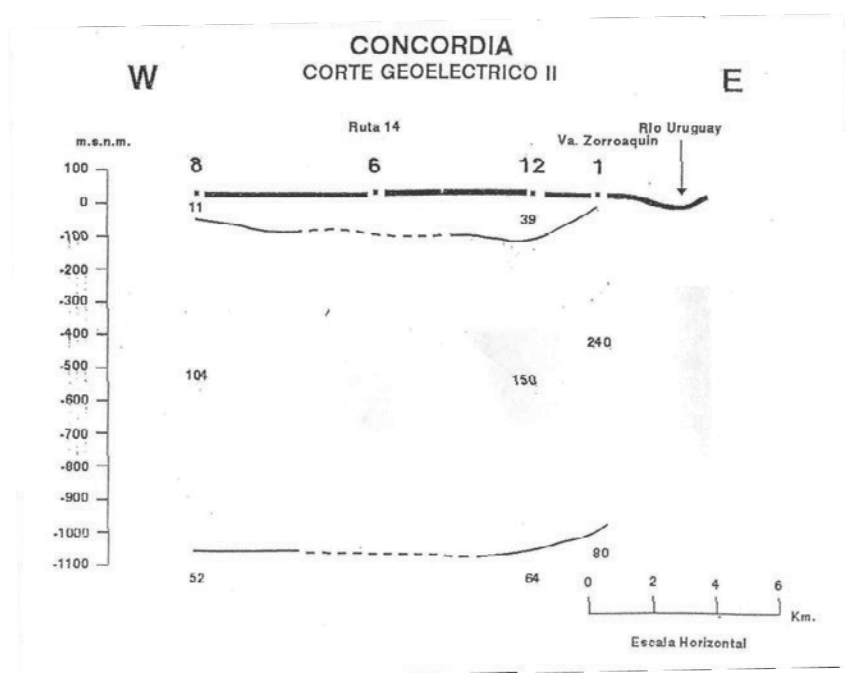


Fig 22. Corte geoelectrico Concordia (Cont).

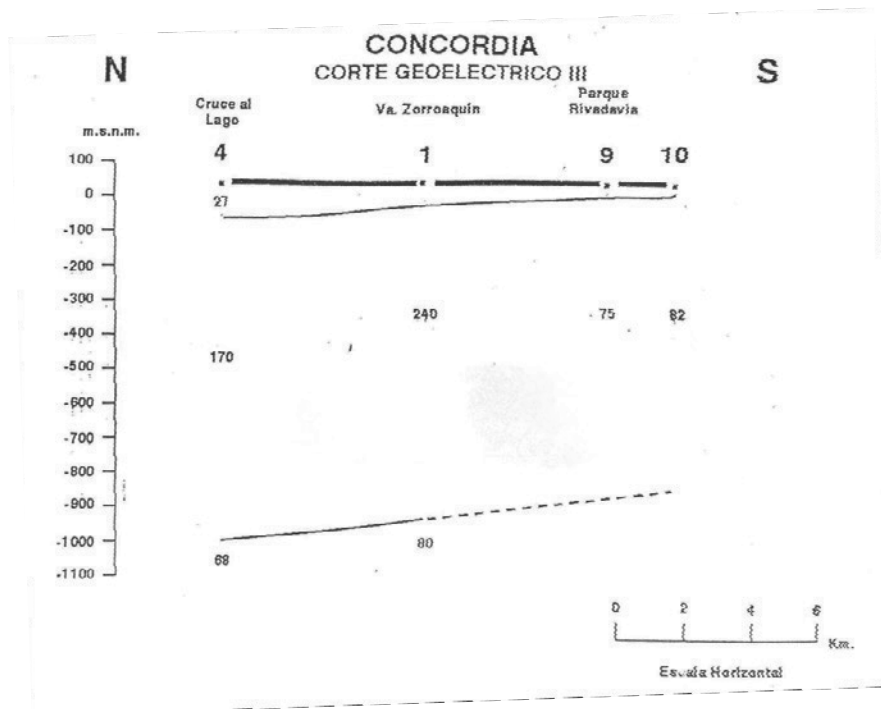


Fig 23. Corte geoelectrico Concordia (Cont).

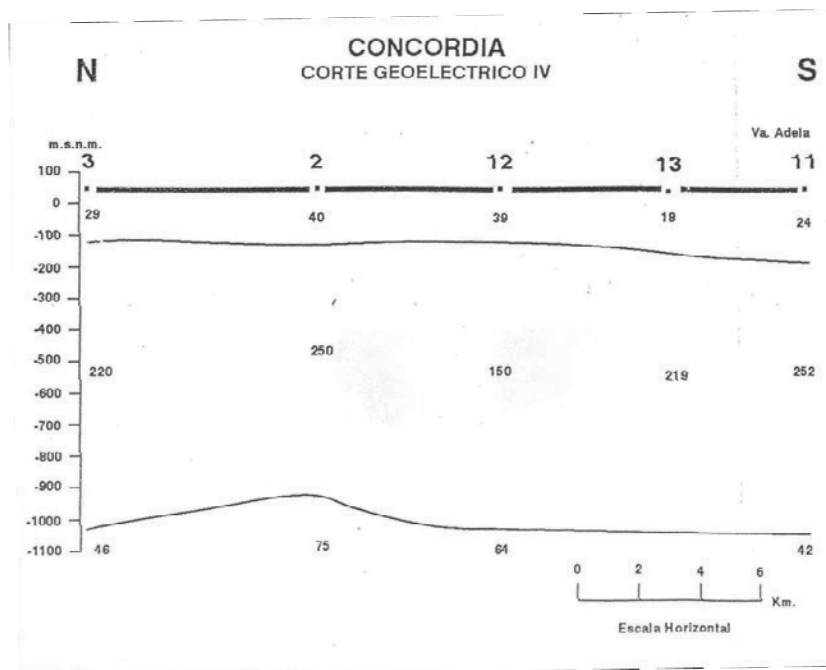


Fig 24. Corte geoelectrico Concordia.

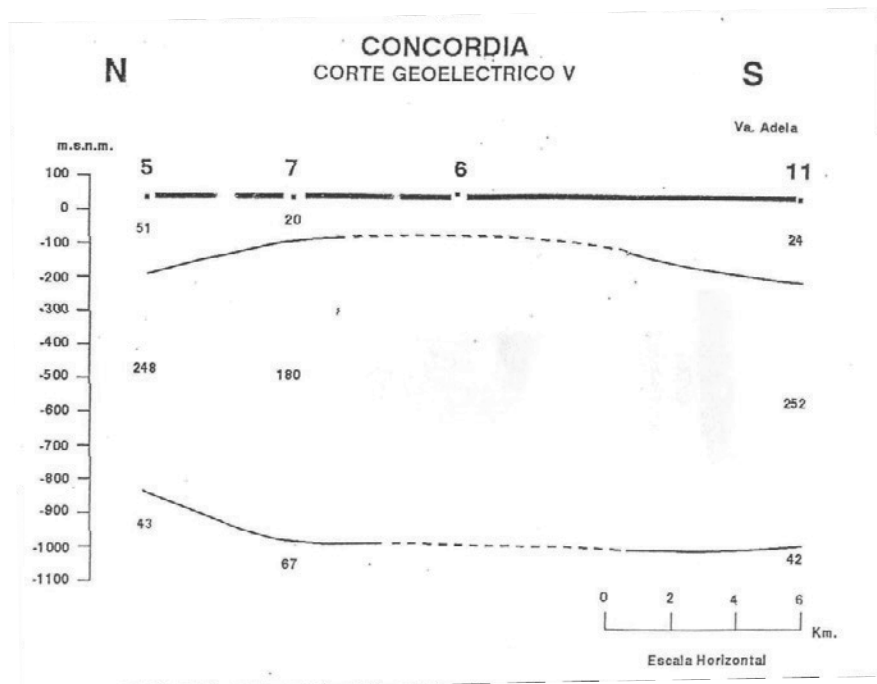


Fig 25. Corte geoelectrico Concordia (Cont).

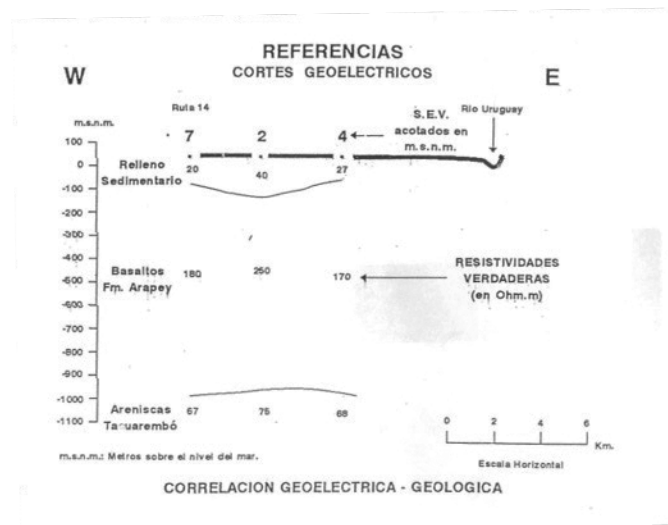


Fig 26. Corte geoelectrico Concordia.

6. CONCLUSIONES

- La correlación de los valores eléctricos con los geológicos permitió determinar la siguiente distribución de capas en el subsuelo:
- Capa Geoelectrica Superior: Relleno sedimentario.

- Capa Geoeléctrica Intermedia: Basaltos (Fm. Arapey).
- Capa Geoeléctrica Profunda: Areniscas (Fm. Tacuarembó).
- Dadas las coincidencias de morfología de las curvas medidas con las existentes del Uru-guay (Daymán-Salto) y los valores resistivos de la capa geoeléctrica profunda, es factible inferir la presencia de la Fm. Tacuarembó a profundidades de aproximadamente 1000 m.
- El Corte Geoeléctrico III, de dirección Norte - Sur, es el más próximo al río Uruguay y el que presenta menor espesor del relleno por encima de los basaltos (menos de 100 m).
- En líneas generales se produce una profundización del techo de los basaltos hacia el Oeste, con algunas variaciones locales.
- La Profundidad del piso de los Basaltos de Arapey, no presenta modificaciones sustanciales dentro de la zona de estudio, siendo los valores interpretados entre 950 a 1100 m. Las diferencias interpretadas podrían estar vinculadas a los factores de anisotropía, del orden del 15 % (en más o en menos), propios de este método de prospección.
- El análisis de los perfiles de perforaciones transversales al Río Uruguay realizados durante la construcción de la represa de Salto Grande no presenta rechazos muy importantes en las estructuras de ambas márgenes.

PROSPECCIÓN GEOFÍSICA (AMT-MT) APLICADA AL ACUÍFERO GUARANÍ

INFORME TÉCNICO Traza La Paz – Concordia (Argentina) - Uruguay

INGESUR SRL. Agosto 2008

6.1. Sondeos

Como se indicó, se realizaron 13 sondeos de amplio espectro, a los cuales se les sumaron otros tres antecedentes. En la siguiente figura se presenta su ubicación. De los 16 sondeos, dos, los ubicados al Este de la sección, fueron en Uruguay, mientras que el resto fueron en Argentina.



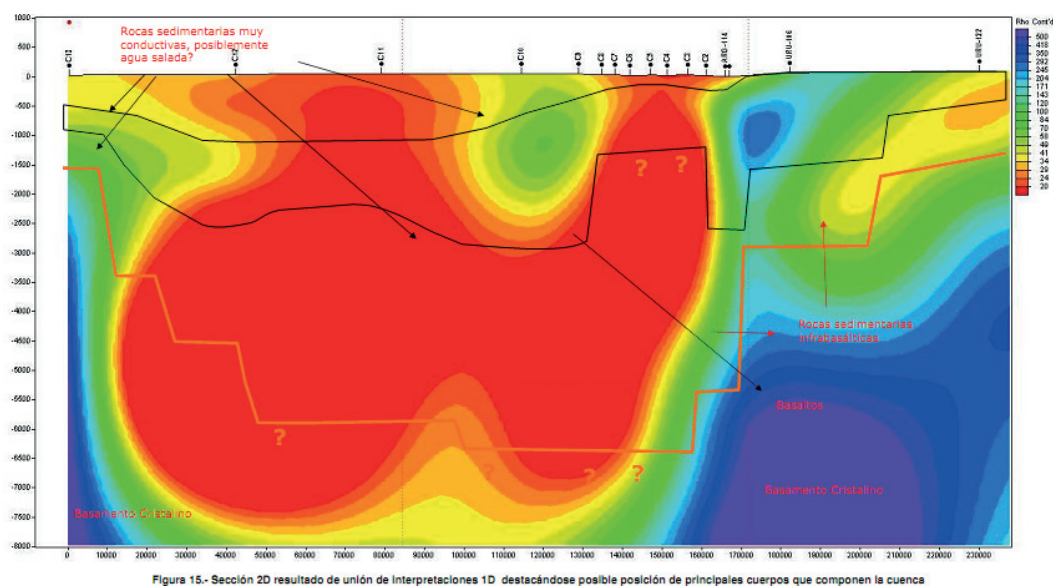


Fig 29. Sección 2D, resultado de unión de Interpretación 1D destacándose posible posición de principales cuerpos que componen la cuenca.

Del análisis conjunto de la información geofísica y geológica disponible, se observa que dentro de los 500-1000 m superiores de toda el área argentina, el comportamiento es suave, detectándose un acuífero salado, que se observa continuo en toda la extensión.

El basamento presenta importante variación lateral, con grandes discontinuidades (que no pueden ser representadas en las secciones 2D). La falta de señal medida en la mayor parte de las bajas frecuencias impide acotar precisamente el basamento, por lo cual, los valores indicados deben ser tomados con precaución. No obstante, por ambos métodos de interpretación se confirma que al centro de la sección es esperable una profundidad de cuenca de unos 6 Km.

Dentro de la cuenca se destacan dos discontinuidades al centro de la sección, una cercana al sondeo C1 (Río Uruguay) y otra en cercanías del sondeo C9. En este tramo, dada la escasa profundidad interpretable de los sondeos C1 a C9, se desconoce si el cuerpo conductivo detectado a unos 1500 m de profundidad se encuentra apoyado sobre rocas sedimentarias o sobre el basalto, lo cual tendría implicancias geológicas significativamente diferentes.

CONTRIBUCIÓN AL CONOCIMIENTO DE LA GEOLOGÍA E HIDROGEOLOGÍA DEL SISTEMA ACUÍFERO TERMAL DE LA CUENCA CHACOPARANAENSE ORIENTAL ARGENTINA

Tesis Doctoral de: Dr. Adrián Ángel Silva

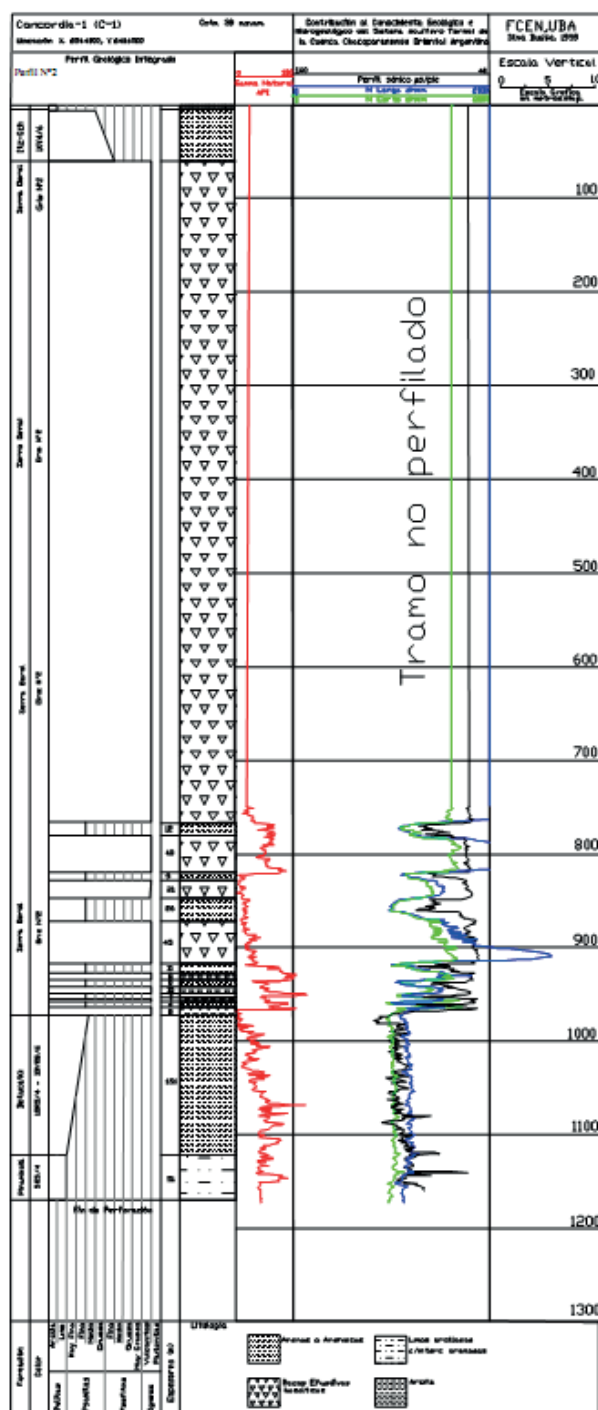


Fig 30. Perfil del Pozo Concordia.

En la perforación de Concordia (C-1), el perfil litológico ubica el contacto inferior de las coladas a los 966 m.b.b.p., pero el perfilaje de pozo nos muestra que este valor puede considerarse de 972 m.b.b.p. profundidad donde cambia la respuesta resistiva de las unidades. Del mismo se interpreta que el piso de la última colada se encuentra también

a los 972 m.b.b.p. por lo tanto las respuestas resistivas y los niveles subyacentes corresponden a los depósitos prebasálticos o las sedimentitas prebasálticas (sensu estricto) correlacionables a las Formaciones Piramboiá y Botucatú asimilables a estas. Los niveles de areniscas intercalados en el complejo efusivo o intrabasáltico se los considera contemporáneos con las coladas y corresponden al Miembro Solari de la Formación Serra Geral, este perfil geoelectrico y el anteriormente descripto presentan respuestas resistivas atribuibles a esos niveles que se discutirán en el apartado correspondiente.

Este tramo posee valores de resistividad más distanciados y cruce de los registros normales, característicos de rocas de mayor permeabilidad y porosidad como es fácilmente comparable con la descripción litológica, se trata del potente paquete de areniscas y areniscas limosas.

Las fluctuaciones de los valores de resistividad se deben fundamentalmente a las intercalaciones de niveles de limo-arcilla que aumentan su periodicidad y a partir de los 1121 m.b.b.p. hasta la base del perfil comprenden un potente paquete sedimentario claramente reflejado por el perfilaje de pozos con una caída de los valores de resistividad, gamma natural e inclusive el calipper. Esto último pareciera evidenciar la curva de SP en algunos niveles del perfil geoelectrico aunque, al igual que en el caso anterior, no posee la suficiente nitidez. Este sensible cambio en las resistividades y las intercalaciones de niveles con respuestas resistivas que coinciden con las descripciones de las muestras nos permite establecer este cambio litológico en los 1121 m.b.b.p., considerándose este el piso de la Formación Botucatú.

Las curvas de SP no son lo suficientemente resolutivas para definir alguna de las características antes citadas, más allá del hecho que evidencian variaciones de los valores de potencial es que se deba muy probablemente a variaciones litológicas pero esto último es sólo una aproximación (ver perfilaje C-1).

En síntesis, la litología de las muestras de la perforación y el perfilaje permiten diferenciar para los niveles infrabasálticos de la sección del pozo Concordia C-1 dos unidades litológicas características. La primera de ellas entre 972 - 1121 m.b.b.p. tiene un predominio de la fracción psamítica más gruesa constituida por granulometrías medias a finas atribuible a la Formación Botucatú. La segunda de ellas que se extiende desde los 1121 - 1170 m.b.b.p. tiene un predominio de la fracción psamítica más fina constituida por granulometrías finas a muy finas e intercala niveles limo-arcillosos atribuible a la Formación Piramboiá. El valor de 1170 m.b.b.p. corresponde al fondo del pozo y no al piso de esta última Formación.

Perforación Concordia-1 (C-1):

Los niveles atribuibles al complejo basáltico de la Formación Serra Geral en la localidad de Concordia correspondientes al tramo comprendido desde los 60 a 972 m.b.b.p. son macroscópicamente muy similares al anterior y corresponden a una roca ígnea volcánica de textura porfírica, microcristalina de diversos colores y tonos de grises a saber, Gris

medio oscuro N° 3, 5YR/2 y Gris oscuro N° 6, vesicular y amigdalóide pudiendo estar algunas rellenas de calcita ozeolita, con pequeñas y frecuentes intercalaciones de roca ígnea efusiva microcristalina pardo rojiza, alterada, con calcita cristalina como relleno de huecos. Las muestras de este intervalo corresponden por sus características texturales a rocas volcánicas. Las muestras tomadas en las perforaciones de Concordia y Federación son muy similares mineralógicamente y texturalmente y como ya se ha expresado se diferencian de las muestras de Colón y Villa Elisa. Se realizó una descripción macroscópica (dado que no fue posible aglutinar las muestras y no pudo hacerse microscopía) de los intervalos de 60, 110, 240, 360, 450, 525, 630, 740, 830 y 970 m.b.b.p. en recortes de perforación en boca de pozo.

Las intercalaciones de niveles de arenisca registrados en el perfil litológico corresponden al tramo 750 a 790 m.b.b.p., único tramo donde se pudo recuperar la muestra. La misma corresponde a una arenisca de color 5YR 2/1, de granometría fina a muy fina con un tamaño medio de partículas de 100 micrones, un tamaño máximo de 200 micrones y un mínimo de 40 micras, posee muy poca matrix limosa, poco consolidada, friable, de buena selección y cemento carbonático (débil reacción con HCl). Mineralógicamente se compone de un 75 % de cuarzo, incoloro o de color gris claro, de 50 a 90 micras, posee baja birrefringencia y bajo relieve ecuanter. Un 15 % de feldespato alcalino incoloro, con individuos ecuanter, subredondeados, posee baja birrefringencia y bajo relieve, extinción relámpago. Los mafitos corresponden al 5 % de la composición de la muestra, son individuos angulosos de 60 micras de tamaño de color verde claro y muy alterados, pueden corresponder a olivinas y piroxenos desprendidos de los fragmentos líticos. El 5 % restante lo componen los que pueden ser material basáltico de derrumbe de color rojizo algunos muy alterados donde se observa plagioclasas alteradas, la alteración se manifiesta como clorita y carbonatos.

Dicha intercalación correspondería al Miembro Solari de la Formación Serra Geral. Se considerará esta profundidad de 972 m.b.b.p. como la base de la Formación Serra Geral en la perforación, en base a la litología ajustando este valor con los perfilajes como se verá en lo sucesivo.

Interpretación de los Perfilajes de las perforaciones del área de estudio

Se han descripto ampliamente en los apartados anteriores las litologías características de cada unidad atravesada por las perforaciones y se ha puesto especial énfasis en las perforaciones de interés. Se discutirán en lo sucesivo algunas características de los perfilajes realizados en las perforaciones Federación-1 (F-1), Concordia-1 (C-1), Colón-1 (Cl-1) y Gualeguaychú-1 (Gchu-1), únicas perforaciones en las cuales se ha perfilado la columna atravesada. En las perforaciones Federación-1, Concordia-1 y Gualeguaychú-1 se realizó un perfilaje que incluyó SP (Potencial Espontáneo), Gamma Natural y Resistividad (Normal corta, media y larga).

En Colón-1 se incluyó además un perfilaje Sónico. En todos los casos se llegó hasta el fondo de pozo, el objetivo del mismo era en apoyo del estudio hidrogeológico, tratado en

detalle en los capítulos siguientes, pero es posible extraer de esta información algunas interpretaciones relacionadas con la litología de las formaciones atravesadas como apoyo a las unidades estratigráficas y litoestratigráficas.

Los niveles postbasálticos atravesados en las perforaciones no han sido registrados en los perfilajes debido a su ausencia en el registro o bien en el caso de Colón-1 que las técnicas de perforación demandaron encamisar estos niveles antes de perforar los niveles subyacentes. Por lo tanto, sólo los niveles basálticos y prebasálticos han sido perfilados por considerarse estos los niveles productores. La única excepción lo constituye la perforación Gualeguaychú-1 que sólo tenía encamisado los primeros 100 m.b.b.p. en el momento del perfilaje permitiendo obtener información de gran parte de las sedimentitas postbasálticas.

En las secuencias atribuibles a la Formación Serra Geral la composición litológica de la columna alterna niveles de rocas basálticas, areniscas y arcillas; estas ofrecen un buen contraste de parámetros geofísicos que facilita la identificación de los límites de dichas variaciones o intercalaciones. La litología de composición basáltica (Formación Serra Geral, Miembro Posadas) presenta valores de resistividad superiores a 100 ohm.m, característicos de rocas ígneas, en las tres perforaciones con valores de emisión gamma natural del orden de 30° API, si bien no se han publicado estos índices para otros pozos en la cuenca, su valor es constante y presenta coincidencia con el muestreo litológico.

De igual forma la respuesta resistiva de las intercalaciones de areniscas y lutitas (Formación Serra Geral, Miembro Solari) presenta valores de resistividad más variables, aunque siempre inferiores a los anteriores. Para la perforación Federación-1 oscila en valores medios entre de 10 - 25 ohm.m, para la perforación de Concordia-1 oscila en valores medios entre de 8 - 20 ohm.m, Colón-1 oscila en valores medios entre de 8 - 25 ohm.m. y en Gualeguaychú-1 oscilan entre 5 - 7 ohm.m, en todos los casos la respuesta de gamma natural es de 40 - 70° API.

Estos valores son valores medios de resistividad referidos a posibles intervalos clásticos y tienen correspondencia en los valores de conductividad de las aguas que contienen, (considérese que estas son medidas en boca de pozo, ver 5.2.). Sin embargo, los valores por encima de 15 ohm.m, son un poco elevados y no se descarta cierto grado incipiente de diagénesis que puede aumentar la cementación de las areniscas o pequeñas intercalaciones de arcilla y arenas con participación de material más fino cuando estos coinciden con picos de emisión gamma.

En base a lo expuesto se definen los siguientes criterios de interpretación que pueden tenerse presentes en futuras perforaciones.

El perfilaje múltiple realizado permite definir claramente en las perforaciones Federación-1, Concordia-1, Colón-1 y Gualeguaychú-1, los niveles de cuerpos arenosos intercalados en las coladas basálticas (Miembro Solari). (Ver perfilajes ANEXO I). Estas zonas se caracterizan por una disminución en el valor de las resistividades y un aumento de la emisión gamma natural.

Resuelve satisfactoriamente el límite o contacto entre distintas coladas vinculado con niveles de arcilla producto de la propia alteración del basalto. Correspondería a niveles de espesor inferior a 5 metros con poca separación entre las curvas resistivas con gran contraste de emisión gamma natural.

Las zonas de intensa fracturación donde los fluidos presentan otro comportamiento resistivo se resuelven con dificultad si no se posee perfilaje sínico, esto sólo fue posible en la perforación Colón-1. El desacople de la señal intensifica su respuesta caracterizando dichos niveles, su coincidencia con los criterios previos pueden definir zonas de aporte a partir de fracturas.

En la perforación Federación-1 (F-1) en el tramo de estudio comprendido desde los 125 -1260 m.b.b.p. corresponde a las unidades de composición basáltica y las areniscas interestratificadas y subyacentes a las primeras (Formación Serra Geral, Botucatú y Piramboiá).

En el tramo entre 125 - 871 m.b.b.p., (el tramo entre 47 - 125 m.b.b.p. fue encamisado previamente) el mismo presenta parámetros resistivos y gamma natural que coinciden con las diferencias litológicas citadas previamente durante el muestreo. Posee en general valores de resistividad de la normal corta y larga ligeramente distanciados probablemente vinculadas a la fracturación de la roca basáltica. Se observan a intervalos irregulares una caída de los valores de resistividad y aumento de la emisión gamma natural, dicho registro puede interpretarse como las intercalaciones de arenisca del Miembro Solari, la fracturación de la sección basáltica (Miembro Posadas) puede ser otra causa pero en la perforación de Colón se contó con información para descartar esta hipótesis. Dado que no fue posible obtener recortes de perforación de estos intervalos, las intercalaciones se interpretan a partir de la respuesta resistiva y gamma del perfilaje, debiendo considerarse esto como una limitación de la interpretación. La perforación Concordia-1 (C-1) en el tramo de estudio comprendido desde los 725 - 1170 m.b.b.p. corresponde a las unidades de composición basáltica y las areniscas interestratificadas y subyacentes a las primeras (Formación Serra Geral, Botucatú y Piramboiá). En el tramo entre 725 - 967 m.b.b.p. el mismo presenta parámetros resistivos y gamma natural que coinciden con las diferencias litológicas citadas previamente durante el muestreo para la Formación Serra Geral, si bien el techo de la misma está a 60 m.b.b.p. la intensa fracturación y el riesgo de derrumbe obligaron a encamisar y perfilar la sección inferior a 725 m.b.b.p. En base al mismo criterio interpretativo que en la perforación de Federación-1, a continuación se presentan en la tabla 4 que sigue las profundidades y alturas de las posibles intercalaciones del Miembro Solari:

Metros desde boca de pozo	Metros sobre el nivel del mar	Espesor en metros
766-779	-728/-741	13
819-828	-781/-790	9
846-871	-808/-833	25
916-927	-878/-889	11
934-941	-896/-903	7
948-953	-910/-915	5
957-962	-919/-924	5
Total		75

Tabla 4. Profundidades y espesores de las posibles intercalaciones clásticas en base al perfilaje de la perforación Concordia-1.

Las perforaciones de Federación en el tramo 871 - 1260 m.b.b.p. y Concordia en el tramo 967 – 1171 m.b.b.p. presentan una respuesta resistiva y de gamma natural que se corresponde con el muestreo litológico de las sedimentitas prebasálticas. En la perforación de Federación los valores resistivos en el tramo comprendido entre 871 -1185 m.b.b.p. son muy constantes en el orden de 15 - 20 ohm.m. Esto se corresponde en la perforación de Concordia al tramo entre 967 – 1120 m.b.b.p. y se interpretan en base al muestreo litológico como areniscas saturadas con aguas de buena calidad (ver Cap. 5). Su valor resistivo es de un orden de magnitud similar a las intercalaciones de arenas interbasálticas, lo que coincide con la interpretación realizada en el tramo de composición basáltica.

Estos últimos tramos se consideran atribuibles a la Formación Botucatú (Rivera).

El tramo inferior a 1185 m.b.b.p. en la perforación de Federación y 1120 m.b.b.p. en la perforación de Concordia presenta un aumento de la emisión gamma natural y se corresponde con niveles de composición limo-arcillosa o limo-arenosa en el perfil litológico siendo más frecuentes las intercalaciones de arcilla o la presencia de matriz más arcillosa en la frecuencia. Estos tramos hacia el final de las perforaciones se considerarán atribuibles a la Formación Piramboiá (Tacuarembó). A diferencia con los registrados en los perfilajes de Federación y Concordia el perfilaje de Colón presenta por debajo de los 886 m.b.b.p. y hasta el fondo de pozo (1502 m.b.b.p.), valores muy resistivos que llegan a los 1000 ohm.m. correspondiendo a rocas ígneas con pocas posibilidades de aportar fluidos, (Basamento Cristalino). Aunque se consideró la posibilidad de explorar el Basamento cristalino fracturado como posible acuífero fisurado de la perforación Colón-1 en función de la posible presencia de cuarzo en filón y cuerpos intrusivos volcánicos. El perfilaje de la perforación Colón-1 demuestra las pocas posibilidades de que el mismo posea niveles de fisurados de aporte.

CONSIDERACIONES SOBRE EL CAPÍTULO

Con respecto al estudio geológico hecho en esta área por las empresas adjudicadas, con personal técnico local sumamente calificado, podemos decir que vienen a complementar estudios e investigaciones realizadas con anterioridad en algunos casos corroborando datos, en otros agregando y en otros casos variándolos. Se realizó un estudio muy completo en este aspecto; sólo resta tener en cuenta las recomendaciones de lo que se debería efectuar a futuro, como hacer las correlaciones estratigráficas entre perfiles de pozos, esto proveerá de datos más avanzados de un estudio en profundidad.

También la determinación de porosidad y permeabilidad de las facies de la Formación Salto, proveerán datos sobre el acuífero somero transfronterizo más importante del área que seguramente es factible de ser contaminado o de contaminar al Acuífero Guaraní por desconocimiento de las características geológicas atravesadas y en caso de no respetarse las normas de perforación óptima para pozos termales.

CAPÍTULO 2

PERFORACIONES TERMALES EXISTENTES. MONOGRAFÍAS

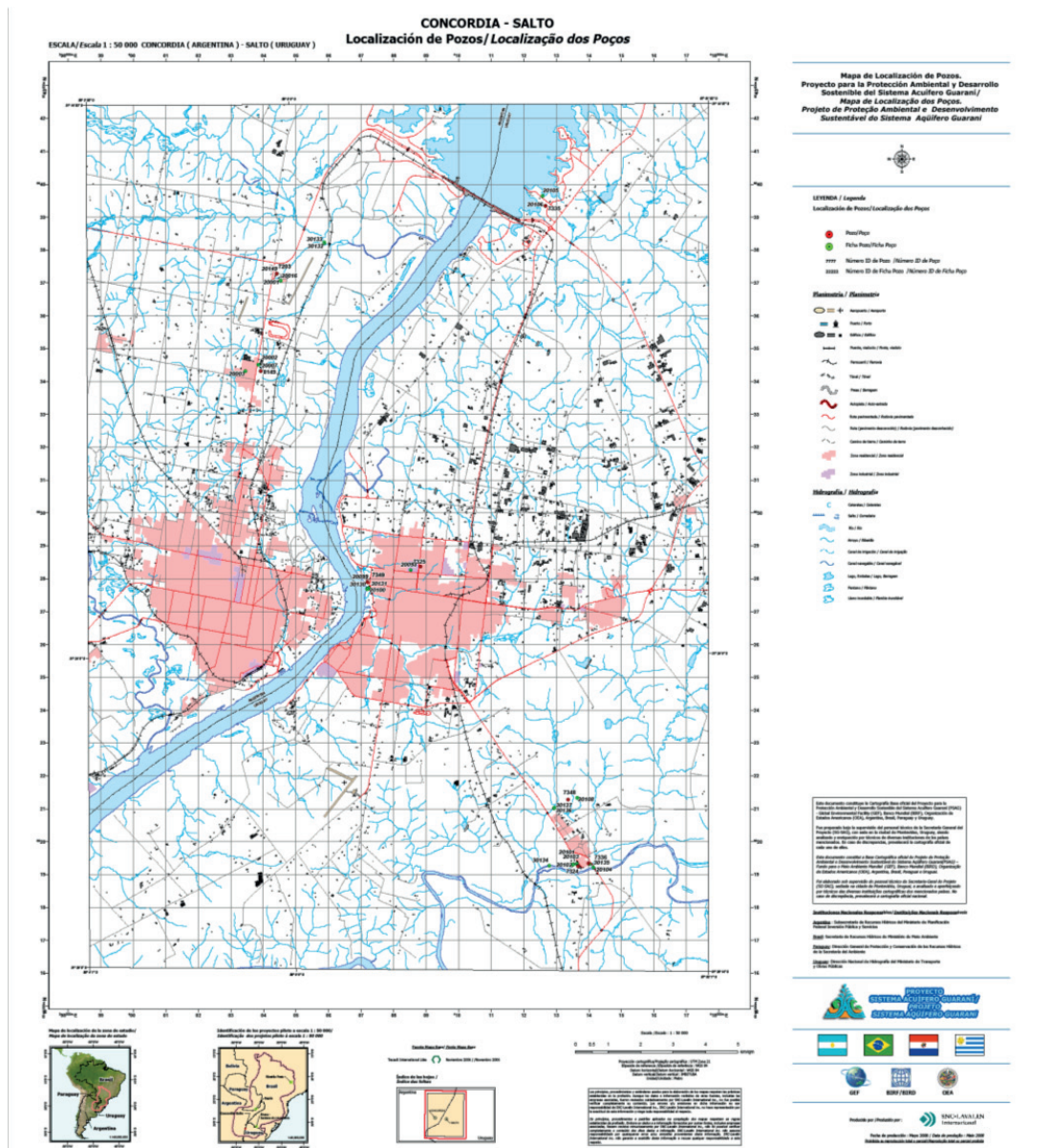


Fig 31. Localización de Pozos.

2.1. Principales Pozos Termales y sus Características Hidráulicas

NOMBRE	PROFUNDIDAD (m)	Caudal de Surgencia (m³/h)	Caudal de bombeo (m³/h)
Arapey	1494	170	-----
Daymán	2206	125	150
OSE Salto	1375	80	300
Club Remeros	1222	130	-----
Hotel Quiroga	1245	230	-----
Termal Kanarek	1280	150	-----
San Nicanor	1104	130	-----
Posada S. XIX	1209	175	-----
Guaviyú	1109	128	-----
Guichón	925	-----	70

Tabla 5. Características hidráulicas de los pozos del área.

2.2. Ubicación de pozos

Los pozos en el área del Piloto Concordia-Salto caben dentro de dos grupos:

- *Perforaciones termales profundas* que extraen el agua termal de las profundidades del SAG; y
- *Pozos poco profundos* que no penetran en el SAG y por lo tanto extraen agua de acuíferos ubicados encima del basalto que confina el SAG (o en las areniscas dentro del basalto, conocidos como acuíferos intertrap).

Debido a que el SAG yace a gran profundidad en el área Concordia-Salto, y a que hay otros acuíferos de gran calidad encima del SAG, el suministro local de agua se hace en la actualidad de zonas más superficiales, aunque hay una perforación profunda en la ciudad de Salto, perforada por OSE, que estaba destinada al suministro público y que en la actualidad no se encuentra en servicio.

Dentro del área del Piloto Concordia-Salto solamente hay ocho (8) pozos que penetran el SAG. De estos, solamente uno (1) atraviesa completamente la secuencia sedimentaria hasta el basamento Precámbrico. La Tabla 6 muestra los pozos del SAG que se encuentran dentro del área del Piloto Concordia-Salto y los mismos se pueden observar en la Fig 31.

Oficina del Proyecto Piloto Concordia - Salto									
LUGAR	Hotel Ayui	T. Vertiente	Villa Zoragum	Hotel Horacio Quiroga	Club Remeros	Pozo de OSE	De la Posada	Fuente Nueva (Kanarek)	T. Daymán
Acceso	Concordia	Concordia	Concordia	Salto	Salto	Salto	Salto	Salto	Salto
	Lago Salto	Monseñor Rósch y R	Monseñor Rósch 4500 al	Ex Ruta 3 km	Costanera Norte y Av.	Av. Paraguay y	Ruta 3, km	Ruta 3 km 478 y	Ruta 3 km 478 y
	a Puerto Luis	015 fle	lado Citricola	Represa Salto	Barbieri -	Grito de Asencio -	478.5 al lado de	Río Daymán.	Río Daymán.
		Estación YPF	Ayui	Gde	Ciudad	Ciudad	El Rancho		
GWS84 UTM Y	6537274		6534317	6539365	6527898	6528268	6521330	6519324	6519268
GWS84 UTM X	0404410		0403918	0412655	0407198	0408518	0413833	0414024	0413674
Prof. Pozo	1.179		1.142	1.245	1.326	1.368	1.209	1.280	2.206
P inic. (kg/cm²)		8.0	5.0	2.7		5.4	5.82	5.5	5.0
Q surgencia (m³/h)		380	900 (informa técnico)	230	135	60	190	180	125
Q uso actual (m³/h) ABRIL 2007		200	10	150	40	0	150	60	140
P remanente		0.8	4.0	2.2	4.2	1.4	2.9	1.0	1.55
Bomba		No tiene	No tiene	Recalque/succión 30 HP	No tiene	Sumergible	No tiene	Recalque/succión 30 HP	Recalque/succión 50 HP
Uso del agua		Recreativo	Cria langostas	Recreativo	Recreativo	No operativo	Recreativo	Recreativo	Recreativo
Manómetro		Analogico	Analogico	Analogico o Electromag ABB	Analogico	Analogico	Analogico	Analogico	Analogico
Qmetro		No tiene	No tiene	Digital y analogico	Digital	No tiene	Digital	Digital y analogico	No tiene
Termómetro		Analogico	Analogico	Digital y analogico	Digital	No tiene	Digital	Digital y analogico	No tiene
Temp (°C)		46°	44.5°	44°	45	47	46.5	45.5	43.5 *
CE µS/cm		648	600	890	750	3850	600	680	710
pH		8.3	8.4	8.3	8.3	8	8.3	8.4	8.5
Oz disuelto		4.20	4.0	4.23	4.8	1.7	5.53	4.5	4.65

ENERO 2008 - PLANILLA GENERAL DE DATOS DE POZOS PROFUNDOS - Piloto Concordia / Salto
 Notas: Q uso actual referido en ocasión de los ensayos hidráulicos (abril 2007). Los datos a boca de pozo son de la empresa PROINSA (Ago-Oct 2006)
 Información procesada por el Facilitador Local

Facilitador Local Ing. Agrón. Enrique Segu'i - emassa@sg-guarani.org

Tabla 6: Pozos SAG ubicados dentro del área del Piloto Concordia-Salto.

CAPÍTULO 3 HIDROGEOLOGÍA

3.1. Hidroestratigrafía

3.1.1. Modelo conceptual sub-regional

Como se mencionó anteriormente, en el área del Piloto hay sólo ocho (8) perforaciones que alcanzan el SAG, y de ellas, sólo una penetra totalmente la unidad principal del acuífero y la subyacente Formación Buena Vista. Por eso fue necesario buscar información adicional fuera del área del Piloto para poder desarrollar un modelo sub-regional que pudiera utilizarse para definir mejor el sistema de flujo de agua subterránea dentro del área del Piloto.

Se revisó un gran número de fuentes de información, incluyendo los registros de las perforaciones en la Base de Datos Maestra, la Ficha de Pozo y otras copias de registros de perforaciones y secciones transversales geológicas. Además, se obtuvo información sobre los espesores y la sucesión estratigráfica de las unidades en el informe geológico de Santa Ana et al. (2006) y de una tesis de Camargo (2006) que presentaron una interpretación de las condiciones sub-superficiales basada en métodos geofísicos. La información sobre los afloramientos de las formaciones se obtuvo del Mapa Hidrogeológico do *Aquífero Guaraní en Modelación conceptual y matemática del Acuífero Guaraní, Cono Sur* (CAMPOS, 2000) y de la *Carta geológica del Uruguay* (BOSSI et al., 1998) que muestra la ubicación de las secciones transversales desarrolladas para el modelo conceptual sub-regional. Sobre esta base, la Fig 42 muestra la sección transversal esquemática que se desarrolló para el modelo sub-regional que va desde el área del Piloto Concordia-Salto a la Rivera-Santana do Livramento y más allá, hasta donde afloran las formaciones.

En la Fig 43 se presentan más detalles de los depósitos a escala sub-regional. La misma abarca desde el Sur-Oeste del área Concordia-Salto hasta el Sur del área Rivera-Santana do Livramento, y muestra las unidades intersectadas basándose en la descripción proporcionada por los registros de perforaciones claves en la base de datos. La tendencia general del SAG levantándose desde la cuenca y aflorando en las cercanías del área Rivera-Santana do Livramento es evidente, como lo es el espesor amplio del basalto en las cercanías del área del Piloto Concordia-Salto. También es evidente la alta superficie piezométrica medida en los pozos Daymán y Arapey.

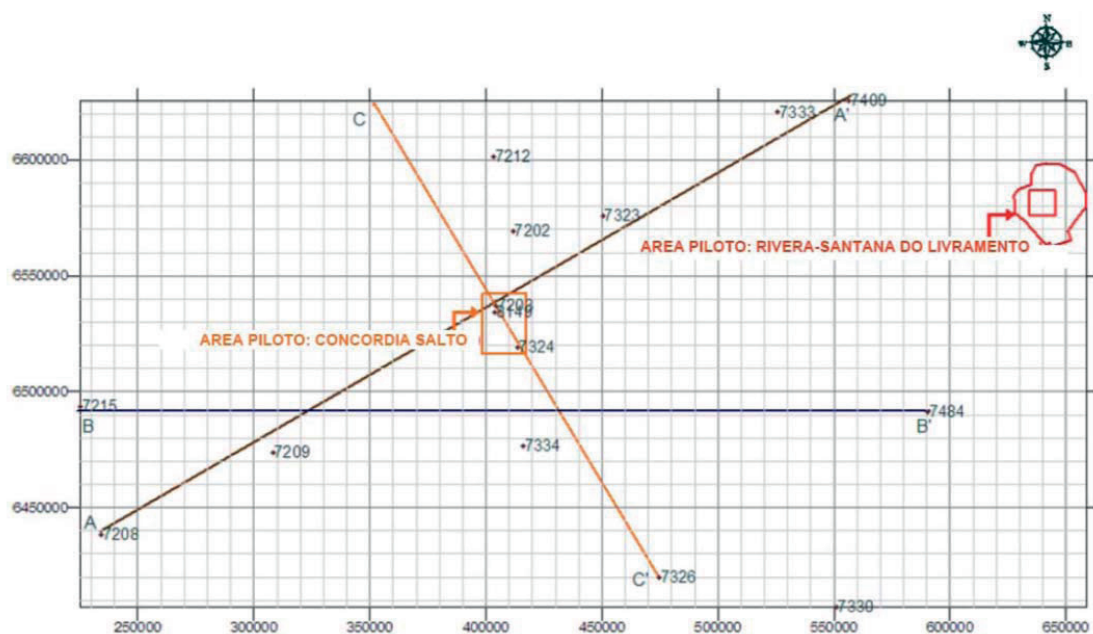


Fig 41. Ubicación de las Secciones Transversales del Modelo Conceptual Hidrogeológico.

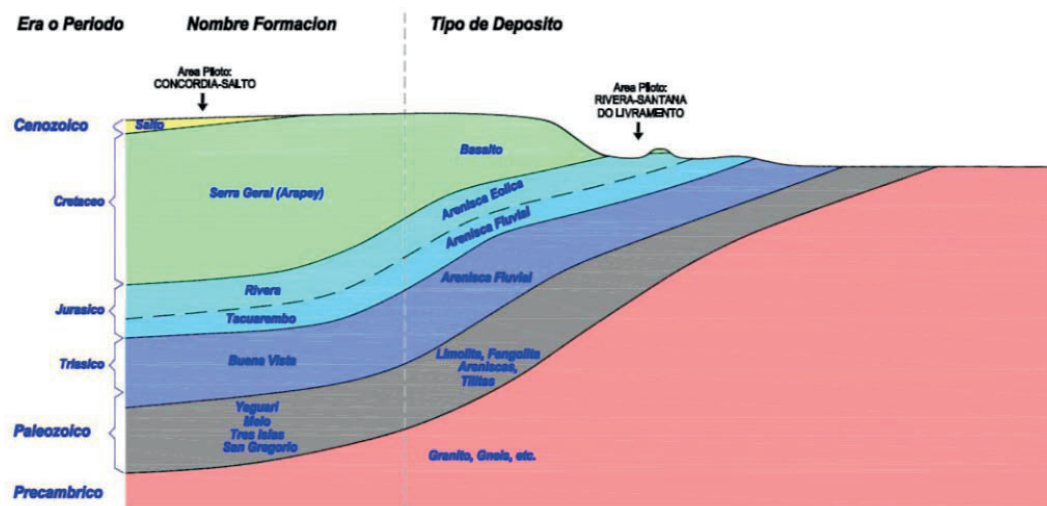


Fig 42. Sección transversal – Modelo sub-regional.

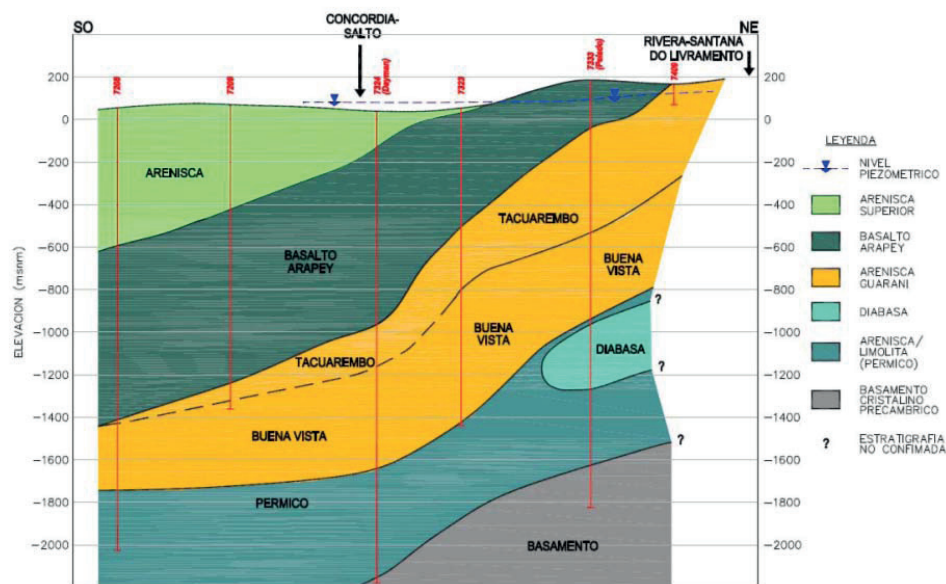


Fig 43. Modelo Hidrogeológico conceptual sub-regional.

3.1.2. Modelo conceptual del área del Piloto Concordia-Salto

Las tendencias identificadas en el modelo sub-regional fueron aplicadas al área del Piloto Concordia-Salto con el fin de desarrollar un modelo conceptual del Sistema Acuífero Guaraní. Las Figs 44 y 45 también se desarrollaron basándose en los registros de algunas perforaciones seleccionadas y, aunque estas secciones se extienden más allá del área del Piloto, muestran la relación de los depósitos en una orientación Oeste-Este y Noroeste-Sureste, y son útiles para entender las condiciones dentro del área del Piloto. Es de resaltar que la formación Tacuarembó puede diferenciarse de la formación Buena Vista en algunos lugares, pero en los demás lugares el contacto se interpreta.

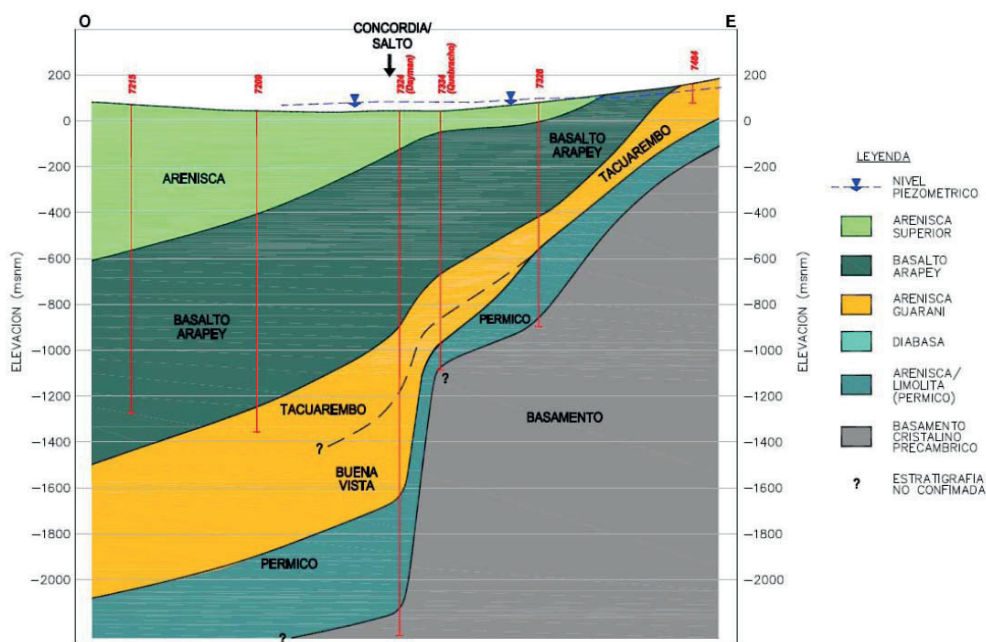


Fig 44. Modelo Hidrogeológico conceptual (Oeste-Este).

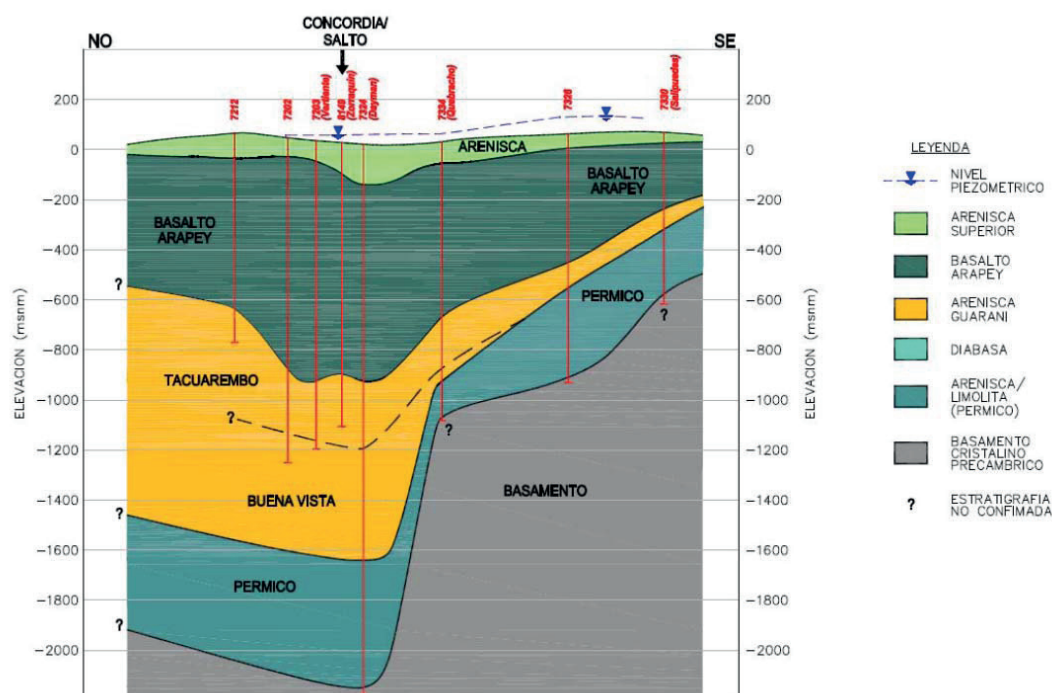


Figura 45. Modelo Hidrogeológico conceptual (Noroeste-Sureste).

Profundidad (m)	Descripción tomada de registro de perforación	Unidad estratigráfica	Era	Unidades del acuífero principal
0 a 955	Basalto en lotes (macizo a cavernoso) con intercalaciones pequeñas de arenisca de menos de 1 metro. Se presentan niveles importantes de socavación probablemente debido a alteración y/o fractura del basalto (aparecen principalmente entre 80 y 100m y entre 420 y 470m de profundidad)		Cretáceo	
955 - 1145	Arenisca fina, granos angulares, estratificación entrecruzada, color rosa, se presentan niveles de socavación de areniscas.	Formación Rivera	Jurásico	
1145 - 1240	Arenisca color rosa claro, grano fino con capas de granos tamaño medio, bien redondeados. Hay capas de limo presentes. En la base los colores varían a color rojo ladrillo y el tamaño del grano es de arena muy fina. Estratificación cruzada.	Tacuarembó		
1240-1487	Nota: parte de la Formación Tacuarembó puede clasificarse como Itacumbú (Techo de la Buena Vista luego de de Santa Ana et al, 2006)	Formación Buena Vista	Triásico	
1487 - 1663	Limo muy rojo, con arena muy fina con algo de arcilla. El limo presenta montones de mica.		Pérmico	
1663 - 1871	Limo gris, un poco limoso, muy resistente, hay presencia de capas de arena muy fina.	Yaguari (sedimentos costaneros)	(Nota: debajo del Pérmico posiblemente hay sedimentos Paleozoicos mas antiguos)	
1871 - 1932	Fangolita de color gris oscuro y arcilla dura, con zonas fangosas, hay presencia de capas calcáreas	Grupo Melo (marino somero)		
1932 - 2004	Arcilla muy resistente de color gris oscuro, fangosita, con nódulos de pirita. A 1960 m de profundidad comienza a presentar bordes tilíticos. Hay presencia de capas calcáreas y de fósiles	Tres Islas		
2004 - 2178	Tilita muy resistente con una matriz arcillosa. Hay arena de grano fino de color gris claro.	San Gregorio (glacial)		
2178 - 2204	Filita verde y castaño, lutita, abundancia de clorita, calcita y cuarzo	Basamento	Precámbrico	

Sin escala. Las formaciones Rivera y Tacuarembó se consideran como el principal acuífero Guaraní

La formación Buena Vista es una unidad relacionada portadora de agua que tiene por lo general una menor permeabilidad

Nota: registro de pozo no identificó superficie de sedimentos del Cenozoico suprayaciendo el basalto

Tabla 7. Unidades estratigráficas de las perforaciones.

3.2. Superficies hidroestratigráficas

Basándose en la información disponible, y usando como punto de partida los modelos conceptuales sub-regional y del área del Piloto, se desarrollaron los mapas que representan las superficies hidroestratigráficas claves. La metodología para el desarrollo del mapa se analizó con anterioridad en la sección 3. Estos mapas presentan una representación visual de las condiciones hidroestratigráficas del área del Piloto, lo mismo que un punto de inicio para alimentar el modelo numérico del área del Piloto.

Las superficies hidroestratigráficas desarrolladas incluyen:

- Superficie del terreno
- Techo del basalto
- Techo del Sistema Acuífero Guaraní (SAG)
- Piso del Sistema Acuífero Guaraní
- Espesor del Sistema Acuífero Guaraní
- Techo del basamento Precámbrico
- Superficie potenciométrica.

A continuación se describe cada uno de estos mapas

3.2.1. Superficie del terreno

En la Fig 1. del Capítulo 1 se muestra la superficie del terreno dentro del área del Piloto. La topografía es ligeramente ondulada, y está dominada por un declive suave hacia el río Uruguay que separa las ciudades de Salto y Concordia.

3.2.2. Techo del basalto

La Fig 46 (Mapa 3) presenta la superficie interpolada del techo del basalto dentro del área del Piloto Concordia-Salto basándose en la información de perforaciones.

Como es evidente, la superficie del basalto se inclina hacia el Oeste y el Sur, donde está debajo de depósitos de areniscas cenozoicas más recientes.

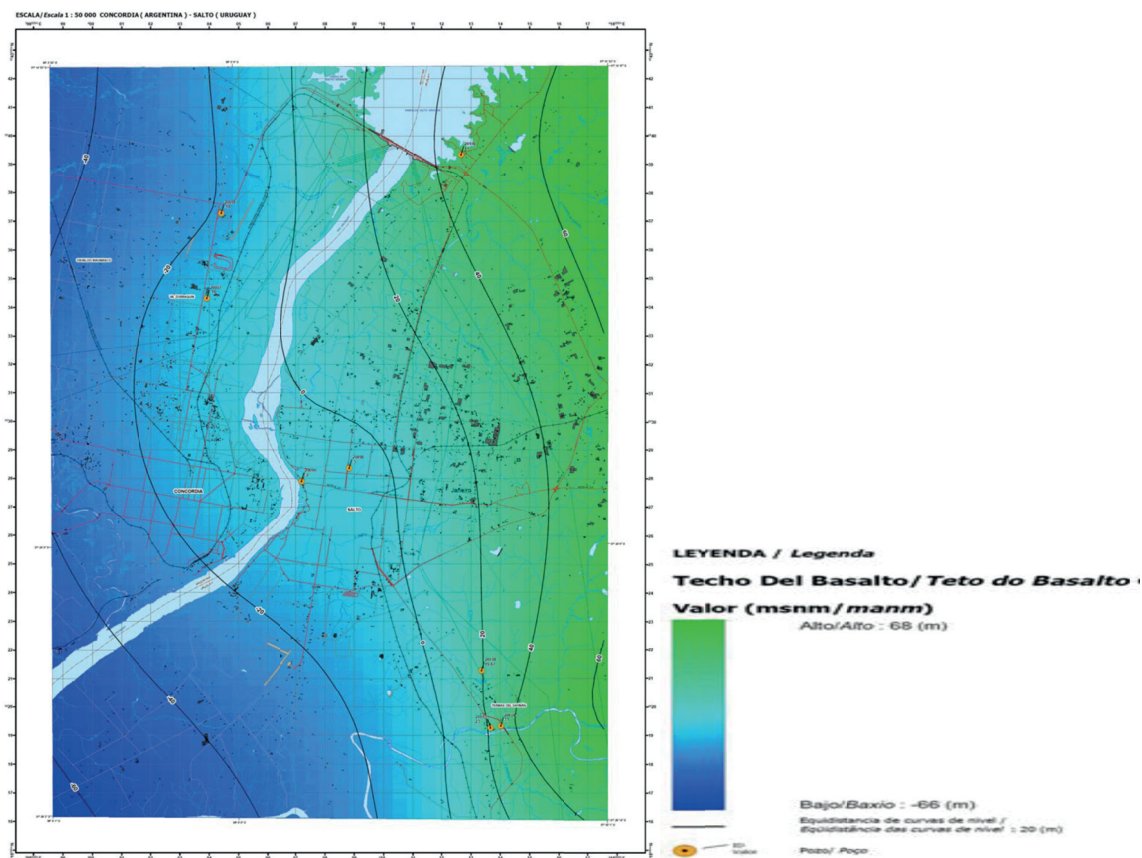


Fig 46. Techo del basalto.

3.2.3. Techo del Sistema Acuífero Guaraní (SAG)

A partir de los registros de pozo en la Tabla 1, que se encuentran dentro del área del Piloto, se obtuvo una superficie interpolada para el techo del Sistema Acuífero Guaraní. La profundidad hasta el techo del acuífero varía entre 940 metros bajo el nivel del suelo (mbns) en el pozo Kanarek hasta 1070 mbns en el pozo de OSE. La Fig 47 (Mapa 4) muestra la superficie interpolada del techo del acuífero que también es, por supuesto, la base de la formación Serra Geral o Arapey.

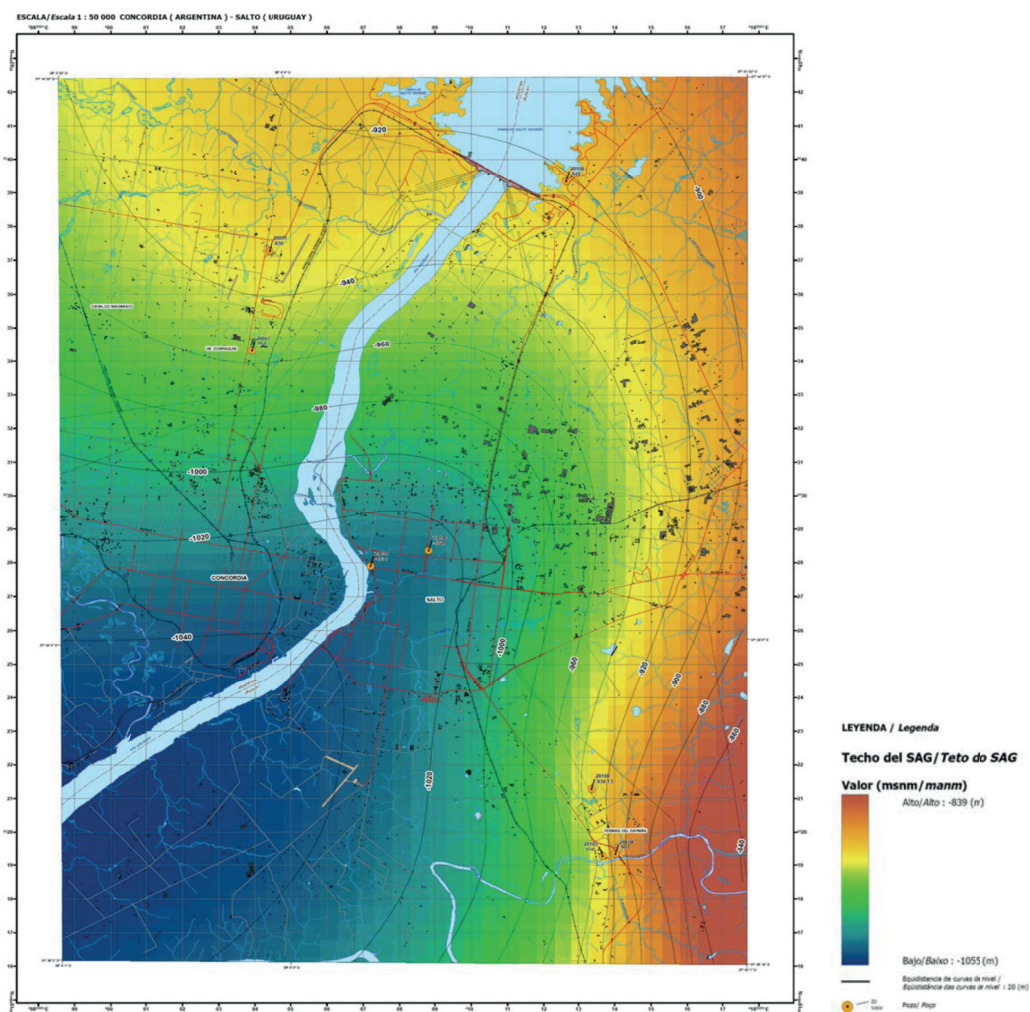


Fig 47. Techo del SAG.

3.2.4. Piso del Sistema Acuífero Guaraní (SAG)

Como se discutió anteriormente, para preparar las superficies a ser ingresadas en el modelo numérico, se consideró incluir la Formación Buena Vista dentro del Sistema Acuífero Guaraní y, basándose en esto, solamente un pozo dentro del área del Piloto, el pozo Daymán, penetró todo el espesor del SAG. En este pozo, se consideró que el fondo del SAG era el techo del Pérmico. La Fig 48 (Mapa 5) presenta, según esta definición, la superficie interpolada del fondo del SAG. El desarrollo de esta superficie dependió de la información de muchos pozos que se encuentran fuera del área del Piloto Concordia-Salto, como se presenta en la Tabla 2.

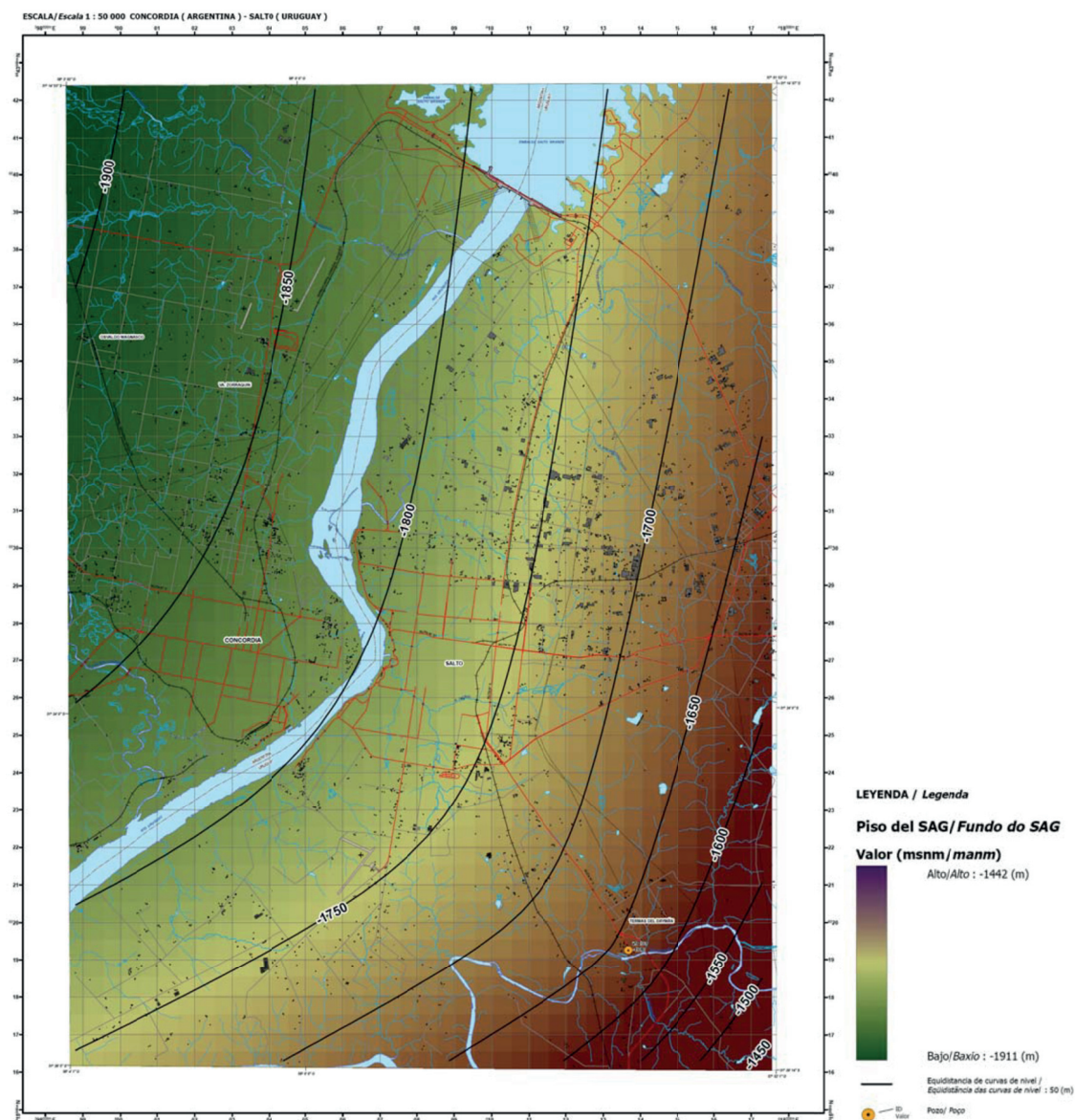


Fig 48. Piso del SAG.

3.2.5. Espesor del Sistema Acuífero Guaraní (SAG)

El espesor del SAG, incluyendo la Formación Buena Vista, se obtuvo al sustraer la superficie de piso del SAG de la superficie techo del SAG. Luego se perfilaron los valores resultantes para producir el mapa de espesores del SAG (isopacas). La Fig 49 (Mapa 6) presenta el mapa de isopacas interpoladas del SAG. Este mapa muestra el engrosamiento, aumento de espesor significativo del SAG hacia el Noroeste.

Como en el caso del techo del Pérmico (equivalente al fondo de la superficie del SAG), el desarrollo de esta superficie dependió de la información de una cantidad de pozos que se encuentran fuera del área del Piloto Concordia-Salto, como también de otros métodos indirectos, incluyendo información geofísica.

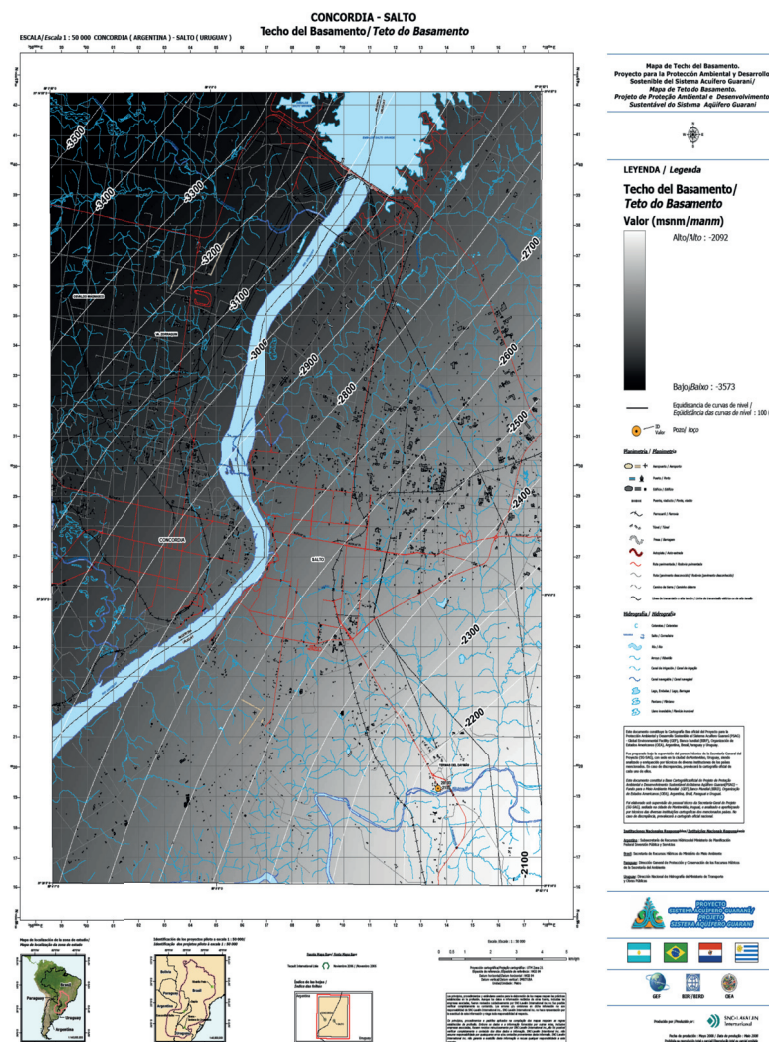


Fig 50. Mapa del Techo del Basamento.

3.2.7. Superficie potenciométrica

La superficie potenciométrica o piezométrica en un acuífero confinado es una superficie imaginaria que representa el nivel al cual llega el agua en las perforaciones que fueron examinadas en el acuífero. En el caso del Sistema Acuífero Guaraní, dentro del área del Piloto real, el nivel estático del agua en todas las ocho perforaciones sube por encima del nivel de la superficie del terreno, creando condiciones de flujos de artesianos. En la mayoría de los casos la carga real está significativamente por encima del nivel del terreno (es decir hasta 50 m o más) lo que significa que no puede medirse directamente con facilidad y generalmente se determina por medio de un manómetro. Como consecuencia, la superficie potenciométrica no se ve afectada significativamente por la topografía y las características de la superficie (arroyos, riachuelos, escarpas, etc.). La superficie potenciométrica para este estudio se desarrolló a partir de los pozos listados en las Tablas 1 y 2 y es de notar que, en la mayoría de los casos, se desconoce la fecha real de las mediciones. La superficie potenciométrica se presenta en la Fig 51 (Mapa 8).

A escala sub-regional la dirección de flujo es generalmente desde las áreas de recarga en el Este hacia el área de Entre Ríos en Argentina en el Oeste, posiblemente con un componente Norte-Oeste en la parte más al norte de Uruguay.

Sin embargo la superficie potenciométrica, específicamente dentro del área del Piloto Concordia-Salto, muestra un flujo en dirección Suroeste, como se presenta en la Fig 51. La carga piezométrica cae desde un nivel de 90 msnn en la esquina Noreste del área del Piloto hasta cerca de 65 msnm en la esquina Suroeste del área del Piloto.

Debe resaltarse que, dentro del área del Piloto, esta superficie está basada en niveles casi estáticos del agua. Esto quiere decir que, aunque se cree que los niveles de agua representan las mediciones tomadas cuando los pozos no estaban descargando, y cuando realmente se habían recuperado al punto de la estabilización, ellos reflejan sin embargo los efectos de años de extracción de agua subterránea en esta área. De ahí la desviación de la dirección de flujo simple de Este a Oeste.

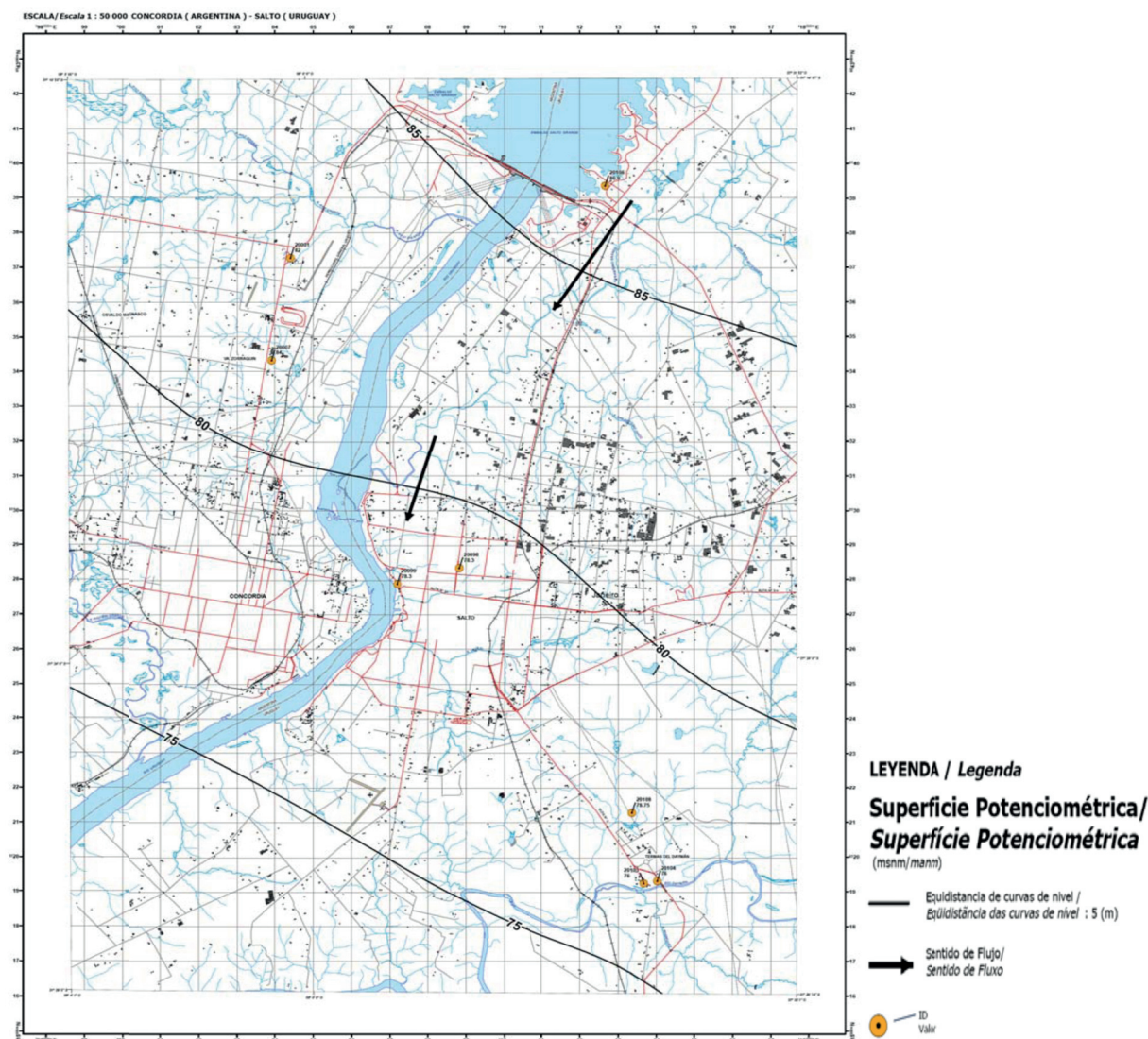


Fig 51. Superficie potenciométrica.

3.2.8. Condiciones de recarga/descarga del acuífero

A través del área del Piloto Concordia-Salto, el acuífero yace debajo de una unidad amplia y gruesa de basalto, una parte significativa del cual es, a efectos prácticos, un acuicludo. Las cargas piezométricas altas en el acuífero Guaraní (es decir sobre el nivel del suelo) indican fuertes gradientes hidráulicos ascendentes sin posibilidad de recarga directa al acuífero desde la superficie del terreno. De igual manera, debido a la baja permeabilidad del basalto a profundidad, no hay descarga obvia a la superficie en forma

de manantiales o flujo base a arroyos y probablemente haya poco o nada de recarga al sistema acuífero somero encontrado en la superficie.

Dentro del área del Piloto Concordia-Salto no hay áreas de recarga del acuífero Guaraní y la única descarga significativa a la superficie es desde las perforaciones artesianas que abastecen de agua a las termas.

3.3. Análisis de los ensayos hidráulicos

Generalidades

Los estudios geológicos y de laboratorio de petrofábrica-petroológico en todo el SAG han permitido caracterizar y correlacionar las distintas unidades sedimentarias infrabálticas en los países atribuibles al Guaraní. Se determinaron los valores medios de porosidad (25 a 27%) y los de permeabilidad al gas (entre 400 y 700 miliDarcy). La distribución de frecuencia de las muestras analizadas indica una similitud en el comportamiento entre las Formaciones: Botucatú, Misiones y Tacuarembó, refrendada por su caracterización mineralógica. Se comprueba la misma identidad para esta gran unidad regional prebaáltica, producto de un mismo tipo de ambiente de sedimentación eólico con sectores intercalados fluvio-eólicos.

Ensayos

Como parte del PSAG, se llevaron a cabo ensayos hidráulicos para obtener información adicional sobre los parámetros del acuífero cuya descarga es por flujo artesiano, sin bombeo.

Como parte de este estudio se realizaron en marzo de 2007 dos (2) ensayos de descarga en el área del Piloto Concordia-Salto. El primer ensayo se desarrolló en el pozo del Club Remeros Salto (Remeros), ubicado en Uruguay, mientras que el pozo de OSE (también en Uruguay) actuó como pozo de observación. El segundo pozo ensayado fue el de Village Termal en Villa Zorraquín (H2O Termal) en Argentina, y el pozo de observación estaba ubicado en Vertiente de la Concordia (Vertiente). Se hicieron análisis adicionales con información histórica de ensayos hidráulicos efectuados en el año 2002 por Dinamige Área Hidrogeología (Dinamige) en los pozos Kanarek y Daymán.

Los ensayos fueron llevados a cabo por representantes de la empresa Proyectos de Ingeniería S.A. (PROINSA) y el facilitador local de parte de SNC-Lavalin. Un informe separado detallando los resultados de este ensayo hidráulico se presenta en el *Informe de ensayos hidráulicos en las áreas piloto* (SNC-Lavalin, 2008). La Fig 52 muestra la ubicación de los pozos con ensayos hidráulicos.



Fig 52. Ubicación de ensayos hidráulicos – Concordia-Salto.

3.3.1. Metodología para los ensayos de campo

Todos los pozos en el área del Piloto Concordia-Salto son pozos artesianos. La descarga desde los pozos se controla con válvulas montadas sobre los pozos; por lo que no se necesitaron bombas para el ensayo. Como parte del programa de ensayos hidráulicos se recolectaron muestras de agua subterránea para su correspondiente análisis. En la sección 7.3. se comentan los resultados de estos análisis.

3.3.2. Análisis de los ensayos

Se analizaron los dos ensayos de descarga desarrollados por PROINSA y los dos ensayos históricos, para un total de cuatro ensayos. Hubo disponibilidad de registros de pozos para tres de los cuatro pozos ensayados por PROINSA (Remeros, OSE, Vertiente, y H2O Termal). Generalmente, los pozos penetran entre 200 y 300 m dentro del acuífero Triásico-Jurásico, el cual tiene un espesor de aproximadamente 500 a 600 m si se incluye la Formación Buena Vista. Como se mencionó anteriormente el Acuífero está confinado y los pozos pueden considerarse como parcialmente penetrantes, aunque dependiendo del contraste de permeabilidad entre los sedimentos del Jurásico y el Triásico es posible que se comporten más como pozos penetrantes totales. Los ensayos se analizaron utilizando el método Theis y se consideraron solamente con la función de penetración completa. La Tabla 8 presenta un resumen de los análisis de los ensayos hidráulicos.

Ensayo hidráulico	Pozo	Tipo de Pozo	Abatimiento Máximo(m)	Distancia Radial (m)	Método	Transmisividad (m ² /día)	Almacenamiento	Geología	Filtro de Pozo	Comentarios
Remeros Descarga: 44 a 79 m ³ /h Duración: 28 días	Remeros	B	33,1	N/A	Theis - completamente penetrante	200,0	N/A	Pozo de descarga: 0-16 m Arena 16-1045 m Basalto 1045-1322 m Areniscas Pozo de Observación: 0-47 m Areniscas 47-1070 Basalto 1070-1243 Areniscas	Sin información	Caudal de descarga altamente variable por lo tanto hay picos en la información de abatimiento. Curva aceptable, valores razonables.
	OSE	O	1,5	1693,7		194,0	$8,06 \times 10^{-4}$			
Zorraquin Descarga: 120 m ³ /h Duración: 15 días	Zorraquin	B	17,1	N/A	Theis - completamente penetrante	201,0	N/A	Pozo de Descarga: 0-1 m Suelo 1-29 m Areniscas Salto 29-50 m Arcilla 50-995 Basalto 995-1142 Areniscas Pozo de Observación: 0-80 m Sobrecarga 80-790 Areniscas 790 a 972 Basalto 972-1170 Areniscas	Sin información	Ajuste de curva pobre, caudal de descarga altamente variable e información irregular sobre abatimiento, especialmente en el pozo de observación.
	Vertiente	O	12,5	2997,9		486,0	$4,12 \times 10^{-9}$			
Dinamige-Kanarek Descarga: 120 m ³ /h Duración del ensayo: 48 h.	Kanarek	B	32,8	N/A	Theis - completamente penetrante	147,0	N/A	0-955 m Basalto 955-1487 m Areniscas 1487-2178 m Arcilla 2178-2204 m Basamento El pozo de descarga y el de observación tienen litologías similares.	Diámetro: 0-17,8; 0,44 m 17,8-2205: 0,27 m	Primera mitad del ensayo donde descarga viene de pozo Kanarek. Nótese que un caudal pequeño de agua se descarga desde el pozo Daymán durante el período de recuperación (3,0 m ³ /h). Buen ajuste de curva, particularmente para la curva del pozo Kanarek.
	Daymán	O	3,3	332,0		1.880	$3,53 \times 10^{-5}$			
Dinamige - Daymán Descarga: 120 m ³ /h Duración del ensayo: 48 h.	Kanarek	O	3,7	332,0	Theis - completamente penetrante	292,0	$2,25 \times 10^{-4}$			Segunda mitad del ensayo donde descarga viene de pozo Daymán. Nótese que un caudal pequeño de agua se descarga del pozo Kanarek (2,7 m ³ /h). Excelente ajuste de curva.
	Daymán	B	41,8	N/A		110,0				

Nota: B – Bombeo O – Observación

Tabla 8. Resumen del análisis de ensayos hidráulicos en el área del Piloto Concordia-Salto.

Ensayo #1 Remeros

Se llevó a cabo un ensayo hidráulico en el pozo # 20099 (Remeros) durante un período de 20 días, entre el 6 y 26 de marzo de 2007. Durante este tiempo el agua fluyó desde el pozo, bajo condiciones artesianas, a un caudal de 73 m³/h. La máxima reducción en el nivel del agua durante el período del ensayo fue de 30 metros. Se adquirieron muestras para análisis de laboratorio antes del ensayo, al final del ensayo y luego del ensayo, y se obtuvieron 4 series de mediciones de campo.

Los resultados del ensayo en Remeros se analizaron utilizando el método Theis con condiciones de penetración completa. Los valores de transmisividad calculados fueron de 200 m²/día y 194 m²/día para los pozos de bombeo y observación, respectivamente. A partir de la información del pozo de observación se calculó un valor de almacenamiento

de $8,06 \times 10^{-4}$. Debe notarse que durante el ensayo hubo fluctuaciones tanto en el caudal de descarga como en las mediciones del nivel del agua, las cuales no permitieron un buen ajuste de curva durante los análisis.

Se observó interferencia entre el pozo de descarga y el de observación manifestándose un abatimiento de 1,5 m en el pozo de observación (OSE), aunque este descenso se redujo significativamente con el tiempo, es decir luego de 60 horas de ensayo en el pozo de descarga. También, es interesante destacar una leve recuperación de 0,5 m en el pozo de observación luego que la descarga de agua se detuvo en el pozo Remeros el 26 de marzo de 2007, seguido de un incremento leve del abatimiento una vez que se reanudó la descarga el 27 de marzo de 2007.

Ensayo # 2: Zorraquín, Argentina

El ensayo hidráulico en el pozo # 20007 (H2O Termal) se llevó a cabo durante un período de 16 días entre marzo 11 y marzo 26 de 2007, tiempo durante el cual el pozo estuvo descargando, bajo condiciones artesianas (presión natural), a una tasa de alrededor de $123 \text{ m}^3/\text{hora}$. El abatimiento máximo del nivel del agua de 17 m se registró en este pozo. Las muestras de agua para análisis químico de laboratorio se obtuvieron antes del ensayo, al final del ensayo, y luego de un período de recuperación del pozo de 1 día.

El ensayo en Zorraquín incluyó dos pozos, denominados Zorraquín y Vertiente y ubicados a 3000 m entre sí. Zorraquín se utilizó como pozo de descarga y Vertiente funcionó como pozo de observación. Debe notarse que no se conocieron los niveles estáticos de agua reales en los pozos y que no se permitió que los pozos se recuperaran completamente.

Los valores de transmisividad inferidos de la información del ensayo de Zorraquín, utilizando el método de Theis en condiciones de penetración completa, son de $201 \text{ m}^2/\text{día}$ para el pozo de descarga y de $486 \text{ m}^2/\text{día}$ para el pozo de observación. A partir de la información del pozo de observación se calculó que el valor del almacenamiento es de $4,19 \times 10^{-9}$. Este valor de almacenamiento parece ser relativamente bajo y puede que no sea representativo del SAG. Nótese que el ajuste de curva para el pozo de descarga de Zorraquín fue pobre.

Los niveles de agua medidos en el pozo de observación fueron irregulares, resultando en un ajuste de curva extremadamente pobre.

La interferencia entre el pozo de descarga y el de observación fue evidente.

Información histórica # 1: Kanarek, Uruguay

El ensayo en Kanarek incluyó dos pozos, denominados Kanarek y Daymán y ubicados a 332 m entre sí. Kanarek se utilizó como pozo de descarga, y Daymán funcionó como pozo de observación. Antes del ensayo, ambos pozos se cerraron por un período de recuperación de un (1) día, que fue monitoreado en ambos pozos.

El ensayo comenzó en Kanarek a un caudal constante de 120 m³/h y continuó durante tres días (72 h). Se midió el abatimiento tanto en el pozo de bombeo como en el de observación y se obtuvieron abatimientos máximos de 32,8 m y 3,3 m respectivamente.

Los resultados del ensayo de Kanarek fueron analizados utilizando el método de Theis con condiciones de penetración completa, y arrojaron unos valores de transmisividad de 147 m²/día y 1880 m²/día en el pozo de descarga y el de observación, respectivamente. A partir de la información del pozo de observación se calculó un valor de almacenamiento de $3,53 \times 10^{-15}$. Debido al ajuste de curva muy pobre para el pozo de observación, se considera que estos valores no son representativos del SAG.

Se evidencia una interferencia entre el pozo de descarga y el de observación. Se observó un abatimiento de 3,3 m en el pozo de observación y el mismo comenzó aproximadamente 170 minutos después que se iniciara el bombeo en el pozo Kanarek.

Información histórica # 2: Daymán, Uruguay

Este ensayo es similar al ensayo histórico # 1 con la única diferencia que el pozo de descarga fue Daymán y el de observación Kanarek. En este ensayo, se permitió que el pozo Daymán descargara agua a un caudal de 120 m³/h durante tres días.

El análisis de los resultados del ensayo en Daymán utilizando el método Theis en condiciones de penetración completa, arrojó valores de transmisividad de 110 m²/día y 292 m²/día para los pozos de descarga y observación, respectivamente. A partir de la información del pozo de observación se calculó que el almacenamiento es de $2,25 \times 10^{-4}$. Nótese que el ajuste de la curva para el pozo de observación fue pobre.

Se observó una interferencia entre los pozos de descarga y de observación. Se registró un descenso de 3,7 m en el pozo de observación (Kanarek) mientras que en el pozo de descarga (Daymán) fue de 41,8 m.

3.3.3. Conclusiones de los ensayos hidráulicos

Los resultados de los ensayos desarrollados por PROINSA, complementados con resultados históricos de ensayos realizados por la Dirección Nacional de Minería y Geología de Uruguay (DINAMIGE), indican que existe interferencia entre los pozos. El nivel de interferencia depende del caudal de descarga y de la distancia entre los pozos. La información que se obtuvo de los análisis de los ensayos hidráulicos se utilizó como entrada para el modelo numérico.

En cuanto al informe de Aravena (2009) se menciona especialmente lo ocurrido con C14 en los ensayos de bombeo manifestando concretamente que se produce un aporte de aguas más jóvenes al explotar el pozo al cabo de unos días, y respalda el hecho que al descargar intensamente (sin nunca detener el bombeo de los pozos) en el acuífero se produce una cierta baja de la temperatura del agua, por ingreso de agua más dulce y más joven.

Recarga /descarga

Localmente, debido a las grandes profundidades donde se encuentra el Acuífero, no hay descarga a la superficie en forma de manantiales o flujo base a arroyos y probablemente haya poco o nada de recarga al sistema acuífero somero encontrado en la superficie, salvo en condiciones de mala construcción del pozo (falta de encamisado) o por avería del mismo.

Dentro del área del Piloto Concordia-Salto no hay áreas de recarga del acuífero Guaraní (el área más cercana de recarga probable podría ser la Meseta de Artigas, en la República Oriental del Uruguay) y la única descarga significativa a la superficie es desde las perforaciones artesianas que abastecen de agua a las termas.

CONSIDERACIONES SOBRE EL CAPÍTULO

Si bien parece ser redundante con las conclusiones precedentes no deja de ser recomendable la advertencia que de los datos obtenidos se hace con respecto a la interferencia de los pozos sobre todo cuando ésta se ve afectada por la distancia entre los mismos y el caudal de descarga, teniendo en cuenta que la probable zona de recarga más cercana es la Meseta de Artigas en la República Oriental del Uruguay.

Datos generales

A nivel regional se atribuye al SAG una recarga de 5 km³/año para un total almacenado de 29.000 km³. Las reservas explotables se han calculado de la siguiente manera: para una depresión general del nivel piezométrico de todo el SAG de 400 metros con respecto a los niveles estáticos, vamos a tener disponible un total de 2.040 km³ de agua. Estos valores permitirían una extracción general continua de alrededor de 200 km³ por año durante 10 años, por ejemplo, e hipotéticamente mediante más de 60.000 grandes pozos operando simultáneamente a grandes caudales y distribuidos homogéneamente en toda la región del SAG.

En cuanto al informe de Aravena (2009)-Isótopos, se menciona especialmente lo ocurrido con C14 en los ensayos de bombeo manifestando concretamente que se produce un aporte de aguas más jóvenes al explotar el pozo al cabo de unos días, y respalda el hecho que al descargar intensamente (sin nunca detener el bombeo de los pozos) en el acuífero se produce –como ya se manifestó– una cierta baja de la temperatura del agua, por ingreso de agua más dulce y más joven.

CAPÍTULO 4

HIDROQUÍMICA E ISOTOPIA

4.1. Descripción de la red de monitoreo

PROINSA obtuvo un total de 14 muestras de agua subterránea a partir de los ocho (8) pozos profundos del SAG que se encuentran dentro del área del Piloto Concordia-Salto; la lista de pozos muestreados se muestra en la Tabla 9. Entre los meses de agosto y octubre de 2006 se recolectó una muestra de cada pozo, para un total de ocho (8) muestras, a las que se les hicieron detallados análisis de laboratorio que incluyeron químicos en general y metales. Adicionalmente, a la muestra del pozo Posada del Siglo XIX (Posada) (# 20108) se le hizo un análisis completo de contaminantes orgánicos, de acuerdo con los “Protocolos básicos Industrial y Agrícola” de los Procedimientos elaborados por SNC-Lavalin.

En dos de los pozos, Termas Termal H2O (Zorraquín) (# 20007) y Club Remeros (Remeros) (# 20099), también se tomaron muestras de agua durante los ensayos hidráulicos de marzo de 2007. Durante este programa, se tomó una muestra de agua en cada uno de los dos pozos en tres oportunidades separadas, para un total de seis (6) muestras.

En los 8 pozos se hicieron mediciones en campo de alcalinidad, conductividad eléctrica, pH, y temperatura durante el programa de muestreo del 2006. Durante el programa de ensayos hidráulicos del 2007 se hicieron mediciones en campo en los dos pozos de bombeo y en los cuatro pozos cercanos que no fueron incluidos en dichos ensayos.

Cabe señalar, que el pozo OSE fue perforado inicialmente como un pozo de suministro de agua, pero debido a la alta temperatura del agua y otros asuntos, el pozo no se usó para suministrar agua al público. En la actualidad el pozo no se encuentra en uso.

ID Pozo SNC	Código PROINSA	ID Pozo GDB Guaraní	Prof. pozo (m)	Ubicación	Municipio	Provincia	País
20001	S-001-AR-CONCORDIA	7203	1170	Termas las Vertientes	Concordia	Entre Ríos	Argentina
20103	S-034-UY-SALTO	7324	2204	Daymán	Salto	Salto	Uruguay
20098	S-005-UY-SALTO	7325	1368	OSE	Salto	Salto	Uruguay
20106	S-038-UY-SALTO	7335	1295	Salto Grande (Hotel Quiroga)	Salto	Salto	Uruguay
20104	S-035-UY-SALTO	7336	1280	Fuente Nueva (Terma Kanarek)	Salto	Salto	Uruguay
20108	S-043-UY-SALTO	7348	1209	Posada del siglo XIX	Salto	Salto	Uruguay
20099	S-024-UY-SALTO	7349	1322	Club Remeros	Salto	Salto	Uruguay
20007	S-013-AR-CONCORDIA	8149	1142	Termas Villa Zorraquín	Concordia	Entre Ríos	Argentina

Tabla 9. Pozos profundos del SAG muestreados en el área del Piloto Concordia-Salto.

4.2. Resultados del muestreo del año 2006

4.2.1. Parámetros medidos en campo

El programa de muestreo de campo fue llevado a cabo por la firma PROINSA, siguiendo procedimientos estándar de campo, de acuerdo a los protocolos desarrollados por SNC-Lavalin. Antes de usar las botellas éstas se lavaron, limpiaron y esterilizaron. A medida que avanzaba el muestreo cada muestra era marcada apropiadamente, incluyendo información relevante como sitio de toma, identificación de la muestra, hora y día, etc. Las muestras de agua se recolectaron en botellas de polietileno de alta densidad y se les hicieron análisis en sitio de alcalinidad, conductividad eléctrica, pH y temperatura, usando equipos portátiles de análisis. Los resultados de estos análisis se registraron en las notas de campo de las muestras.

En la Tabla 10 se presentan los resultados de los parámetros medidos en campo. En el pozo OSE no se pudieron medir algunos parámetros de campo, incluyendo la alcalinidad. Las Figs 53 a 56 (Mapas 9 a 12) muestran la distribución de los resultados de los análisis de campo. A continuación se presenta un análisis breve de los resultados de los parámetros medidos en campo.

Lugar		OSE	Termas las Vertientes	Termas Villa Zorraquín	Club Remeros-	Daymán	Fuente Nueva (Terma Kanarek)	Salto Grande (Hotel Gulroga)	Posada del Siglo XIX
ID POZO SNC		20098	20001	20007	20099	20103	20104	20106	20108
ID Pozo GDB		7325	7203	8149	7349	7324	7336	7335	7348
Código pozo	Unidad	PP-U-0003-OSE	PP-A-0002-Concordia1	PP-A-0015	PP-U-0028-Club Remeros Salto	PP-U-0002-Daymán	PP-U-0015-Fuente Nueva	PP-U-0014-Hotel Gulroga	PP-U-0027-Hotel Posada del siglo XIX
Fecha Muestreo		2006-08-17	2006-09-08	2006-09-08	2006-09-26	2006-10-02	2006-10-02	2006-10-03	2006-10-09
Código PROINSA		S-005-UY-SALTO	S-001-AR-CONCORDIA	S-013-AR-CONCORDIA	S-024-UY-SALTO	S-034-UY-SALTO	S-035-UY-SALTO	S-036-UY-SALTO	S-043-UY-SALTO
pH	pH	8,00	8,30	8,40	8,35	8,43	8,43	8,30	8,31
Alcalinidad Carbonatada	mg CaCO ₃ /L	-	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Alcalinidad Bicarbonatada	mg CaCO ₃ /L	-	243,2	226,2	258,2	260,2	254,2	227,2	265,2
Alcalinidad Total	mg CaCO ₃ /L	-	243,2	226,2	258,2	260,2	254,2	227,2	265,2
Temp.aqua	° C	47,0	46,0	44,5	45,0	45,0	45,5	44,0	46,5
Temp.alre	° C	15,0	23,0	30,0	24,0	32,0	28,5	27,5	29,0
Conductividad eléctrica	µS/cm	3,850	655	600	750,0	766,0	680,0	890,0	600,0
O ₂ disuelto	mg/L	1,70	4,20	4,00	4,60	4,65	4,50	4,23	5,53
CO ₂	mg/L	-	40,0	32,0	32,8	34,4	42,4	40,0	28,8
PO ₄	mg/L	-	0,27	0,36	0,23	0,82	0,48	0,34	0,18
N-NO ₂	mg/L	-	0,002	< 0,002	0,007	0,010	0,008	0,005	0,010
N-NO ₃	mg/L	-	< 0,3	< 0,3	< 0,3	< 0,3	< 0,3	< 0,3	-

Resultados de Análisis de Hidrogeoquímicos, Proinsa 2007

Tabla 10. Mediciones en campo durante el programa de muestreo del año 2006.

Alcalinidad

De acuerdo con la Organización Mundial de la Salud (OMS), la guía estética/operacional de los niveles aceptables de alcalinidad es de 30 a 500 mg/L CaCO₃. Aguas con alcalinidad baja pueden acelerar la corrosión natural, mientras que aguas con alcalinidades altas pueden producir incrustaciones.

Los valores de alcalinidad en las aguas del área del Piloto fueron bastante uniformes, variando entre 226,2 mg/L en el pozo # 20007 (Zorraquín) y 265,2 mg/L en el pozo # 20108

(Posada), con un valor promedio cercano a 248 mg/L. En la Fig 53 (Mapa 9) se observa la distribución de los valores de alcalinidad medidos en campo.

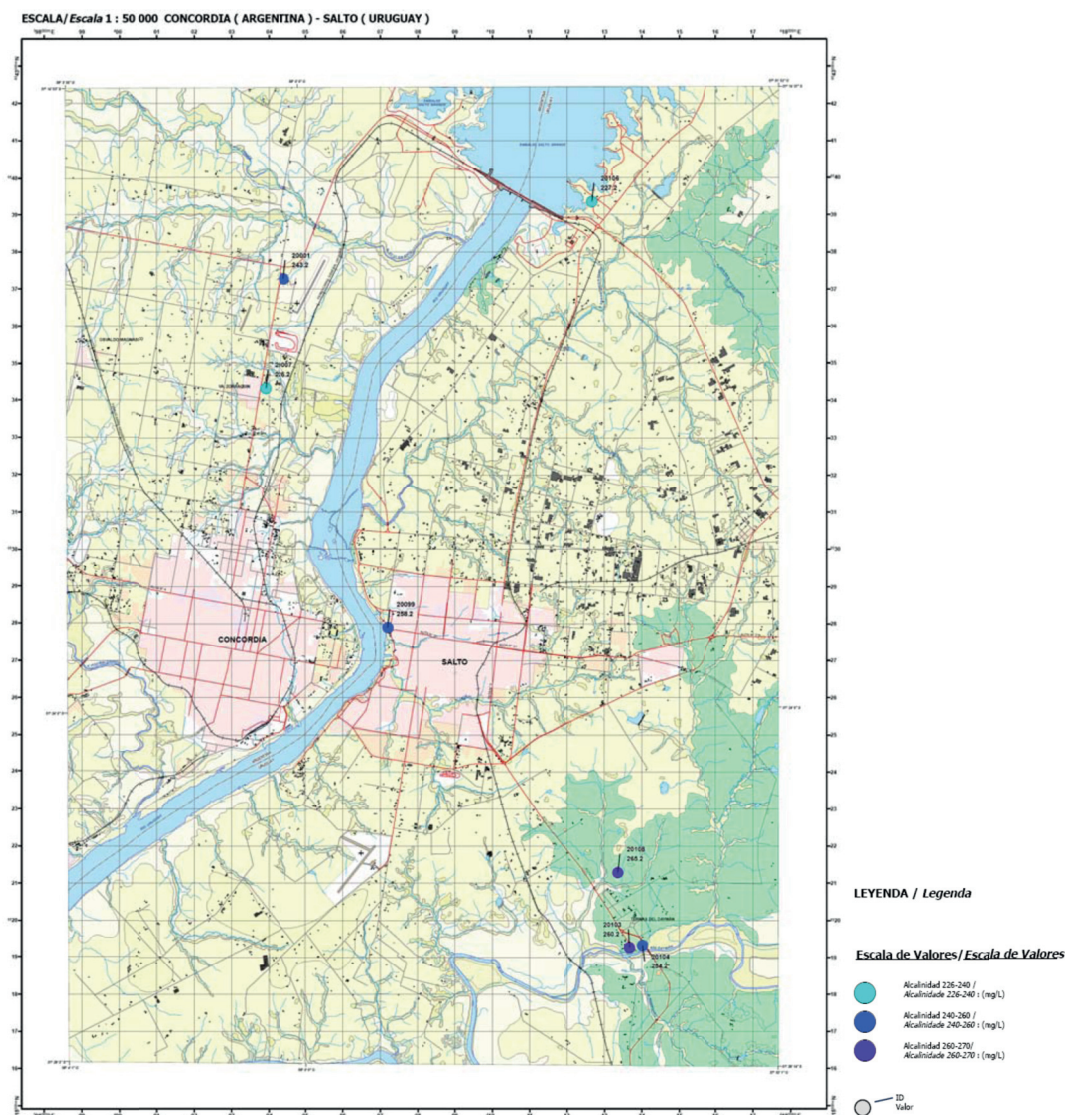


Fig 53. Alcalinidad - *in situ*.

Conductividad eléctrica (CE)

Las lecturas en campo de la conductividad eléctrica, la cual está relacionada directamente con los sólidos disueltos totales, variaron entre 600 $\mu\text{S}/\text{cm}$ en el pozo # 20007 (Zorraquín) y el pozo # 20108 (Posada) y 3850 $\mu\text{S}/\text{cm}$ en el pozo # 20098 (OSE). La lectura en el pozo # 20098 (OSE) fue más de cuatro veces mayor que la lectura más próxima de 890 $\mu\text{S}/\text{cm}$ en el pozo # 20106 (Hotel Quiroga) lo que sugiere que este valor elevado es anómalo, especialmente considerando que el pozo más cercano (# 20099 - Remeros), perforado hasta una profundidad equivalente, tiene una CE de solamente 750 $\mu\text{S}/\text{cm}$. Estos resultados sugieren que quizás el pozo # 20098 (OSE) llega hasta un sistema de

fractura separado y probablemente más profundo. Sin embargo, este pozo también tiene valores altos de sólidos totales (ver Tabla 10), que resultaría en un incremento en los valores de conductividad. Los valores anómalos probablemente se relacionan con el hecho de que el pozo de OSE no se usa regularmente. En la Fig 54 (Mapa 10) se observan los valores de conductividad eléctrica medidos en campo.

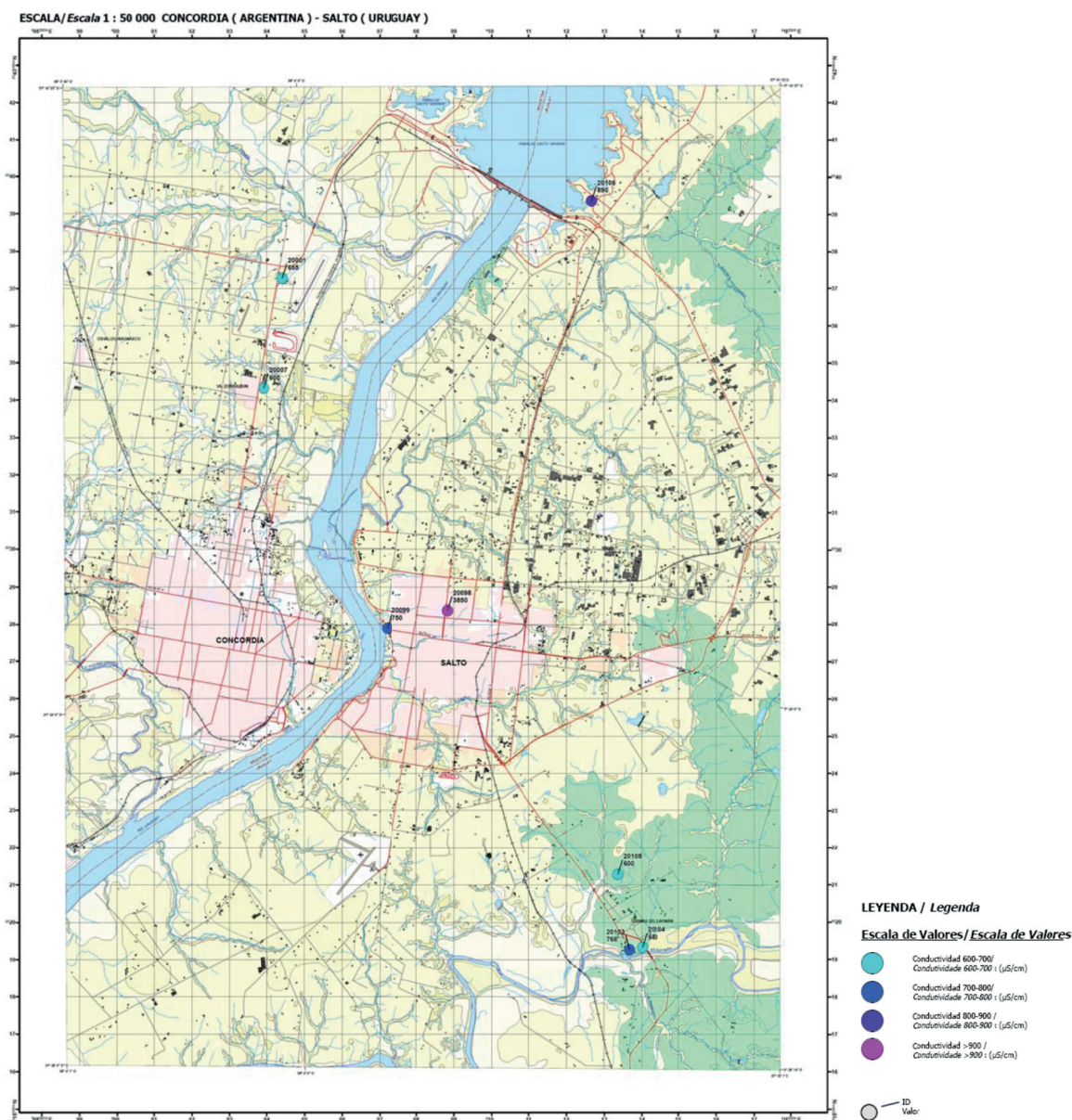


Fig 54. Conductividad Eléctrica (CE) - *in situ*.

pH

La acidez, o pH, es un parámetro físico-químico que varía entre 1 (ácido) y 14 (básico). El nivel aceptable de pH del agua potable varía entre 6,5 y 8,5. Cuando el valor de pH está por debajo de 6,5 los efectos de la corrosión son significativos, mientras que cuan-

do está por encima de 8,5 pueden ocurrir incrustaciones de minerales y el agua puede tener un sabor amargo. En los pozos del área del Piloto Concordia-Salto los valores de pH medidos en campo fueron relativamente uniformes, variando entre 8,0 y 8,4, y están dentro de los límites aceptables. En la Fig 55 (Mapa 11) se muestra la distribución del pH en el área del Piloto.

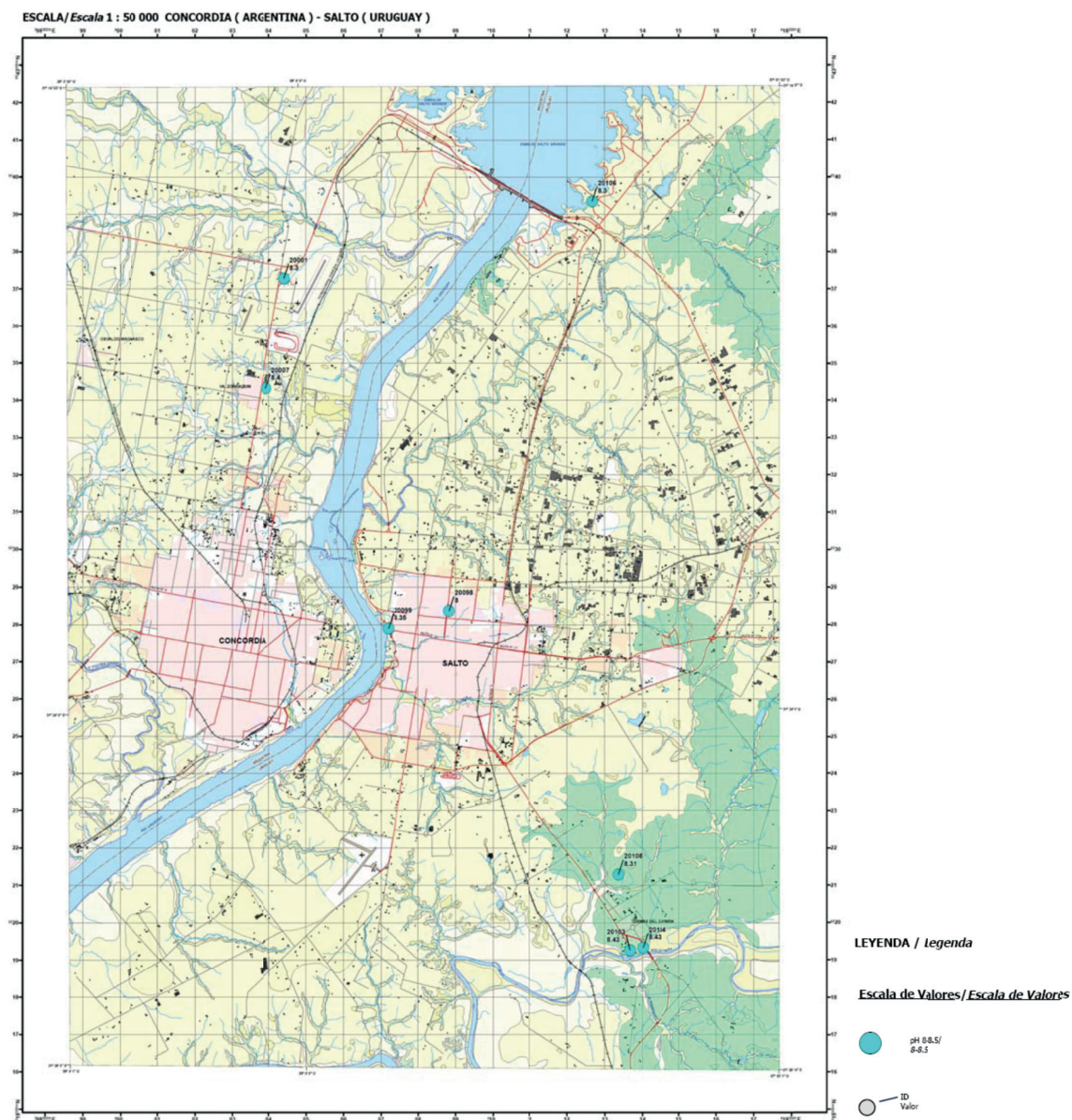


Fig 55. pH – *in situ*.

Temperatura

La temperatura del agua se considera como un parámetro estético debido a que el gusto del agua aumenta con su frescura. La temperatura también es un parámetro operacional debido a que el equilibrio químico durante el tratamiento del agua cambia con la temperatura. El límite superior aceptado generalmente para el agua potable es 15 °C.

Todas las muestras de agua de los pozos del área del Piloto tienen temperaturas por encima de 40 °C, y están dentro de un rango de entre 44 °C y 47 °C. La máxima temperatura registrada fue de 47 °C, en el pozo # 20098 (OSE), el cual también presenta valores anómalos de conductividad eléctrica y de sólidos totales. La temperatura elevada del agua de este pozo también sugiere que este pozo capta el agua de un sistema de flujo y/o red de fracturas más profundas que el de otros pozos del SAG. La Fig 56 (Mapa 12) muestra la variación de temperatura en los 8 pozos muestreados en el área del Piloto.

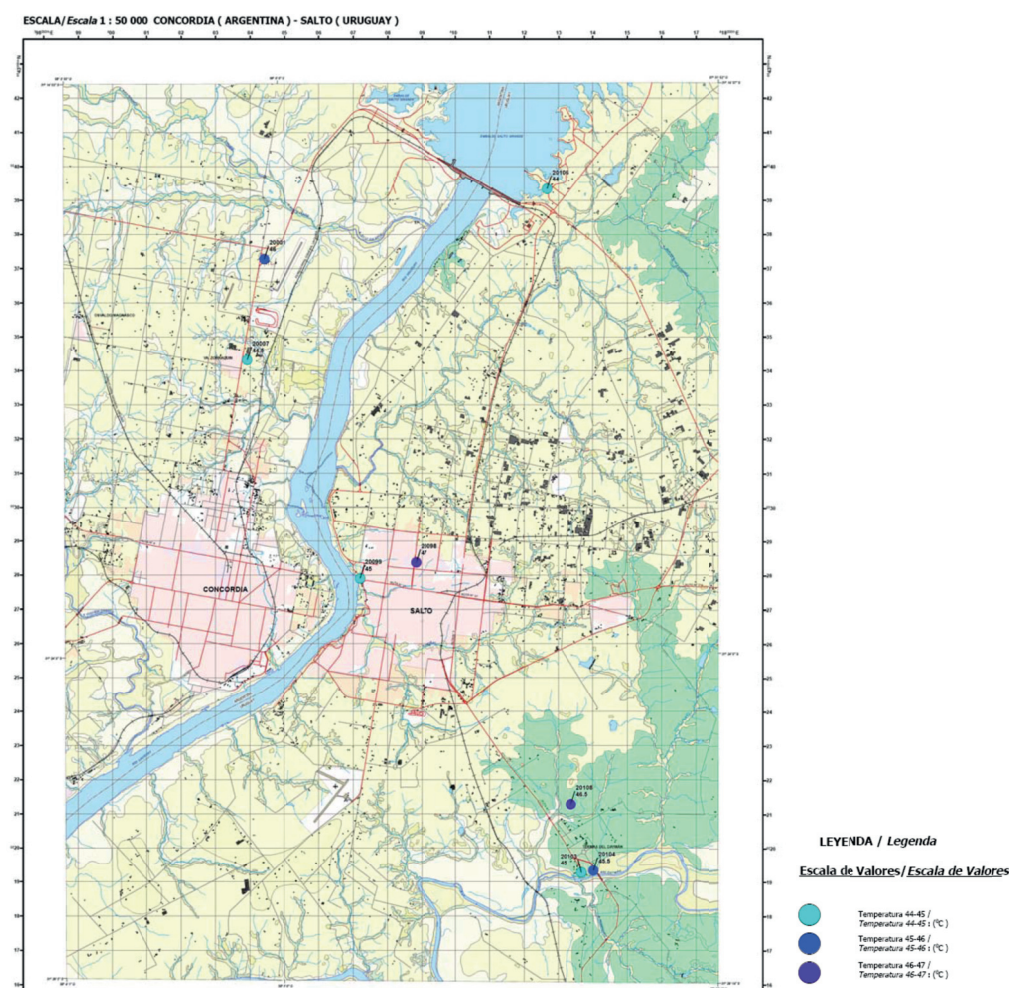


Fig 56. Temperatura – in situ.

4.2.2. Resultados de laboratorio

A las muestras de agua subterránea tomadas en el año 2006 en los 8 pozos del SAG localizados en el área del Piloto se les hicieron análisis de laboratorio de metales y químicos en general. En la Tabla 9 se presentan los resultados de dichos análisis.

Adicionalmente, al agua del pozo # 20108 (Posada) se le hizo un análisis completo de contaminantes orgánicos, incluyendo compuestos orgánicos volátiles (COVs), orgánicos semi-volátiles, hidrocarburos aromáticos policíclicos (HAPs), fenoles, pesticidas organo-clorados y PCBs, y los resultados se presentan en las Tablas 10 y 11.

En las Figs 57 a 63 (Mapas 13 a 19) se muestra la distribución de algunos parámetros escogidos. Debido a que los cálculos del balance iónico de los pozos # 20007 (Zorraquín) y # 20106 (Quiroga) quedaron por fuera de los límites aceptables, dichos datos se consideraron poco fiables y no se incluyeron en las Figs 57 a 63, aunque los resultados se incluyen en las Tablas 10 y 11. Los análisis de las aguas de dichos pozos fueron repetidos incluyéndose en el informe final de hidroquímica que preparó PROINSA. No fue analizada la alcalinidad en el agua del pozo OSE, por lo que el balance iónico fue calculado para dicho pozo.

Lugar		OSE	Termas las Vertiente	Termas Villa Zorraquín	Club Remeros-	Daymán	Fuente Nueva (Terma Kanarak)	Salto Grande (Hotel Quiroga)	Posada del Siglo XIX
ID POZO SNC		20098	20001	20007	20099	20103	20104	20106	20108
ID Pozo		7325	7203	8149	7349	7324	7336	7335	7348
Código pozo	Unidad	PP-U-0003- OSE	PP-A- 0002- Concordi a	PP-A- 0015	PP-U-0028- Club Remeros Salto	PP-U-0002- Daymán	PP-U-0015- Fuente Nueva	PP-U-0014- Hotel Quiroga	0027-Hotel Posada del siglo XIX
Fecha Muestreo		2006-06-17	08/09/200 6	2006-09- 08	2006-09- 26	2006-10-02	2006-10- 02	2006-10-03	2006-10- 09
Código PROINSA		S-005-UY- SALTO	S-001-AR- CONCORDI A	S-013-AR- CONCORDI A	S-024-UY- SALTO	S-034-UY- SALTO	S-035- UY- SALTO	S-038- UY- SALTO	S-043-UY- SALTO
Sólidos totales	mg/L	2.246	466	580	708,6	592,1	523,3	619,0	593,6
Sólidos disueltos totales	mg/L	-	362,0	416,0	690,4	305,3	539,3	611,6	467,4
Dureza Total	mg CaCO ₃ /L	78,0	16,0	240,0	55,1	40,1	36,0	25,8	32,0
Cl ⁻	mg/L	87,1	141,2	87,8	15,1	19,3	29,6	14,1	14,5
SO ₄ ²⁻	mg/L	412,3	8,3	63,4	51,9	42,5	28,5	65,5	20,9
Fósforo total	mg/L	0,85	< 0,2	< 0,2	< 0,2	0,75	1,01	1,02	1,10
DBO ₅	mg/L	-	3,74	1,70	6,15	6,15	6,65	6,55	4,55
DQO	mg/L	-	11,36	11,36	6,15	6,82	56,82	79,00	6,80
Carbono org.	mg/L	0,50	1,04	0,67	0,59	0,88	1,06	0,60	0,87
F ⁻	mg/L	1,80	1,01	1,43	0,46	8,25	7,69	8,98	6,25
Ca ⁺⁺	mg/L	50,0	2,0	2,70	11,22	4,70	5,30	7,50	5,20
Na ⁺	mg/L	760	136	136	153	163	153	195	110
K ⁺	mg/L	12,0	2,80	2,70	3,80	3,0	2,80	3,70	2,70
Mg ⁺⁺	mg/L	28,0	44,0	6,90	10,84	11,30	18,70	1,70	7,60
Si	mg/L	5,52	1,90	5,85	5,54	34,30	36,70	30,21	32,30
Al disuelto	mg/L	-	< 0,006	< 0,006	< 0,006	< 0,006	< 0,006	< 0,006	< 0,006
Al	mg/L	0,015	0,033	< 0,006	< 0,006	< 0,006	0,013	0,030	0,030
Li disuelto	mg/L	-	< 0,03	< 0,03	< 0,03	< 0,03	< 0,03	< 0,03	< 0,03
Li	mg/L	0,07	< 0,03	< 0,03	< 0,03	< 0,03	< 0,03	< 0,03	< 0,03
As disuelto	µg/L	-	38,0	40,0	28,0	33,0	28,0	35,0	32,0
As	µg/L	23,0	40,0	40,0	26,0	31,0	32,0	35,0	34,0
Ba disuelto	mg/L	-	< 0,15	< 0,15	< 0,15	< 0,15	< 0,15	< 0,15	< 0,15

Lugar		OSE	Torre de las vertientes	Torre de Villa Zorraquin	Club Remeros-	Daymán	Fuente Nueva (Terma Kanakak)	Salto Grande (Hotel Quirga)	Posada del Siglo XIX
ID POZO SNC		20030	20001	20007	20030	20103	20104	20106	20100
ID Pozo		7325	7203	8149	7345	7324	7336	7335	7348
Código pozo	Unidad	PP-U-0003- OSC	PP-A- 0002- Concordi a	PP-A- 0015	PP-U-0026- Club Remeros Salto	PP-U-0002- Daymán	PP-U-0015- Fuente Nueva	PP-U-0014- Hotel Quirga	0027-Hotel Posada del siglo XIX
Fecha Muestreo		2006-08-17	08/08/200 6	08/08/06	08/08/06	2006-10-02	08/08/10	2006-10-03	08/08/10
Código PROINSA		6 005 UY SALTO	S-001-AN- CONCORDI A	S-013-AN- CONCORDI A	6 024 UY SALTO	6 034 UY SALTO	S-035- UY- SALTO	S-036- UY- SALTO	6 043 UY SALTO
Ba	mg/L	< 0,15	< 0,15	< 0,15	< 0,15	< 0,15	< 0,15	< 0,15	< 0,15
B disuelto	mg/L	-	< 0,2	< 0,2	< 0,2	< 0,2	< 0,2	< 0,2	< 0,2
B	mg/L	< 0,2	< 0,2	< 0,2	< 0,2	< 0,2	< 0,2	< 0,2	< 0,2
Br	mg/L	1,05	1,80	1,60	1,43	1,06	1,14	1,59	0,76
Cd disuelto	mg/L	-	< 0,01	< 0,01	0,22	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01
Cd	mg/L	< 0,01	< 0,01	< 0,01	0,26	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01
Zn disuelto	mg/L	-	< 0,02	< 0,02	0,05	0,32	0,15	0,40	0,14
Zn	mg/L	0,68	< 0,02	< 0,02	0,13	0,33	0,16	0,42	0,16
Cu disuelto	mg/L	-	< 0,02	< 0,02	< 0,02	< 0,02	0,06	< 0,02	< 0,02
Cu	mg/L	< 0,02	< 0,02	< 0,02	< 0,02	< 0,02	0,06	< 0,02	< 0,02
Cr disuelto	mg/L	-	0,030	< 0,001	< 0,001	0,010	0,026	0,018	0,026
Cr total	mg/L	< 0,001	0,030	0,010	0,010	0,014	0,033	0,031	0,029
Fe disuelto	mg/L	-	< 0,01	< 0,01	0,23	1,20	0,40	0,80	< 0,01
Fe total	mg/L	0,78	0,49	0,60	0,29	1,20	3,20	5,60	< 0,01
Mn disuelto	mg/L	-	< 0,04	< 0,04	0,54	0,02	0,50	1,00	0,51
Mn	mg/L	< 0,04	< 0,04	< 0,04	1,73	1,30	0,66	1,20	1,63
Hg disuelto	ug/L	-	< 1	< 1	< 1	< 1	< 1	< 1	< 1
Hg	ug/L	< 1	< 1	< 1	< 1	< 1	< 1	< 1	< 1
Ni disuelto	ug/L	-	< 0,05	< 0,05	< 0,05	< 0,05	< 0,05	< 0,05	< 0,05
Ni	mg/L	< 0,05	< 0,05	< 0,05	0,11	< 0,05	< 0,05	< 0,05	< 0,05
Pb disuelto	ug/L	-	< 30	< 30	< 30	< 30	< 30	< 30	< 30
Pb	ug/L	< 30	< 30	< 30	< 30	< 30	< 30	< 30	< 30
Se disuelto	mg/L	-	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01
Se	mg/L	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01
N-NO ₃	mg/L	1,40	ND	ND	ND	ND	ND	ND	2,80
N NH ₄	mg/L	0,31	0,23	0,26	< 0,02	< 0,02	< 0,02	< 0,02	< 0,02
Coliformos totales (I)	UFC/100ml	< 1	< 1	< 1	< 1	< 1	< 1	< 1	< 1
Coliformos fecales (I)	UFC/100ml	A	A	A	A	A	A	A	A
Esch. col/ (I)	UFC/ml	A	A	A	A	A	A	A	A
Algas	Nº/L	0	1	0	5	5	0	1	0
Clorofila	mg/m ³	-	< 0,001	0,003	0,007	0,003	0,004	0,010	0,004
Balances									
S aniones	meq/L (HCO ₃ +Cl+ F+NO ₃ +SO ₄)	11,10	9,07	8,40	6,69	7,07	6,92	6,78	6,52
S cationes	meq/L (Ca+K+Na+ Mg)	*	9,71	6,69	8,20	8,33	8,53	9,13	5,74
Error (x100)		*	3,37	-11,33	10,13	8,21	10,45	14,81	-6,38

Tabla 11. Resultados de análisis geoquímicos de los 8 pozos del área del Piloto Concordia-Salto - Programa de muestreo del año 2006.

A continuación se presenta una evaluación de los principales hallazgos analíticos relacionados con los resultados de las mediciones de metales, aniones, cationes y otros parámetros según las tablas presentadas arriba.

METALES

Arsénico (As): El arsénico es un carcinogénico reconocido que se encuentra naturalmente en aguas superficiales y subterráneas, y su concentración generalmente es mayor en agua subterránea que en agua superficial. La guía de la Organización Mundial de la Salud (OMS) para agua potable estipula que la concentración máxima aceptable de arsénico es de 0,010 mg/L o 10 µg/L.

Las ocho muestras de agua de los pozos del área del Piloto Concordia-Salto tienen concentraciones que varían entre 2 y 4 veces las concentraciones máximas permitidas en agua potable. Los valores de arsénico total variaron entre 23 µg/L y 40 µg/L, con una concentración promedio de alrededor de 33 µg/L. Las concentraciones máximas se detectaron en los pozos # 20001 (Vertiente) y # 20007 (Zorraquín).

No hay evidencia que sugiera que el arsénico en las muestras de agua provenga de actividades antropogénicas en el área. Quizás se deba a la proximidad de los basaltos suprayacentes, los cuales pueden incluir mineralización de arsenopiritas y/o puede estar relacionada con el incremento de solubilidad del arsénico dentro del ambiente de alta temperatura del agua subterránea. En la Fig 57 (Mapa 13) se muestran los resultados analíticos de las concentraciones de arsénico total.

CATIONES

Calcio (Ca⁺⁺): El calcio es uno de los principales cationes que se encuentran en el agua subterránea y no tiene efectos adversos sobre la salud. La abundancia del calcio en el agua subterránea depende del tiempo de residencia del agua dentro de las formaciones geológicas ricas en calcio. El calcio es el principal componente asociado con la dureza del agua, la cual por lo general varía entre 75 mg/L CaCO₃m (agua suave) y más de 300 mg/L (agua dura).

Todos los pozos localizados en el área del Piloto Concordia-Salto producen agua suave, con concentraciones de calcio variando entre 2 mg/L en el pozo # 20001 (Vertiente) y 50 mg/L en el pozo # 20098 (OSE); la mayoría de los pozos tienen concentraciones de calcio menores a 10 mg/L.

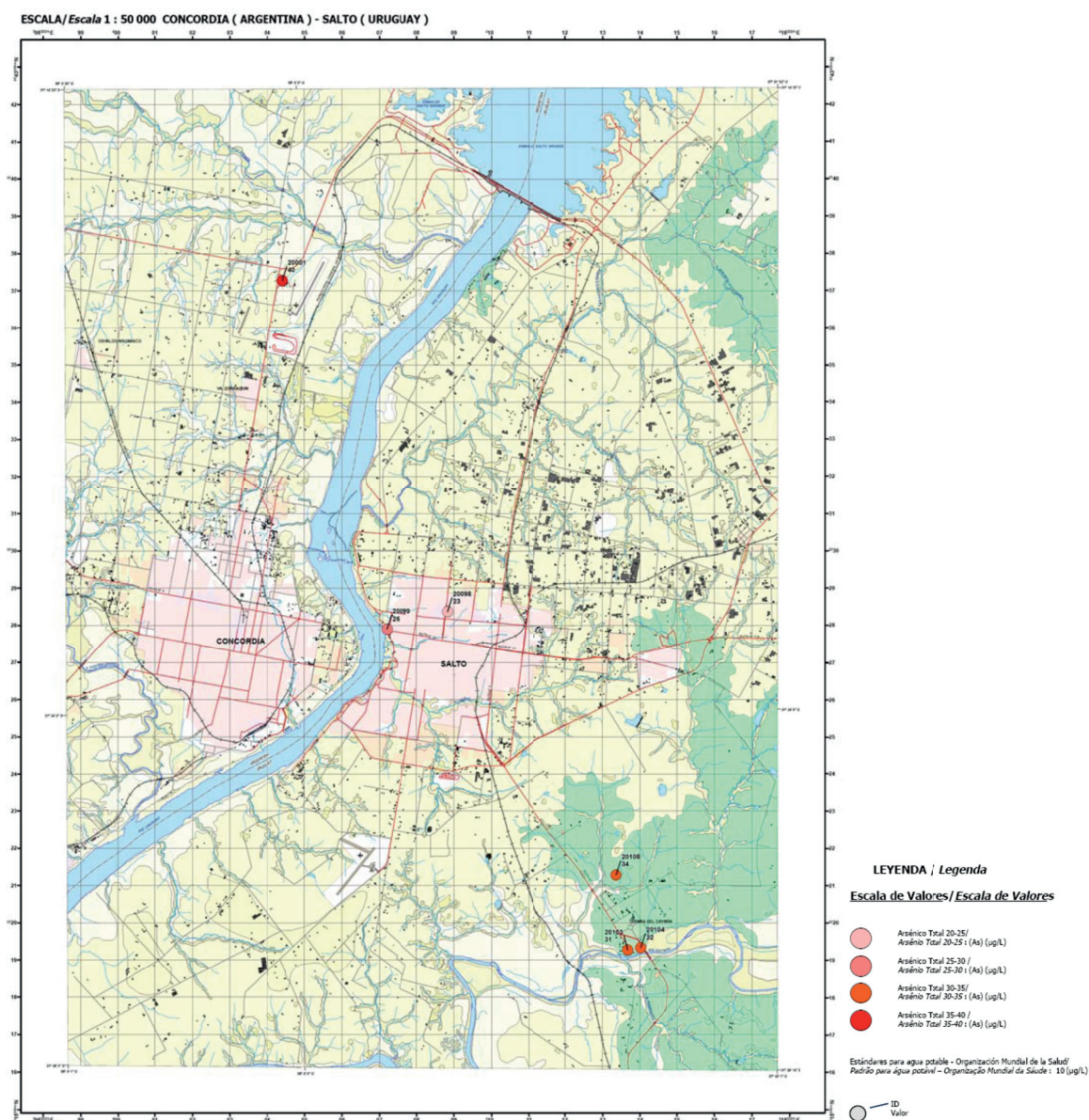


Fig 57. Arsénico - Laboratorio.

Sodio (Na^+): El sodio es un componente estético del agua potable, ya que puede producir un sabor salado cuando se encuentra en concentraciones elevadas. El objetivo estético del sodio en el agua potable es de 200 mg/L. El sodio no es tóxico, pero se reco-

mienda que las personas con hipertensión o pacientes con enfermedades de congestión del corazón restrinjan el consumo de sodio.

De los ocho pozos muestreados en el área del Piloto Concordia-Salto el pozo # 20098 (OSE) tiene una concentración de sodio por encima del límite estético (760 mg/L).

En general, el contenido de sodio en el acuífero es bastante alto, variando de entre cerca de 120 a 200 mg/L. Estos valores elevados pueden ser el resultado de algún influjo de agua subterránea desde los sedimentos más antiguos (pérmicos) subyacentes.

Magnesio (Mg^{+}): No hay un valor guía para la concentración máxima de magnesio en el agua potable. Sin embargo, el magnesio es, junto con el calcio, uno de los mayores contribuyentes a la dureza del agua y puede afectar también el sabor del agua potable. Se ha reportado que el valor del umbral de sabor del magnesio varía entre 100 mg/L para individuos sensibles, y 500 mg/L para las personas promedio.

Las concentraciones de magnesio en los pozos del área del Piloto son bajas, variando entre 1,7 mg/L y 44 mg/L, y la mayoría de las concentraciones caen en el rango entre 5 y 20 mg/L.

Potasio Total (K^{+}): En la actualidad en la Guía para Agua Potable de la OMS no hay documentos de respaldo o una declaración resumida acerca del potasio. Las concentraciones de potasio en los pozos del área variaron entre 2,7 mg/L y 12 mg/L con un valor medio de cerca de 4,2 mg/L.

ANIONES

Cloruro (Cl^{-}): El cloruro es un parámetro inorgánico y estético de la calidad del agua, para el cual la OMS no tiene un límite establecido. Sin embargo, por lo general en Norteamérica se aplica un objetivo estético de menos de 250 mg/L. Cuando el agua potable tiene concentraciones de cloruro por encima de 250 mg/L, se detecta un sabor salado.

Las concentraciones de cloruro en el agua de los pozos del área del Piloto varían entre 14,1 mg/L en el pozo # 20106 (Quiroga) y 141,2 mg/L en el pozo # 20001 (Vertiente), con un valor promedio de 70 mg/L. Aunque estos valores son relativamente altos y probablemente se deriven de agua marina connata (histórica) existente dentro de los sedimentos subyacentes, cumplen el objetivo estético de 250 mg/L. En la Fig 58 (Mapa 14) se muestran los resultados de los análisis de laboratorio de cloruro.

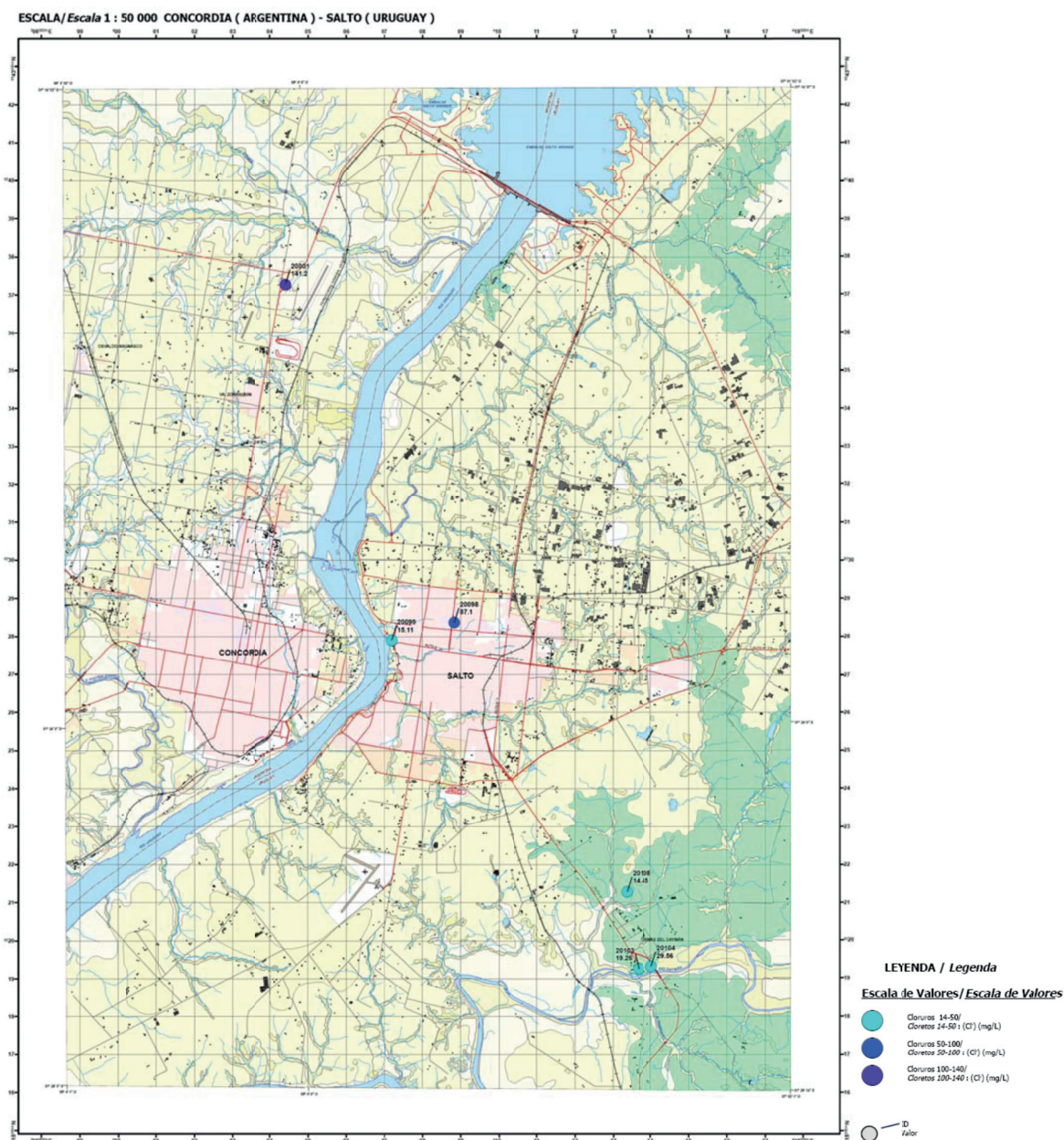


Fig 58. Cloruros – Laboratorio.

Flúor (F⁻): El flúor es un parámetro inorgánico del agua potable que, cuando se encuentra en pequeñas cantidades, se considera benéfico para la salud humana, especialmente con relación al control de la caries dental. La guía de la OMS para agua potable recomienda una concentración máxima de flúor de 1,5 mg/L (la cantidad máxima se da en función de la temperatura promedio de la zona, teniendo en cuenta el consumo diario del agua de bebida).

La mayoría de las concentraciones de flúor en los pozos del área del Piloto superan la guía de la OMS, variando entre un mínimo de 0,46 mg/L en el pozo # 20099 (Remeros) y un máximo de 8,98 mg/L en el pozo # 20106 (Quiroga), con un valor medio de cerca

de 4,5 mg/L. Las altas concentraciones de flúor sugieren la influencia de un sistema profundo de flujo hidrotermal durante el cual ha habido una interacción significativa entre el agua y la roca. La Fig 59 (Mapa 15) muestra la distribución de las concentraciones de flúor en el área del Piloto.

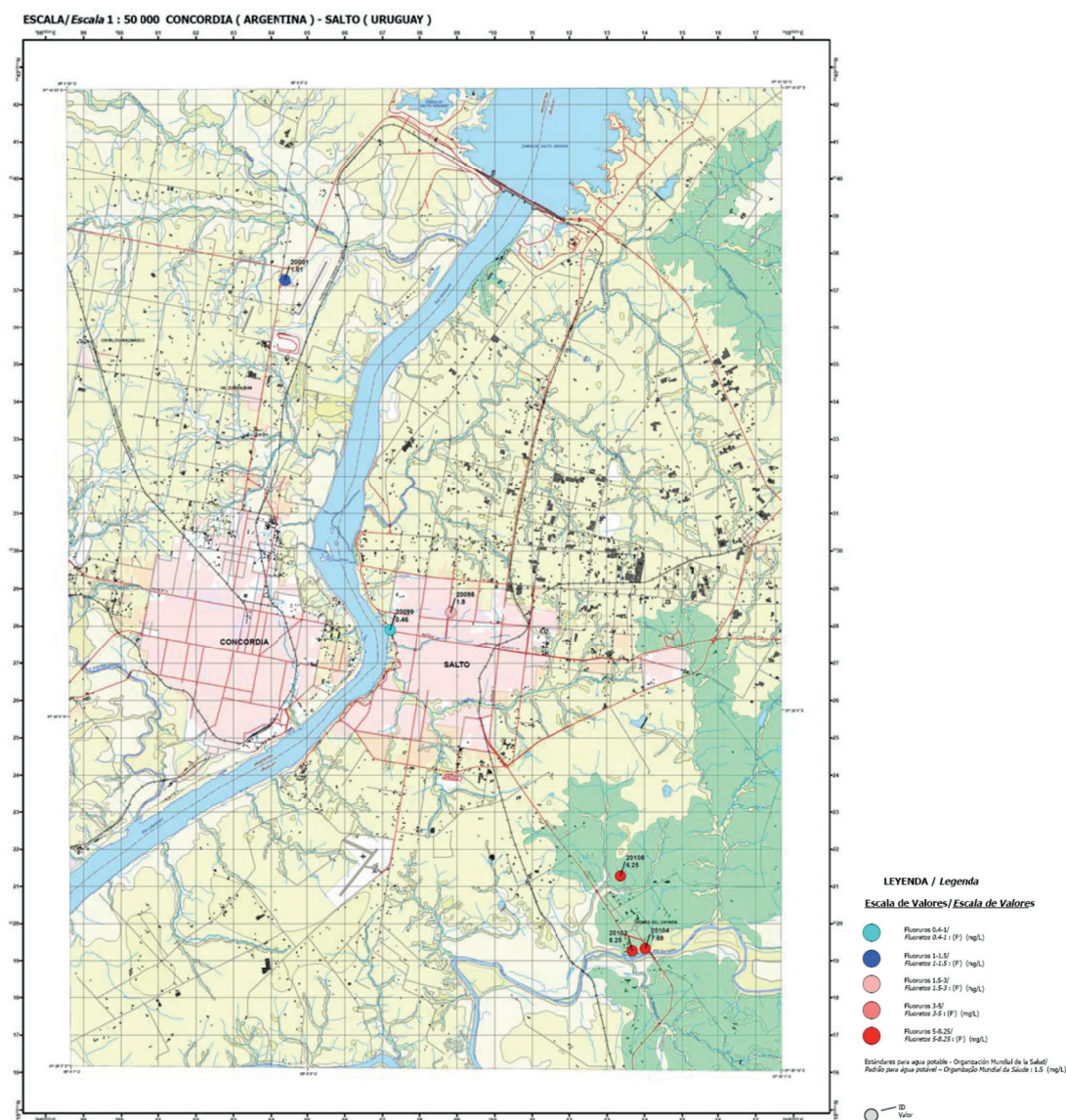


Fig 59. Fluoruros – Laboratorio.

Nitrato (N-NO^3): El nitrato es un parámetro inorgánico del agua potable, para el cual la guía de la OMS fija una concentración máxima aceptable de 50 mg/L. Los nitratos ocurren naturalmente en el agua subterránea como resultado de la interacción de minerales solubles que contienen nitrógeno. Sin embargo, los nitratos por lo general entran en el agua subterránea vía contaminación superficial, ya que ellos pueden encontrar fácilmente el camino hacia la sub-superficie a través de la aplicación de fertilizantes, aguas residuales domésticas, o agua residual tratada, o de la descomposición de materiales vegetales o animales. Las concentraciones excesivas de nitratos en el agua subterránea pueden causar envenenamiento por nitrato, especialmente en infantes.

El nitrato persiste en la sub-superficie solamente en ambientes oxigenantes (y por lo tanto usualmente someros) de aguas subterráneas. Por esto, no es sorpresa que el nitrato esté presente en niveles muy bajos en el SAG, si es que está presente. Sin embargo, se detectó nitrato en dos de los pozos del área del Piloto, los pozos # 20098 (OSE) y # 20108 (Posada), en concentraciones de 1,4 mg/l y 2,8 mg/L, respectivamente. Dichos resultados son sorprendentes y se consideran anómalos, pudiendo indicar que las tuberías de revestimiento de los pozos están de alguna forma perforadas (por corrosión o por daño físico) a una profundidad baja, permitiendo así la entrada de agua subterránea somera dentro de la perforación del pozo. En la Fig 60 (Mapa 16) se muestran los resultados analíticos de las concentraciones de nitrato en los pozos del área del Piloto.

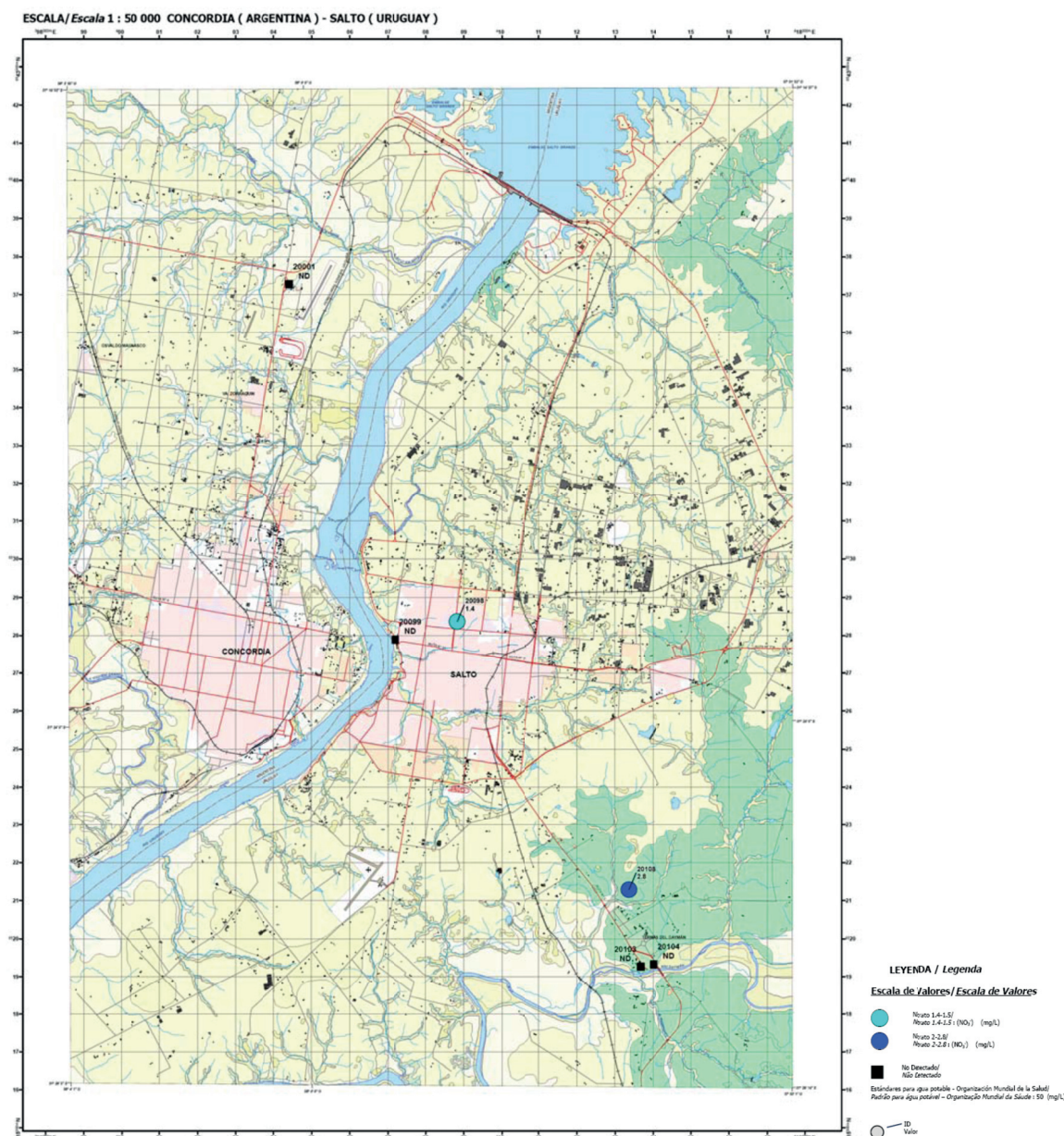


Fig 60. Nitratos – Laboratorio.

Sulfato (SO_4^{2-}): El sulfato es un parámetro inorgánico con un objetivo estético dentro del agua potable de 250 mg/L, basado tanto en el sabor del agua como en el hecho de que por encima de esta concentración pueden ocurrir efectos laxantes.

La máxima concentración de sulfato en el agua de los pozos del área del Piloto fue de 412 mg/L en el pozo # 20098 (OSE). Los siete pozos restantes tienen valores de sulfatos que variaron entre 8,3 mg/L y 65,5 mg/L. Como se ha mencionado, el pozo # 20098 (OSE) también tiene valores anómalos de conductividad eléctrica, sólidos totales, y temperatura, y probablemente llega hasta un sistema de flujo y/o una red de fracturas ubicadas a mayor profundidad que los otros pozos del SAG, además de no ser usado regularmente. La Fig 61 (Mapa 17) muestra los resultados de las concentraciones de sulfato en los pozos del área del Piloto.

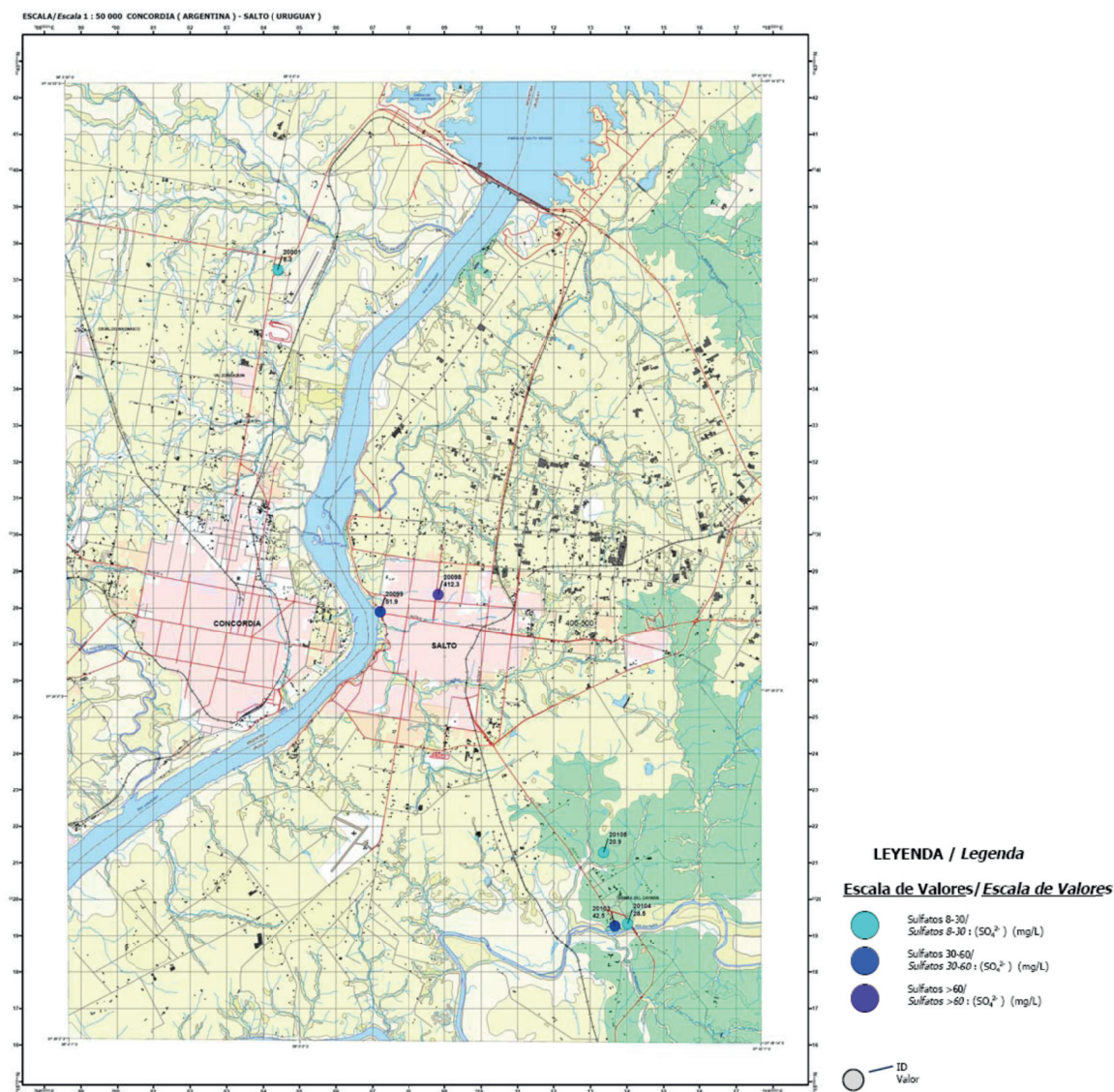


Fig 61. Sulfatos – Laboratorio.

Otros parámetros

Sólidos Disueltos Totales (SDT): Este es un parámetro estético del agua potable y se refiere a la suma total de las sustancias disueltas en el agua. Los SDT son el resultado de la disolución natural de los minerales en el suelo. Otra fuente potencial es la contaminación de agua subterránea por las aguas residuales, la escorrentía urbana y agrícola, los lixiviados de rellenos sanitarios, el agua residual industrial, etc. Por razones estéticas, la máxima concentración permitida de SDT es 500 mg/L.

Los valores de SDT en los pozos del área del Piloto Concordia-Salto son bastante altos, lo cual no es sorprendente teniendo en cuenta la profundidad del acuífero, el alto tiempo de residencia deducido del agua subterránea, y las altas temperaturas ambientales del agua subterránea. La concentración de SDT en siete de los pozos varió entre 305 y 690 mg/L, con un valor medio de 485 mg/L. No hay información de SDT para el pozo # 20098 (OSE); sin embargo, la concentración de sólidos totales medidos en ese pozo es muy alta (2.246 mg/L). La Fig 62 (Mapa 18) muestra la concentración de SDT en los siete pozos restantes.

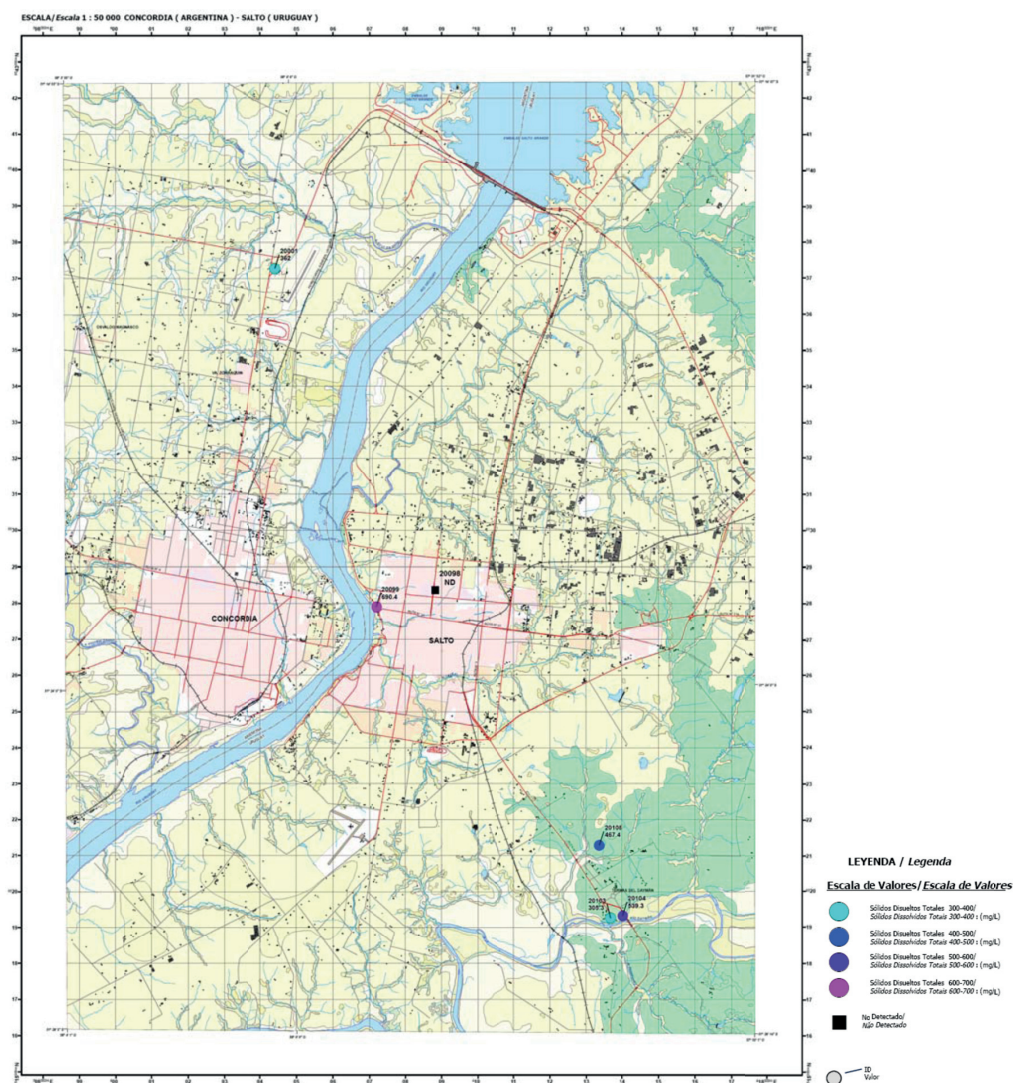


Fig 62. Sólidos Disueltos Totales (SDT) - Laboratorio.

Dureza total (como CaCO_3): La dureza del agua, como los SDT, es un parámetro estético del agua potable. Es una medida de la cantidad de calcio y magnesio disueltos en el agua, y se expresa como la concentración equivalente de carbonato de calcio. Según las guías de calidad del agua de la OMS, la máxima concentración estética permitida de dureza es de 500 mg/L. La fuente principal de dureza en el agua es la disolución de minerales sedimentarios carbonatados.

El SAG en el área del Piloto produce agua blanda, y la dureza total varía entre 16 mg/L en el pozo # 20001 (Vertiente) y 240 mg/L en el pozo # 20007 (Zorraquín), con un valor promedio de 67 mg/L. La Fig 63, muestra la distribución de dureza en el agua de los pozos SAG del área del Piloto.

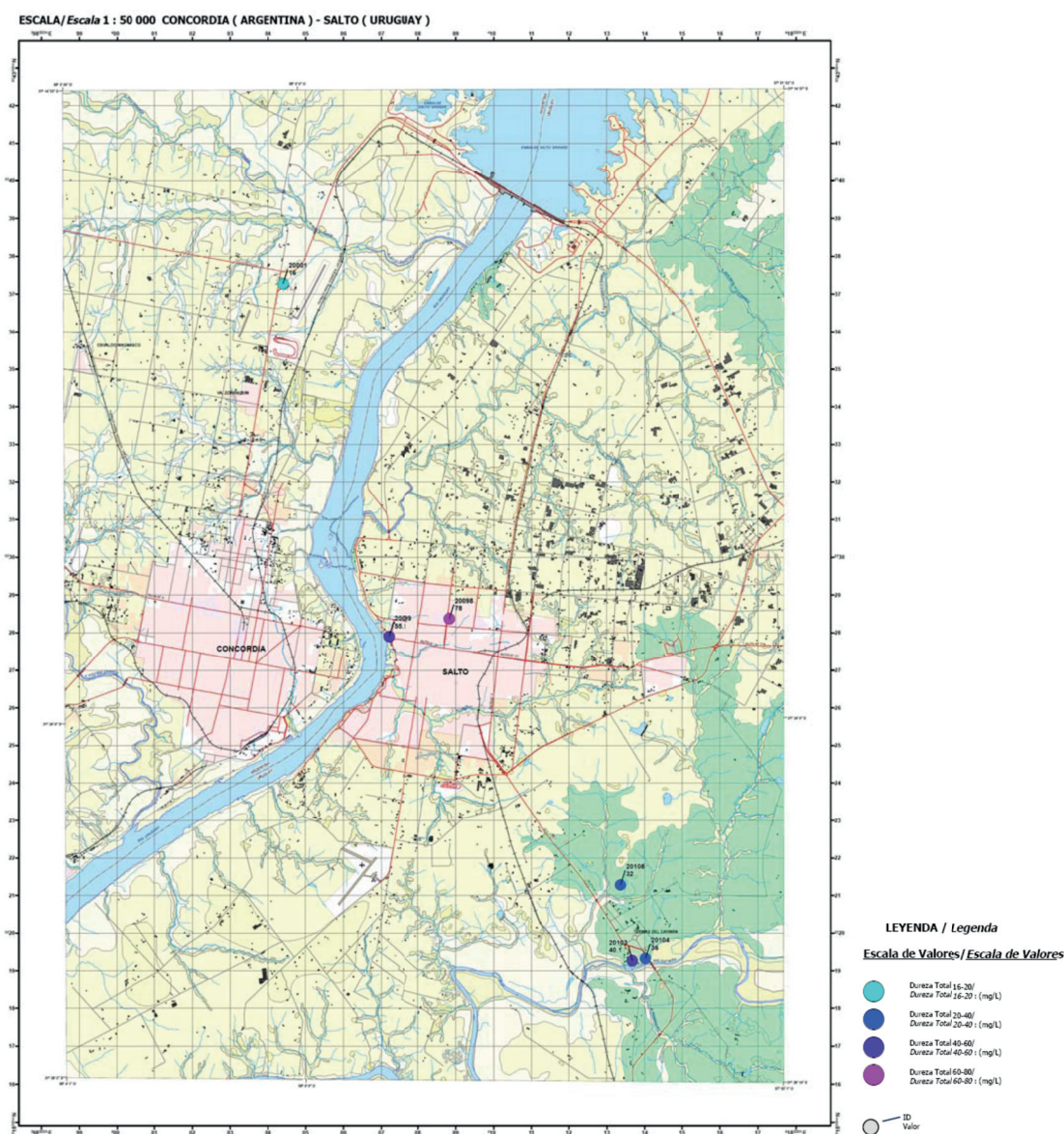


Fig 63. Dureza – Laboratorio.

Parámetros orgánicos: Todos los parámetros orgánicos que se analizaron en la muestra del pozo # 20108 (Posada) resultaron como “no detectadas” o “debajo del límite de detección” excepto pireno y tolueno, que tuvieron concentraciones de 8,4 y 17,2 µg/L, respectivamente. La presencia de algún contaminante orgánico en un agua subterránea de tal profundidad es, por supuesto, inesperada y anómala.

Como se mencionó antes en el análisis de nitratos, su presencia podría sugerir daños o corrosión de la tubería de revestimiento a baja profundidad, lo que permitiría la entrada de agua subterránea somera contaminada al pozo de agua. En las Tablas 12 y 13 se presentan los resultados analíticos de los parámetros orgánicos analizados.

Análisis	Lugar	Unidad	Termas Posada del Siglo XIX
	ID POZO SNC		20108
	ID Pozo		7348
	Código pozo		PP-U-0027-Hotel Posada del siglo XIX
	Fecha Muestreo		2006-10-09
	Código PROINSA		S-043-UY-SALTO
Pesticidas Organoclorados	4,4'-DDD	µg/L	< 0,1
	4,4'-DDE	µg/L	< 0,1
	DDT + metabolitos	µg/L	< 0,1
	Aldrin	µg/L	< 0,02
	Clordano	µg/L	< 0,05
	Dieldrin	µg/L	< 0,01
	Endosulfan I	µg/L	< 0,05
	Endrin	µg/L	< 0,05
	Heptacloro (HC)	µg/L	< 0,03
	Heptacloro epoxido (HCE)	µg/L	< 0,02
	Hexaclorobenceno (HCB)	µg/L	< 0,01
	GAMMA HCB (Lindano)	µg/L	< 0,01
Pesticidas Organofosforados	Metoxiclolo (MOC)	µg/L	< 0,1
	Clorpirifós	µg/L	< 0,1
	Diazinón	µg/L	< 0,1
	Diclorovós	µg/L	< 0,5
	Dimetoato	µg/L	< 0,4
	Disulfotón	µg/L	< 0,5
	Etión	µg/L	< 0,10
	Fenitrotión	µg/L	< 0,30
	Malatión	µg/L	< 0,1
	Metil-Azinfós	µg/L	< 0,5
	Metil-Paratión	µg/L	< 0,05
	Metolador	µg/L	< 0,5
	Paratión	µg/L	< 0,05
	Ronnel	µg/L	< 0,5
	Simazina	µg/L	< 0,1
Compuestos org. fenólicos	Pentaclorofenol (PCF)	µg/L	< 0,5
	Triclorofenol (TCF)	µg/L	< 0,5
Herbicidas	Atrazina y metabolitos	µg/L	< 1
	2,4-D	µg/L	< 5
Policlorobifenilos (PCBs) (Arocloros)	AROCLOR 1016	µg/L	< 0,30
	AROCLOR 1221	µg/L	< 0,30
	AROCLOR 1232	µg/L	< 0,30
	AROCLOR 1242	µg/L	< 0,30
	AROCLOR 1248	µg/L	< 0,30
	AROCLOR 1254	µg/L	< 0,30
	AROCLOR 1260	µg/L	< 0,30

Resultados de Análisis de Hidrogeoquímicos, Proinsa 2007

Tabla 12. Resultados de análisis de pesticidas en agua subterránea del pozo Posada - Programa de Muestreo del año 2006.

Análisis	Lugar	Unidad	Termas Posada del Siglo XIX
	ID POZO SNC		20108
	ID Pozo		7348
	Código pozo		PP-U-0027-Hotel
	Fecha Muestreo		Posada del siglo XIX
	Código PROINSA		2006-10-09
Hidrocarburos de petróleo	TPH (hidrocarburos totales)	ppb	< 630
	GRO (hidrocarburos rango gasolina)	ppb	< 250
	DRO (hidrocarburos rango diesel)	ppb	< 630
BETX	Benceno	ppb	N.D
	Tolueno	ppb	17,20
	Etilbenceno	ppb	N.D
	Xilenos (m+p-xil)	ppb	N.D
	Estireno + o-xileno	ppb	N.D
Trihalometanos (THMs)	Cloroformo	ppb	N.D
	Diclorobromometano	ppb	N.D
	Dibromoclorometano	ppb	N.D
	Bromoformo	ppb	N.D
Compuestos Orgánicos Volátiles (COVs)	1,1-dicloroetano	ppb	N.D
	1,2-dibromoetano	ppb	N.D
	1,2-dicloroetano	ppb	N.D
	1,2-dicloropropano	ppb	N.D
	1,2-dibromo-3-cloropropano	ppb	N.D
	1,2-diclorobenceno	ppb	N.D
	1,3-dicloropropano	ppb	N.D
	1,4-diclorobenceno	ppb	N.D
	2,2-dicloropropano	ppb	N.D
	Clorobenceno	ppb	N.D
	Cloruro de vinilo	ppb	N.D
	Hexaclorobutadieno	ppb	N.D
	Tetracloroetano (coeluye c/1,3 dicloropropano)	ppb	N.D
	Tetracloruro de carbono	ppb	N.D
Hidrocarburos Aromáticos Polinucleares (PAHs)	Naftaleno	ppb	N.D
	Acenafileno	ppb	N.D
	Acenafieno	ppb	N.D
	Fluoreno	ppb	N.D
	Fenantreno	ppb	N.D
	Antraceno	ppb	< 6
	Fluoranteno	ppb	N.D
	Pireno	ppb	8,40
	Benzo(a)antraceno	ppb	N.D
	Criseno	ppb	N.D
	Benzo(b)fluoranteno	ppb	N.D
	Benzo(k)fluoranteno (coeluye c/benzo(b)fluoranteno)	ppb	N.D
	Benzo(a)pireno	ppb	N.D
	Indeno-(1,2,3-cd)-pireno	ppb	N.D
	Dibenzo(a,h)-antraceno	ppb	N.D
	Benzo-(g,h,i)-perileno	ppb	N.D

Tabla 13. Resultados de análisis de contaminantes orgánicos en agua subterránea del pozo Posada – Programa de Muestreo del año 2006.

Microbiología

El agua subterránea, por lo general, no contiene contaminantes microbiológicos tales como *E. coli*, y coliformes fecales y totales a menos que haya sido contaminada por agua superficial o percolación desde instalaciones de aguas residuales. Es una práctica aceptada que los coliformes fecales y totales no deberían ser detectables en el agua potable y que la población bacteriana general no debe exceder 200 unidades formadoras de colonias (CFU, por sus siglas en inglés) por 100 ml. Las fuentes comunes de contaminación bacteriana en el agua subterránea son la construcción inadecuada del pozo, un mantenimiento deficiente del pozo y la susceptibilidad del acuífero. Cualquier presencia de *E. coli* y coliformes fecales indica una contaminación fecal relativamente reciente. En la *Tabla 11* se presentan los resultados de los análisis microbiológicos.

El SAG es un sistema acuífero muy profundo. En el área del Piloto Concordia-Salto el techo del SAG está a más de 900 m por debajo de la superficie del terreno. Como resultado, no es de sorprender que no se detectaran *E. coli* y coliformes fecales en los análisis microbiológicos disponibles del área Concordia-Salto. Todos los pozos en el área del Piloto reportaron valores de coliformes totales <1 CFU.

Con respecto a los efluentes de las piletas en Concordia y Salto, en una oportunidad se han muestreado los cuerpos receptores, coincidiendo con un pico de asistencia de usuarios (domingo de vacaciones de invierno). Los resultados en todos los casos fueron los siguientes: Coliformes Totales menores de 300 UFC/100 ml y en un caso 80 UFC de *E. Coli*.

Estos valores ameritan realizar análisis más frecuentes, y ajustar los cuidados higiénicos de los bañistas y la gestión del agua termal en las piletas.

Facies hidroquímicas

En el informe *Análisis de laboratorio, Área Sur*, preparado por PROINSA (Octubre, 2007) se trazó la información hidroquímica en Diagramas Piper como un porcentaje de equivalentes totales por litro. En ese informe a los análisis del área Concordia-Salto se les denominó “Grupo 5”.

Los diagramas Piper son gráficas triangulares que proporcionan un método gráfico de agrupar las aguas subterráneas de acuerdo con la composición de su ión principal. Estas gráficas permiten agrupar a las aguas subterráneas con base en las concentraciones de las composiciones de cationes y aniones, y pueden ser útiles para delinear los tipos de aguas subterráneas y los sistemas de flujo y, a escala regional, para rastrear la evolución geoquímica del agua subterránea a lo largo de su trayectoria de flujo.

Los resultados de los diagramas Piper para los pozos SAG del área Concordia-Salto mostraron una sintonía geoquímica consistente. Con relación a la química de los cationes, las muestras trazadas para todos los 8 pozos mostraron aguas sódicas. En relación con los aniones, siete pozos dieron como resultado aguas bicarbonatadas.

El pozo OSE (# 20098) resultó como agua sulfatada; sin embargo, esto no refleja la condición geoquímica real, ya que no se midió la alcalinidad del agua de este pozo.

El agua dentro de esta área del Piloto del SAG se caracteriza como agua bicarbonatada sódica.

4.3. Calidad del agua subterránea – Análisis de pozos de bombeo

4.3.1. Resultados químicos de los ensayos hidráulicos

Como ya se presentó, entre los meses de marzo y abril de 2007 se llevaron a cabo ensayos hidráulicos en dos pozos, el pozo # 20007 (Zorraquín) y el pozo # 20099 (Remeros). Durante cada ensayo ocasionalmente se hicieron mediciones de campo parámetros como conductividad, pH y temperatura. La Tabla 14 presenta los parámetros medidos en campo en tres de los pozos donde se hicieron ensayos hidráulicos (Zorraquín y Remeros fueron pozos de bombeo, mientras que Vertiente fue un pozo de observación) y en cuatro pozos cercanos que no fueron observados durante los ensayos hidráulicos (Daymán, Fuente Nueva - Terma Kanarek (Kanarek), Posada y Quiroga).

Ubicación	ID POZO SNC	Fecha (2007)	Etapas ensayo hidráulico	Conductividad (μS/cm)	pH	Temperatura (°C)
Terma las Vertientes (pozo de observación)	20001	12-mar	Inicio	657	8,2	41
		20-mar	Durante	645	8,2	41
		26-mar	Fin	635	8,1	40,5
Termas Villa Zorraquín (pozo de bombeo)	20007	12-mar	Inicio	676	8,14	45,1
		20-mar	Durante	675	8,06	45
		26-mar	Fin	604	8,06	45,5
		27-mar	Recuperación	595	8,08	44,1
Club Remeros (pozo de bombeo)	20099	06-mar	Inicio	1148	7,96	46
		20-mar	Durante	890	8,13	46
		26-mar	Fin	900	8,01	46
		27-mar	Recuperación	1120	7,98	46,5
Daymán	200103	06-mar	Inicio	766	8,18	45,7
		27-mar	Recuperación	773	8,05	45,5
Fuente Nueva (Terma Kanarek)	20104	06-mar	Inicio	680	8,06	45,5
		27-mar	Recuperación	670	8,05	45
Posada del Siglo XIX	20108	06-mar	Inicio	600	8,19	45,9
		27-mar	Recuperación	590	8	46
Salto Grande (Hotel Quiroga)	20106	06-mar	Inicio	890	8,09	44,0
		27-mar	Recuperación	885	7,92	44,1

Resultados de Análisis de Hidrogeoquímicos, Proinsa 2007

Tabla 14. Concordia-Salto – Parámetros de calidad del agua subterránea medidos en campo durante los ensayos hidráulicos del año 2007.

Las muestras de agua de los pozos de descarga, para análisis de laboratorio, fueron recolectadas al inicio de cada ensayo, durante el ensayo, al final de cada ensayo, luego de un período corto de recuperación que siguió a cada ensayo. Las muestras de agua de los ensayos hidráulicos fueron analizadas para los mismos parámetros que fueron seleccionados para el programa de muestreo de agua subterránea del año 2006, incluyendo los parámetros medidos en campo. En la Tabla 15 se presentan los resultados de los parámetros medidos en campo y en la Tabla 16 se presentan los resultados de los análisis de laboratorio.

Lugar		Club Remeros	Club Remeros	Club Remeros	Termas Villa Zorraquín	Termas Villa Zorraquín	Termas Villa Zorraquín
IDPOZO SNC		20099	20099	20099	20007	20007	20007
ID Pozo		7349	7349	7349	8149	8149	8149
Código pozo	Unidad	PP-U-0028-Club Remeros Salto	PP-U-0028-Club Remeros Salto	PP-U-0028-Club Remeros Salto	PP-A-0015	PP-A-0015	PP-A-0015
Fecha Muestreo		2007-03-06 Inicio ensayo	2007-03-26 Fin ensayo	2007-03-27 Recuperación	2007-03-12 Inicio ensayo	2007-03-26 Fin ensayo	2007-03-27 Recuperación
Código PROINSA		EB-SALTO 1 (S-024-UY-SALTO)	EB-SALTO 2 (S-024-UY-SALTO)	EB-SALTO 3 (S-024-UY-SALTO)	EB-CONCORDIA 1 (S-013-AR-CONCORDIA)	EB-CONCORDIA 2 (S-013-AR-CONCORDIA)	EB-CONCORDIA 3 (S-013-AR-CONCORDIA)
pH	pH	7,96	8,01	7,98	8,14	8,06	8,08
Alcalinidad Carbonatada	mg CaCO ₃ /L	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Alcalinidad Bicarbonatada	mg CaCO ₃ /L	265,2	262,2	256,2	267,2	253,2	253,2
Alcalinidad Total	mg CaCO ₃ /L	265,2	262,2	256,2	267,2	253,2	253,2
Temper.agua	° C	46,0	46,0	46,5	45,1	45,5	44,1
Temper.aire	° C	26,0	21	25	27,5	22	25
Conductividad eléctrica	µS/cm	1.148	900	1.120	676	604	595
O ₂ disuelto	mg/L	3,53	3,10	3,10	5,60	3,55	3,30
CO ₂	mg/L	22,4	41,6	32,8	40,0	24,0	36,0
PO ₄	mg/L	0,25	0,29	0,27	0,35	0,41	0,39
N-NO ₂	mg/L	0,004	< 0,002	0,004	-	0,002	0,002
N-NO ₃	mg/L	-	-	-	-	-	-

Resultados de Análisis de Hidrogeoquímicos, Proinsa 2007

Tabla 15. Mediciones en campo durante ensayos hidráulicos del año 2007.

Lugar		Club Remeros	Club Remeros	Club Remeros	Termas Villa Zorraquín	Termas Villa Zorraquín	Termas Villa Zorraquín
IDPOZO SNC		20099	20099	20099	20007	20007	20007
ID Pozo		7349	7349	7349	8149	8149	8149
Fecha Muestreo	Unidad	2007-03-06	2007-03-26	2007-03-27	2007-03-12	2007-03-26	2007-03-27
Código PROINSA		EB-SALTO 1 (S-024-UY-SALTO)	EB-SALTO 2 (S-024-UY-SALTO)	EB-SALTO 3 (S-024-UY-SALTO)	EB-CONCORDIA 1 (S-013-AR-CONCORDIA)	EB-CONCORDIA 2 (S-013-AR-CONCORDIA)	EB-CONCORDIA 3 (S-013-AR-CONCORDIA)
Sólidos totales	mg/L	985,0	744,0	937,0	519,0	543,0	525,0
Sólidos disueltos totales	mg/L	964,0	735,0	922,0	496,0	511,0	507,0
Dureza Total	mg CaCO ₃ /L	111,6	30,4	40,9	94,8	78,4	76,3
Cl ⁻	mg/L	223,7	181,3	239,1	124,5	136,1	136,6
SO ₄ ²⁻	mg/L	191,4	69,7	106,0	22,1	11,5	12,5
Fosforo total	mg/L	<0,2	<0,2	<0,2	<0,2	<0,2	<0,2
Carbono org.	mg/L	<0,3	<0,3	<0,3	<0,3	<0,3	<0,3
F ⁻	mg/L	1,10	1,02	1,02	0,67	1,03	1,90
Ca ⁺⁺	mg/L	20,2	8,3	11,1	16,6	16,5	16,5
Na ⁺	mg/L	231,0	193,0	236,0	120,0	123,0	125,0
K ⁺	mg/L	3,70	3,30	3,70	2,90	2,70	2,70
Mg ⁺⁺	mg/L	14,80	3,80	5,30	11,70	9,00	8,50
Si	mg/L	5,8	16,0	12,8	14,5	14,2	14,0
Al disuelto	mg/L	<0,006	<0,006	<0,006	<0,006	<0,006	<0,006
Al	mg/L	<0,006	<0,006	<0,006	<0,006	<0,006	<0,006
Li disuelto	mg/L	<0,03	<0,03	<0,03	<0,03	<0,03	<0,03
Li	mg/L	<0,03	<0,03	<0,03	<0,03	<0,03	<0,03
As disuelto	µg/L	27,0	33,0	31,0	39,0	40,0	36,0
As	µg/L	27,0	33,0	32,0	40,0	41,0	41,0
Ba disuelto	mg/L	<0,15	<0,15	<0,15	<0,15	<0,15	<0,15
Ba	mg/L	<0,15	<0,15	<0,15	<0,15	<0,15	<0,15
B disuelto	mg/L	<0,2	<0,2	<0,2	<0,2	<0,2	<0,2
B	mg/L	0,23	<0,2	<0,2	<0,2	<0,2	<0,2
Br	mg/L	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1
Cd disuelto	mg/L	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01

Lugar		Club Rameros	Club Rameros	Club Rameros	Termas Villa Zorraquín	Termas Villa Zorraquín	Termas Villa Zorraquín
IDPOZO SNC		20099	20099	20099	20007	20007	20007
ID Pozo		7349	7349	7349	8149	8149	8149
Fecha Muestreo	Unidad	2007-03-06	2007-03-26	2007-03-27	2007-03-12	2007-03-26	2007-03-27
Código PROINSA		EB-SALTO 1 (S-024-UY-SALTO)	EB-SALTO 2 (S-024-UY-SALTO)	EB-SALTO 3 (S-024-UY-SALTO)	EB-CONCORDIA 1 (S-013-AR-CONCORDIA)	EB-CONCORDIA 2 (S-013-AR-CONCORDIA)	EB-CONCORDIA 3 (S-013-AR-CONCORDIA)
Cd	mg/L	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01
Zn disuelto	mg/L	<0,02	<0,02	<0,02	<0,02	<0,02	<0,02
Zn	mg/L	0,03	0,03	0,02	<0,02	<0,02	<0,02
Cu disuelto	mg/L	<0,02	<0,02	<0,02	<0,02	<0,02	<0,02
Cu	mg/L	<0,02	<0,02	<0,02	<0,02	<0,02	<0,02
Cr disuelto	mg/L	0,002	0,002	0,009	0,014	0,010	0,012
Cr total	mg/L	0,002	0,002	0,016	0,017	0,017	0,016
Fe disuelto	mg/L	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01
Fe total	mg/L	0,05	0,05	<0,01	0,04	0,05	<0,01
Mn disuelto	mg/L	<0,04	<0,04	<0,04	<0,04	<0,04	<0,04
Mn	mg/L	<0,04	<0,04	<0,04	<0,04	<0,04	<0,04
Hg disuelto	µg/L	<1	<1	<1	<1	<1	<1
Hg	µg/L	<1	<1	<1	<1	<1	<1
Ni disuelto	mg/L	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05
Ni	mg/L	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05
Pb disuelto	µg/L	<30	<30	<30	<30	<30	<30
Pb	µg/L	<30	<30	<30	<30	<30	<30
Se disuelto	mg/L	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01
Se	mg/L	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01
N-NO ₃	mg/L	2,17	1,60	2,10	1,55	1,60	1,60
N-NH ₄	mg/L	0,24	0,03	0,20	0,09	0,12	0,06
Algas	Nº/L	0	0	1	20	0	0
Ion Balance							
S aniones	meq/L (HCO ₃ +Cl+F+NO ₃ +SO ₄)	15,69	11,89	14,16	9,38	9,22	9,30
S cationes	meq/L (Ca+K+Na+Mg)	12,37	9,21	11,35	7,18	6,98	7,03
Error (x100)		-11,85	-12,72	-11,03	-13,24	-13,82	-13,93

Resultados de Análisis de Hidrogeoquímicos, Proinsa 2007

Tabla 16. Resultados de análisis geoquímicos durante ensayos hidráulicos del año 2007.

Se observaron algunas variaciones en la información de calidad del agua subterránea durante y luego de los ensayos hidráulicos. Las concentraciones de algunos parámetros de calidad del agua subterránea como conductividad, sulfato (SO₄ 2-), potasio (K), magnesio (Mg), y nitrato (NO₃ 2-) disminuyeron luego de 20 días de ensayos en ambos pozos de descarga (Remeros y Zorraquín). Cuando los ensayos se detuvieron y los pozos retornaron a las tasas de descarga operativa (Recuperación), esos parámetros tendieron a volver a los valores que tenían antes de los ensayos.

4.3.2. Resumen de análisis químicos de los ensayos hidráulicos

Ensayos hidráulicos – Villa Zorraquín – Termal H2O

El ensayo hidráulico en el pozo # 20007 (Zorraquín) se llevó a cabo durante un período de 16 días entre marzo 11 y marzo 26 de 2007, tiempo durante el cual el pozo estuvo descargando, bajo condiciones artesianas (presión natural), a una tasa de alrededor de 123 m³/hora. El abatimiento máximo del nivel del agua de 17 m se registró en este pozo. Las muestras de agua para análisis de laboratorio se obtuvieron antes del ensayo, al final del ensayo, y luego de un período de recuperación del pozo de 1 día.

Las concentraciones de todos los parámetros de calidad del agua, excepto conductividad eléctrica (CE) y sulfatos, permanecieron consistentes a través del ensayo. La lectura de CE se redujo levemente de 676 a 604 µS/cm, quizás debido a la reducción en la concentración de sulfato de 22,1 a 11,5 mg/L.

En cuanto al informe de Aravena (2009) se menciona especialmente lo ocurrido con C14 en los ensayos de bombeo manifestando concretamente que se produce un aporte de

aguas más jóvenes al explotar el pozo al cabo de unos días, y respalda el hecho que al descargar intensamente (sin nunca detener el bombeo de los pozos) en el acuífero se produce una cierta baja de la temperatura del agua, por ingreso de agua más dulce y más joven.

Ensayos hidráulicos – Club Remeros

También se llevó a cabo un ensayo hidráulico en el pozo # 20099 (Remeros) en un lapso de 20 días, entre el 6 y 26 de marzo de 2007. Durante este tiempo el agua fluyó desde el pozo, bajo condiciones artesianas, a un caudal de 73 m³/h. La máxima reducción en el nivel del agua durante el período del ensayo fue de 30 metros. Se obtuvieron muestras para análisis de laboratorio antes del ensayo, al final del ensayo y luego del ensayo, y se obtuvieron 4 series de mediciones de campo.

Como se observó con el ensayo en el pozo Zorraquín, los valores de la mayoría de los parámetros permanecieron consistentes a través del período de muestreo. Las excepciones incluyeron la CE, que cayó de 1148 a 900 $\mu\text{S}/\text{cm}$; el sulfato, que cayó de 191 a 70 mg/L; y la sílice, que aumentó de 6 a 16 mg/L. Al igual que en el pozo Zorraquín, quizás el responsable de este fenómeno podría ser un cambio en los patrones de flujo hacia el pozo bajo condiciones de flujo lleno.

4.4. Isotopía

4.4.1. Muestreo

Se analizaron 33 muestras de agua subterránea para medir los isótopos estables de hidrógeno y oxígeno llamados deuterio ($\delta^2\text{H}$) y oxígeno-18 ($\delta^{18}\text{O}$). Algunas de las muestras analizadas provinieron de:

- 5 pozos someros ubicados dentro del área del Piloto, terminados en unidades por encima del SAG (Grupo 1);
- 8 pozos profundos ubicados dentro del área del Piloto (Grupo 2);
- Pozos profundos ubicados por fuera del área del Piloto (Grupo 3); y
- Muestras recolectadas durante ensayos hidráulicos en pozos de Club Remeros y Villa Zorraquín - Termal H₂O (muestras - EB; Grupo 2).

Personal de la firma PROINSA recolectó las muestras de agua subterránea para análisis de isótopos, en el período comprendido entre agosto 18 de 2006 y marzo 3 de 2007.

Los protocolos de muestreo que se usaron durante el programa de muestreo de campo de agua subterránea se encuentran descriptos en la sección 5 del informe *Sistema de Calidad, Procedimientos de Hidrogeoquímica e Isotopía* (Proinsa, 2006). Los análisis de isótopos estables fueron ejecutados el 11 de septiembre de 2007 por el Instituto de Geocronología y Geología Isotópica (INGEIS) del Consejo Nacional de Investigaciones Científicas y Técnicas, Buenos Aires, Argentina, según las recomendaciones de la Organización Internacional de Energía Atómica (OIEA), quien se hizo responsable de la ejecución de los análisis de isotopía.

4.4.2. Resultados de isótopos estables

4.4.2.1. Grupo 1 – Pozos someros en el área del Piloto

La Tabla 17 muestra los resultados de los análisis de $\delta^2\text{H}$ y $\delta^{18}\text{O}$ en muestras de aguas subterráneas de los 5 pozos dentro del área del Piloto que están terminados en el acuífero somero (por encima del SAG).

Identificación pozo - SNC -	Nombre Pozo/ Ubicación	Identificación muestra	Profundidad pozo (m)	$\delta^{18}\text{O} \text{‰}$ (± 0.2)	$\delta^2\text{H} \text{‰}$ (± 1.0)
20100	Salto	S-025-UY-SALTO	140	-5,5	-32
20102	Salto	S-033-UY-SALTO	-	-5,5	-33
20016	Concordia	S-023-AR-CONCORDIA	118	-5,4	-32
20002	Concordia	S-007-AR-CONCORDIA	-	-5,7	-34
20003	Concordia	S-008-AR-CONCORDIA	50	-5,6	-33

Resultados de Análisis de Hidrogeoquímicos, Proinsa 2007

Tabla 17. Resultados de isótopos estables en pozos someros del área del Piloto Concordia-Salto: Pozos del Grupo 1.

4.4.2.2. Grupo 2 – Pozos profundos en el área del Piloto

La Tabla 18 muestra los resultados de los análisis de $\delta^2\text{H}$ y $\delta^{18}\text{O}$ en muestras de agua subterránea de ocho (8) pozos profundos ubicados dentro del área del Piloto. La mayoría de esos pozos están terminados dentro del SAG; sin embargo, el pozo Daymán atraviesa los depósitos Pérmicos subyacentes hasta llegar al Precámbrico.

Esa Tabla 18 incluye también los resultados de los análisis a las muestras recolectadas durante los ensayos hidráulicos realizados en los pozos Zorraquín y Club Remeros. Se incluyeron los resultados disponibles de la información analítica de sólidos disueltos totales (SDT), temperatura, y fluoruros (F^-).

Identificación pozo -SNC	Nombre Pozo/ Ubicación	Identificación muestra (Código PROINSA)	Prof. pozo (m)	$\delta^{18}\text{O} \text{‰}$ (± 0.2)	$\delta^2\text{H} \text{‰}$ (± 1.0)	SDT mg/L	Temp. °C	F ⁻ mg/L
20001	Vertientes	S-001-AR-CONCORDIA	1179	-5,9	-35	362	46	1,01
20007	Zorraquin	S-013-AR-CONCORDIA	1142	-5,9	-36	416	44,5	1,4
		EB-CONCORDIA 1		-5,9	-37	496	45,1	0,7
		EB-CONCORDIA 2		-6	-35	511	45,5	1,0
		EB-CONCORDIA 3		-6,2	-36	507	44,1	1,9
20098	OSE	S-005-UY-SALTO	1368	-5,4	-34	-	47	1,8
20099	Club Remeros	S-024-UY-SALTO	1326	-5,7	-35	690	45	0,5
		EB-SALTO 1		-6	-36	964	45,1	1,1
		EB-SALTO 2		-5,7	-36	735	45,5	1,0
		EB-SALTO 3		-5,8	-35	922	44,1	1,0
20103	Daymán	S-034-UY-SALTO	2206	-6,1	-38	305	45	8,25
20104	Kanarek	S-035-UY-SALTO	1280	-5,7	-35	539	45,5	7,7
20106	Salto Grande	S-036-UY-SALTO	1245	-5,7	-35	612	44	9,0
20108	Posada	S-043-UY-SALTO	1209	-5,9	-38	467	46,5	6,3

Resultados de Análisis de Hidrogeoquímicos, Proinsa 2007

Tabla 18. Resultados de isótopos estables en pozos del SAG en el área del Piloto.

4.4.2.3. Grupo 3 – Pozos profundos por fuera del área del Piloto

La Tabla 19 muestra los resultados de análisis de $\delta^2\text{H}$ y $\delta^{18}\text{O}$ en muestras de agua subterránea tomadas en los catorce (14) pozos profundos ubicados dentro de un radio de 180 km del área del Piloto. Esos pozos están terminados dentro del SAG o en otras unidades acuíferas profundas. Se incluyeron los resultados disponibles de la información analítica de sólidos disueltos totales (SDT), temperatura, y fluoruros (F^-).

Nombre pozo	Nombre Pozo/ Ubicación	Identificación muestra	Prof. pozo (m)	$\delta^{18}\text{O} \text{‰}$ (± 0.2)	$\delta^2\text{H} \text{‰}$ (± 1.0)	SDT mg/L	Temp. °C	F ⁻ mg/L
20004	Guaiguaychu	S-009-AR-Gchu	835	-4,3	-31	12212	30,5	2,4
20006	Villa Elisa	S-012-AR-VE	1032	-3,9	-29	18564	39,0	1,8
20012	Maria Grande	S-018-AR-MG	1375	-0,5	-24	98960	44,0	3,2
20013	La Paz	S-019-AR-LA PAZ	1001	-2,5	-33	78440	41,0	2,8
20017	Federación	S-041-AR-FEDERACIÓN	1268	-5,6	-35	686	41,5	7,6
20018	Chajari	S-042-AR-CHAJARI		-5,9	-38	534	39,0	8,3
20020	Colon	S-047-AR-COLON	1502	-4,8	-32	1023	28,0	10,5
20021	San Jose	S-048-AR-SJ		-5	-30	872	36,2	8,9
20023	Basavilbaso	S-085-AR-BASO	1257	-2,6	-27	55621	26,1	0,1
20032	Quarai	S-064-BR-QUA	134	-5,3	-33	416	22,0	1,1
220107	Paysandu	S-040-UY-PAYSANDU	1104	-5,8	-35	548	43,5	10,7
20109	Quebracho	S-052-UY-PDU	1109	-5,6	-35	1022	40,0	0,1
20110	Guichon	S-054-UY-PDU	925	-3,9	-27	7280	34,0	0,1
20111	Arapey	S-055-UY-SALTO	1493	-5,8	-36	580	38,0	0,1

Resultados de Análisis de Hidrogeoquímicos, Proinsa 2007

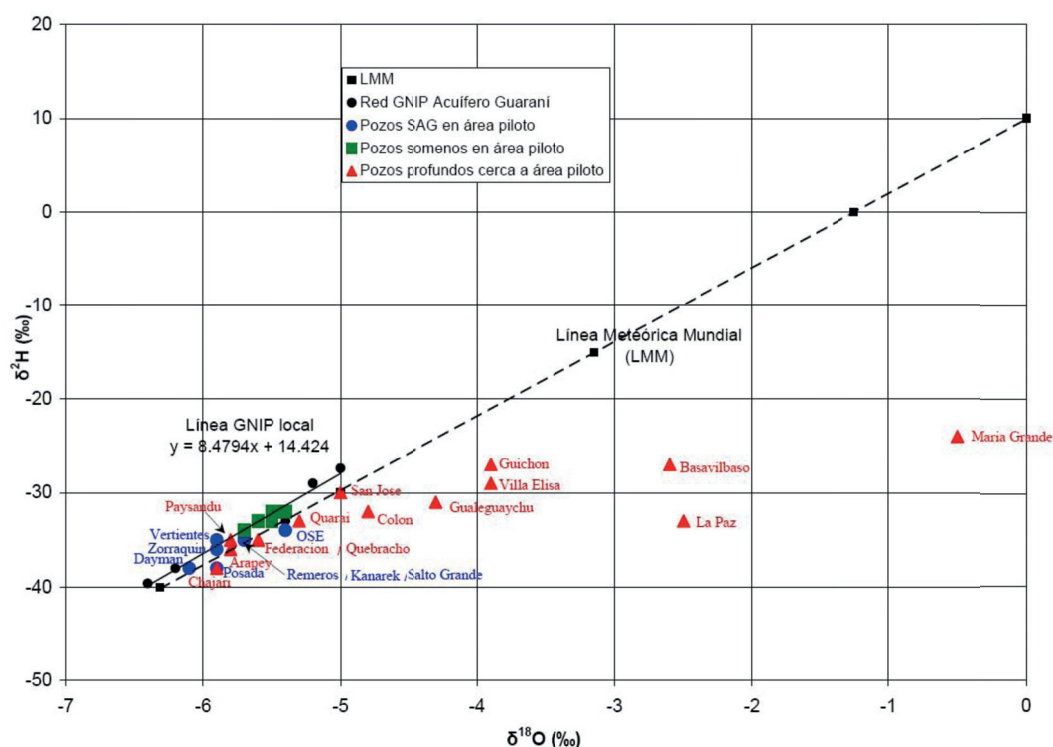
Tabla 19. Resultados de isótopos estables en pozos profundos por fuera del área del Piloto Concordia-Salto: Pozos del Grupo 3.

4.4.3. Análisis e interpretación de los resultados

4.4.3.1. Trazado de los isótopos estables

La Fig 64 muestra los resultados de isótopos de todas las muestras analizadas, dibujados en forma de $\delta^2\text{H}$ vs. $\delta^{18}\text{O}$. Las variaciones isotópicas para el $\delta^{18}\text{O}$ fluctúan entre -0,5 ‰ y -6,2 ‰ y para el $\delta^2\text{H}$ fluctúan entre -24 ‰ y -38 ‰.

La Fig 64 también muestra la Línea de Agua Meteorica Mundial (LMM), y la información a largo plazo de $\delta^2\text{H}$ vs. $\delta^{18}\text{O}$ para la precipitación local recolectada en cinco estaciones de la red de la Organización Internacional de Energía Atómica (OIEA) ubicadas dentro del área de estudio del SAG. Las cinco estaciones, todas las cuales son parte de la Red Mundial de Isótopos en las Precipitaciones (GNIP), ubicadas en las ciudades de Asunción, Brasilia, Cuiabá, Porto Alegre y Porto Velho. Esos registros suministran la composición isotópica promedio a largo plazo de la precipitación local.



La línea de regresión calculada para la línea local de precipitación GNIP es $\delta^2\text{H} = 8,48 \delta^{18}\text{O} + 14,42$, con un coeficiente de correlación $r^2 = 0,98$, el cual ubica esta línea levemente por encima y casi paralelamente a la Línea de Agua Meteorica Mundial (GNIP) (línea de regresión $\delta^2\text{H} = 8,13 \delta^{18}\text{O} + 10,8$), según definieron Clark y Fritz (1997). La separación leve de estas dos líneas refleja las peculiaridades de la fraccionación del oxígeno-18 y deuterio resultante de los ciclos hidrológicos y condiciones climáticas locales. El agua subterránea de los pozos cuyo trazado queda cerca a la línea GNIP es agua meteorica relativamente dulce o es agua antigua inalterada que se recargó bajo condiciones climáticas similares a las que existen en la actualidad, y que no ha estado sujeta a procesos significativos de evaporación, intercambio isotópico o interacción agua-roca desde que se recargó. En contraste, el agua subterránea que se desvía de la línea GNIP ha sido alterada como resultado de reacciones químicas con las rocas anfitrionas y representa un agua que ha tenido una estadía relativamente larga en el ambiente sub-superficial.

4.4.3.2. Análisis – Pozos someros (Grupo 1)

La Fig 64 demuestra que las relaciones de isótopos estables $\delta^2\text{H}$ vs. $\delta^{18}\text{O}$ de las muestras de agua subterránea de los pozos someros del área del Piloto (Tabla 17) siguen una tendencia cercana a la de la línea local de agua meteórica GNIP. Dicha información sugiere que se trata de agua meteórica relativamente dulce o que es un agua antigua inalterada que se recargó bajo condiciones climáticas similares a la que existen en la actualidad. En el caso de estos pozos someros, las relaciones de isótopos definen el agua subterránea como relativamente dulce y recargada recientemente. Esto es consistente con la naturaleza somera de los pozos y la ocurrencia de suelos arenosos superficiales que permiten una rápida recarga del acuífero por medio de la precipitación.

4.4.3.3. Análisis – Pozos profundos del SAG (Grupo 2)

La Fig 64 demuestra que las relaciones de isótopos estables $\delta^2\text{H}$ vs. $\delta^{18}\text{O}$ para la mayoría de los pozos SAG dentro del área del Piloto (Tabla 18) se desvían levemente de la línea local de agua meteórica GNIP. Como se examinó anteriormente, la desviación respecto a la línea GNIP sugiere que se trata de un agua antigua que ha sido alterada como resultado de interacciones químicas con las rocas anfitrionas.

Los pozos del Grupo 2 son relativamente profundos (más de 1000 m), y tienen agua que se caracteriza por su elevada temperatura y un alto contenido de minerales disueltos. De acuerdo con el contenido de sólidos disueltos totales (SDT), que varían entre alrededor de 300 a un poco menos de 1000 mg/L, el tamaño de la mineralización es moderada. Estos resultados podrían indicar una interacción moderada entre el agua y la roca. En contraste, el agua subterránea de los pozos Daymán, Kanarek, Quiroga y Posada tiene un contenido alto de fluoruros (8,25 mg/L, 7,7 mg/L, 8,9 mg/L y 6,3 mg/L, respectivamente), lo que sugiere que tiene un origen hidrotermal profundo, con gran interacción entre las rocas y el agua.

La composición isotópica del agua de los pozos profundos del SAG se caracteriza por algún enriquecimiento del ^{18}O sin un cambio apreciable del ^2H en relación con la línea local de agua meteórica (Fig 64). Tal cambio positivo del ^{18}O sin un cambio visible del ^2H no es raro en las aguas subterráneas geotermales (Truesdell y Hulston, 1980). El cambio de ^{18}O refleja la evolución isotópica hacia el equilibrio mineral-agua en acuíferos de temperatura elevada (Clark y Fritz, 1997). La falta de influencia sobre el comportamiento del ^2H es función del bajo contenido de H en los minerales que forman las rocas en el reservorio.

4.4.3.4. Análisis – Pozos profundos por fuera del área del Piloto (Grupo 3)

Los pozos del Grupo 3 se localizan dentro de un radio de 180 km del área del Piloto Concordia-Salto. La Fig 64 demuestra que las relaciones de isótopos estables $\delta^2\text{H}$ vs. $\delta^{18}\text{O}$ para muchos de esos pozos se desvían significativamente de la línea local de agua meteórica GNIP.

La desviación es más notoria en los siguientes pozos:

- Basavilbaso
- La Paz
- María Grande
- Gualaguaychú
- Villa Elisa
- Guichón

El agua de los pozos del Grupo 3 se tipifica por una tendencia de enriquecimiento substancial de ^{18}O (en el rango de $-4,3\text{‰}$ a $-0,5\text{‰}$), y un enriquecimiento entre bajo y moderado de ^2H con respecto a línea local de agua meteórica. Como indicaron Clark y Fritz (1997), tal desviación con respecto a la línea local de agua meteórica es típica de salmueras de cuencas sedimentarias y puede atribuirse a un número de procesos, incluyendo el intercambio de ^{18}O con minerales carbonatados a temperaturas elevadas.

El agua subterránea del Grupo 3 se caracteriza por su temperatura elevada y su alta mineralización. En particular, el agua subterránea de los pozos Basavilbaso, La Paz y María Grande, que muestran las mayores desviaciones de ^{18}O representan salmueras, como se indica por los altos valores de SDT, que varían entre 56.000 y 328.000 mg/L. La mineralización en los pozos Gualaguaychú, Guichón y Villa Elisa no es tan pronunciada. Estos pozos producen agua salobre con valores de SDT que fluctúan entre 7.000 y 20.000 mg/L. La hidroquímica salobre no es rara en las cuencas sedimentarias profundas. Tipos similares de agua se pueden encontrar en la Cuenca sedimentaria de Michigan (Clayton y demás, 1966), y en pozos profundos del sur de Israel (Fleischer y demás, 1977).

El agua de muchos de los pozos del Grupo 3 presenta un mayor grado de mineralización que el agua de los pozos del Grupo 2 (área del Piloto). Una posible explicación de este hecho podría ser que estos extraen su agua de los sedimentos más antiguos, y posiblemente marinos Pérmicos, que yacen debajo del SAG (O. Sracek y R. Hirata, 2002). Esto podría explicar el mayor grado de mineralización en el agua de los pozos del Grupo 3 que en los pozos del Grupo 2 (área del Piloto). Sin embargo, dada la complejidad de la serie de datos, la gran área involucrada, y el potencial para que más de una zona de acuífero contribuya a una muestra dada de agua subterránea, es difícil relacionar la química del agua subterránea con un acuífero y/o una profundidad dada.

4.4.4. Susceptibilidad intrínseca del agua subterránea (GWIS)

Las evaluaciones de vulnerabilidad del agua subterránea están dirigidas a determinar la tendencia o probabilidad que los contaminantes alcancen una posición específica en el sistema de agua subterránea luego de su introducción en algún lugar sobre el acuífero más alto (NRC, 1993). Las evaluaciones combinan los componentes físicos y químicos del agua subterránea (es decir, el entorno hidrogeológico) con indicadores del tipo y tamaño de las fuentes contaminantes potenciales para determinar el impacto potencial sobre la calidad del agua subterránea.

Hay diferencias únicas entre los factores potenciales de contaminación basados en el ambiente natural y los factores basados en propiedades específicas de los contaminantes y/o uso humano del suelo y actividades de gestión superficial. Según definición de la USEPA (Agencia de Protección Ambiental de EE.UU.), la sensibilidad o susceptibilidad del acuífero es la relativa facilidad con la cual un contaminante aplicado en o cerca de la superficie del terreno puede migrar hacia el acuífero de interés, basado solamente en los factores hidrogeológicos. En comparación, la vulnerabilidad del agua subterránea combina las características hidrogeológicas que determinan la sensibilidad con los factores “humanos” de vulnerabilidad, teniendo en cuenta específicamente los usos individuales del suelo, las prácticas de gestión, y/o las propiedades de los contaminantes (USEPA 1993b).

La susceptibilidad/sensibilidad del acuífero (también llamada susceptibilidad intrínseca del agua subterránea) es una función de las características intrínsecas del material geológico en cuestión y de los materiales saturados e insaturados suprayacentes. La sensibilidad del acuífero no depende del uso del suelo ni de las características del contaminante. Los esquemas de susceptibilidad más intrínsecos enfatizan el papel que juegan los estratos que separan el acuífero saturado (o parcialmente saturado) de la superficie del terreno ya que esto determina su sensibilidad a ser afectado negativamente por una carga contaminante aplicada en la superficie. Entonces la vulnerabilidad se convierte en una función de (Foster, 1987):

- la inaccesibilidad (en el sentido hidráulico) de la zona saturada a la migración de contaminantes, y
- la capacidad de atenuación de los estratos que yacen encima de la zona saturada (incluyendo la zona de suelo y/o los lechos confinantes) como resultado de la retención o reacción fisicoquímica de los contaminantes.

Por otra parte, la vulnerabilidad del agua subterránea es la relativa facilidad con la cual un contaminante aplicado en o cerca de la superficie del terreno puede migrar hacia el acuífero de interés bajo una serie de condiciones dadas referentes a prácticas de manejo del uso del suelo, características de los contaminantes, y sensibilidad del acuífero. Además del ambiente hidrogeológico la evaluación de la vulnerabilidad del agua subterránea también analiza el factor “humano”, incluyendo las propiedades del contaminante y/o uso asociado del suelo (USEPA 1993a).

En el caso del área del Piloto Concordia-Salto el Acuífero Guaraní se encuentra a una profundidad considerable y yace debajo de un acuitardo grande y grueso de basalto de baja permeabilidad. Adicionalmente, la carga piezométrica en el acuífero es muy alta, y

se calcula que en algunos pozos es del orden de 50 m por encima de la superficie del terreno. Este entorno típico asegura que el acuífero esté bien protegido del impacto de fuentes contaminantes en la superficie del terreno, y que la calidad del acuífero no sea sensible a los impactos que podrían ocurrir debido a los diferentes usos del suelo (tales como industrial/comercial versus agrícola o residencial).

En los informes hidrogeológicos de las otras áreas del Piloto (Rivera-Santana do Livramento, Ribeirão Preto, e Itapúa) se encuentran descripciones detalladas de la técnica de evaluación de la susceptibilidad del agua subterránea. Al aplicar el análisis de Susceptibilidad Intrínseca del SAG al área del Piloto Concordia-Salto se determina que dicha vulnerabilidad es extremadamente baja, debido a las condiciones físicas de dicha área del Piloto, como se describió anteriormente. Por lo tanto el riesgo que el SAG sea afectado por contaminación superficial en esta área del Piloto es extremadamente bajo en toda ésta área. Debido a que se determinó que la Susceptibilidad Intrínseca del agua subterránea del SAG es extremadamente baja en toda el área del Piloto Concordia-Salto, y se decidió que no había necesidad de mostrar esta condición en un mapa.

Sin embargo, cabe señalar que la evaluación de la susceptibilidad intrínseca del agua subterránea descrita anteriormente no considera la vulnerabilidad de los acuíferos ubicados encima del SAG que se usan para el suministro de agua.

4.5. Estudio de la dinámica del agua subterránea en el Sistema Acuífero Guaraní (SAG) mediante técnicas isotópicas.

Ramón Aravena. Departamento de Ciencias Ambientales y de la Tierra. Universidad de Waterloo, Canadá, 2009.

De acuerdo a la disposición de las líneas de flujo y la modelación hidrogeológica existiría una zona de descarga del acuífero probablemente hacia los Ríos Paraná y Uruguay en la zona de fronteras entre Paraguay, Brasil, Argentina y Uruguay. Esto tendería a descartar la posible interconexión hidrogeológica y a la existencia de un aporte significativo de aguas desde la parte norte a la parte sur del acuífero. Los datos de carbono-14 en la zona del Uruguay tienden a apoyar esta hipótesis. Las aguas de pozos profundos que incluye la zona de termas en Uruguay presentan valores de C-14 entre 1,7 y 5,2 pCM, lo cual no puede ser explicado por el aporte de aguas subterráneas del norte ya que de acuerdo al tiempo de residencia, se podría esperar en esas aguas la carencia de carbono-14. Los valores de C14 representan aguas que son parte de un sistema de flujo asociado a recarga que ocurre en los afloramientos del Guaraní que están en la parte Este de la zona de estudio como por ejemplo en la zona de Corsan-Quarai, en donde los datos de C14 muestran la presencia de aguas recientes.

Monitorio isotópico durante pruebas de bombeo

Tres muestras fueron colectadas durante las pruebas de bombeo en los pozos, EB-El Salto 1 y EB-Concordia 1. Este monitoreo mostró los siguientes resultados (Tabla 1 – Anexo): No se observaron cambios significativos en la composición isotópica de estas aguas que se caracterizaron por valores de -5,7 a -6,2 ‰ para $\delta^{18}\text{O}$ y de -35 y -36 ‰ para $\delta^2\text{H}$. Los valores de ^{14}C cambiaron entre 0,6 PCM al comienzo del bombeo a valores de 3,7 PCM en la tercera muestra en el caso del pozo EB-Concordia 2. Los datos colectados en el pozo EB-Salto 1, mostraron un rango más estrecho cambiando de 0,5 a 1,1, valores que están dentro del error analítico de la técnica de ^{14}C . El cambio de 0,6 a 3,7 PCM observado en el pozo EB-Concordia 2 se debe a que durante el bombeo se produjo una entrada al pozo de aguas con distintos tiempos de residencia. Este comportamiento permite inferir que las aguas subterráneas con valores de ^{14}C inferiores a 2 pCM tendrían un componente con tiempo de residencia que estaría fuera del límite de la metodología de ^{14}C que es cerca de 40.000 años en aguas subterráneas.

4.5.1. Origen de solutos

Una de las características del comportamiento geoquímico del agua subterránea en el Acuífero Guaraní es el bajo contenido salino de estas aguas. La otra característica es que el aumento de la salinidad está acompañado por un cambio de facies química, de aguas de tipo Ca-HCO₃ representativas de las zonas de recarga, a aguas de tipo Na-HCO₃ junto a un aumento de la concentración de sulfatos y cloruros, que se encuentran en las partes más distales del acuífero (Sracek e Hirata, 2002, Manzano, 2008). Una de las hipótesis para explicar esta evolución es el aporte de aguas más salinas de las formaciones que subyacen al Guaraní, las cuales podrían aportar sales de origen marino (Sracek e Hirata, 2002). Los valores de $\delta^{34}\text{S}$, que en su mayoría están entre +5 y 10 ‰, indican que el sulfato no es de origen marino, luego no tendría relación con las formaciones subyacentes que se caracterizan por aguas de mayor contenido salino. Es posible que estas formaciones sean de origen continental que se depositaron en los márgenes de la transgresión marina, luego el sulfato es de origen continental. Incluso en las aguas salinas de las termas en la región de Salto, Uruguay y en pozos en la región de Entre Ríos, Argentina, que se caracterizan por concentraciones muy elevadas de sulfatos, llegando a valores de 327,000 mg/L, los valores $\delta^{34}\text{S}$ que varían entre +5,1 y +8,3 ‰, indican que el sulfato no es de origen marino. Es importante recalcar que dada la baja salinidad del agua en el Acuífero Guaraní, una pequeña entrada de aguas más salinas de las formaciones subyacentes al acuífero van a cambiar la química del agua de forma importante en las partes más profundas del acuífero.

4.5.2. Conclusiones

Es importante recalcar que las aguas analizadas en este estudio fueron colectadas en pozos de producción, y por lo tanto representan aguas de distintas profundidades del acuífero, dependiendo de la construcción del pozo. Esta realidad es típica de estudios

que se realizan en acuíferos regionales. A pesar de este problema, lo importante son las tendencias que se observan en este tipo de acuíferos a lo largo de la dirección de flujo, desde la zona de recarga hacia las partes más distantes del acuífero. Dentro de este marco de referencia, una de las conclusiones y aportes del estudio isotópico, es la presencia de aguas con tiempo de residencia de por lo menos 20.000 años y probablemente hay aguas que están fuera del rango de la metodología de C14, es decir aguas con tiempos de residencia superiores a 35.000 años.

Otro aspecto importante es sobre las aguas subterráneas antiguas, es que las mismas se encuentran en zonas relativamente no muy alejadas de la zona de recarga, lo cual fue interpretado por una combinación de bajos gradientes hidráulicos y por tanto, velocidades de flujo subterráneo muy bajas, combinadas con bajas tasas de recarga. Estas conclusiones tienen implicaciones importantes para el futuro manejo de las aguas subterráneas en el Acuífero Guaraní.

El otro comportamiento que fue observado en este estudio es la presencia de aguas recientes en áreas cercanas a las zonas de recarga, lo cual tiene implicaciones para la protección del acuífero a la entrada de potenciales contaminantes que pudieran afectar la calidad del agua subterránea. Los datos isotópicos mostraron indirectamente que una parte importante de la recarga en la zona de afloramientos de las areniscas del Acuífero Guaraní pasa a formar parte de los sistemas de flujo locales que eventualmente alimentan los cauces superficiales. La existencia de ventanas de recarga en la zona de Mato Grosso do Sul fue también confirmada dentro del estudio isotópico. En relación a una posible descarga del Acuífero Guaraní a los humedales de los Esteros del Iberá, los datos isotópicos, especialmente los datos de tritio, descartaron esta hipótesis, pero se requeriría un estudio hidrogeológico más en detalle para confirmar esta conclusión.

Esto implica que las aguas que se bombean de estos pozos representan una mezcla de aguas de distintas profundidades, probablemente con una distinta evolución geoquímica y diferentes tiempos de residencia. Basado en el comportamiento de los isótopos estables se planteó que las aguas más empobrecidas isotópicamente (valores más negativos) tendrían que representar a las aguas más antiguas.

Los datos de 34S mostraron que el aumento de salinidad observado en la parte más profunda del Acuífero no está relacionado con un aporte de sales de origen marino y podría ser atribuido a un aporte de sales de las formaciones subyacentes al Acuífero que representan sedimentos formados en los márgenes de la transgresión marina.

Se menciona especialmente lo ocurrido con el C14 en los ensayos de bombeo en el Piloto, donde concretamente se produce un aporte de aguas más jóvenes al explotar el pozo al cabo de unos días, y respalda el hecho que al descargar intensamente (sin nunca detener el bombeo de los pozos) en el acuífero se produce una cierta baja de la temperatura del agua, por ingreso de agua más dulce y más joven (C14).

4.5.3. Recomendaciones

A pesar que los datos isotópicos obtenidos en este estudio mostró que el agua de las lagunas en los humedales del Estero del Iberá son alimentadas por aguas recientes, es recomendable para entender el papel del agua subterránea (descarga del Guaraní?) en los humedales, realizar un estudio hidrogeológico que incluiría perforación de pozos profundos de estudio que permitan evaluar el sistema de flujo y la composición química e isotópica de las aguas subterráneas que podrían descargar en el humedal.

CONSIDERACIONES SOBRE EL CAPÍTULO

*Cabe mencionar que el **arsénico** es un carcinogénico reconocido*, como se indicara más arriba, que se encuentra naturalmente en aguas superficiales y subterráneas, y su concentración generalmente es mayor en agua subterránea que en agua superficial. La guía de la Organización Mundial de la Salud (OMS) para agua potable estipula que la concentración máxima aceptable de arsénico es de 0,010 mg/L o 10 µg/L. Las ocho muestras de agua de los pozos del área del Piloto Concordia-Salto tienen concentraciones que varían entre 2 y 4 veces las concentraciones máximas permitidas en agua potable. Las concentraciones máximas se detectaron en los pozos: Termas de la Vertiente y Zorraquín. Quizás se deba a la proximidad de los basaltos suprayacentes, los cuales pueden incluir mineralización de arsenopiritas y/o puede estar relacionada con el incremento de solubilidad del arsénico dentro del ambiente de alta temperatura del agua subterránea.

El **sodio** es un componente estético del agua potable, ya que puede producir un sabor salado cuando se encuentra en concentraciones elevadas. El objetivo estético del sodio en el agua potable es de 200 mg/L. El sodio no es tóxico, pero *se recomienda que las personas con hipertensión o pacientes con enfermedades de congestión del corazón restrinjan el consumo de sodio*. De los ocho pozos muestreados en el área del Piloto Concordia-Salto el pozo OSE tiene una concentración de sodio por encima del límite estético (760 mg/L). En general, el contenido de sodio en el acuífero es bastante alto, variando de entre cerca de 120 a 200 mg/L. Estos valores elevados pueden ser el resultado de algún influjo de agua subterránea desde los sedimentos más antiguos (Pérmicos) subyacentes.

La guía de la OMS para agua potable recomienda una concentración máxima de **flúor** de 1,5 mg/L (la cantidad máxima se da en función de la temperatura promedio de la zona, teniendo en cuenta el consumo diario del agua de bebida). La mayoría de las concentraciones de flúor en los pozos del área del Piloto superan la guía de la OMS, variando entre un mínimo de 0,46 mg/L en el pozo Remeros y un máximo de 8,98 mg/L en el pozo Quiroga, con un valor medio de cerca de 4,5 mg/L. Las altas concentraciones de flúor sugieren la influencia de un sistema profundo de flujo hidrotermal durante el cual ha habido una interacción significativa entre el agua y la roca.

El **nitrito** persiste en la sub-superficie solamente en ambientes oxigenantes (y por lo tanto usualmente someros) de aguas subterráneas. Por esto, no es sorpresa que el nitra-

to esté presente en niveles muy bajos en el SAG, si es que está presente. Sin embargo, se detectó nitrato en dos de los pozos del área del Piloto, los pozos OSE y Posada del Siglo XIX, en concentraciones de 1,4 mg/l y 2,8 mg/L, respectivamente. Dichos resultados son sorprendentes y se consideran anómalos, pudiendo indicar que las tuberías de revestimiento de los pozos están de alguna forma perforadas (por corrosión o por daño físico) a una profundidad baja, permitiendo así la entrada de agua subterránea somera dentro de la perforación del pozo.

La máxima concentración de **sulfato** en el agua de los pozos del área del Piloto fue de 412 mg/L en el pozo OSE. Los siete pozos restantes tienen valores de sulfatos que variaron entre 8,3 mg/L y 65,5 mg/L. Como se ha mencionado, el pozo OSE también tiene valores anómalos de conductividad eléctrica, sólidos totales, y temperatura, y probablemente llega hasta un sistema de flujo y/o una red de fracturas ubicadas a mayor profundidad que los otros pozos del SAG, además de no ser usado regularmente.

Los **parámetros orgánicos** que se analizaron en la muestra de Posada del Siglo XIX resultaron como “no detectadas” o “debajo del límite de detección” excepto para pireno y tolueno, que tuvieron concentraciones de 8,4 y 17,2 µg/L, respectivamente. La presencia de algún contaminante orgánico en un agua subterránea de tal profundidad es, por supuesto, inesperada y anómala. Como se mencionó antes en el análisis de nitratos, su presencia podría sugerir daños o corrosión de la tubería de revestimiento a baja profundidad, lo que permitiría la entrada de agua subterránea somera contaminada al pozo de agua.

En tanto la clasificación de las aguas termales del SAG: **Facies hidroquímicas**, los resultados de los diagramas Piper para los pozos SAG del área Concordia-Salto mostraron una similitud geoquímica consistente. En relación a la química de los cationes, las muestras trazadas para los 8 pozos mostraron aguas sódicas. En relación con los aniones, siete pozos dieron como resultados aguas bicarbonatadas. El pozo OSE resultó como agua sulfatada; sin embargo, esto no refleja la condición geoquímica real, ya que no se midió la alcalinidad del agua de este pozo.

El agua dentro de esta área del Piloto del SAG se caracteriza como agua bicarbonatada sódica.

Con respecto al análisis de los pozos profundos por fuera del área del Piloto (Grupo 3): El agua se caracteriza por su temperatura elevada y su alta mineralización. En particular, el agua subterránea de los pozos Basavilbaso, La Paz y María Grande, que muestran las mayores desviaciones, representan salmueras. La mineralización en los pozos Gualeguaychú, Guichón y Villa Elisa no es tan pronunciada. Estos pozos producen agua salobre. La hidroquímica salobre no es rara en las cuencas sedimentarias profundas. Tipos similares de agua se pueden encontrar en la Cuenca sedimentaria de Michigan (Clayton y demás, 1966), y en pozos profundos del sur de Israel (Fleischer y demás, 1977).

El agua de muchos de los pozos del Grupo 3 presenta un mayor grado de mineralización que el agua de los pozos del Grupo 2 (área del Piloto). Una posible explicación de este hecho podría ser que estos extraen su agua de los sedimentos más antiguos, y posiblemente marinos Pérmicos, que yacen debajo del SAG (O. Sracek y R. Hirata, 2002). Sin embargo, dada la complejidad de la serie de datos, la gran área involucrada, y el potencial para que más de una zona del acuífero contribuya a una muestra dada de agua subterránea, es difícil relacionar la química del agua subterránea con un acuífero y/o una profundidad dada.

En cuanto a la susceptibilidad intrínseca del agua subterránea, en el caso del área del Piloto Concordia-Salto el Acuífero Guaraní se encuentra a una profundidad considerable y yace debajo de un acuitardo grande y grueso de basalto de baja permeabilidad. Adicionalmente, la carga piezométrica en el acuífero es muy alta, y se calcula que en algunos pozos es del orden de 50 m por encima de la superficie del terreno. Este entorno típico asegura que el acuífero esté bien protegido del impacto de fuentes contaminantes en la superficie del terreno, y que la calidad del acuífero no sea sensible a los impactos que podrían ocurrir debido a los diferentes usos del suelo (tales como industrial/comercial versus rural o residencial).

Sin embargo, cabe señalar que la evaluación de la susceptibilidad intrínseca del agua subterránea descrita anteriormente no considera la vulnerabilidad de los acuíferos ubicados encima del SAG, que se usan para el suministro de agua potable. Por este motivo también se aconseja la no ingesta del agua termal y la construcción de pozos profundos siguiendo las normas de construcción recomendada, de los mismos.

En cuanto al informe de Aravena (2009) se menciona especialmente lo ocurrido con C14 en los ensayos de bombeo manifestando concretamente que se produce un aporte de aguas más jóvenes al explotar el pozo al cabo de unos días, y respalda el hecho que al descargar intensamente (sin nunca detener el bombeo de los pozos) en el acuífero se produce una cierta baja de la temperatura del agua, por ingreso de agua más dulce y más joven.

Análisis del agua en Vertiente de la Concordia – 2001

Señor(es): FERNANDEZ Carlos Famatina 3068 – Buenos Aires Muestra recibida: AGUA DE CONSUMO (Sample received) Designación de la muestra: AGUA DE ORIGEN SUBTERRANEO (Designation of the sample) Determinaciones solicitadas (Solicited determinations)		 Informa LABORATORIOS QUÍMICA ANALÍTICA DESDE 1981 LABORATORIOS (1047) Lavalle 910 - 2° L TEL. 322-7578 Buenos Aires - Rep. Argentina	Análisis N° 98.8139
Análisis físico y químico. – s/ C.A.A. para AGUA MINERAL NATURAL – Capítulo XII, Art. 985.			
Turbiedad		Límpida	
Color		Incolora	
Olor		Sin olores extraños	
pH a 20 °C		7,67	
Materia en suspensión	ml/l.	0	
Aspecto del sedimento		–	
Residuo sólido a 100 - 105 °C	mg/l	340	
Acidez en CO ₃ Ca:	mg/l		
Total	mg/l	30	
Temporal	mg/l	30	
Permanente	mg/l	0	
Alcalinidad en CO ₃ Ca de:			
Carbonatos CO ₃ ⁼⁼	mg/l	0	
Bicarbonatos CO ₃ H [–]	mg/l	222,72	
Anhidrido Carbónico Libre CO ₂	mg/l	9	
Cloruros Cl [–]	mg/l	18	
Sulfatos SO ₄ ⁼⁼	mg/l	60	
Nitratos NO ₃ [–]	mg/l	0	
Nitritos NO ₂ [–]	mg/l	0	
Amonio NH ₄ ⁺	mg/l	0	
SiO ₂	mg/l	–	
Calcio Ca ⁺⁺	mg/l	6	
Magnesio Mg ⁺⁺	mg/l	3,4	
Sodio Na ⁺	mg/l	–	
Potasio K ⁺	mg/l	–	
Cloro Residual Cl ₂	mg/l	0	
Hierro Fe	mg/l	0	
Manganeso Mn	mg/l	0	
Plomo Pb	mg/l	0	
Cobre Cu	mg/l	–	
Cinc Zn	mg/l	–	
Fluor F	mg/l	0,67	
Arsénico As	mg/l	0,1	

Fig 65. Análisis del agua en el pozo Vertiente de la Concordia.

ANÁLISIS DEL AGUA		Unid. Med.	GEOCONSULT S.A. 19/05/97	INSTITUTO BIOQUÍMICO SRL 13/06/01
FECHAS				
Olor			Inoloro	
Color		Pt-Co	2	
Turbidez		UNT	7	
pH.			7.81	7.669
Sales Solubles Totales		mg/l	462	
Sólidos disueltos tot.		mg/l		630
Alcalinidad tot.	CO ₃ Ca	mg/l	260	220
Alcalinidad a la fenolftaleína	CO ₃ Ca	mg/l		
Cloruros	Cl-	mg/l	32.5	119
Dureza total	CO ₃ Ca	mg/l	29.3	13.7
Dureza permanente	CO ₃ Ca	mg/l	10.5	
Calcio		mg/l		2.2
Magnesio		mg/l		2
Hierro	Fe	mg/l	< 0.05	< 0.1
Nitratos	NO ₃	mg/l	1	4
Nitritos	NO ₂	mg/l	0.008	< 0.2
Amoníacos	NH ₄	mg/l	0.06	< 0.02
Sulfatos	SO ₄	mg/l	34.5	23
Cloro residual		mg/l		no cont.
Fosfatos		mg/l		< 0.03
Fluor	F ⁻	mg/l	0.84	
Arsénico	As	mg/l	0.058	
Plomo	Pb	mg/l	0.006	
Cobre	Cu	mg/l	0.001	
Cromo	Cr	mg/l	0.014	
Oxidabilidad en frío		mg/l	0.05	
Oxidabilidad total		mg/l	0.1	
Cloro libre		mg/l	< 0.1	
Manganeso	Mn		< 0.01	

17/07/01

Fig 66. Análisis del agua en el pozo Vertiente de la Concordia.

RESULTADOS DEL MONITOREO DE POZOS PROFUNDOS DESDE MAYO 2009 A DICIEMBRE 2011

MAYO 2009

Nombre Pozo	Fecha Muestreo	T (C°)	pH	Cond (μS/cm)	SO ₄ ²⁻ (mg/L)	NO ₃ ⁻ (mg/L)	NO ₂ ⁻ (mg/L)	Fe total (mg/L)	K ⁺ (mg/L)
Termas del Daymán (profundo)	27-05-09	45,7	8,48	791,0	57	2,91	0,054	0,01	2,8
Termas del Daymán (somero mezcla)	27-05-09	30,6	7,45	924,0	49	2,42	0,042	<0.01	2,3
Termas Fuente Nueva	27-05-09	44,8	8,49	726,0	40	3,88	0,035	0,37	2,8
Horacio Quiroga	27-may-09	38,0	8,54	977,0	81	3,40	0,029	<0.01	4,4
Club Remeros	27-may-09	47,0	8,69	993,0	65	2,91	0,024	0,02	3,0
Villa Termal Zorraquín	3-jun-09	44,0	7,54	634,0	20	2,50	0,040	0,01	2,9
Vertiente de la Concordia (profundo)	3-jun-09	45,0	7,57	687,0	33	3,60	0,015	0,01	3,2
Vertiente de la Concordia (somero)	3-jun-09	19,0	7,17	427,0	28	3,80	0,015	0,02	2,3
Pozo 1: Coop. Villa Zorraquín (somero)	3-jun-09	19,0	5,47	140,7	4	7,40	0,021	0,03	2,0
Pozo 2: Coop. Villa Zorraquín (somero)	3-jun-09	19,0	5,57	389,0	11	25,60	0,445	0,03	2,5

Tabla 20.

Nombre Pozo	Alcalinidad total (mg CO ₃ Ca/L)	Dureza total (mg CO ₃ Ca/L)	Calcio (mg CO ₃ Ca/L)	Magnesio (mg CO ₃ Ca/L)	Cl- (mg/L)	F- (mg/L)	Cobre (mg/L)	Manganeso (mg/L)	Silica (mg/L SiO ₂)
Termas del Daymán (profundo)	273,0	88,4	23,4	65,0	65,00	1,19	0,02	0,3	21,2
Termas del Daymán (somero mezcla)	333,0	157,2	67,2	90,0	82,00	0,80	0,02	0,2	36,7
Termas Fuente Nueva	246,0	103,2	26,4	76,8	69,00	1,13	0,01	0,2	20,1
Horacio Quiroga	242,0	78,8	32,4	46,4	115,00	0,87	0,03	0,2	20,0
Club Remeros	265,5	84,4	26,8	57,6	126,00	1,04	0,02	0,3	24,2
Villa Termal Zorraquín	260,0	24,5	18,0	6,5	57,50	0,72	0,02	0,2	20,0
Vertiente de la Concordia (profundo)	228,0	29,5	20,0	9,5	68,00	0,77	0,02	0,2	19,3
Vertiente de la Concordia (somero)	124,0	124,0	94,0	30,0	67,50	0,22	0,02	0,2	64,9
Pozo 1: Coop. Villa Zorraquín (somero)	26,7	48,0	36,0	12,0	41,00	0,05	0,04	0,3	47,4
Pozo 2: Coop. Villa Zorraquín (somero)	108,4	144,0	98,0	46,0	60,00	0,20	0,03	0,2	44,3

Tabla 21.

JUNIO 2009

Nombre Pozo	Fecha Muestreo	T (C°)	pH	Cond (µS/cm)	SO42- (mg/L)	NO3- (mg/L)	NO2- (mg/L)	Fe total (mg/L)	K+ (mg/L)
Termas del Daymán (profundo)	17-jun-09	43,0	7,90	807,0	58	14,60	0,012	0,02	3,0
Termas del Daymán (somero mezcla)	17-jun-09	30,0	7,37	910,0	53	2,80	0,043	0,01	2,6
Termas Fuente Nueva	17-jun-09	44,5	7,94	741,0	41	2,30	0,032	0,02	3,0
Horacio Quiroga	17-jun-09	43,5	7,88	982,0	78	6,40	0,022	0,01	3,5
Club Remeros	17-jun-09	47,0	8,00	672,0	22	2,10	0,021	0,01	2,8
Villa Termal Zorraquín	24-jun-09	45,5	7,86	620,0	16	4,30	0,100	0,02	2,8
Vertiente de la Concordia (profundo)	24-jun-09	45,0	7,82	665,0	33	2,70	0,015	0,01	3,1
Vertiente de la Concordia (somero)	24-jun-09	19,0	7,28	407,0	23	1,50	0,015	0,01	2,8
Pozo 1: Coop. Villa Zorraquín (somero)	24-jun-09	19,0	6,75	141,5	3	20,10	0,009	0,08	5,8
Pozo 2: Coop. Villa Zorraquín (somero)	24-jun-09	19,0	6,22	378,0	9	15,10	0,005	0,02	2,4

Tabla 22.

Nombre Pozo	Alcalinidad total (mg CO3Ca/L)	Dureza total (mg CO3Ca/L)	Calcio (mg CO3Ca/L)	Magnesio (mg CO3Ca/L)	Cl- (mg/L)	F- (mg/L)	Cobre (mg/L)	Manganeso (mg/L)	Silica (mg/L SiO2)
Termas del Daymán (profundo)	277,0	25,5	15,0	10,5	70,00	0,82	0,03	<0,1	21,2
Termas del Daymán (somero mezcla)	324,0	87,5	50,0	37,5	77,25	1,43	0,03	0,1	37,0
Termas Fuente Nueva	257,0	27,0	15,0	12,0	71,25	2,08	0,02	0,1	19,8
Horacio Quiroga	253,0	40,5	22,5	18,0	123,50	0,72	0,03	0,3	19,5
Club Remeros	263,0	24,0	12,5	11,5	57,00	1,18	0,02	0,1	20,1
Villa Termal Zorraquín	268,0	39,0	17,0	22,0	58,50	0,50	0,01	0,3	20,9
Vertiente de la Concordia (profundo)	241,0	38,0	19,0	19,0	68,25	0,49	0,02	0,2	20,3
Vertiente de la Concordia (somero)	127,0	127,0	98,0	29,0	61,75	<0,1	0,02	0,1	69,7
Pozo 1: Coop. Villa Zorraquín (somero)	34,0	60,5	36,0	24,5	38,00	<0,1	0,04	0,1	46,6
Pozo 2: Coop. Villa Zorraquín (somero)	85,0	136,5	100,0	36,5	56,75	<0,1	0,01	0,5	45,7

Tabla 23.

JULIO 2009

Nombre Pozo	Fecha Muestreo	T (C°)	pH	Cond (µS/cm)	SO ₄ ²⁻ (mg/L)	NO ₃ ⁻ (mg/L)	NO ₂ ⁻ (mg/L)	Fe total (mg/L)	K ⁺ (mg/L)
Termas del Daymán (profundo)	15-jul-09	45,5	8,00	729,0	59	5,40	0,014	0,01	2,9
Termas del Daymán (somero mezcla)	15-jul-09	30,8	7,05	897,0	47	4,80	0,027	0,01	2,4
Termas Fuente Nueva	15-jul-09	44,6	8,00	690,0	38	2,70	0,019	<0,01	2,5
Horacio Quiroga	15-jul-09	44,3	7,85	899,0	83	2,80	0,012	0,01	3,7
Club Remeros	15-jul-09	47,1	8,02	714,0	31	2,80	0,015	0,01	2,6
Villa Termal Zorraquín	15-jul-09	44,0	7,02	620,0	17	3,20	0,011	0,04	2,7
Vertiente de la Concordia (profundo)	15-jul-09	45,0	7,71	675,0	31	2,90	0,011	0,01	2,2
Vertiente de la Concordia (somero)	15-jul-09	19,0	6,88	419,0	22	4,10	0,032	0,01	1,9
Pozo 1: Coop. Villa Zorraquín (somero)	15-jul-09	19,0	6,02	138,0	2	19,80	0,090	0,01	0,6
Pozo 2: Coop. Villa Zorraquín (somero)	15-jul-09	19,0	6,03	379,0	7	39,80	0,080	0,02	1,2

Tabla 24.

Nombre Pozo	Alcalinidad total (mg CO ₃ Ca/L)	Dureza total (mg CO ₃ Ca/L)	Calcio (mg CO ₃ Ca/L)	Magnesio (mg CO ₃ Ca/L)	Cl ⁻ (mg/L)	F ⁻ (mg/L)	Cobre (mg/L)	Manganeso (mg/L)	Silica (mg/L SiO ₂)
Termas del Daymán (profundo)	269,0	34,0	17,0	17,0	110,0	0,88	0,02	0,2	20,2
Termas del Daymán (somero mezcla)	367,0	140,0	98,0	42,0	121,0	0,71	0,04	0,2	37,8
Termas Fuente Nueva	257,0	37,5	32,5	5,0	109,0	1,14	0,03	0,1	18,5
Horacio Quiroga	242,0	54,0	26,0	28,0	185,0	0,76	0,01	0,1	18,4
Club Remeros	286,0	36,0	19,0	17,0	104,0	0,78	0,01	0,2	18,8
Villa Termal Zorraquín	266,0	34,0	14,0	20,0	94,75	0,93	0,02	0,1	20,0
Vertiente de la Concordia (profundo)	246,0	33,0	18,0	15,0	104,5	0,99	0,01	0,2	20,0
Vertiente de la Concordia (somero)	167,6	126,0	98,0	28,0	91,25	0,24	0,02	0,1	68,9
Pozo 1: Coop. Villa Zorraquín (somero)	79,2	53,0	34,0	19,0	79,50	0,30	0,04	0,2	42,6
Pozo 2: Coop. Villa Zorraquín (somero)	125,2	146,0	100,0	46,0	110,0	0,38	0,05	0,1	45,1

Tabla 25.

Nombre Pozo	Fecha Muestreo	T (C°)	pH	Cond (µS/cm)	SO ₄ ²⁻ (mg/L)	NO ₃ ⁻ (mg/L)	Fe total (mg/L)
Termas del Daymán (profundo)	28-jul-10	45,0	7,14	816,0	47	2,50	0,02
Termas Fuente Nueva	28-jul-10	45,0	7,23	773,0	35	3,40	0,02
Club Remeros	28-jul-10	47,0	7,19	1350,0	102	2,80	0,01
Horacio Quiroga	28-jul-10	44,0	7,15	999,0	79	3,60	0,01
Pozo 1: Coop. Villa Zorraquín (somero)	23-jul-10	19,0	5,05	140,5	2	18,10	0,01
Pozo 2: Coop. Villa Zorraquín (somero)	23-jul-10	19,0	5,40	380,0	6	26,20	0,01
Villa Termal Zorraquín	23-jul-10	44,0	7,61	652,0	13	3,10	0,01
Vertiente de la Concordia (profundo)	23-jul-10	45,0	7,55	713,0	29	2,10	0,02
Vertiente de la Concordia (somero)	23-jul-10	19,0	7,23	414,0	20	3,60	0,03

Tabla 26.

Nombre Pozo	Alcalinidad total (mg CO ₃ Ca/L)	Dureza total (mg CO ₃ Ca/L)	Calcio (mg CO ₃ Ca/L)	Magnesio (mg CO ₃ Ca/L)	Cl ⁻ (mg/L)
Termas del Daymán (profundo)	332,0	34,0	20,0	14,0	43,0
Termas Fuente Nueva	310,0	38,0	16,0	22,0	48,0
Club Remeros	332,0	54,0	34,0	20,0	136,0
Horacio Quiroga	310,0	60,0	22,0	38,0	98,5
Pozo 1: Coop. Villa Zorraquín (somero)	26,0	58,0	37,0	21,0	9,0
Pozo 2: Coop. Villa Zorraquín (somero)	90,0	140,0	102,0	38,0	29,0
Villa Termal Zorraquín	264,0	36,0	34,0	2,0	23,0
Vertiente de la Concordia (profundo)	252,0	38,0	38,0	0,0	40,0
Vertiente de la Concordia (somero)	142,0	120,0	96,0	24,0	29,0

Tabla 27.

Nombre Pozo	Fecha Muestreo	T (C°)	pH	Cond (µS/cm)	NO ₃ ⁻ (mg/L)	NO ₂ ⁻ (mg/L)
Termas del Daymán (profundo)	21-Dic-11	45,0	7,97	595,0	0,9	0,019
Termas del Daymán (somero mezcla)	21-Dic-11	29,0	6,93	674,0	0,9	0,012
Agua Clara	21-Dic-11	45,0	8,01	539,0	0,7	0,019
Club Remeros	21-Dic-11	47,0	8,08	565,0	0,8	0,024
Horacio Quiroga	21-Dic-11	42,0	7,79	739,0	0,8	0,019
Pozo 1: Coop. Villa Zorraquín (somero)	21-Dic-11	20,0	5,51	107,7	3,0	0,022
Pozo 2: Coop. Villa Zorraquín (somero)	21-Dic-11	20,0	5,58	273,0	4,5	0,005
Villa Termal Zorraquín	21-Dic-11	44,0	8,01	482,0	0,6	0,015
Vertiente de la Concordia (profundo)	21-Dic-11	46,0	7,74	536,0	0,6	0,011
Vertiente de la Concordia (somero)	21-Dic-11	19,0	7,16	325,0	0,8	0,016

Tabla 28.

Nombre Pozo	Alcali- nid. total (mg CO ₃ Ca/L)	Dureza total (mg CO ₃ Ca/L)	Calcio (mg CO ₃ Ca/L)	Magne- sio (mg CO ₃ Ca/L)	Cl ⁻ (mg/L)	F ⁻ (mg/L)	Cobre (mg/L)	Manga- neso (mg/L)	Silica (mg/L SiO ₂)
Termas del Daymán (profundo)	304,0	38,0	18,0	20,0	48,0	0,96	0,06	0,10	21,5
Termas del Daymán (somero mezcla)	408,0	208,0	132,0	76,0	43,0	0,58	0,06	0,10	42,8
Agua Clara	300,0	52,0	20,0	32,0	47,0	0,99	0,04	0,10	21,6
Club Remeros	244,0	46,0	11,0	35,0	48,0	0,90	0,03	0,10	24,5
Horacio Quiroga	276,0	70,0	42,0	28,0	108,0	0,87	0,04	0,10	20,2
Pozo 1: Coop. Villa Zorraquín (somero)	48,0	72,0	52,0	20,0	17,0	0,10	0,07	0,10	46,4
Pozo 2: Coop. Villa Zorraquín (somero)	106,0	210,0	134,0	76,0	34,0	0,15	0,03	0,10	48,9
Villa Termal Zorraquín	332,0	36,0	22,0	14,0	31,0	0,94	0,06	0,10	22,1
Vertiente de la Concordia (profundo)	310,0	44,0	30,0	14,0	49,0	1,05	0,05	0,10	19,4
Vertiente de la Concordia (somero)	174,0	188,0	164,0	24,0	40,0	0,40	0,06	0,10	75,2

Tabla 29.

Conclusión: Los valores de los parámetros monitoreados entre los años 2009/2011, no presentan variaciones sustanciales con respecto a los valores obtenidos en los monitoreos de los años 2006/2007 realizados por PROINSA para SNC/Lavalin.

CAPÍTULO 5

MODELACION NUMÉRICA DEL PILOTO CONCORDIA-SALTO EN EL SISTEMA ACUÍFERO GUARANÍ

Como parte del Proyecto para la “Protección Ambiental y el Desarrollo Sostenible del Sistema Acuífero Guaraní” se llevó a cabo una modelación numérica en el área del Piloto Concordia-Salto. La misma se encuentra en un informe separado llamado *Modelo numérico hidrogeológico del área del Piloto Concordia-Salto* (Charlesworth & Associates y SNC Lavalin 2008).

El modelo de agua subterránea del área del Piloto Concordia-Salto fue desarrollado para sintetizar la información recolectada y las interpretaciones desarrolladas para el área de estudio. El modelo se calibró asumiendo un flujo en régimen permanente, y fue validado posteriormente mediante la ejecución de una versión con flujo en régimen transitorio, con el fin de duplicar los resultados de los ensayos hidráulicos en los pozos en los cuales había información disponible. Las cargas piezométricas derivadas del modelo en régimen permanente se usaron como información de entrada para el modelo en régimen transitorio.

El objetivo primario de la modelación numérica del área del Piloto Concordia-Salto fue ayudar en el planeamiento futuro de las aguas termales de las ciudades de Concordia y Salto y sus áreas circunvecinas. Con este fin se simulaban dos escenarios de desarrollo: el primero representó la adición de dos pozos nuevos, y el segundo representó un total de siete pozos nuevos.

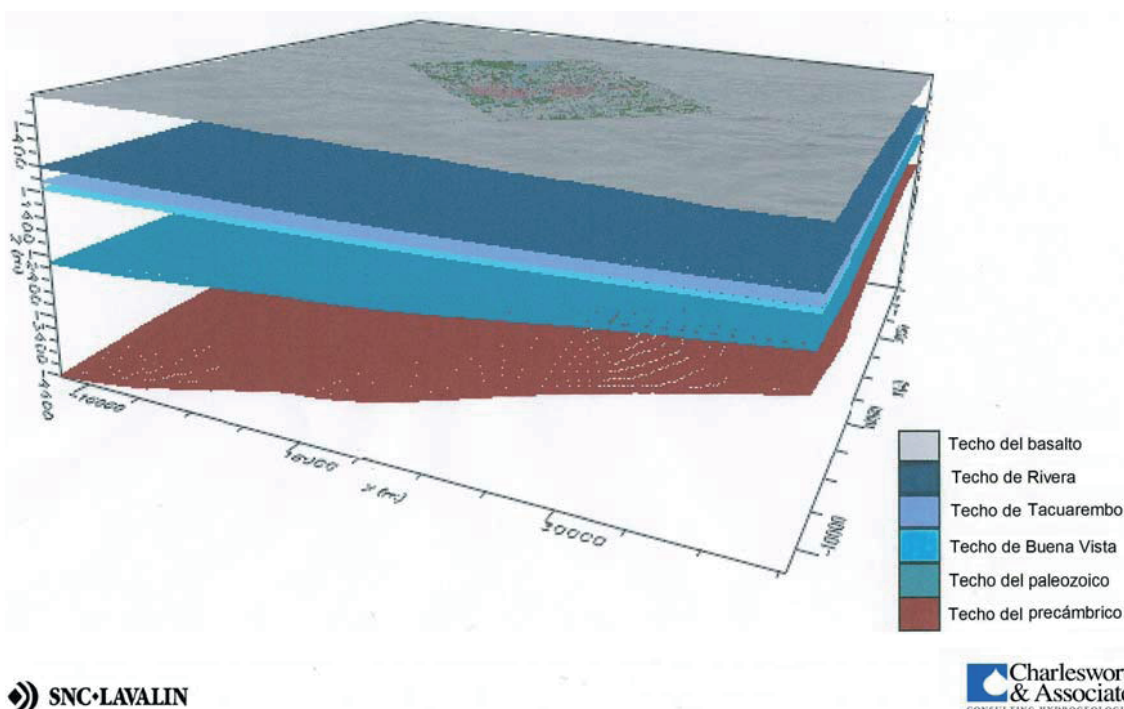


Fig 67. Unidades hidrogeológicas en el modelo.

Se concluyó que se puede lograr la adición de dos pozos nuevos sin que haya un gran impacto, siempre y cuando los pozos no se ubiquen cerca de los pozos existentes, aunque habría alguna reducción regional en las cargas piezométricas en toda el área del Piloto. Sin embargo, también se concluyó que la suma de siete pozos nuevos agregados en el área del Piloto Concordia-Salto conduciría a una reducción adicional en las cargas piezométricas y, en el peor escenario, podría producir la pérdida del flujo artesiano en algunos sitios.

Entre las recomendaciones se incluye la necesidad de recolección de nueva información confiable sobre las cargas piezométricas y los caudales de extracción de agua subterránea. También se resalta que uno de los defectos del modelo numérico Concordia-Salto es la falta de bordes naturales dentro del dominio del modelo. Se recomienda que se estudie la construcción de un modelo sub-regional que se podría extender desde el área de recarga en el Este, hasta más allá del área Concordia- Salto en el Oeste.

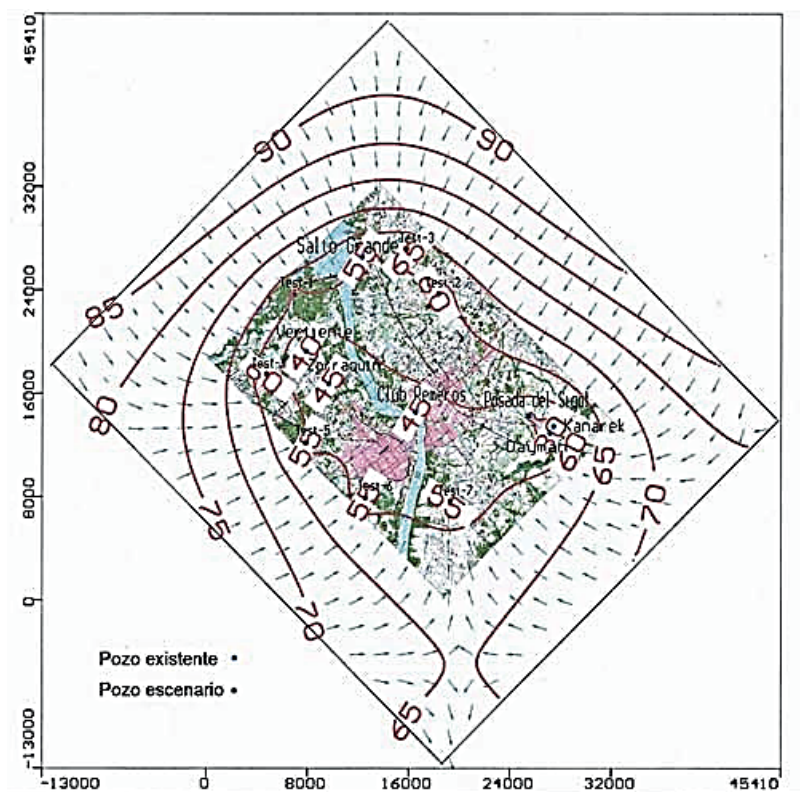
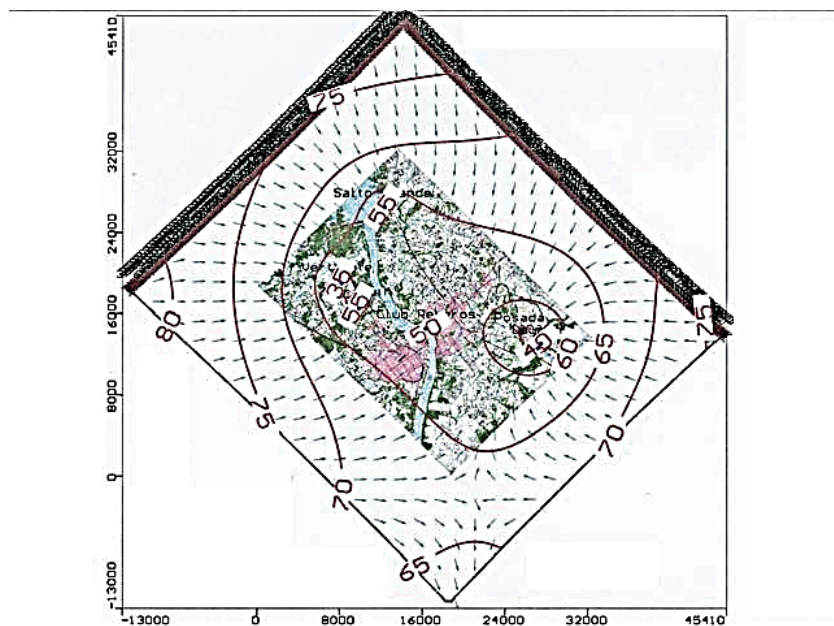
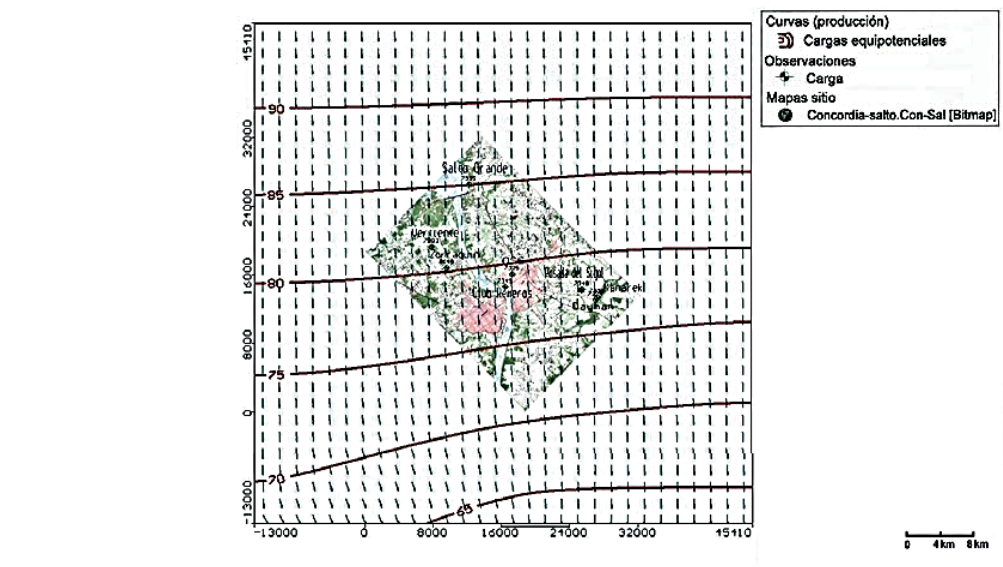


Fig 68. Enfoque inicial de modelación – Bordes con carga Constante.



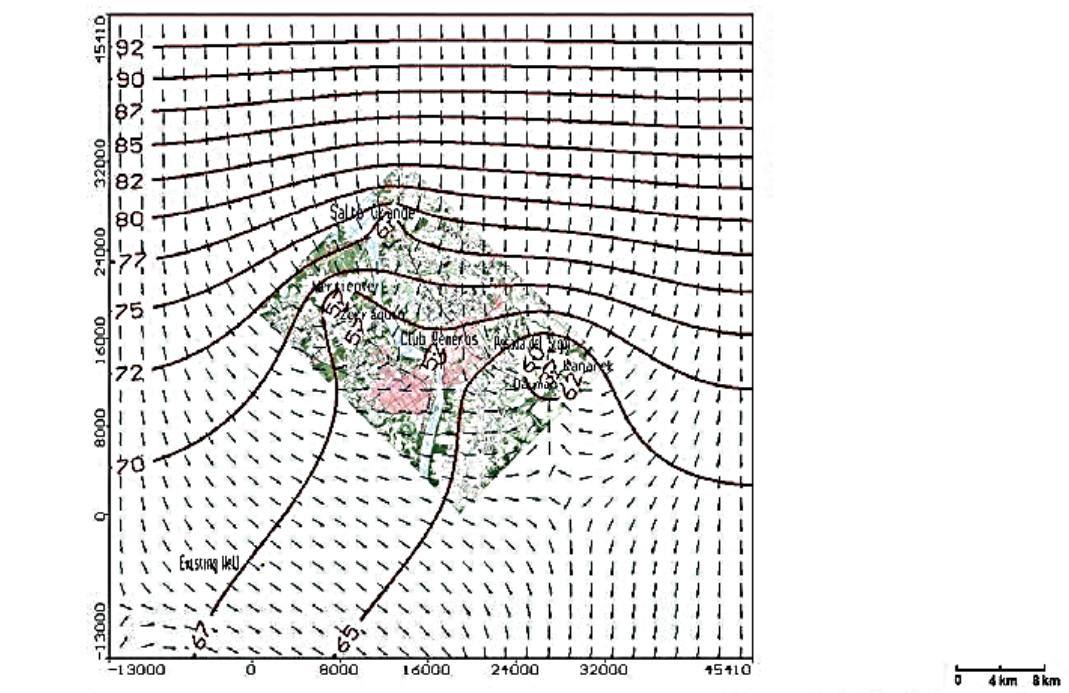
Curvas piezométricas con abstracción actual, luego de 15000 días
(Frontera de control de flujo gradiente arriba)

Fig 69. Enfoque inicial de modelación – Bordes con Flujo controlado y Carga constante.



Modelo numérico Concordia-Salto

Fig 70. Carga calculada sin pozos en operación.



(frontera de control de carga).

Fig 71. Curvas piezométricas con abstracción actual, luego de 15.000 días

Modelo numérico Concordia-Salto

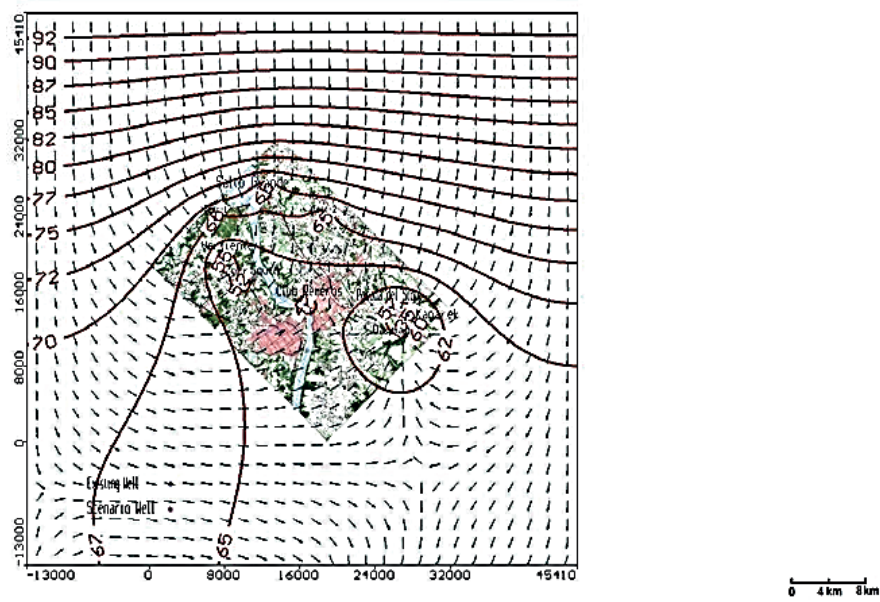


Fig 72. Carga piezométrica – Escenario 1 (con 2 pozos adicionales).

- ✓ Al crear o utilizar un modelo numérico de agua subterránea es importante recordar que esta es una herramienta para resolver problemas del agua subterránea pero que no es la solución en sí misma. Un modelo, sin importar qué tan sofisticado sea, nunca describirá el sistema de agua subterránea que se esté investigando sin que la simulación del modelo se desvíe de las condiciones físicas actuales (Spitz y Moreno, 1996).
- ✓ Lo que es más importante, los mismos autores notaron que los modelos numéricos no brindan respuestas precisas a los problemas definidos de manera insuficiente. Teniendo esto en mente, se pueden obtener varias conclusiones con respecto al presente modelo Concordia-Salto. Ellas son:

Existen también algunas conclusiones que se pueden obtener con respecto a las limitaciones reales o percibidas y/o deficiencias del presente modelo:

- Hay una aparente escasez de datos confiables con respecto al desempeño de las perforaciones existentes y a los cambios en su desempeño con el tiempo (es decir, faltan datos de niveles de agua en el tiempo y, en algunos casos, falta información sobre tasas de extracción).
- Existen limitaciones con respecto al modelo presente debido a la falta de límites laterales naturales en el agua subterránea dentro o cerca del área de estudio, por lo que se necesita la creación de límites de carga fija en dos lados del modelo.
- Hay cierta falta de datos confiables acerca de los ensayos de descarga de las perforaciones en el área del Piloto, debido principalmente a problemas logísticos; sin embargo, un análisis de los datos recopilados como parte del estudio y de ensayos anteriores en dos perforaciones, combinados con los análisis de ensayos de recuperación previos en el área, permitieron realizar una estimación de la conductividad hidráulica regional con un grado razonable de confianza, lo que permitió la construcción de un modelo viable.

RECOMENDACIONES

5.1. Escasez de información: En este capítulo se esbozan las limitaciones y deficiencias de los datos encontradas durante esta modelación y se presentan algunas recomendaciones que podrían abordar estas deficiencias.

Datos de la carga piezométrica. Aunque existe evidencia con respecto a la existencia de datos históricos de la carga piezométrica, ha resultado difícil obtener dicha información en forma confiable. Esto se aplica tanto a los niveles de agua estáticos iniciales tomados cuando se perforaron los pozos, a los datos temporales que cubren el período de funcionamiento de los pozos o incluso a los niveles de agua actuales precisos dinámicos y estáticos. Se cree que, en gran parte, esto se debe a las dificultades para recopilar datos confiables de los pozos con cargas artesianas muy altas (de hasta 50 m sobre el terreno). Esto requiere la toma de lecturas de presión y su conversión a carga, lo cual según han mostrado otras experiencias, puede conducir a errores significativos. Se recomienda que se tomen medidas para asegurar que se lleven registros buenos para cada pozo profundo en el área del Piloto tanto para la carga de extracción como para la carga piezométrica. Más adelante se esbozan algunas sugerencias con respecto a la frecuencia y tipos de recopilación de datos.

Características del Acuífero. Estas constituyen una parte importante en cualquier modelo y el presente ejercicio ha demostrado que el modelo es sensible a variaciones en la conductividad hidráulica. Ante la ausencia de buenos ensayos de descarga fue necesario basarse en trabajos anteriores como fuente para estos datos, principalmente para los

ensayos de recuperación. A pesar de que estos datos tienen sus limitaciones, en el caso de este modelo proporcionaron una estimación de conductividad hidráulica que permitió la construcción de un modelo numérico viable. Sin embargo, los valores de conductividad hidráulica de los miembros inferiores del SAG y de las rocas Paleozoicas subyacentes dentro del área del Piloto son esencialmente el resultado de especulación. Se recomienda que se lleven a cabo investigaciones de campo, según se esboza más abajo en la sección 5.3., para obtener un mejor entendimiento de la incidencia y el movimiento del agua subterránea en las rocas Mesozoicas y las rocas Paleozoicas superiores.

Tasas de extracción. Aunque se contó con algunas tasas de flujo para la mayoría de los pozos, aparentemente no había registros de períodos largos que inspiraran confianza en su credibilidad. Esto no quiere decir que dichos datos no existan, al menos para algunos de los pozos, sino que no estaban en la base de datos que estuvo disponible para la modelación. Se deberían tomar medidas para asegurar que todos los propietarios de pozos termales en el área del Piloto mantengan buenos registros de extracción y que los datos se envíen regularmente a un organismo central.

Condiciones de bordes. Debido a la naturaleza hidrogeológica inusual del área de estudio fue necesario imponer lo que se podría describir como condiciones “artificiales” de borde para dos límites laterales del modelo. Sin embargo se logró una calibración razonable. Se recomienda que, en algún momento, se extienda el dominio del modelo a fin de permitir la inclusión de más condiciones naturales de límite. Esto se esboza más adelante en la sección 5.4.

Los métodos para abordar las deficiencias mencionadas anteriormente se explican en las siguientes secciones.

5.2. Recolección de información a partir de las instalaciones existentes: Puede ser que parte o toda esta información ya esté disponible, sin embargo sería conveniente que todos los balnearios recopilen y presenten la siguiente información:

Enviar mensualmente a un organismo central los registros diarios de extracción, incluyendo las horas de funcionamiento y tasas de descarga. Las cargas piezométricas se deberían determinar con exactitud al menos una vez por semana y, de ser posible, esta debería registrarse tanto cuando el pozo esté descargando como cuando esté detenido. Por ejemplo, si el pozo funciona durante 16 horas al día y luego se detiene durante 8 horas, se debería tomar una lectura de la presión justo antes de detener el pozo y otra justo antes de encenderlo nuevamente.

Cada instalación debería ser visitada por una persona calificada y se deberían revisar los procedimientos para confirmar que se está recopilando la información correcta.

Una vez al año, y dos de ser posible, se deberían apagar simultáneamente durante 48 horas todos los pozos termales que se encuentren en el área del Piloto, midiendo las

cargas piezométricas antes de ser apagados y nuevamente luego de transcurridas las 48 horas, justo antes de que se enciendan los pozos. Se entiende que el uso de los balnearios termales es de alguna manera estacional, siendo su uso máximo en los meses de invierno, por lo que las detenciones semestrales se podrían realizar al comenzar y al terminar la temporada baja. El cierre y la recopilación de datos se deberían realizar bajo la dirección de una persona calificada. Las pruebas adicionales del acuífero se deberían realizar durante los períodos de cierre y encendido y bajo la supervisión de una persona calificada. Esto podría realizarse mediante un aumento gradual hasta que todos los pozos hayan sido ensayados.

5.3. Nuevas investigaciones: Se deberá considerar la perforación de un pozo de experimentación con el propósito específico de recopilar datos científicos relacionados con el Sistema Acuífero Guaraní. Debido a los problemas relacionados con las cargas artesianas altas en el área del Piloto, se sugiere que la perforación se ubique en algún punto entre el área de recarga (es decir, el área Rivera-Tacuarembó) y el área Concordia-Salto. Con una cuidadosa selección, la perforación podrá ser ubicada en un área donde la carga piezométrica esté cerca del nivel del terreno y también podría estar en un área donde no hayan perforaciones profundas y donde hubiera, por lo tanto, escasez de información. De esta manera se podría llenar una brecha de información obvia.

La perforación se deberá realizar al menos hasta el fondo de la Formación Buena Vista, extrayendo testigos continuamente a través del SAG (incluyendo la Formación Buena Vista). Los testigos deberán ponerse a disposición de instituciones académicas para un registro geológico detallado y la perforación deberá ser sometida a una prueba de empacador para desarrollar un perfil de permeabilidad. Se deberán considerar los mejores métodos para obtener muestras de agua desde distintas profundidades y el mejor método para completar la perforación. Considerar, por ejemplo, la probabilidad de instalar muestreadores multi-niveles.

El costo de una perforación tal puede ser significativo, pero con planificación y asesoramientos apropiados, las ganancias en cuanto a conocimiento del SAG en el sector Sur serían enormes.

5.4. Modelación futura: Una de las deficiencias del presente modelo numérico de Concordia-Salto es el hecho de que no existen límites naturales dentro del dominio del mode-

lo. Se recomienda considerar la construcción de un modelo sub-regional que se extienda desde el área de recarga al Este hasta más allá del área Concordia-Salto en el Oeste. Un modelo así tendría el potencial de ser una simulación más realista del régimen de agua subterránea, particularmente si incluyera los datos recopilados a partir de la perforación experimental descrita anteriormente en la sección 5.3., y combinaría los hallazgos de las áreas del Piloto Concordia-Salto y Rivera-Santana do Livramento. Este modelo sub-regional se debería combinar con las tareas descritas en las secciones 5.2. y 5.3., con el fin de aprovechar los datos adicionales recopilados.

5.5. Desarrollo en etapas: Si se fueran a hacer perforaciones adicionales, entonces estas se deberían realizar únicamente dentro de un programa de desarrollo en etapas y durante un período de años. Luego de la construcción y activación de cada nueva perforación debería existir una moratoria en perforaciones hasta que se haya evaluado el alcance del impacto de esa perforación en las perforaciones existentes. Esto, por supuesto, presupone que se haya implementado realmente un sistema de monitoreo según se propone en la sección 5.2., y que sea capaz de detectar impactos.

CONSIDERACIONES SOBRE EL CAPÍTULO

Se debería incorporar una base de datos confiable con respecto al desempeño de las perforaciones existentes y a los cambios en su desempeño con el tiempo (es decir, faltan datos de niveles de agua en el tiempo y en algunos casos, falta información sobre tasas de extracción) para ello necesitamos también, la puesta en marcha del SISAG, como registro estable de esta base de datos.

Una de las deficiencias del presente modelo numérico de Concordia-Salto es el hecho de que no existen límites naturales dentro del dominio del modelo. Debemos atender a la recomendación de considerar la construcción de un modelo sub-regional que se extienda desde el área de recarga al Este, hasta más allá del área Concordia-Salto en el Oeste. Si se prevén perforaciones futuras, éstas se deberían realizar únicamente dentro de un programa de desarrollo por etapas y durante un período de años. Luego de la construcción y activación de cada nueva perforación debería existir una moratoria en perforaciones, hasta que se haya evaluado el alcance del impacto de esa perforación con respecto a las perforaciones existentes. Esto último, por supuesto, presupone que se haya implementado verdaderamente un sistema de monitoreo según se propone en la sección 4.2. y que sea capaz de detectar estos impactos.

CAPÍTULO 6

CARACTERÍSTICAS DE LAS TERMAS

6.1. Usos del recurso termal y su impacto ambiental

Presentado por el Dr. Horacio ASPREA - 2006

En principio, los impactos que pueden generar la extracción y/o el uso de estos recursos son acordes a esta secuencia:

1) Impactos en las zonas de recarga al acuífero por:

- Usos del suelo y contaminación por químicos (pesticidas)
- Infiltración de lixiviados tóxicos en la zona de recarga
- Construcción del pozo (Perforaciones a 1000 mts)
- Desconocimiento de las características geológicas atravesadas

2) Impactos producidos después de la extracción y/o uso del agua, por la eliminación posterior de la misma al sistema superficial, que se pueden RESUMIR considerando aquellas propiedades fisicoquímicas de los gases y sales disueltas a diversas temperaturas y concentraciones.

El impacto será acorde al efecto de su interacción con la BIOTA.

Los microorganismos y vegetales unicelulares están directamente expuestos a los cambios del medio externo: concentración de oxígeno, dióxido de carbono, sales, concentración de iones, hidrógeno, temperatura, calidad e intensidad de la luz.

En la cadena evolutiva, los seres vivos de organización más compleja también están sujetos a dichos cambios, pero se protegen con capas celulares o mediante un medio interno muy estable (sangre-savia).

Para entender los IMPACTOS a partir de los fenómenos generales que incorporan la temperatura y la concentración de sales, es interesante tener en consideración los sucesos en la BASE DE LAS CADENAS y REACCIONES CELULARES.

En especial las conclusiones se obtienen a través de los fenómenos bioquímicos de las células y los fisicoquímicos que se generan en el medio líquido e influyen en los procesos oxidativos o de excreción de CO₂.

El análisis y la evaluación de los diferentes lugares objeto de estudio desde el punto de vista del IMPACTO AMBIENTAL DE LOS VERTIDOS, incluirán:

- Los tipos de recursos naturales termales existentes; en especial su temperatura y salinidad
- La calidad y cantidad de los recursos (vertidos y Cuerpos Receptores) y;
- Los posibles usos posteriores de los mismos

Determinaciones in situ en una fuente termal en diferentes épocas. Parámetros Valores promedios (período 1994-99) (*) Agosto (**) Año2001		
PH	7.9	8.1
Temperatura (°C)	40.3	40.2
Conductividad (μ S/cm)	20849	29500
TDS (mg/L)	13344	14800

Tabla 30.

6.1.1. Impacto bacteriológico

Estudios experimentales acreditan que la contaminación aportada al agua de una piscina por una sola persona es, por término medio, unos diez millones de gérmenes totales, un millón de coliformes y cien mil coliformes fecales.

“Estos gérmenes provenientes principalmente de la orina son Escherichia coli, proteus, bacilo pió ciánico, estafilococos, etc. También se han detectado otras bacterias, saeromona hidrófila, pseudo mona aeruginosa, legionella, virus del tipo Echo, coxakie, parainfluenza, hongos blastomicetos, epidermophyton, mycobacterium, protozoos, etc.” *Josefina San Martín Bacaicoa, Catedrática de Hidrología Médica Universitaria.*

En los proyectos de aprovechamiento de recursos termales y dependiendo de las características, al menos dos efectos negativos en el ambiente pueden ser considerados como los de mayor impacto en ausencia de una infraestructura adecuada para su disposición. En primer lugar la contaminación química, ésta puede llegar a ser particularmente importante cuando se encuentra involucrado el manejo de grandes volúmenes de agua con importante contenido salino, y en segundo lugar la contaminación termal, consecuencia del vertido de aguas con temperaturas superiores a los valores de fondo en ecosistemas naturales preexistentes.

Para dimensionar el grado de influencia y el tipo de alteraciones que produce el vertido de los efluentes termales sobre el sistema, se realiza en primera instancia, una caracterización de cada uno de los componentes involucrados (sin interacción entre sí) en dicho sistema.

El contraste existente entre las aguas de un pozo termal A ELIMINAR y los cursos superficiales es casi siempre muy amplio, haciendo que el ingreso del fluido termal al sistema provoque perturbaciones modificando su estado natural.

Estas se reflejan tanto en variaciones de la temperatura como en las composiciones químicas de los puntos considerados extremos. El alejamiento de las condiciones naturales se da en diferentes grados a lo largo de los cursos influenciados, siendo dependientes de la:

- composición original de los fluidos que son objeto de mezcla,
- los caudales involucrados en los diferentes puntos,
- velocidad de circulación de las aguas, etc.

El vertido de aguas con temperaturas comprendidas entre 35 y 40 °C arrojados directamente hacia el cauce, constituye –dependiendo de los caudales involucrados–, una potencial causa de contaminación termal.

Este tipo de polución repercute principalmente sobre los organismos altamente sensibles a las variaciones de temperatura (cambios permanentes tan leves como un grado centígrado o incluso menores) y la dureza (causados por el intercambio iónico del Calcio y el Magnesio con el Sodio en suelos arcillosos), situación que como resultado final produce daños en la estructura del suelo.

6.1.2. Conclusiones

- Los fluidos termales de baja temperatura pueden acarrear consigo sales totalmente foráneas al ambiente actual de superficie, de tal manera que en el proceso de explotación, las perturbaciones ambientales que eventualmente puedan ocasionar *deben ser tenidas en cuenta*.

Una de las mayores dificultades en el tratamiento de las aguas termales son los efluentes salados, debido a la elevada salinidad.

Si bien existen diferentes metodologías y sistemas de evacuación (desalado previo a descarga en ríos y arroyos, reinyección, piletas de evaporación, sistemas de eliminación de sales, etc.) para este tipo de fluidos, su aplicación en algunos casos, resulta poco viable debido a la composición de las aguas, caudales a utilizar, clima, infraestructura del área, y especialmente los costos.

COEFICIENTE DE SOLUBILIDAD DEL CO ₂ COMO f (T) y (CL-)			
	Cloruros disueltos		
	0	16	20 Gr/Kg
TEMPERATURA en °C			
0	1,715	1,489	1,438
12	1,118	0,980	0,947
24	0,782	0,695	0,677

Tabla 31.

- La variación de las características naturales de los sistemas de drenaje se encuentran estrechamente vinculadas a los caudales a utilizar, siendo esto último función de la actividad y magnitud del proyecto a desarrollar.

6.2. Contenido de metales en agua del SAG

6.2.1. Arsénico

Actualmente el límite considerado aceptable para el agua potable es de 10 microgramos de arsénico/litro es decir 10 milésimas de miligramo/litro en aguas de bebida, estando su aplicación suspendida transitoriamente.

Hidrogeología del sistema acuífero termal

No.	IdPozo	Código Pozo	Nombre Pozo	Fecha Muestreo	As (ug/L)
1	7325	PP-U-0003-OSE	OSE-SALTO	17/08/2006	23,0
2	7203	PP-A-0002-Concordia 1	Termas Vertiente de la Concordia	08/09/2006	40,0
3	7214	PP-A-0013-Gualeguaychú 2	Termas de Gualeguaychú	06/09/2006	<10
4	7211	PP-A-0010 C. del Uruguay 1	Termas Aguas Claras	07/09/2006	<10
5	7205	PP-A-0004-Villa Elisa	Termas de Villa Elisa	07/09/2006	<10
6	8149	PP-A-0015	Villa Zorraquín -Termal	08/09/2006	40,0
7	7215	PP-A-0014-María Grande	Termas María Grande	14/09/2006	<10
8	7213	PP-A-0012-La Paz	Termas de La Paz	18/09/2006	<10
9	7349	PP-U-0028-Club Remeros Salto	Club Remeros -Termal	26/09/2006	26,0
10	7324	PP-U-0002-Daymán	Termas del Daymán	02/10/2006	31,0
11	7336	PP-U-0015-Fuente Nueva	Termas Fuente Nueva	02/10/2006	32,0

12	7335	PP-U-0014 Hotel H. Quiroga	Termas Hotel H. Quiroga	03/10/2006	35,0
13	7337	PP-U-0016-Termas San Nicanor	Termas de San Nicanor	03/10/2006	44,0
14	7202	PP-A-0001-Federación	Termas de Federación	05/10/2006	28,0
15	7212	PP-A-0011-Chajarí 1	Termas de Chajarí	05/10/2006	25,0
16	7348	PP-U-0027-Hotel Posada del S XIX	Termas Posada del Siglo XIX	09/10/2006	34,0
17	7204	PP-A-0003-Colón	Termas de Colón	10/10/2006	71,0
18	-	No existe en BDH	Termas de San José	17/10/2006	94,0
19	7334	PP-U-0013-Quebracho	Termas Guaviyú	18/10/2006	85,0
20	7338	PP-U-0017-Paso Ullestie	Paso Ullesti	18/10/2006	<10
21	7326	PP-U-0004-Almirón	Termas de Almirón	18/10/2006	<10
22	7323	PP-U-0001-Arapey	Termas de Arapey	19/10/2006	<10
23	7339	PP-U-0018-Granja Cornelius	ARTIGAS A410	24/10/2006	<10
24	7210	PP-A-0009-Basavilbaso	Basavilbaso-Termal	16/11/2006	<10
25	7213	PP-A-0012-La Paz	Termas de La Paz	06/06/2007	< 10

Tabla 32.

El Arsénico en el agua de bebida es un importante problema ambiental en amplias zonas de Argentina. Los valores máximos recomendados por la Organización Mundial de la Salud son de 0.010 mg/l. La Ley Provincial N° 11.220/1995 de la Provincia de Entre Ríos, obliga a todos los servicios de agua potable a suministrar agua de bebida con concentraciones de arsénico de 0.050 mg/l (Límite Recomendado) o menores, aunque las normas en vigencia admiten plazos para alcanzar condiciones normales de operación y el límite recomendado, período durante el cual debe el prestador cumplir con el “límite obligatorio” de 0.100 mg/l.

6.2.2. Metodología para el establecimiento de niveles guía de calidad de agua ambiente para recreación humana

Las aguas destinadas a uso recreacional pertenecen a cuerpos superficiales que se utilizan principalmente para baño y actividades deportivas.

El uso del agua con fines recreacionales puede revestir dos formas:

a) Con contacto directo o primario:

Este engloba a las actividades que involucran inmersión en agua con potencial ingestión de la misma. El contacto primario incluye, entre otras actividades, natación, ski acuático, buceo y surfing.

- b) Con contacto indirecto o secundario: este no involucra inmersión e incluye, entre otras actividades, remo, boating, wading, pesca, navegación, rafting y power boating.

Requerimientos generales para las aguas destinadas al uso recreativo

- Su calidad debe observar pautas microbiológicas y fisicoquímicas que no involucren riesgo para la salud de las personas expuestas
- Deben estar libres de organismos vectores de enfermedades que aporten riesgo para la salud de las personas antedichas
- Deben reunir condiciones que proveen a su calidad estética

6.2.3. Criterios

Con respecto a los parámetros biológicos:

Se realiza el análisis de criterios disponibles basados en relaciones cuantificables entre densidades de organismos con potencial deletéreo o de indicadores de los mismos y su incidencia sobre la salud de las personas expuestas a nivel recreacional.

Con respecto a los parámetros fisicoquímicos:

Se analizan criterios de toxicidad humana disponibles, aportados por estudios epidemiológicos e investigaciones experimentales, relacionados con las vías y tiempos de exposición inherentes al uso recreativo de las aguas.

Con respecto a los parámetros con significación estética:

Se consideran criterios disponibles de aceptabilidad vinculados a las variables estéticas de percepción organoléptica. Se analizan, asimismo, pautas de aceptabilidad de condiciones relacionadas con la preservación de formas de vida de valor estético típicas de los cuerpos de agua y su entorno.

6.3. Presencia de microalgas en pozos termales profundos del SAG

Preparado por: *María Alejandra Bustamante*. 31/10/07

6.3.1. Introducción

Debido a las características de estas aguas, como su temperatura y la concentración de oligoelementos y metales, han sido a su vez categorizadas como aguas mineromedicinales debido a que sus propiedades permitirían aliviar múltiples enfermedades y dolencias. Complementariamente el hallazgo de algas, en particular en las termas de la Vertiente

de Concordia (www.termasconcordia.com.ar); Secretaría de Turismo de la Provincia de Entre Ríos, Anexo 1) ha ampliado la expectativa de su utilización, siendo originalmente propuestas también su uso en cosmetología y dermocosmetología. Varias especies de algas han sido reportadas: *Spirulina* sp., *Oscillatoria sancta*, *Phormidium* sp., *Anabaena* sp, *Navicula* sp siendo la especie *Lyngbya vacuolifera* el alga predominante.

Las algas son organismos capaces de adaptarse a medios vitales muy diferentes y a su vez la alta temperatura y la acidez plantea un reto diferente. Varias especies se han hallado en las aguas de “fuentes o manantiales termales” en el mundo caracterizados por elevadas temperaturas. Los organismos conocidos que resisten esta condición son bacterias encontradas vivas que pueden soportar temperaturas de 90-91 °C en Yellowstone, 97-98 °C en Islandia y 99,5-100,8 °C en Nueva Zelanda. En Francia en Barèges (Altos Pirineos) las *Beggiatoa* están mezcladas con bacterias sulfurosas y soportan temperaturas de entre 80-85 °C (Margalef, 1983). Estos organismos son como un tipo de algas incoloras y conocidas desde tiempos muy antiguos, son flexibles y se deslizan a velocidad considerable, huyen de la luz, oxidan el HS₂ a azufre que depositan en forma de granitos intracelulares y forma un entramado en el sedimento.

Las aguas termales del Acuífero Guaraní, cuyo calor es debido al gradiente geotérmico natural de la tierra, se diferencian geológicamente de los manantiales ya que éstos tienen su origen en fuentes magmáticas o eruptivas presentando elevadas temperaturas por lo general mayores a 50 °C y caracterizadas por una alta mineralización. Estas aguas y vapores endógenos favorecen el desarrollo de fangos o barros, sosteniendo la supervivencia de diversos organismos vivos como algas productoras de sustancias biológicamente activas y bacterias liberadoras de minerales al medio.

El proyecto del SAG a través de su Componente I del Conocimiento, sustenta el desarrollo de actividades de inventario y monitoreo de los pozos para la caracterización del acuífero. La información obtenida hasta el momento registró la presencia de algas en algunos de los pozos termales profundos dentro del área del Piloto Concordia-Salto. Las aguas utilizadas por los complejos termales son extraídas desde grandes profundidades por lo cual, esta condición crearía otro reto para la adaptación y supervivencia de estos organismos.

Objetivo General

El presente trabajo tuvo como finalidad lograr una mayor comprensión sobre el tema de microalgas, su presencia en pozos profundos termales y su origen.

Objetivos Específicos y Temática Desarrollada

- a) Caracterización físico-química y biológica de los pozos termales monitoreados.
- b) Búsqueda bibliográfica de antecedentes y caracterización de los grupos de microalgas presentes en las termas de la Vertiente de Concordia, priorizando la capacidad

de adaptabilidad fisiológica a condiciones ambientales extremas como la oscuridad, la alta temperatura y la acidez.

- c) Categorización de los tipos de algas según su origen, propias del acuífero, o introducidas al ambiente termal por un aporte de agua o por contaminación de los pozos. Validación del uso de algas como bioindicadores.

6.3.2. Aspectos Generales sobre las Algas

El término “alga” deriva del latín, y fue aplicado desde un principio para denominar a los organismos más simples y pequeños compuestos de clorofila, habitantes tanto de las aguas dulces y marinas.

Aunque la mayoría de las algas dulces son microscópicas, de allí su denominación como “microalgas”, muchas clases son gregarias y pueden formar poblaciones super numerarias conocidas como floraciones algales, perceptibles a simple vista en lagos y embalses. Las microalgas son individuos que pueden ser unicelulares o pluricelulares y sus células funcionan independientemente realizando todas las funciones vitales. La alimentación en general es fotosintética es decir que los organismos contienen pigmentos como la clorofila que captura energía en forma de luz y la transforman en energía química almacenada en forma de ATP y NADPH₂ (adenina reducida). Una molécula de dióxido de carbono, dos de NADPH₂ y tres de ATP, rinden una molécula con tres carbonos llamada gliceraldehído 3-fosfato; dos de estas moléculas se combinan para formar el azúcar de seis carbonos “glucosa” necesaria para su alimentación. En el proceso se produce oxígeno disuelto que es liberado al medio.

Las algas pueden llegar a ser importantes constituyentes de la flora del agua y suelo y pueden existir incluso en situaciones tan extremas como la nieve, las arenas del desierto o en aguas termales con temperaturas superiores a los 80 °C. Sin embargo, su mayor desarrollo y diversidad se ha logrado en el mar.

Se las denominan frecuentemente en función de su pigmentación, como algas verdes, verdes azuladas, doradas, rojas y pueden desarrollarse en situaciones muy distintas: algunas viven flotando en las capas más superficiales de agua, son generalmente unicelulares y se les reconoce con el nombre general de algas planctónicas. Otro grupo vive adherido o depositado sobre rocas, piedras, sedimentos y se les conoce como algas bentónicas. Ambos grupos, planctónico y bentónico son los productores más importantes en el mar y la base de todas las cadenas tróficas allí existentes, sin embargo, sólo las algas bentónicas tienen importancia económica directa.

Las algas tienen una larga historia atestiguada por los estromatolitos (agregados pétreos favorecidos por las cianofíceas, algas litógenas y litolíticas) que hoy se siguen formando en condiciones apropiadas en aguas dulces, termales y marinas. Las formas primitivas de las cianofíceas filamentosas eran probablemente bentónicas y muchas de ellas han dejado restos desde el Precámbrico (primeros fósiles). A finales del Precámbrico aparecen las feofíceas, en el Cámbrico aparecen las carofíceas. El resto de las algas son más

recientes. El problema que se presenta con el registro fósil de algas es que sólo dejan fósiles las algas que precipitan carbonato cálcico.

Las algas verdes suman entre 6.000 y 7.000 especies. Se las conoce con el nombre de algas verdes o clorofíceas debido al intenso color que otorga la clorofila a y b. Se cuentan entre los organismos más antiguos, la primera alga verde aparece en el registro fósil hace más de 1.000 millones de años y se las considera predecesoras de las plantas verdes terrestres. Por lo general, todas estas especies se las pueden ver a lo largo de las orillas rocosas de los ríos, lagos y mares durante la bajamar.

En relación a las algas verde azuladas o cianofíceas, éstas pueden ocupar cualquier hábitat que les ofrezca iluminación y humedad suficiente, apareciendo por tanto en agua dulce y marina, en suelos húmedos y en la nieve. Existe un nuevo criterio de ubicarlas próximas a las bacterias, adquiriendo las algas la denominación de cianobacterias. Independientemente de que sean uni o pluricelulares se alimentan a través de su superficie tomando los elementos nutritivos del medio húmedo con el cual están en contacto. Se pone de manifiesto que estas algas son más resistentes a los factores extremos como el calor, la oscuridad, acidez, etc., que las clorofíceas y las diatomeas.

Algunas cianobacterias son muy dañinas para la salud humana. El crecimiento excesivo en lagos y embalses debido a una disponibilidad excesiva de nutrientes, le confieren al agua olores y sabores desagradables y su descomposición disminuye la concentración de oxígeno disuelto del agua. Algunas del género *Microcystis* (Fig 1) y *Anabaena* son productoras de toxinas y los procesos tradicionales de potabilización no eliminan satisfactoriamente las toxinas debido a su solubilidad, por lo que éstas muchas veces pasan a los sistemas de distribución originándose dos problemas diferentes en la calidad del agua destinada a bebida: uno, relacionado con los efectos neurotóxicos o hepatotóxicos de las toxinas como especie química, y otro a que debido a la reacción química con el cloro se generan trihalometanos de conocida acción cancerígena (Chorus y Bartram, 1999).

Los problemas biológicos de los ambientes acuáticos relacionados con la presencia de algas, la contaminación de los suministros de agua, los usos en investigación biomédica e industria cosmetológica constituyen algunos de los muchos aspectos de interés.

6.3.3. Área de Estudio

El área comprendida por el sistema Acuífero Guaraní se distribuye por país de la siguiente forma: 70% en Brasil, 19% en Argentina, 6% en Paraguay y 5% en Uruguay.

Este trabajo se llevó a cabo con la información obtenida por el Proyecto en las áreas comprendidas por el área del Piloto Concordia-Salto (RA-ROU), zona norte y sur de Concordia y Santa Catarina, Brasil (Fig 74).

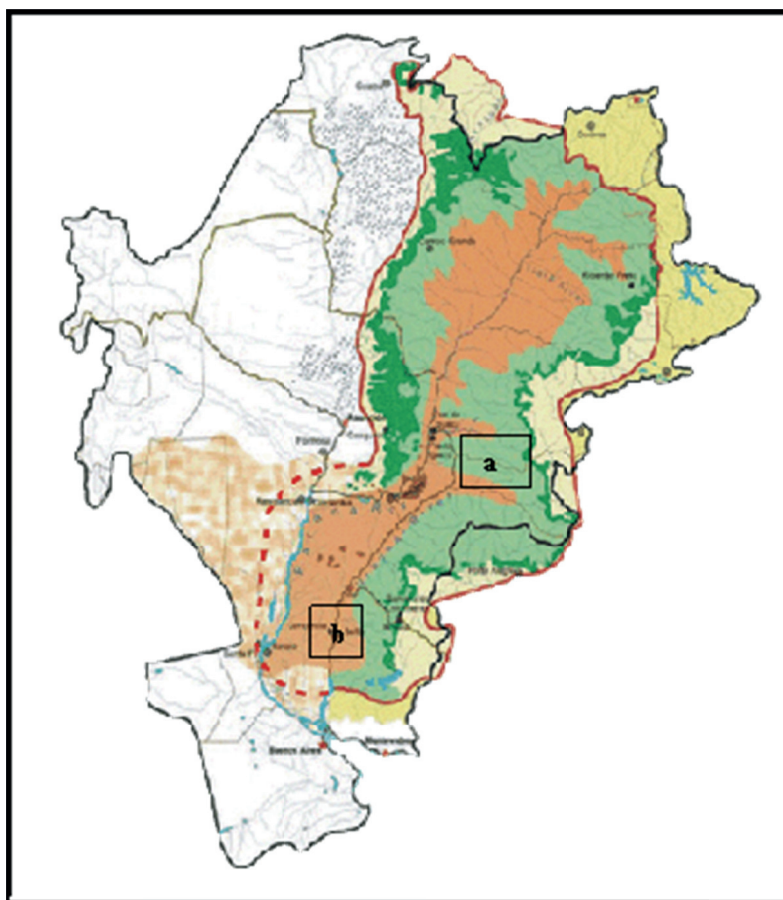


Fig 74. Área comprendida por el Sistema del Acuífero Guaraní y localización de la zona de los pozos termales muestreados en Santa Catarina, Brasil a) y pozos termales en Argentina y Uruguay b).

6.3.3.1. Metodología

Se analizaron los datos de algas obtenidos por PROINSA durante los muestreos de los pozos termales profundos, empresa asociada a Lavalin la cual lleva adelante los estudios técnicos de las zonas norte y sur del proyecto Acuífero Guaraní.

La información antecedente fue corroborada durante la pasantía por la ejecución de un segundo muestreo de todos los pozos de Argentina y Uruguay, solicitándose a la empresa la extracción de una segunda muestra en sólo 4 de los pozos termales de Brasil (*).

Detalle:

Argentina

- Termas Villa Elisa
- Termas Chajarí

- Termas de Federación
- Termas de la Vertiente de Concordia
- Termas de Villa Zorraquín
- Termas de Colón

Brasil

- Termas Treze Tillias
- Termas Piratuba
- Termas ITA - T
- Termas Ilha Redonda
- Termas Aguas de Prata*
- Termas Aguas de Chapeco*
- Termas Sao Joao d'Oeste*
- Termas de Irai*

Uruguay

- Termas de Daymán
- Termas de Arapey
- Hotel Quiroga
- Club Remeros de Salto

El muestreo de PROINSA se efectuó en boca de pozo utilizándose una botella de 1 litro lavada varias veces con agua del pozo, llenado después de un espacio de 15 minutos y preservadas en refrigerador portátil hasta su entrega en laboratorio* para su procesamiento.

Complementariamente, las actividades comprendieron varios sitios dentro del predio termal entre ellos pozos someros, piletas y efluentes y el recurso hídrico superficial más próximo. Entre los parámetros se registraron variables físico-químicas y microbiológicas y en particular para el caso de las algas, se realizó la cuantificación e identificación hasta el nivel de género.

Las muestras del segundo muestreo fueron tomadas en envases de mayor capacidad: 5 litros y procesadas en laboratorio de la Universidad Nacional de Entre Ríos¹.

Resultados

En los pozos de Brasil no se registraron algas en ninguno de los dos muestreos.

* Laboratorio habilitado por SE.NA.SA del Área de Biotecnología – Facultad de Ingeniería Química – Universidad del Litoral. Santa Fe, Argentina.

¹ Laboratorio de la Facultad de Alimentos - Universidad de Entre Ríos. Concordia, Argentina.

En Concordia y Uruguay se hallaron algas sólo durante el primer muestreo de los pozos de las Termas de la Vertiente de la Concordia, Termas de Daymán y Club Remeros de Salto (27 marzo 2007, Fig 75).

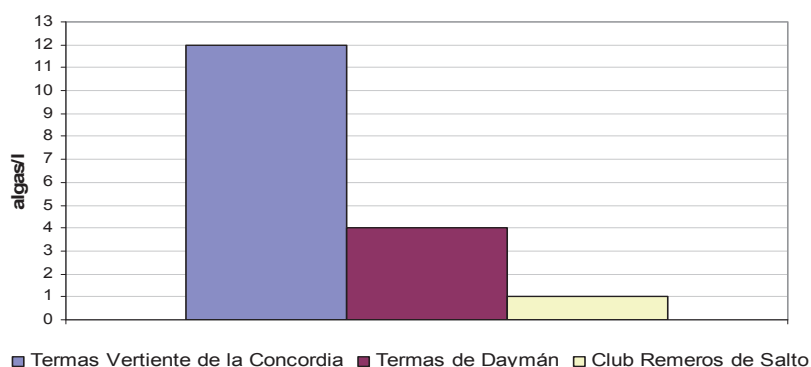


Fig 75. Concentración total de algas halladas en pozos profundos de los Complejos Termales de Argentina y Uruguay.

No obstante de ser baja la cantidad de algas, se registra en los pozos de la Vertiente de la Concordia un individuo de *Anabaena* sp del grupo de algas tóxicas y llama la atención la ocurrencia de una misma asociación de algas en Terma de Concordia y Daymán: *Oscillatoria* sp, *Navícula* sp y *Chlorella* sp (Fig 76). En el complejo del Club Remeros, el alga detectada es también *Oscillatoria* sp.

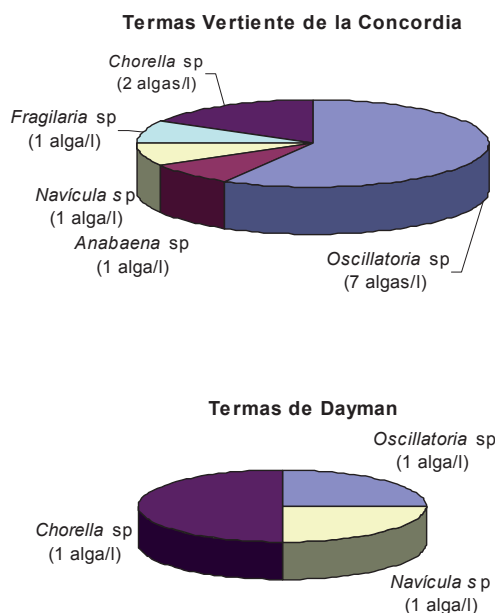


Fig 76. Composición relativa de algas reportada para los pozos termales profundos.

Coincidentemente en la misma fecha de muestreo, se registró en el pozo somero de las Termas de Daymán, algas de los mismos géneros: *Oscillatoria* y *Chlorella* a las cuales se le sumó *Cladophora* sp, presente en el curso superficial próximo (río Daymán).

6.3.3.2 Características de las algas identificadas

Las algas del género *Oscillatoria* son cianofíceas, de filamentos tenues que pueden vivir hasta cierta profundidad en ambiente oligoaerobios, precisamente al nivel donde la concentración de oxígeno decae rápidamente. Este es un organismo muy primitivo autótrofo relacionado más, desde un punto de vista filogenético, con las bacterias que con las algas más avanzadas. Es un tipo de bacteria fotosintética de color verde azulado, de agua dulce, con un cloroplasto grande en forma de tirabuzón, sin vaina mucilaginosa marcada y puede deslizarse por el sustrato en forma oscilatoria, de ahí su nombre. El movimiento de las cianofíceas es una adaptación a la vida bentónica, mantiene a los filamentos encima de un sustrato que podría sepultarlos. Los filamentos, trepando unos sobre otros, pueden extenderse por el agua de charcos y zanjas hasta alcanzar la superficie. El grupo es muy abundante en lugares húmedos y sombríos con aporte casi continuo de agua dulce, se los encuentra también sobre rocas con fango o rocas con arena y en aguas quietas (Fig 77).



Fig 77. Aspecto general de individuos del género *Oscillatoria*.

El género *Navícula* es una diatomea las cuales como grupo constituyen una parte importante del fitoplancton lacustre dominando exclusivamente la forma celular. Sus membranas están impregnadas de sílice mostrando detalles de poros y grabaduras siendo el contenido de este mineral muy variable. La condensación de sílice no es un simple proceso físico-químico, sino celular, enzimático muy sensible a la temperatura. Las diatomeas constituyen un grupo relativamente reciente, francamente Cenozoico, que alcanza su auge en el Mioceno y en general son fototrópicas (Fig 78).

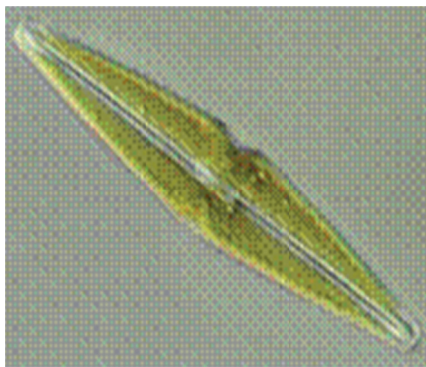


Fig 78. Aspecto de un individuo del género *Navícula*.

El género *Chlorella*, es un alga de un tamaño aproximado al de un corpúsculo rojo de la sangre, fue descubierta en 1890 por M. W. Beijernick, un sabio holandés especialista en microbiología que la estudió examinando el agua de una laguna valiéndose de un microscopio. Su fascinación por el color verde oscuro de la laguna lo llevó al descubrimiento de la *Chlorella*, alga rica en pigmentos verdes de clorofila. Aunque de apariencia muy sencilla, cada célula es un individuo completo provisto de una estructura bien definida.

Su nombre se deriva de la voz griega chlorós, que significa “verde amarilloso”, sumado a la terminación latina de diminutivo ella. Un individuo tiene un diámetro de sólo 5 micrones, pero es un organismo unicelular bien definido, con un núcleo y todo un complemento de sustancias nutritivas. Existen elementos naturales que limitan su proliferación, para reproducirse necesita una gran cantidad de luz solar, y cuando la producción se vuelve excesiva para el espacio disponible, su capacidad reproductora disminuye automáticamente (BAHAMONDE Y CABRERA, 1983) (Fig 79).

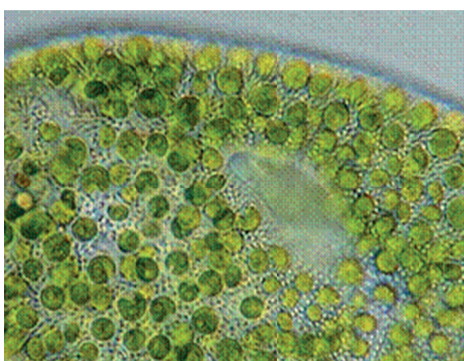


Fig 79. Aspecto general de una población de algas *Chlorella*.

Los resultados del Proyecto SAG muestran que las aguas termales de los pozos de Argentina y Uruguay se diferencian en cuanto a su temperatura y composición química, (Tabla 1). Las aguas son alcalinas con bicarbonato o sulfato y cloruro como aniones predominantes. Desde el punto de vista de las propiedades del agua, éstas no son condiciones limitantes para el desarrollo algal. Se puede observar en las estructuras externas

de los pozos (Fig 80) como en los canales de los efluentes de las piletas termales, que el tipo y la calidad del agua subterránea permite el desarrollo biológico en general caracterizado por algas cianofíceas, diatomeas y clorofíceas (Fig 81), totalizando en promedio en los efluentes entre 1600-1800 algas/l.

Complejo termal	Nro Identif.	Profundidad (m)	Encamisado (m)	Temp (°C)	pH	Conductividad (μS/cm)
Termas del Daymán	PP-U-0002-Daymán	2.206	0-900	45	8.4	766-773
Club Remeros	PP-U-0028-Club Remeros	1.326	1070	45	8.3	750
Hotel H. Quiroga	PP-U-0014-H. H. Quiroga	1.245	0-200 650-1.245	44	7.92-8.09	885-890
Termas de Arapey	PP-U-0001-Arapey	1.480	parcial	37	8.35	610
Vertiente de la Concordia	PP-A-0002-Concordia 1	1.179	0-47	40-43	8.1-8.2	635-657
Villa Zorraquín	PP-A-0015	1.142	0-95	45-43	8.06-8.14	595-676
Termas de Colón	PP-A-0003-Colón	1.502	0-228	28	8.85	1.487
Termas de Chajarí	PP-A-0011-Chajarí 1	811	No	39	8.13	773
Termas de Villa Elisa	PP-A-0004-Villa Elisa	1.036	parcial	41.8	7.8	27.100
Termas de Federación	PP-A-0001-Federación	1.260	0-150 750-1.260	41.15	8.1	1.051

Tabla 33. Características de los pozos termales profundos muestreados en el proyecto SAG.



Fig 80. Presencia de algas en las estructuras externas de los pozos termales evidenciadas por el color verde marrón de las superficies.



Fig 81. Presencia de algas en los efluentes de las piletas de complejos termales.

6.3.3.3. Conclusiones y Recomendaciones: Del análisis realizado Surgen las siguientes conclusiones y comentarios:

- Se presenta una discrepancia con respecto a los resultados de los dos muestreos realizados en los pozos termales de Argentina y Uruguay. Solamente se hallaron microalgas en el monitoreo antecedente, con una mayor concentración en el pozo Termal de la Vertiente de la Concordia.
- La densidad algal determinada en las muestras de agua es baja si se la compara con la de los ambientes húmedos en los cuales éstas se desarrollan habitualmente y resulta muy inferior a la altísima densidad de algas reportada anteriormente para la Terma de la Vertiente de la Concordia (Secretaría de Turismo, Provincia de Entre Ríos), con un valor promedio de cianobacterias en el orden de los 51.870.000 algas/l y de diatomeas en el orden de los 650.000 algas/l. Tal concentración tendría que otorgarle al recurso un color verde amarillado, gran turbidez y densidad, cantidad que a su vez también hubiera afectado y bajado el rendimiento actual de las piletas de recreación termal.
- De las especies citadas en esa oportunidad, tres de los géneros se reportan nuevamente en los resultados del primer muestreo: *Oscillatoria*, *Anabaena* y *Navícula*.
- Complementariamente en los resultados, la presencia del alga *Chlorella* en las muestras de agua, descarta la posibilidad de que la composición algal determinada sea propia del Acuífero Termal. Se sugiere al respecto la posibilidad de contaminación del agua debido a que el género *Chlorella* necesita de suficiente luz para reproducirse y sobrevivir siendo su hábitat natural los ambientes superficiales. Se concluye en el presente trabajo que este género puede ser usado como bioindicador de la calidad del agua.
- La contaminación es entendida como todo aporte de agua proveniente de otra fuente. Los dos pozos en los cuales aparecen microalgas presentan diferencias en lo que respecta a su condición de aislamiento. La perforación de la Vertiente de la Concordia no está encamisada quedando sujeta a dudas la posibilidad de interferencia con aguas subterráneas someras.
- Otro punto sujeto a discusión se presenta con el estado del material de trabajo y los procedimientos utilizados tanto en el muestreo como en el laboratorio de análisis. Las algas son organismos con gran capacidad de diseminación de un ambiente a otro, y frecuentemente contaminan los materiales de trabajo en campo y elementos varios de laboratorio, equipo de filtrado, agua destilada, etc., si no se toman todas las precauciones necesarias tanto en el muestreo como en la manipulación de las muestras.

Al respecto las Especificaciones Técnicas del Protocolo Base utilizado en el Proyecto definen como objetivo general lograr el conocimiento de las características hidroquímicas a través de la identificación de las características químicas, físicas, físico-químicas y biológicas. El protocolo analítico contempla el muestreo de las algas, necesario para el conocimiento general en términos de calidad de agua y contaminación recomendando

su filtración en campo y laboratorio. Asimismo no se realizan mayores especificaciones con respecto al procedimiento de muestreo y las técnicas para la cuantificación e identificación de estos organismos.

Recomendaciones Generales

- 1- Investigar con mayor profundidad los aspectos de calidad biológica y contaminación del agua y la posible interferencia entre pozos profundos y someros en las áreas comprendidas por los Complejos Termales, debido a la importancia que el aspecto termal del agua subterránea reviste para la sociedad.
- 2- Incorporar la variable “algas” en el programa de monitoreo de los pozos prestando atención en la frecuencia de muestreo y en la identificación de los grupos hasta el nivel de especie.
- 3- Mejorar en las especificaciones técnicas del Protocolo Base el procedimiento de muestreo de las aguas subterráneas en lo que se refiere a las algas y los controles de calidad del laboratorio, necesarios para su cuantificación e identificación.

A continuación se propone un protocolo específico con el objetivo de compendiar y clarificar los aspectos operacionales relacionados con este tipo de muestreo.

Propuesta de Protocolo de Muestreo e Identificación de especies

- El muestreo de las microalgas en los pozos de agua debe ser realizado con una frecuencia estacional durante el otoño e invierno y con una frecuencia bimensual durante el período primavera-verano debido fundamentalmente a dos razones: es el período en el cual se espera el mayor crecimiento de algas y es el de mayor afluencia turística.
- Para el muestreo se recomienda la utilización de recipientes de 5 litros de capacidad o mayor debido a la baja densidad algal que caracteriza estas aguas, volumen sugerido por GEMS (1992) para el muestreo de aguas transparentes. Los mismos deben ser adecuadamente condicionados en laboratorio previamente a su utilización mediante el lavado con ácido clorhídrico y enjuague con agua destilada (APHA, 1998). Este procedimiento debe ser repetido al menos tres veces.
- En campo se sugiere la limpieza con agua destilada de todas las partes de la estructura del pozo y de los materiales anexos como mangueras o muestreadores requeridos para la toma de muestra. Para evitar fuentes de error, los recipientes elegidos para la conservación de la muestra serán utilizados una sola vez, y ante cualquier error en alguna de las etapas de manipuleo o llenado se procederá con su descarte.
- La toma de muestra y el llenado se realizará con recipientes previamente enjuagados con el agua de pozo, repitiendo este proceso por lo menos tres veces. El transporte de los mismos se realizará en conservadora, protegiendo las muestras fuera del alcance de la luz.

- En todas las etapas del muestreo se establecerá una cadena de Custodia de Muestras.
- Se sugiere el empleo de Claves Taxonómicas para la Identificación de algas a nivel de especie por parte de los laboratorios de análisis.

Examinando las conclusiones y recomendaciones sobre efluentes termales y contaminación del recurso, hechas por estos dos expertos: tanto el Dr. Horacio Asprea como la Lic. María Alejandra Bustamante se debería prestar atención a TRES aspectos importantes: Las condiciones de perforación y construcción del pozo termal para evitar todo tipo de contaminación recíproca, tanto química como microbiológica (por Arsénico o algas) como sucede en el caso de Vertiente de la Concordia “que no está encamisada, quedando sujeta a dudas, la posibilidad de interferencia con aguas subterráneas someras”.

El otro aspecto se refiere a la periodicidad y calidad del muestreo siguiendo los protocolos del mismo e Incorporar la variable “algas” en el programa de monitoreo de los pozos. “El muestreo de las microalgas en los pozos de agua debe ser realizado con una frecuencia estacional durante el otoño e invierno y con una frecuencia bimensual durante el período primavera-verano debido fundamentalmente a dos razones: es el período en el cual se espera el mayor crecimiento de algas y es el de mayor afluencia turística”.

CONSIDERACIONES SOBRE EL CAPÍTULO

Las conclusiones de los propios autores hechas en cada uno de los estudios en los puntos 6.2. y 6.3. son lo suficientemente precisas y relevantes como para extraerlas tal como ellos las expresaron:

“El origen del arsénico en el caso del SAG, tiene que ver con los estratos de basalto que atraviesan las perforaciones, que no son entubadas como lo exigen las normas de perforación recomendadas por los expertos del PSAG”.

“El límite considerado aceptable para el agua potable es de 50 microgramos de arsénico /litro es decir 50 milésimas de miligramo/litro en aguas de bebida”.

“El último aspecto a tener en cuenta es el de la salinidad y las altas temperaturas, con que son vertidas las aguas termales advirtiéndose en primer lugar la contaminación química, ésta puede llegar a ser particularmente importante cuando se encuentra involucrado el manejo de grandes volúmenes de agua con importante contenido salino, y en segundo lugar la contaminación termal, consecuencia del vertido de aguas con temperaturas superiores a los valores de fondo en ecosistemas naturales preexistentes.

Estudios experimentales acreditan que la contaminación aportada al agua de una piscina por una sola persona es, por término medio, unos diez millones de gérmenes totales, un millón de coliformes y cien mil coliformes fecales”.

CAPÍTULO 7

ESTUDIO TÉCNICO SOCIO-ECONÓMICO

7.1. Introducción

7.1.1. Concordia-Salto. Entorno físico



Fig 82.

El área del Piloto Concordia-Salto se encuentra cerca al extremo sur del Sistema Acuífero Guaraní, como se observa en la Fig 82. El río Uruguay tiene una anchura de entre 500 y 700, y es la frontera internacional que separa las ciudades de Concordia al Oeste y Salto en Uruguay al Este. El área del Piloto abarca una superficie total de 500 km², de los cuales aproximadamente 315 km² pertenecen a Uruguay, y los restantes 160 km² se encuentran en Argentina.

Concordia se encuentra dentro de la Provincia de Entre Ríos y el Departamento de Concordia. En el año 2001, contaba con aproximadamente 157.291 habitantes, siendo la segunda ciudad más poblada en la cuenca del río Uruguay, luego de Paraná sobre el río Paraná. Dentro del Distrito de Concordia hay algunas poblaciones periféricas aisladas del centro de la ciudad, como: Villa Zorraquín, Osvaldo Magnasco, Villa Adela, Benito Legerén, Las Tejas, El Martillo y Cambá Paso. Durante la construcción de la represa Salto Grande se construyó la ciudad satélite de La Bianca, la cual es ahora un centro muy poblado.

La ciudad de Salto es la capital del Departamento de Salto y la segunda ciudad más grande de Uruguay, con una población de alrededor de 99.072 habitantes, según cifras del censo Nacional del 2004. Las ciudades de Concordia y Salto están conectadas por un puente sobre el río Uruguay.

Las piscinas termales son una de las atracciones turísticas localizadas cerca de las ciudades. El agua de las piscinas se mantiene a una temperatura de 38 °C (100 °Fahrenheit) durante el año.

7.1.2. Topografía y fisiografía

Las principales características del área del Piloto Concordia-Salto son el río Uruguay y la represa y reservorio de Salto Grande, localizada a unos 18 km al norte del centro urbano. La represa de Salto Grande sirve como fuente de generación de energía eléctrica por medio de la Central Hidroeléctrica Binacional de Salto Grande. La imagen satelital en la Fig 83 muestra las principales características fisiográficas del área del Piloto. El mapa base en la Fig 2 (Mapa 1) muestra las principales características topográficas del área.

El área del Piloto se ubica dentro de la cuenca del Plata. Dentro de la ciudad de Concordia, las corrientes superficiales menores que fluyen directamente hacia el río Uruguay incluyen el arroyo Yuquerí Grande, arroyo Ayuí Grande y el arroyo Yeruá.

Dentro del área de Salto el arroyo Ceibal y el arroyo San Antonio Grande fluyen también directamente hacia el río Uruguay. La parte baja del río Daymán, lo mismo que uno de sus tributarios, el arroyo Ceibal Grande, también deberían incluirse dentro de los límites del área del Piloto.

Con respecto al relieve topográfico, el área de Concordia se encuentra en el extremo norte de la cuenca Lomada Grande que se extiende de Norte a Sur. La altitud de la ciudad de Concordia varía desde menos de 10 m sobre el nivel del mar (msnm) a unos 40 msnm.

Salto se encuentra ubicada principalmente en las terrazas fluviales de los depósitos Plioceno Salto, a una altura que varía entre menos de 10 a 50 msnm. La topografía es ondulante suave. La cuchilla de Haedo se encuentra a aproximadamente 120 km al este de Salto y tiene alturas de casi 400 msnm.



Fig 83. Imagen satelital del área del Piloto Concordia-Salto. Fuente: Google Earth.

7.1.3. Clima

La descripción del clima se basa en el informe preparado para la evaluación del uso del suelo del proyecto “Análisis Técnico Socio-Económico de Concordia-Salto (SNC Lavalin, 2008)”. De acuerdo con las series estadísticas del último período normal de observaciones (1961-1990), medidas en la Estación Meteorológica de Salto 1, y teniendo en cuenta la clasificación del clima de W. Köppen publicada en 1936 (Strahler y Strahler, 2000), el área del Piloto Concordia-Salto tiene un clima tipo CFA, lo que significa que es un clima cálido (con una temperatura promedio de $<18^{\circ}$ en el mes más frío), sin estaciones secas (con una precipitación promedio >60 mm en el mes más seco) y con una temperatura promedio superior a 22°C en el mes más caliente.

7.1.4. Uso del agua subterránea del SAG

Dentro del área del Piloto Concordia-Salto el agua subterránea del SAG se usa principalmente con fines de suministrar agua caliente a los centros vacacionales termales que se han desarrollado recientemente en el área. Dentro del área del Piloto Concordia-Salto el SAG se encuentra a una considerable profundidad, y como resultado de los gradientes geotérmicos el agua subterránea extraída alcanza temperaturas de hasta 47°C o más. Estas aguas termales son las que han ocasionado el desarrollo de balnearios termales en las ciudades de Salto y Concordia.

El Análisis Técnico Socio-Económico del área del Piloto Concordia-Salto realizado por SNC-Lavalin (2008), que se presenta en un informe aparte (en esta compilación 2.3.2.), expone una discusión completa de los tipos de usos del suelo; el marco legal e institucional; el ambiente socio-económico (demografía, actividad económica e industrial, y servicios municipales); los actores involucrados con la gestión del agua y el consumo de agua.

Estos aspectos fundamentales son analizados para cumplir los objetivos de identificación de usos actuales, definición de disponibilidad del recurso hídrico subterráneo y áreas potenciales de explotación futura en un marco sostenible para beneficio de ambos países.

7.2. Descripción del área del Piloto

Desde el punto de vista político-administrativo, el área de estudio comprende parte del territorio de Argentina y Uruguay. El área del Piloto se localiza dentro de la Provincia de Entre Ríos, en Argentina y el Departamento de Salto, en Uruguay. En el caso de Argentina, una segunda división político-administrativa, permite ubicar su porción del área del Piloto dentro del Departamento de Concordia (Incluso, una tercera subdivisión en Argentina permitiría ubicar al área del Piloto dentro del Municipio de Concordia). Se aclara que el Departamento de Concordia se encuentra subdividido en 5 municipios: el mencionado Concordia, Los Charrúas, La Criolla, Colonia Ayuí y Puerto Yerú (INDEC, 2007).

7.2.1. Marco Legal e Institucional

7.2.2. República Argentina

La Constitución Nacional de la República Argentina distribuye las competencias entre el Estado nacional y las provincias, pero igualmente establece que a las provincias le corresponde el dominio de los recursos naturales existentes en su territorio. Por esta razón, para conocer la legislación hídrica argentina, además de las normas sancionadas por el Congreso de la Nación se debe tener en cuenta la normativa emanada por cada provincia.

Por su parte, el Código Civil argentino establece (artículos 2340 y 2341) cuales bienes pertenecen al dominio público y cual es su régimen de aprovechamiento. El artículo 2340 establece que entre los bienes públicos se encuentran “los ríos, sus cauces, las demás aguas que corren por cauces naturales y toda otra agua que tenga o adquiera la aptitud de satisfacer usos de interés general, comprendiéndose las aguas subterráneas, sin perjuicio del ejercicio regular del derecho del propietario del fundo de extraer las aguas subterráneas en la medida de su interés y con sujeción a la reglamentación”. El artículo 2341 establece que: “las personas particulares tienen el uso y goce de los bienes públicos del Estado o de los Estados, pero estarán sujetas a las disposiciones del Código Civil y a las ordenanzas generales o locales.”

7.2.3. República Oriental del Uruguay

En 1978, el gobierno del Uruguay creó, por medio del Decreto-Ley 14.859, un plan de gestión para reglamentar el uso de las aguas subterráneas del acuífero, lo que fue promovido por la Dirección Nacional de Hidrografía (DNH) del Ministerio de Transporte y Obras Públicas (MTOP). A fines de lograr su implementación, el 26 de julio de 2000 aprobó el Decreto 214-00 “Plan de Gestión del Acuífero Infra-basáltico Guaraní en Territorio de la Republica Oriental del Uruguay”, el cual establece, entre otros aspectos, lo siguiente:

- La depresión máxima del nivel dinámico será menor o igual a 150 m, a partir de la superficie piezométrica inicial del pozo;
- El caudal instantáneo máximo será menor o igual a 150 m³/h pudiéndose, en circunstancias debidamente fundadas en el interés público, acceder a la extracción de un caudal mayor;
- Las perforaciones estarán situadas a distancias mayores a 2000 m de otras perforaciones debidamente inscriptas en el Registro Público de Aguas, con excepción de los casos previstos en el Art. 12 Capítulo II, del presente Plan; y
- El régimen de extracción diario de cada perforación será no mayor a 16 horas permitiéndose, en casos debidamente justificados mediante la presentación de un plan de explotación, acceder a un número mayor de horas diarias.

El decreto enuncia también que “el Permiso de Extracción y Uso comprende exclusivamente al derecho a un caudal instantáneo y a un volumen anual, no estando comprendido dentro del mismo y en consecuencia, no teniendo derecho el pre-emisario a exigir a la Dirección Nacional de Hidrografía, el mantenimiento y las propiedades físico-químicas del agua extraída”. Asimismo, este decreto establece que los Permisos de Extracción y Uso de agua subterránea tendrán un plazo de vigencia máxima de 10 años.

7.3. Aspectos Técnicos

7.3.1. Usos del suelo

Los tipos de uso de suelo y las diferentes coberturas tienen una estrecha relación con la cantidad y el tipo de uso del agua en la región.

En el área del Piloto Rivera-Santana do Livramento se identifican las siguientes categorías: Infraestructura de transporte y energética; Hidrografía; y Usos de suelo, como lo muestra el mapa de Usos del Suelo del área del Piloto que se presenta en la Fig 84.

7.3.2. Usos del agua

Los usos específicos del agua en esta área del Piloto corresponden al sector turístico, se mencionan los aspectos relacionados con la salud y con el sector económico.

Dentro del sector turístico, el análisis comprende empresas vinculadas al Turismo Termal (Hotel Quiroga, Posada del Siglo XIX, Kanarek, Termas del Daymán en Uruguay, y Vertiente de la Concordia en Argentina), así como a asociaciones comerciales y turísticas (Asociación de Comerciantes de Concordia, Coordinadora del Proyecto de Desarrollo del Cluster Turístico de Salto, Club Remeros y Oficina de Turismo de la Municipalidad de Concordia).

Para los usos relacionados con la salud, en la actualidad el uso del agua termal para el tratamiento de ciertas patologías ha ido ganando terreno. Si bien en los dos países dichas prácticas no están reconocidas por los Ministerios de Salud Pública, según los entrevistados, muchas personas han optado por este tipo de prácticas para el tratamiento de determinadas patologías.

7.4. Aspectos socio-económicos

Los temas que se discuten son: demografía, salud y bienestar social, educación y analfabetismo, servicios municipales, y la actividad económica.

Con base en las estadísticas oficiales de los dos últimos relevamientos de población realizados por el INE (Uruguay, en 1996 y 2004) y el INDEC (Argentina, en 1991 y 2001), el área del Piloto Concordia-Salto ha evolucionado demográficamente, como se muestra en las Tablas 34 y 35.

Para el caso del INDEC, los dos últimos relevamientos realizados en los años 1991 y 2001, corresponden a censos de población; mientras que en el caso del INE, de los dos últimos relevamientos realizados, el de 1996 corresponde a un censo de población, en tanto, que el del 2004 corresponde a un pre-censo de población.

Censo	Población total	Tasa anual media de crecimiento intercensal (por mil)
1996	117.278	6,0
2004	123.120	

Tabla 34. Población en los censos de 1996 y 2004 y tasa anual media de crecimiento del Departamento de Salto.

Departamento de Salto				Población. Año 2006	
Población	Hombres	Mujeres	Viviendas	Total	
123.120	60.446	62.674	37.559	Hombres	126.185
100 %	49.1 %	50.9 %		Mujeres	61.971
				Área Urbana	64.214
				Área Rural	114.796
					11.389

Tabla 35. Variación de población de las unidades espaciales de Salto. Fuente: elaborado por SNC-Lavalin a partir de información del INE (Según último censo).

Durante el período (1991-2004), según los censos oficiales de los respectivos países, la población del área del Piloto Concordia-Salto, considerada en conjunto, crece un 11,5%. Al analizar por separado la variación de población de los dos países, vemos que el Municipio de Concordia en Argentina creció un 15,8 % en el transcurso de 10 años; mientras que el Municipio de Salto en Uruguay, el crecimiento de las distintas áreas, tanto urbanas como rurales, incluidas dentro del área del Piloto es de 6,4 % en el transcurso de 8 años. La cobertura de salud dentro del área del Piloto es baja. La población que posee algún tipo de cobertura de salud en el área del Piloto es aproximadamente el 60 %, a nivel provincial urbano. En algunos sectores del área del Piloto, este indicador no llega al 45 % o se desconoce.

Población por sexo y grupos quinquenales de edad, para Entre Ríos
Provincia de Entre Ríos

Edad	2001			2005		
	Ambos sexos	Varones	Mujeres	Ambos sexos	Varones	Mujeres
Total	1.173.533	579.180	594.353	1.217.212	599.089	618.123
0-4	115.363	58.786	56.577	110.873	56.179	54.694
5-9	115.134	58.767	56.367	112.938	57.416	55.522
10-14	112.978	57.359	55.619	112.281	57.064	55.217
15-19	106.933	54.305	52.628	110.148	55.793	54.355
20-24	100.028	50.701	49.327	101.500	51.488	50.012
25-29	85.228	43.231	41.997	94.779	47.989	46.790
30-34	74.380	37.398	36.982	80.886	40.923	39.963
35-39	72.542	36.592	35.950	73.544	37.014	36.530
40-44	67.351	32.910	34.441	71.876	36.044	35.832
45-49	64.116	31.868	32.248	68.207	32.134	34.073
50-54	56.979	28.337	28.642	62.310	30.785	31.525
55-59	49.180	24.314	24.866	54.029	26.436	27.593
60-64	42.882	20.325	22.557	45.877	22.018	23.859
65-69	36.616	16.282	20.334	38.940	17.577	21.363
70-74	30.576	12.737	17.839	31.945	13.237	18.708
75-79	21.568	8.113	13.455	24.236	9.118	15.118
80 y más	21.679	7.155	14.524	24.843	7.874	16.969

Edad	2010			2015		
	Ambos sexos	Varones	Mujeres	Ambos sexos	Varones	Mujeres
Total	1.282.014	631.042	650.972	1.345.355	662.516	682.839
0-4	114.179	57.909	56.220	114.331	58.047	56.284
5-9	108.834	55.127	53.707	112.201	56.959	55.242
10-14	111.205	56.529	54.676	107.291	54.370	52.921
15-19	110.758	56.324	54.434	109.834	55.895	53.939
20-24	107.161	54.370	52.791	107.894	54.984	52.910
25-29	97.876	49.719	48.157	103.620	52.666	50.954
30-34	93.551	47.412	46.139	96.749	49.203	47.546
35-39	81.524	41.367	40.157	94.233	47.884	46.349
40-44	74.072	37.324	36.748	82.082	41.690	40.392
45-49	71.849	35.891	35.958	74.132	37.226	36.906
50-54	65.562	31.575	33.987	71.213	35.311	35.902
55-59	60.731	29.527	31.204	64.080	30.400	33.680
60-64	51.854	24.590	27.064	58.241	27.595	30.646
65-69	42.839	19.632	23.007	48.235	22.079	26.156
70-74	34.679	14.679	20.000	38.212	16.560	21.652
75-79	26.224	9.841	16.383	28.816	11.114	17.702
80 y más	29.516	9.176	20.340	34.191	10.533	23.658

Fuente: INDEC, elaborado en base a los resultados del Censo Nacional de Población, Hogares y Viviendas 2001

Tabla 36. Variación de población de las fracciones censales espaciales de la ciudad de Concordia.
Fuente: INDEC-DEC de la Provincia de Entre Ríos, Censo de Población.

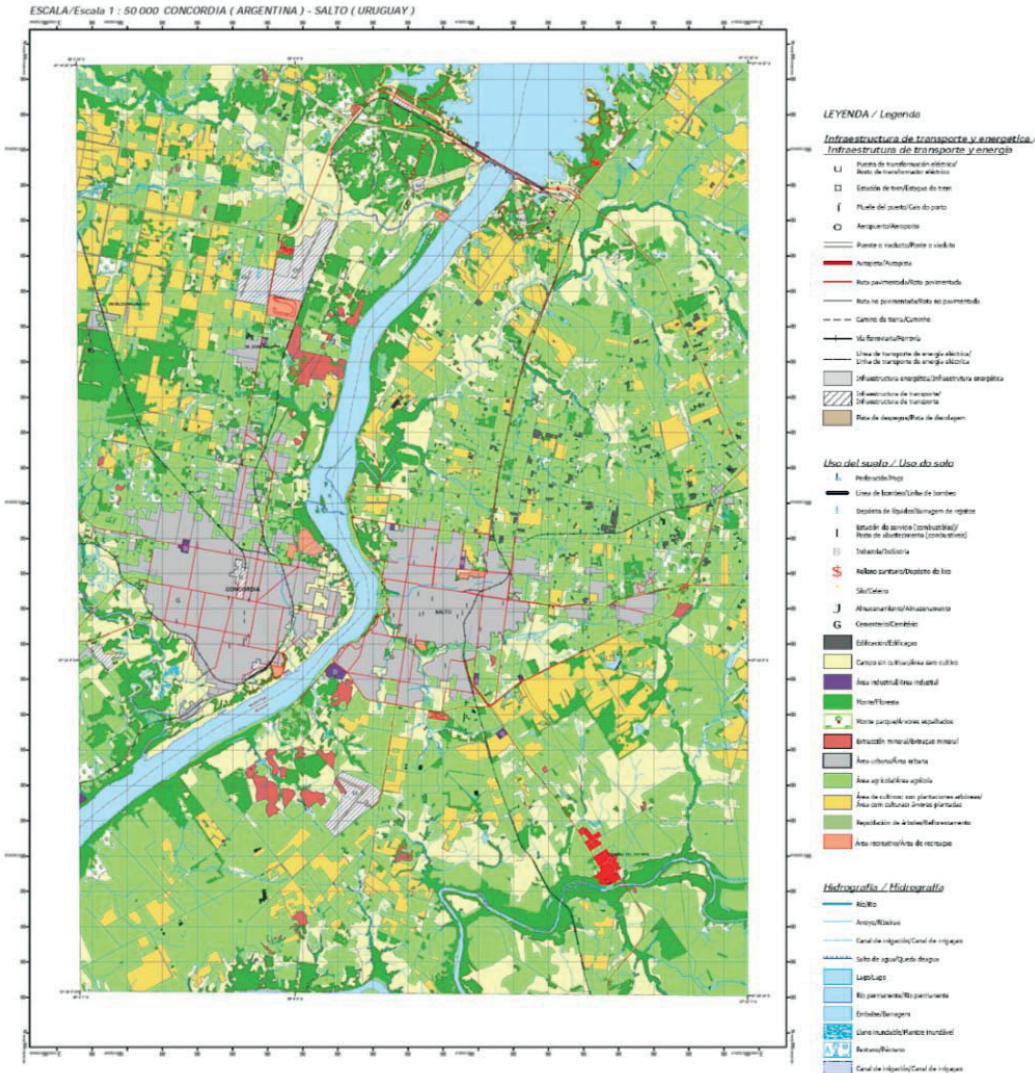


Fig 84. Uso del Suelo en el área del Piloto Concordia-Salto

7.4.1. Consumo de Agua

El consumo de agua está en estrecha relación con la población existente en el área del Piloto y el uso del recurso hídrico. Teniendo en cuenta el consumo actual de agua es posible estimar el consumo futuro según la tasa de crecimiento demográfico de la zona de estudio.

7.4.2. Consumo urbano (consumo actual vs. proyectado)

El abastecimiento urbano de agua potable en ambas ciudades de esta área del Piloto está ampliamente extendido (95% en Concordia y 99% en Salto). El agua se obtiene principalmente del río Uruguay, aunque una parte proviene de algunos pozos someros perforados o excavados en el acuífero arenoso del Terciario y Cuaternario.

Según datos de los pozos inventariados o muestreados en trabajo de campo realizado para el proyecto, el consumo de agua del Sistema Acuífero Guaraní en el área del Piloto puede ser estimado en 8.000 m³/día (6.500 m³/día de Quiroga, Siglo XIX, Daymán, Vertiente, y cerca de 1.500 m³/día de los demás: Villa Zorraquín, Fuente Nueva Kanarek y Remeros).

Debido a que el consumo está ligado directamente al agua termal y por el momento los otros usos son muy escasos, se considera que el consumo se incrementará según el crecimiento del desarrollo del turismo termal en los próximos años. Este crecimiento puede realizarse rápidamente en pocos años, como lo evidencia el cambio de la región en los últimos 14 años desde que se ejecutó la primera perforación termal en 1994, de la margen argentina.

7.4.3. Usos conflictivos y competencia presente/futura

Según resultados obtenidos en los distintos escenarios simulados por el modelo matemático hidrogeológico desarrollado por SNC-Lavalin para el área del Piloto Concordia-Salto, se observa que si continúa de manera excesiva la extracción de agua de pozos infra-basálticos se puede afectar la presión del agua y bajar el nivel potenciométrico por debajo de la superficie del suelo, por lo tanto los pozos perderían su calidad de artesianos y el bombeo podría ser necesario.

7.4.4. Penalidades por descarga de efluentes contaminados

No hay reglamentaciones sobre los efluentes del agua termal. Generalmente el agua se enfría y se vierte al curso de agua. La DINASA no tiene dentro de sus cometidos realizar inspecciones en esta materia. Asimismo, en Uruguay se deben cumplir con las disposiciones del Decreto 253/79 y los modificativos donde se establecen límites de temperatura, DBO, DQO, presencia de elementos químicos disueltos, etc. La DINASA realiza un seguimiento pero básicamente a industrias que tengan un gran consumo de agua o cuyos efluentes puedan tener sustancias contaminantes.

En Uruguay, Obras Sanitarias del Estado (OSE) tiene control de efluentes que van a los colectores de OSE. Los efluentes de aguas residuales industriales se pueden verter a las cañadas y arroyos, estos efluentes son controlados por la IMS.

7.4.5. Importancia del SAG en el área del Piloto y dependencia de la población en el área de influencia

El SAG en esta zona piloto es de especial interés para el desarrollo de la actividad turística, la cual involucra varias modalidades, que van desde el turismo recreativo hasta el turismo que involucra ciertos aspectos vinculados a la salud (es frecuente la terapéutica asociada a enfermedades reumáticas). Por otro lado (Barrera, 2006) afirma que la zona de aguas termales constituye un gran atractivo para el desarrollo de negocios de turismo rural abordados desde la salud y el entretenimiento.

La importancia que toma cada vez más la presencia de este recurso, entonces se puede evidenciar en el caso de Uruguay por la evolución que presenta la tasa de empleo una distribución similar a la tasa de actividad a nivel de los departamentos entre 2004 y 2005, en donde el incremento mayor se encuentra en Río Negro, Salto, Maldonado, Colonia y Tacuarembó.

7.4.6. Instrumentos Económicos

Se entiende por instrumentos económicos aquellos que sirven para apoyar el uso y consumo del agua del SAG de manera que favorezca la duración del recurso y permita hacer un uso sostenible del mismo.

El objeto de estos instrumentos es cuidar la calidad del agua e incentivar el uso racional del recurso hídrico. Entre los mismos se consideran: el precio del agua para distintos usos, los costos de energía de explotación, costos de sobre-explotación, penalidades por descarga de efluentes contaminados, subvención de equipos eficientes. Estos instrumentos se discuten en el informe de Análisis Técnico Socio-Económico, SNC-Lavalin, 2008.

7.4.7. Desarrollo Sostenible del SAG en Concordia-Salto

El Análisis Técnico Socio-Económico, teniendo en cuenta los principios de Desarrollo Sostenible, consideró las conclusiones aportadas por este estudio de Hidrogeología y los resultados mostrados por el modelo matemático hidrogeológico elaborados por SNC-Lavalin para el proyecto a fin de identificar áreas de potencial uso y desarrollo futuro.

A fin de evaluar la capacidad actual del SAG en el área del Piloto Concordia-Salto, se ha elaborado el mapa de caudales específicos del área del Piloto, que se presenta en la Fig 85. Asimismo, se realizó el mapa de volúmenes actuales extraídos del SAG de dicha área del Piloto, como lo muestra la Fig 86.

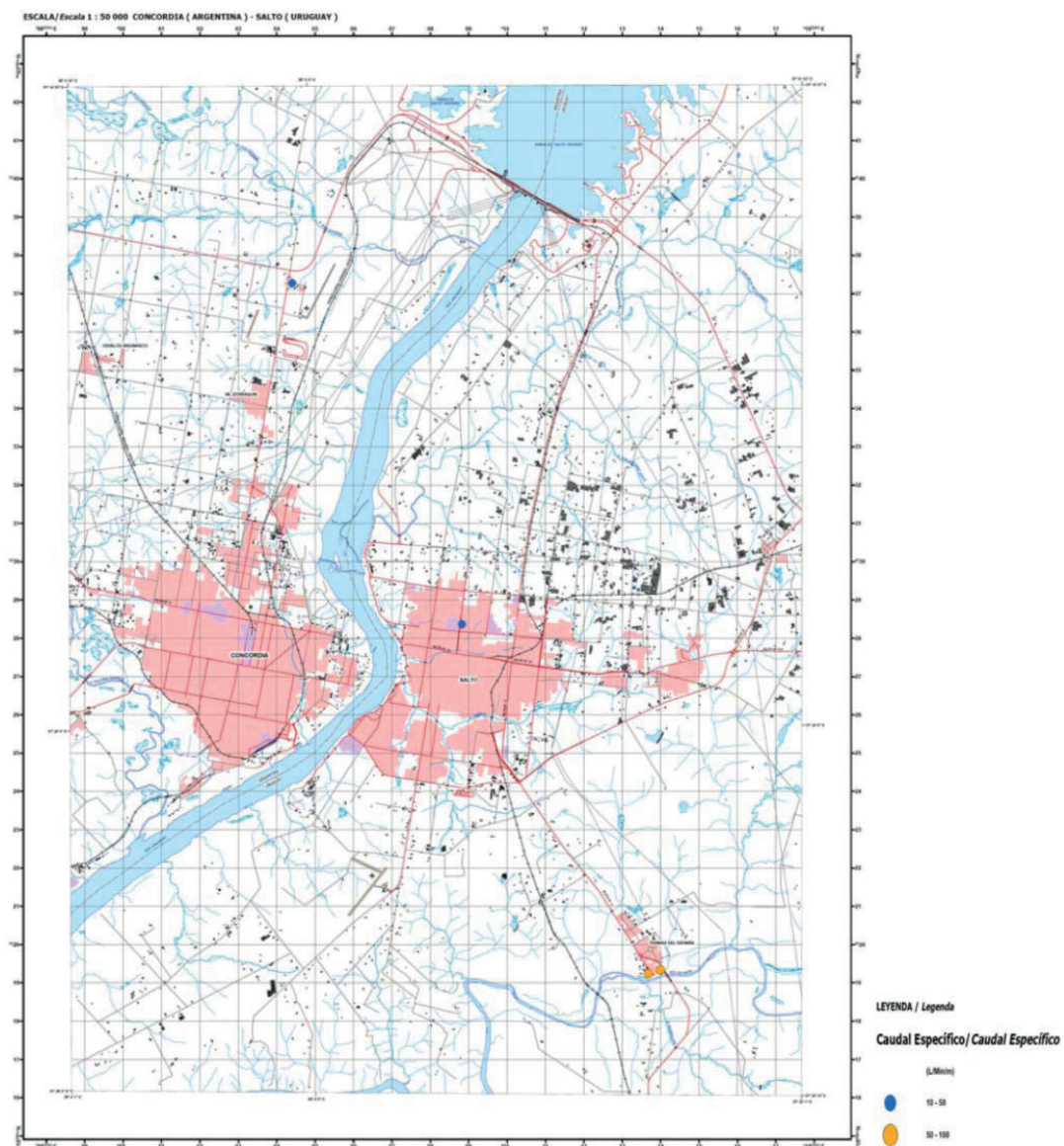


Fig 85. Capacidad Específica.

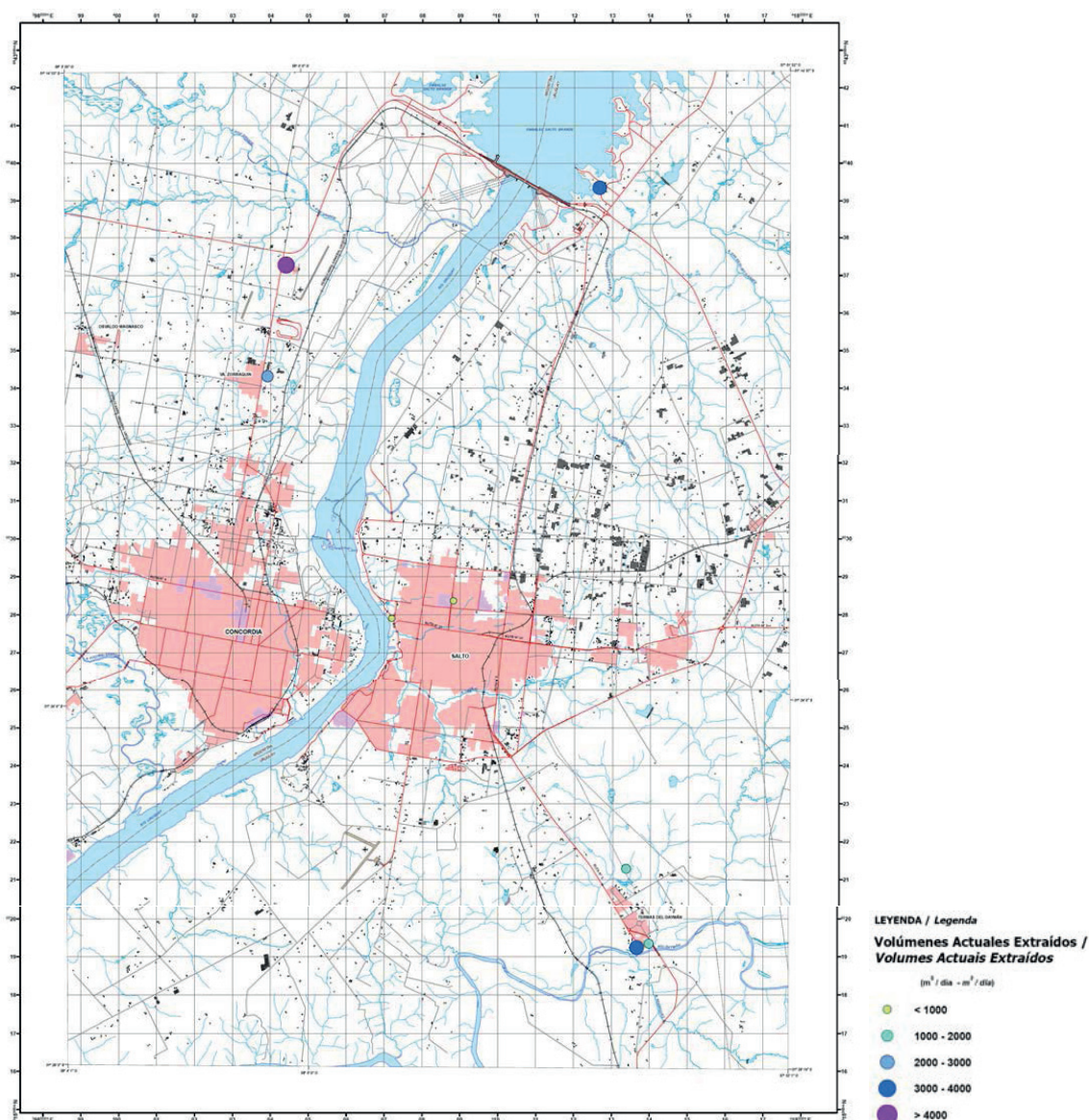


Fig 86. Volúmenes Actuales Extraídos del SAG en Concordia-Salto.

CONSIDERACIONES SOBRE EL CAPÍTULO

Desde el punto de vista socio-económico, por el uso que se hace del agua termal en el área (turismo recreativo) actualmente, se puede hacer una proyección del crecimiento de la misma mediante el cual se planean nuevas perforaciones y estas producirían futuras interferencias con las perforaciones existentes; así como también el problema del vertido de efluentes a altas temperaturas, que ya producen modificaciones en el medio donde son vertidos, se irían profundizando de no tenerse en cuenta el control de caudales extraídos recomendado y el reuso de los mismos en proyectos asociados, como producción de calefacción para los complejos turísticos de la zona, y/o calefacción de invernaderos, producción de especies ictícolas que requieran de mayor temperatura para su desarrollo, entre otras posibilidades.

BIBLIOGRAFÍA CONSULTADA Y COMPLEMENTARIA

General: [www.hidricosargentina.gov.ar/Acuifero Guaraní Argentina](http://www.hidricosargentina.gov.ar/Acuifero_Guarani_Argentina)

CAPÍTULO 1

- Carta geológica del Uruguay. Esc. 1: 500 000, 1998.
- Bossi, J., Heide, E. y de Oliveira, T., 1969. Carta geológica de Uruguay a escala 1: 100 000. Segmento Salto, sectores XIX y XX. Mapa y memoria explicativa. Universidad de la República, Departamento de Publicaciones.
- De Santa Ana, H., Fernández Garrasino C., Fulfaro V. J.; Goso Aguilar C., 2006. Proyecto para la protección ambiental y desarrollo sostenible del Sistema Acuífero Guaraní. Segundo informe geológico. Consorcio Guaraní.
- De Alba, E. y Serra, N., 1949. Informe sobre las condiciones y características geológicas de la región del río Uruguay en estudio con motivo del proyecto de aprovechamiento hidroeléctrico. Mapa y memoria explicativa. Comisión Técnica-Mixta de Salto Grande. Subcomisión de estudios geológicos. Montevideo.
- Estudio de los acuíferos Raigón y Salto, 1998. Programa de manejo de recursos naturales y desarrollo del riego. PRENADER (MGAP / MTOP / Banco Mundial).
- Fernández Garrasino, C. A., 1989. Contribución a la estratigrafía de la Mesopotamia central argentina y referencia a la geología de la Provincia de Misiones.
- França et al., 1995. Phanerozoic correlation in Southern South America. Petroleum Basins of South America: AAPG Memoir 62, p. 129-161.
- Montaña, J., Da Rosa, E., Hernández, M. Características hidrogeológicas del Acuífero Transfronterizo Guaraní.
- Pozo ANCAP 1 Termas de Daymán y Termas de Arapey. Base de datos de la Dirección Nacional de Minería y Geología de la República Oriental del Uruguay.
- Tófaló, Ofelia Rita de las Mercedes, 1987. Facies de loess y calcretes pedogénicos de la Formación Arroyo Ávalos (Oligoceno) Entre Ríos y Corrientes, Argentina.

CAPÍTULO 4

- Bossi J., L. Ferrando, J. Montaña, N. Campal, H. Morales, F. Gancio, A. Schipilov, D. Piñeyro and P. Spechman. (1998). "Carta Geológica del Uruguay". Facultad de Agronomía, Cátedra de Geología, Uruguay.
- Camargo, Fernando C. (2006). "Modelo Geofísico del Acuífero Guaraní: Zona Compreendida entre Uruguay y Argentina".
- Campos, H. C. N. S. (2000). "Modelación conceptual y matemática del Acuífero Guaraní, Cono Sur." *Acta Geológica Leopolddensia – Serie Mapas*, v. 23(4), p. 3-50.

- Charlesworth & Associates y SNC-Lavalin. (2008). "Modelo Numérico Hidrogeológico del área del Piloto Concordia-Salto."
- Clark I. and Fritz P. (1997). "Environmental Isotopes in Hydrogeology." Lewis, Boca Raton, New York.
- Clayton R. et al. (1966). The origin of saline formation waters; 1. Isotopic composition. *Journal of Geophysical Research*, 71, pp. 3869-3882.
- de Santa Ana, H.; Fernández Garrasino, C.; Fulfaro, F. (2006). "Proyecto para la protección Ambiental y Desarrollo Sostenible del Sistema Acuífero Guaraní (Argentina, Brasil, Paraguay y Uruguay)." Primer Informe Geológico. Consorcio Guaraní. Montevideo, Uruguay.
- Fleischer E. et al. (1977). "Isotopic composition of formation of waters from deep drillings in southern Israel." *Geochimica et Cosmochimica Acta*, 41, pp. 511-525.
- Foster, S. S. D. (1987). "Fundamental Concepts in Aquifer Vulnerability, Pollution Risk and Protection Strategy." TNO Comm. Hydrol. Research Proc. & Info 38: 69-86.
- Franca, A. B. et al. (2003). "Secondary porosity formed by deep meteoric leaching: Botucatu eolianite, southern South America." *AAPG Bulletin*; 3; v. 87; no. 7; pp. 1073-1082.
- NRC, (1993). "Groundwater Vulnerability Assessment; Contamination Potential Under Conditions of Uncertainty." *National Academy Press* (Washington DC-USA) 198 pp.
- Pesce A. (2002) "Thermal Spas: an Economical Development Alternative along Both Sides of The Uruguay River." *GHC Bulletin*, September 2002.
- Piñeiro, G.; Marsicano, C. & Lorenzo, N. (2007). "A new temnospondyl from the Permo-Triassic Buena Vista Formation of Uruguay." *Paleontology*, 50: 627-640.
- Proinsa, (2007). Resultados de Análisis de Hidrogeoquímicos.
- Proinsa, (2006). "Sistema de Calidad, Procedimientos de Hidrogeoquímica e Isotopía."
- P&T Consultora SRL and SNC Lavalin. 2007. "Caracterización geológica del Sistema Acuífero Guaraní."
- P&T Consultora SRL and SNC Lavalin. (2008). "Caracterización Geológica del Sistema Acuífero Guaraní área del Piloto Concordia-Salto."
- Sracek O. and R. Hirata. (2002). "Geochemical and Stable Isotopic Evolution of the Guaraní Aquifer System in the State of Sao Paulo, Brazil." *Hydrogeology Journal*, Vol. 10, pp. 643-655.
- SNC-Lavalin. (2008). "Análisis Técnico-socioeconómico del área del Piloto Concordia-Salto".

- SNC-Lavalin. (2008). Análisis de Ensayos Hidráulicos en Áreas Pilotos.
- SNC-Lavalin. (2008). Base de datos de Ficha Pozo.
- SNC-Lavalin/Tecsult. (2007). Photogrammetric and Mapping Services, Pilot Sectors, Guaraní Aquifer System Final Report.
- Strahler, A. y Strahler, A. (2000). "Geografía Física". *Tercera Edición*. Ed. Omega. Barcelona.
- Tecsult. (2006). "M A P A B A S E" en: Proyecto para la Protección Ambiental y Desarrollo Sostenible del Sistema Acuífero Guaraní Informe Final".
- Truesdell A. and Hulston J. (1980). "Isotopic evidence of environments of geothermal systems". In: P. Fritz and J. Ch. Fontes (Eds.), Handbook of Environmental Isotope Geochemistry, Vol. 1, *The Terrestrial Environment*, Elsevier, Amsterdam, The Netherlands; pp. 179-226.
- U.S. Environmental Protection Agency (USEPA). (1993a). "A Review of Methods for Assessing Aquifer Sensitivity and Ground Water Vulnerability to Pesticide Contamination," EPA 813-R-93-002. U.S. Environmental Protection Agency: Washington, D.C.
- U.S. Environmental Protection Agency (USEPA). (1993b). "Ground Water Resource Assessment," EPA 813-R-93-003. U.S. Environmental Protection Agency.

CAPÍTULO 5

- Charlesworth D., Sangam H., Assadi, A., 2008. Modelo numérico hidrogeológico área del Piloto Concordia-Salto.
- Collazo P., Auge M., Montañó J., 2005. Vulnerabilidad y Riesgo Hidrogeológico del SAG en el Área Aflorante de Rivera, Uruguay. Fondo de Universidades, Secretaría General del Proyecto para la Protección Ambiental y el Desarrollo Sostenible del Sistema Acuífero Guaraní.
- de Santa Ana, H.; Fernández Garrasino, C.; Fulfaro, F., 2006. Proyecto para la protección Ambiental y Desarrollo Sostenible del Sistema Acuífero Guaraní (Argentina, Brasil, Paraguay y Uruguay). Primer Informe Geológico. Consorcio Guaraní. Montevideo, Uruguay.
- Domenico, P. A., 1972. Concepts and Models in Groundwater Hydrology. McGraw-Hill, New York, USA.
- Fondo de Universidades, 2005. Investigación geofísica de la estructura geológica de la cuenca Chaco-Paranaense, en un área centrada en las ciudades Salto (Uruguay) y Concordia (Argentina).
- Gilboa Y., Mero F., Mariano B., 1976. The Botucatú aquifer of South America, model of an untapped continental aquifer. Journal of Hydrology, 29, pp. 165-179.

- Gilboa, Y., 1977. The groundwater resources of Uruguay. *Hydrological Sciences*, XXII, 1.
- Oleaga A., 1998. Ensayo de bombeo en Termas de Daymán (Inédito). Uruguay.
- Harbaugh, A. W., 1990. A computer program for calculating subregional water budgets using results from the U.S. Geological Survey modular three-dimensional ground-water flow model: U.S. Geological Survey Open-File Report 90-392, 46 p.
- Harbaugh, A. W., E. R. Banta, M. C. Hill, and M. G. McDonald, 2000. MODFLOW-2000, The U.S. Geological Survey modular ground-water model - User guide to modularization concepts and the Ground-Water Flow Process: United States Geological Survey Open-File Report 00-92, 121 p.
- Oleaga A., 2002a. Contribución a la Hidrogeología del Acuífero Guaraní en el Sector Uruguay. Un enfoque Integral. Tesis de Maestría en Ciencias de la Tierra (Aguas Subterráneas). Instituto de Geología. UNAM. México D.F., México.
- Oleaga A., 2002b. Estudio del funcionamiento conjunto de las perforaciones profundas en Termas de Daymán, propiedad de la Intendencia Municipal de Salto y Termal Kanarek S. A. Informe técnico. Daymán. Uruguay.
- Oleaga A., J. De los Santos, 2003. Nuevo análisis para la determinación de parámetros hidráulicos en pozos del Acuífero Guaraní (Uruguay). Discusión comparativa. III Congreso Argentino de Hidrogeología. Rosario, Argentina. Septiembre 2003.
- Pesce A. H., 2001. The Guaraní Aquifer. A Good Prospect for Geothermal Development in Northeastern Argentina. *Geothermal Resources Council Bulletin* 30(5), 199-203.
- Pesce A. H., 2002. Thermal Spas: an Economical Development Alternative along Both Sides of The Uruguay River. *GHC Bulletin*, September 2002.
- Piñeiro, G., C. Marsicano, & N. Lorenzo, 2007. A new temnospondyl from the Permo-Triassic Buena Vista Formation of Uruguay. *Palaeontology*, 50: 627-640.
- Rodríguez L., A. Gómez, A. Oleaga, F. Pacheco, G. Roullier, N. Seoane, A. Silva Busso & L. Vives, 2006. Informe Final del proyecto "Desarrollo Metodológico para la Evaluación de la Recarga y la Vulnerabilidad del Sistema Acuífero Guaraní en Argentina y Uruguay", Fondo de Universidades, Secretaría General del Proyecto para la Protección Ambiental y el Desarrollo Sostenible del Sistema Acuífero Guaraní.
- Spitz K. & J. Moreno, 1996. A Practical Guide to Groundwater and Solute Transport Modeling. John Wiley & Sons, Inc. New York.
- Sracek O. and R. Hirata, 2002. Geochemical and Stable Isotopic Evolution of the Guaraní Aquifer System in the State of Sao Paulo, Brazil. *Hydrogeology Journal*. Vol. 10, pp. 643-655.

- Silva Busso A., 1999. Contribución al Conocimiento Geológico e Hidrogeológico del Sistema Acuífero Termal de la Cuenca Chaco-Paranaense Oriental Argentina. Tesis Doctoral, Facultad de Ciencias Exactas y Naturales, UBA (Inédito).
- SNC-Lavalin, 2008. Hidrogeología del área del Piloto Concordia-Salto. Wang H. F., and M. P. Anderson, 1982. Introduction to Groundwater Modeling. W. H. Freeman and Co.
- Waterloo Hydrogeologic Inc., 2005. Visual Modflow User`s Manual, version 4.1.0., Waterloo, Canada.cy: Washington, D. C.

CAPÍTULO 6

- APHA, AWWA, WEF, 1998. *Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater* Tomo I y II, 20 th Edition, 1000 p.
- Bahamonde N. y S. Cabrera, 1983. Embalses, Fotosíntesis y Productividad Primaria. Curso-Taller, Universidad de Chile, Programa sobre el hombre y la Biósfera, UNESCO 236 p.
- Chorus, I. and J. Bartram, 1999. *Toxic Cyanobacteria in Water – A guide to their Public Health Consequences Monitoring and Management*. London: E & FN Spon 416 p.- GEMS, 1992. Guía Operativa GEMS/Agua, Tercera Edición, 70 p.
- Margalef R., 1983. *Limnología*, Editorial Omega 900 p.

CAPÍTULO 7

- Barrera, E. (2006) Turismo rural: nueva ruralidad y empleo rural no agrícola - CINTERFOR/OIT 185 p. ISBN: 92-9088-214-X, Montevideo.
- Código de Ordenamiento Urbano de Concordia (2004). Texto ordenado según Ordenanza N° 32.692 y posteriores promulgadas hasta el 31/12/2004.
- Dirección de Estadística y Censos, Ministerio de Hacienda, Obras y Servicios Públicos de la Provincia de Entre Ríos (2002). Boletín Estadístico bimestral.
- Foster Stephen, Lawrence Adrian, Morris Brian (1998). Groundwater in urban development. - Assessing Management needs and formulatinf policy strategies, World Bank.
- Instituto Nacional de Estadística (2005). Encuesta Continua de Hogares.
- Intendencia Municipal de Salto, Oficina de Ordenamiento Territorial (1997). Plan de Salto Decreto N° 5943/97.
- Montaña, Jorge (2003) Elaboración del Plan de Acción del Proyecto Piloto Concordia-Salto (Argentina-Uruguay) Proyecto para la Protección Ambiental y Desarrollo Sostenible del Sistema Acuífero Guaraní.

- Proyecto para la Protección Ambiental y Desarrollo Sostenible del Sistema Acuífero Guaraní (2005). PROYECTO PILOTO Concordia (Argentina) - Salto (Uruguay) Plan de Gestión Local Inicial (PGL).
- Strahler, A. y Strahler, A. (2000). Geografía Física. Tercera Edición. Ed. Omega. Barcelona.
- UNESCO, IAH, FAO, UNECE, (2001). Internationally Shared (Transboundary) Aquifer Resources Management, their significance and sustainable management, IHP-VI.

CRONOLOGÍA Y EVOLUCIÓN DE LA ACTIVIDAD LOCAL DEL PILOTO CONCORDIA-SALTO

Año 2003

En la reunión mantenida en Concordia, entre funcionarios de la Intendencia de Salto y la Municipalidad de Concordia, la Dirección de Hidráulica de la Provincia de Entre Ríos, los Coordinadores de las Unidades Nacionales del PSAG, se arriba al siguiente acuerdo: integrar el Comité de Apoyo Salto del Proyecto Piloto Concordia-Salto, con el Comité de Apoyo Concordia, conformándose un Comité Binacional tomándose como base el acta de formación del Comité de Apoyo de Salto del Proyecto Piloto Concordia-Salto integrado por la Intendencia de Salto, la Municipalidad de Concordia, usuarios estatales y particulares, representantes políticos, y Universidades. En la misma, se acordaron realizar una serie de acciones.

Reunión de la Comisión Local de Apoyo Salto con las comunidades termales entrerrianas: En el Salón de Actos del Municipio de Concordia se desarrolla este evento con las disertaciones de especialistas, abierto a la comunidad, en el cual se expone sobre la gestión de los recursos hídricos y se realiza un taller de gestión y protección de aguas subterráneas de Entre Ríos donde se trata la normativa vigente: Decreto Provincial N° 3413/98.

Taller Proyecto Concordia-Salto: Este se realiza en la Intendencia de Salto, en la misma se presenta el Proyecto Acuífero Guaraní (PSAG), la Comisión Transfronteriza y el Plan de Acción propuesto para el área del Piloto.

Año 2004

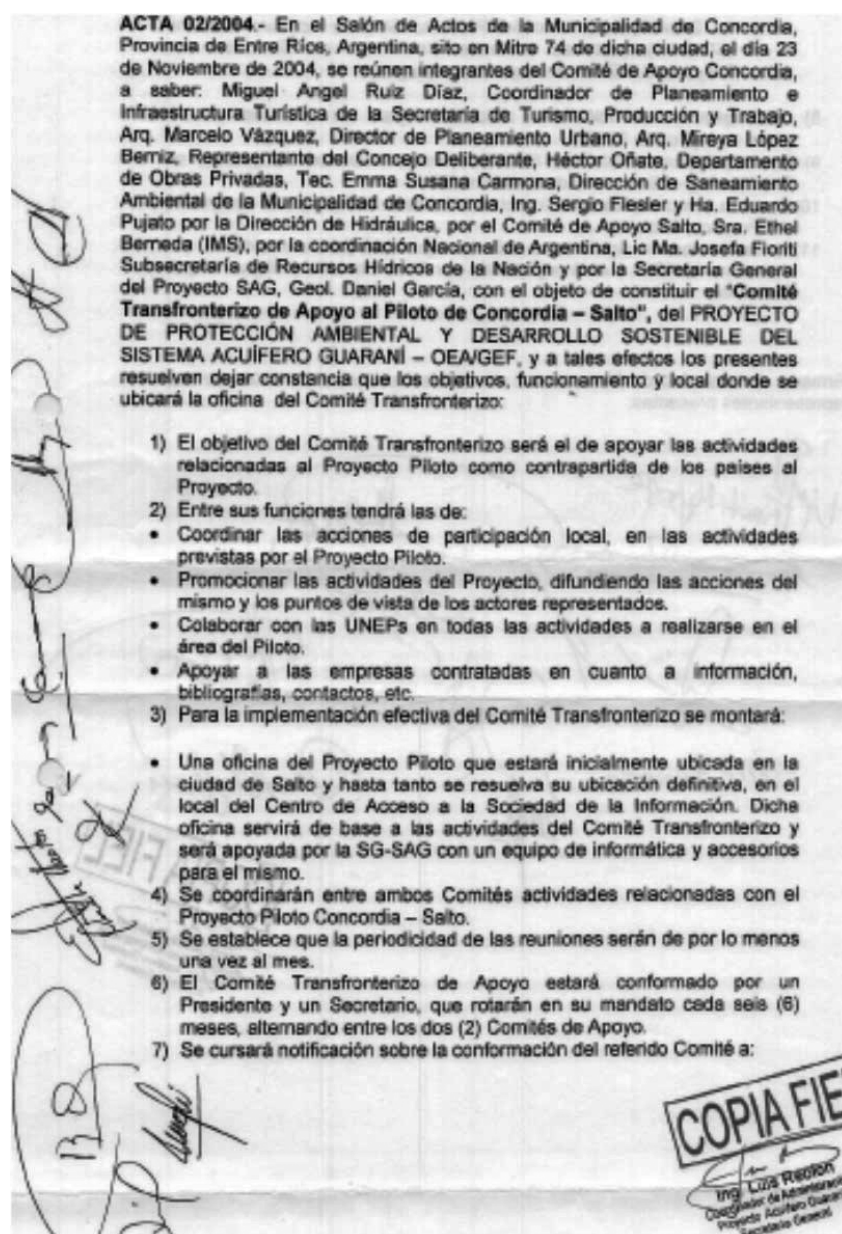
Conferencia de expertos argentinos y uruguayos: En el mes de noviembre, organizado por la Municipalidad de Concordia se realiza esta conferencia en el salón de la Dirección de Cultura disertando diferentes especialistas sobre el recurso profundo de agua dulce. En dicho evento se reúne el Comité Local de Apoyo al Piloto Concordia-Salto en la que se labra el Acta N° 2.

Creación de la Comisión Transfronteriza: Se lograron el Decreto Municipal N° 1097/2004 de fecha 14 de octubre de 2004 donde se crea la Comisión Municipal de Técnicos y Profesionales para atender el Piloto Concordia-Salto (CLAP) de Concordia conformada por los organismos afines de la Municipalidad de Concordia, que fueron acompañados por la Dirección de Hidráulica y la Dirección de Ambiente de la Provincia de Entre Ríos y la Subsecretaría de Recursos Hídricos y Secretaría de Ambiente de la República Argentina.

También en el Acta N° 2 las (Fig 87) CLAP de Concordia y Salto constituyen el “Comité Transfronterizo de Apoyo al Piloto de Concordia-Salto” con fecha 24 de noviembre. Las funciones de la Comisión Transfronteriza han sido:

- Coordinar las acciones de participación local, en las actividades previstas por el Proyecto Piloto.

- Promocionar las actividades del Proyecto, difundiendo las acciones del mismo y los puntos de vista de los actores representados.
- Colaborar con la UNEP, en todas las actividades a realizarse en el *área del Piloto*.
- Apoyar a las empresas contratadas en cuanto a información, bibliografías, contactos, facilitar el acceso a los lugares de trabajo, y toda otra tarea necesaria para el cumplimiento del trabajo.
- Participar en el control y análisis de los estudios y productos realizados en el Piloto.
- Proponer y elaborar, a través de comisiones propias, manuales y actividades locales adecuadas a la realidad, problemática y necesidades del área del Piloto.



Acta N° 2
Fig 87.

Debate nacional sobre el Acuífero Guaraní y el estratégico recurso del agua: En el mes de diciembre, nuestra ciudad fue sede del encuentro que se realizó en el Auditorio de la Universidad Nacional de Entre Ríos (UNER) sede Concordia, organizado por los Legisladores Nacionales de la Provincia de Entre Ríos. Participaron científicos, legisladores de las Provincias de Corrientes, Misiones, Chaco y Santa Fe, la Directora de Asuntos Ambientales del Ministerio de Relaciones Exteriores: Emb. María Esther Bondanza, el Subsecretario de Recursos Hídricos de la Nación, Ing. Hugo Amicarelli, autoridades nacionales y provinciales y la Comisión Local de Apoyo Concordia (CLAP) recientemente conformada.

Año 2005

Reunión del Comité Transfronterizo: En la ciudad de Salto (Uruguay), se definen pautas de funcionamiento del Comité, ratificando el uso de la figura de Presidente, cargo que será ocupado alternativamente entre el CLAP de Salto y de Concordia.

Designación del Presidente del CLAP Concordia y Presidente del Comité Transfronterizo: Se propone a la Concejal Arq. Mireya López Bernis, quien ya venía desempeñándose como coordinadora de las tareas de la Comisión, siendo ratificada posteriormente por el Departamento Ejecutivo Municipal, según Decreto N° 605/06, comenzando así a ejercer la Presidencia del Comité Transfronterizo

1er. Taller-Técnico de Perforaciones Profundas: Durante el mes de agosto, organizado por el Comité Trasfronterizo Concordia-Salto se comienza a trabajar en una normativa, que hasta el momento no existía en las provincias argentinas, con representantes de áreas técnicas de Chaco, Corrientes, Santa Fe, Misiones, Entre Ríos y la República Oriental del Uruguay. Estos talleres fueron coordinados por Argentina: la Geóloga María Santi, jefa de Aguas Subterráneas de la Dirección de Hidráulica de Entre Ríos y el Geólogo Juan Ledesma coordinador de la UNEP de Uruguay.

Seminario “La República Argentina y los proyectos hídricos en la cuenca del Plata”: Organizado por el Consejo Argentino para las Relaciones Internacionales, en su sede de la ciudad de Buenos Aires. Participaron: la Presidente del CLAP Concordia: Arq. Mireya López Bernis y la geóloga María Santi en el panel III “La protección ambiental del Acuífero Guaraní”, que fue coordinado por la Lic. María Josefa Fioriti de la Subsecretaría de Recursos Hídricos de la Nación y Coordinadora Nacional del PSAG.

Designación del Facilitador Local para el Piloto Concordia-Salto: En el mes de septiembre se designa como Facilitador al Ing. Agr. Enrique Massa Seguí, como resultado de un concurso público efectuado por la Secretaría General del PSAG. El mismo presentó el Marco conceptual de las acciones del Facilitador.

Gestión de las termas municipales de Salto: Se nombró un Responsable de termas de la municipalidad y se acordaron temas básicos en cuanto a la gestión: cuál es la oferta

de agua (aforo del pozo de Daymán), determinación de la demanda propia y de los caudales de envío a otros usuarios, reducción del gasto irracional y muestreo periódico de las aguas termales primarias y de reuso.

Manual de Perforaciones: Se culminó la preparación de un documento sobre normativa de pozos, que tiene su mayor importancia para impulsar la legislación en las provincias argentinas y reafirmar la legislación uruguaya en el ámbito local. Este es un genuino producto del Piloto, donde trabajaron Geólogos y otros profesionales de las Provincias de Entre Ríos y Santa Fe, y de la República Oriental del Uruguay. Las actividades fueron el resultado de dos seminarios-taller en agosto y noviembre de 2005 con continuidad de trabajo entre ambas instancias en el mes de noviembre. El mismo, se tituló “Normas Técnicas de Construcción de Pozos para la Explotación de Aguas Subterráneas”.

Folletería: Se editaron, por parte del Ente Municipal de Turismo de Concordia, 30.000 folletos de difusión turística para la temporada diciembre-marzo, donde se incluyó por primera vez información acerca del origen de las aguas termales del Municipio, que provienen del Acuífero Guaraní.

Resolución del Concejo Deliberante de Concordia: Se impulsa una Resolución del Cuerpo solicitando al Gobierno de la Provincia, el veto de la Ley de Termas y la puesta a disposición de las “Normas Técnicas de Construcción de Pozos para la Explotación de Aguas Subterráneas” elaboradas en el marco de la CLAP Concordia.

Actividades en las Escuelas: En un trabajo conjunto con la Dirección Departamental de Escuelas de Concordia, comenzaron a desarrollarse una serie de charlas-debate en los establecimientos educativos de diferentes niveles de enseñanza; actividad que se sigue desarrollando hasta hoy día.

2006

Firma del Acuerdo entre las Municipalidades de Concordia y Salto: El 6 de enero de 2006 se firmó –entre las máximas autoridades– el acuerdo para actuar coordinadamente en cada una de las jurisdicciones municipales afín de realizar entre otras acciones, en el monitoreo de pozos termales y registro de empresas para una mejor gestión de los recursos subterráneos.

Instalación de la Oficina permanente del Piloto en la ciudad de Salto: En el mes de febrero, la Municipalidad de Salto cedió una oficina equipada con mobiliario, línea telefónica nacional e internacional y acceso a Internet en banda ancha, a efectos de instalar la Oficina Local del Piloto. La misma se ubicó en la Sede del Gobierno Municipal de Salto, en el Palacio Córdoba, a la orilla del Río Uruguay; edificio histórico, que en un tiempo perteneció al Gral. Justo J. de Urquiza. Allí tuvo su sede el Facilitador para el Piloto.

Asimismo la Secretaría General del PSAG puso a disposición del Piloto una cuenta de correo electrónico institucional. El Proyecto Deltamérica de la Red Interamericana de Recursos Hídricos de OEA, habilitó un sitio en su página de Internet: www.conosur-rirh.net.



Fig 88. Sede de la Oficina Permanente del Piloto.

Normas técnicas para construcción de pozos profundos: Se recibió oficialmente de parte de la Presidencia del Comité Transfronterizo, Arq. Mireya López Bernis, el citado documento elaborado por geólogos provinciales de Argentina y nacionales de Uruguay, titulado las “Normas Técnicas de Construcción de Pozos para la Explotación de Aguas Subterráneas” con aportes de los actores locales como producto genuino del Piloto. El mismo se remitió a la Secretaría General del PSAG. Posteriormente fue tomado como insumo para redactar el Manual de Perforaciones elaborado por el Consorcio Guaraní y también por las Provincias de Misiones, Corrientes y Chaco que lo han modificado e incorporado (o están en vías de hacerlo) a la legislación de cada provincia.

15° Congreso Argentino de Saneamiento y Medio Ambiente: Evento realizado en el mes de marzo, en la ciudad de Buenos Aires, organizado por la Asociación Argentina de Ingeniería Sanitaria y Ciencias del Ambiente (AIDIS), en el cual se expuso en sobre el Proyecto Sistema Acuífero Guraní (PSAG). En dicho panel actuaron como panelistas la Presidente del CLAP Concordia Arq. Mireya López Bernis, la Lic. María Josefa Fioriti por la Subsecretaría de Recursos Hídricos de la Nación y el Dr. Jorge Santa Cruz por la Secretaría General del Proyecto.

Taller de Análisis Diagnóstico Transfronterizo (ADT): Los días 6 y 7 de abril, en esta etapa y en función del proceso de consolidación del producto final del Proyecto Sistema Acuífero Guaraní, se realizó en el Salón de Actos de la Represa de Salto Grande esta reunión. Contó con la organización y logística diseñada por el Facilitador, con el apoyo

de las autoridades de la Comisión Técnica-Mixta de Salto Grande (CTMSG) y del personal de relaciones públicas. Participaron 38 personas, 19 de la República Argentina, 16 de la República Oriental Uruguay y 3 personas de la Secretaría General del PSAG. El objetivo principal del Análisis Diagnóstico Transfronterizo (ADT) se expresa en la imagen extractada del documento del Consultor Antonio Lanna de mayo de 2006 “Consultoría de Apoyo para el Análisis Diagnóstico Transfronterizo”.

2. OBJETIVO

En resumen, debe ser elaborado el documento de Análisis de Diagnóstico Transfronterizo - ADT, con:

- | |
|---|
| <ol style="list-style-type: none"> 1- identificación de los principales problemas actuales y emergentes que afectan o pueden afectar el sistema acuífero Guaraní, 2 - sus efectos sobre el recurso y las causas raíces de los mismos, 3 - incluyendo un análisis de la cadena causa-efecto y 4 - una priorización de las mismas para una eficaz protección y uso sostenible del sistema acuífero. |
|---|

Este documento aportará, o identificará en caso de no existir, los fundamentos técnicos y científicos a los principales problemas percibidos por los actores institucionales y de la sociedad de la región del SAG.

Tabla 37.

Fondo Guaraní de la Ciudadanía: El 11 de mayo en Concordia y al día siguiente en Salto se desarrolló la actividad de la Asociación Interamericana de Ingeniería Sanitaria (AIDIS-Uruguay) de Uruguay. “*Capacitación Docente y Educación: Acuífero Guaraní*”.

“Jornadas sobre el uso sustentable del Acuífero Guaraní”: En el mes de julio, desarrolladas en Posadas, Misiones, se presentó por parte de las autoridades de la provincia un proyecto de ley de regulación de perforaciones termales, basada en los antecedentes de la normativa que se propuso desde el Piloto Concordia antes mencionada y fue disertante la Presidente del CLAP, sobre la experiencia y los trabajos que se desarrollaban en esta área del Piloto.

Misión del Organismo Internacional de Energía Atómica (OIEA): Se acompañó y se realizó la logística necesaria para la estadía del experto del OIEA Ing. Samuel Hernández los días 17 y 18 de agosto, en la que, además de brindar 2 conferencias sobre los alcances de las técnicas isotópicas, se tomaron muestras de agua por parte de PROINSA/SNC Lavalin en 4 perforaciones profundas y 3 someras en el Piloto Concordia-Salto con destino a análisis de isotopía y físico-químicos: Se tomaron muestras de agua de los pozos termales infra basálticos de: Vertiente de la Concordia, Termal H2O (Villa Zorraquín), Obras Sanitarias del Estado (OSE) (Salto), Termas del Daymán (Salto). Y los siguientes pozos someros: Citrícola Ayuí en Villa Zorraquín, Concordia (posible acuífero libre arenoso Terciario), Cooperativa de Agua Potable de Villa Zorraquín (acuífero libre arenoso Terciario), Termas del Daymán (Salto): acuífero libre basalto fracturado.



Fig 89. Recolección de muestras de agua subterránea.

Fondo Guaraní de la Ciudadanía: AIDIS Uruguay: Culminó la actividad final del Fondo “Capacitación Docente y Educación: Acuífero Guaraní” de AIDIS Uruguay. Consistió en la sensibilización y educación acerca del Sistema Acuífero Guaraní para dos grupos de liceales con actividades de aula y difusión a la comunidad.

Creación de un “Módulo de Información y Difusión sobre el Sistema Acuífero Guaraní” en Concordia: La Comisión Local, el Director de la Biblioteca “Julio Serebrinsky” de la Cooperativa Eléctrica de Concordia y el Proyecto Piloto, firmaron un acuerdo por el cual se creó el citado módulo de información sobre el Acuífero Guaraní.



Fig 90. Sede Módulo de Información y Reunión mensual del Piloto.

Taller de efluentes y reuso de las aguas termales – 1ª Sesión: Se llevó a cabo, en la ciudad de Concordia la 1ª Sesión del Taller, habiéndose realizado exposiciones referentes a propiedades de las aguas termales, uso y destino de los rebalses de piscinas de perforaciones de Concordia y Salto en la que participaron técnicos locales, provinciales y nacionales.

Fondo Guaraní de la Ciudadanía “Porqué proteger al Sistema Acuífero Guaraní”.

Actividad del Fondo de Ciudadanía, se realizaron tres actividades en la ciudad de Concordia durante el mes de noviembre. Este Fondo fue desarrollado por la Facultad de Ingeniería y Ciencias Hídricas de la Universidad Nacional del Litoral de Santa Fe y el Centro para la Protección de la Naturaleza: CEPRONAT.

Mapa Base del Piloto. La Secretaría General del Proyecto llevó a cabo el control de campo del Mapa Base elaborado por la empresa Tecsul/SNC Lavalin. A los efectos se contrató a un ingeniero agrimensor de la región que desempeñó sus tareas entre diciembre de 2006 y enero de 2007, informando que el mapa presentado es de insuperable calidad.



Fig 91. Localización Topográfica de la perforación.

2007

Pasantías “ad honorem” de OEA en el Piloto. Se recibieron los Informes Finales de las pasantías de Estela Solana (Concordia) y Guillermo Dubosc (Salto).

22 de marzo - Día mundial del agua. Con motivo de esta celebración del día internacional, se realizaron diversas actividades de difusión a través de la prensa, centros de enseñanza y público en general.

Mapa Base. Se entregaron al Departamento de Ordenamiento Territorial de la Municipalidad de Salto los discos compactos conteniendo el Mapa Base a escala 1: 3 000 000 y 1: 250 000.

Ensayos hidráulicos – SNC Lavalin/PROINSA. Finalizaron a principios de abril los trabajos de campo correspondientes a los ensayos de interferencia entre pozos termales en Concordia y Salto, con la participación de la pasante del Proyecto. Además se registraron parámetros físicos en boca de pozo, toma de muestras de agua para análisis físico-químicos y bacteriológicos completos y las distancias entre pozos termales.

Curso de Gestión de Aguas Subterráneas: Capítulo argentino del Proyecto Sistema Acuífero Guaraní. Desde el 9 al 11 de abril, en Concordia.

Modulo de Difusión e Información del Proyecto Sistema Acuífero Guaraní: Firma del convenio entre la Municipalidad de Salto y la Oficina del Piloto. Se crea en la Sede de la Biblioteca Municipal “Felisa Lisasola” de Salto el día 26 de mayo de 2007. Este módulo y su similar en la Biblioteca “Julio Serebrinsky” de la Cooperativa Eléctrica de Concordia, han sido provistos de material bibliográfico en formatos papel y digital, tanto técnicos como de difusión a distintos alcances de formación educativa (escolares, liceales, educación técnico profesional, maestros y profesores, público en general) por parte de la Oficina del Piloto.

1º Ciclo de Conferencias Medio Ambientales: Organizado por la Comisión Administradora para el Fondo Especial de Salto Grande (CAFESG), ciclo que contó con una serie de reuniones que apuntaron a promover la discusión sobre temas ambientales en Concordia. En el mismo participaron como disertantes el Dr. Jorge Santa Cruz por la Secretaria General del Proyecto y la Presidente del CLAP Concordia Arq. Mireya López Bernis en el panel “El Sistema Acuífero Guaraní e implicancias para la gestión”.

Instalación de la Oficina Permanente del Piloto en Concordia: En local de la Galería Entre Ríos; cedido por la Comisión Técnica Mixta de Salto Grande en calle Entre Ríos 630, local 32.

Taller de usos geotérmicos del Sistema Acuífero Guaraní y tratamiento de efluentes: El 9 de septiembre, organizado por el Proyecto y realizado en los salones del Hotel Salto Grande, en dos jornadas donde disertaron especialistas internacionales sobre distintos temas relacionados con el termalismo y la calidad de las aguas.

Proyecto de concientización social sobre el Acuífero Guaraní: Desarrollado por CAFESG, con el propósito de transferir conocimientos científicamente validados sobre aguas subterráneas, en talleres escolares y cuya iniciativa surge de una serie de encuestas a docentes realizadas por alumnos de la Escuela Agrotécnica N° 152 “Manuel María Calderón”. Estos talleres se desarrollaron en diferentes escuelas de la ciudad para alumnos del 9º año del EGB3. La mencionada escuela organizó entre sus alumnos un concurso para el logo de la folletería.

Monitoreo en el Piloto: El Facilitador Local preparó un plan de trabajo para el monitoreo de los pozos termales y someros del Piloto que puso a consideración del Comité Transfronterizo. Posteriormente el mismo fue trabajado en conjunto con la Geóloga María Santi de la Coordinación Nacional de Argentina, el cual fue la base para el monitoreo de pozos que se ejecutó a finales de 2008 y continuó en 2009 luego de finalizado el Proyecto SAG.

Curso Hispanoamericano de Hidrología Subterránea: En Salto octubre-noviembre, en respuesta a gestiones iniciadas por el Comité Transfronterizo, la Comisión Técnica Mixta de Salto Grande otorgó dos medias becas para profesionales locales a fin de que participaran de un curso dictado por docentes de la Facultad de Ingeniería de la Universidad de Montevideo y de la Universidad Politécnica de Catalunya en la Regional Norte de la Universidad estatal de Uruguay.

Monitoreo en el Piloto: Se inició la familiarización y entrenamiento de personal de las municipalidades de los equipos donados por el Organismo Internacional de Energía Atómica para el monitoreo de parámetros a boca de pozo (pH, conductividad y temperatura).

Biblioteca virtual “Aguas Subterráneas y Acuífero Guaraní”: La Oficina Local del Piloto ha compilado información técnica, manuales de los Fondos Guaraní para la Ciudadanía y de divulgación general, referentes a las aguas subterráneas y al Sistema Acuífero Guaraní. Este material se distribuye tanto a interesados como en los “Módulos de Difusión e Información” en las bibliotecas de Concordia y Salto así como en institutos de enseñanza.

2008

Difusión: Se distribuyó folletería, discos compactos y ejemplares de publicaciones elaboradas por el PSAG a personal de Aduanas, Prefectura Naval, empleados de las agencias de transporte en lancha entre Salto y Concordia, tanto de Argentina como de Uruguay, diarios locales y funcionarios de la Administración Federal de Ingresos Públicos.

Monitoreo de pozos en el Piloto: Se inició el monitoreo, tanto de pozos termales como someros de los parámetros físicos, químicos y bacteriológicos por parte de técnicos de la Municipalidad de Concordia y la Intendencia de Salto, estando a cargo del mismo por el Municipio de Concordia el Ing. Ricardo Rosales del Ente de Obras Sanitarias (EDOS) y se instaló el laboratorio provisto por el PSAG. Esta es una decisión del Piloto en base a un documento generado localmente.

Intendentes de Concordia y Salto en reunión del Piloto Concordia-Salto: El 9 de abril asistieron a la reunión mensual de la Comisión Transfronteriza los señores Intendentes de Concordia y Salto, Gustavo Bordet y Ramón Fonticiella. Los nombrados presenciaron la presentación del Modelo Hidrogeológico del Piloto, a cargo del Sr. Secretario General del Proyecto Acuífero Guaraní, Ing. Luiz Amore.



Fig 92. Intendentes de Concordia y Salto.

Seminario Validación PEA/ADT - UNEP Uruguay: Se llevó a cabo en Montevideo —los días 27 y 28 de mayo— la citada actividad que tuvo por objetivo incorporar todo el trabajo conceptual y aplicado, desarrollado en lo concerniente a las acciones del área del Piloto.

Oficina del Piloto en Concordia: Acondicionamiento de la Oficina Local para recepción de público, estudiantes y sitio de reuniones de la comisión local y Transfronterizo. También la instalación de una pequeña biblioteca con material de consulta de los productos del proyecto y la exposición de una colección de Rocas y Minerales del Instituto Tecnológico-Geominero Español.

XXIII Encuentro de Diócesis de Frontera: El 26, 27 y 28 de mayo en Concordia. Preparación de materiales: cartelería, mapas, folletos y divulgación en las Oficinas de Concordia y de Salto, que fueron entregados a la organización de este encuentro. El tema de esta actividad fue “Los vecinos se encuentran para bendecir a Dios por el Acuífero Guaraní”. Concurrieron las principales autoridades de las Diócesis fronterizas de Argentina, Brasil y Uruguay. En este contexto visitó la oficina de Concordia el Obispo de Tacuarembó a quien se le entregó en forma personal material de divulgación del Proyecto: Manual de perforación, trabajos de investigación para el avance del conocimiento del SAG, extractos de trabajos presentados en diferentes talleres y encuentros sobre reuso de aguas termales y otros productos.

Gestión ante el Consejo General de Educación de la Provincia de Entre Ríos: Para incluir los contenidos del proyecto SAG al diseño curricular de la Provincia de Entre Ríos en todos los niveles de la enseñanza primaria y secundaria, se inició una gestión administrativa ante la Dirección Departamental de Escuelas de Concordia. Las capacitaciones se ofrecen a docentes de todas las áreas, para quienes gestionamos una resolución del Consejo General de Educación (CGE) que otorga puntaje para esta actividad. Este proyecto se formuló dado que el Sistema Acuífero Guaraní representa un área de estudio técnico cuya difusión va cobrando importancia a nivel regional. Se entendió que el mismo representa un área de estudio importante para ser abordado a nivel de la enseñanza secundaria y primaria. En este marco se planteó desarrollar un programa educativo sobre la base de dos objetivos específicos con acciones concretas: 1. Capacitación docente dirigida a profesores y maestros y 2. Experiencia formativa con estudiantes, post capacitación docente.

Capacitación docente en Concordia: Organizada por la Oficina Local de Concordia y la Biblioteca “Julio Serebrinsky”, donde reside el “Módulo de difusión e información” del SAG en esa ciudad, el día 7 de julio se llevó a cabo la capacitación gestionada para docentes, con el objetivo de integrar a la currícula de la enseñanza primaria y media la temática del Sistema Acuífero Guaraní. Asistieron 25 docentes a los que se les distribuyó información en papel y en forma digital. En la tarde se trabajó en Talleres. Como parte de la capacitación fueron expositores la Arq. López Bernis, presidente de la Comisión Transfronteriza del Piloto, el Facilitador del Piloto: Ing. Enrique Massa Seguí y la Lic. María Josefa Fioriti de la Subsecretaría de Recursos Hídricos de la Nación. Los talleres estuvieron a cargo de la pasante OEA: Estela Solana.

SG-SAG - Plan de Ordenamiento Territorial (POT) de la Municipalidad de Concordia: Se entregaron a la Presidente del CLAP y del Concejo Deliberante de Concordia, Arq. Mireya López Bernis, varios productos generados por el PSAG, particularmente el

Estudio Socio-Económico y de Usos del Suelo, elaborado por SNC Lavalin y el Mapa Base del Piloto. Los mismos fueron insumos para la nueva formulación del POT, elaborado por convenio entre el municipio y la Universidad Nacional de La Plata.

Plan Acción Local del Piloto – Plan Estratégico de Acción: Se consideró y aceptó el documento PALp fechado en julio de 2008, elaborado por el Consultor Ing. Pablo Decoud en la reunión del comité binacional transfronterizo de fecha 5 de agosto. Se recibieron observaciones de María Santi, María Josefa Fioriti y Lida Borello (Co-coordinadoras y asistente de la UNEP Argentina) y del Ing. E. Zamanillo delegado de CTMSG al Transfronterizo. Las observaciones mencionadas fueron remitidas a los Consultores PEA a efectos de la redacción del documento final. Existió completo acuerdo con la enumeración de “Riesgos y Sustentabilidad”.

Reunión Comité Transfronterizo del Piloto Concordia-Salto: En esta reunión, realizada el 5 de agosto, se tomaron decisiones de importancia para la finalización del Proyecto actual a nivel del Piloto y su proyección para futuras actividades en el año 2009. Temas tratados:

1. Monitoreo de pozos y Sistema de Información Geográfica del Proyecto (SISAG).
2. Plan de Acción Local del Piloto (PALp – PEA).
3. Exposición del Dr. Horacio Asprea de la Secretaría de Ambiente de la Nación (RA) acerca de efectos de la composición natural del agua termal sobre la salud.

Conformación del Grupo Técnico Binacional de Monitoreo (CTBM): En la reunión del mes de setiembre de la comisión Transfronteriza se constituyó y tuvo su sesión inicial un grupo técnico binacional para diseño y ejecución de tareas de monitoreo y análisis de pozos en el Piloto con equipos donados por el OIEA, así como coordinación de capacitación de recursos humanos locales.



Fig 93. Análisis de muestras en el laboratorio del Piloto en Concordia.

Asesoramiento a grupo de alumnos de la escuela privada NEA Siglo XXI: El 1º de setiembre, se procedió a la entrega de manuales y muestras de perforaciones para la presentación en la feria de ciencias a realizarse en el parque temático de Temaikèn (Escobar: Provincia de Buenos Aires) sobre el tema de inclusión de contenidos del SAG en el diseño curricular provincial. Pasante E. Solana.

Entrega de material CD, bibliográfico, folletos y mapas a alumnos de diversas escuelas.

1er. Encuentro Termal del Mercosur: Se desarrolló en Salto, el 22 y 23 de octubre, esta reunión regional, donde participaron operadores privados y municipales de pozos termales de Salto, Entre Ríos y gestores del agua de otras provincias de Argentina. Fueron expositores en el encuentro (entre otros), la Geóloga María Santi y el Dr. Horacio Asprea, ambos integrantes de la Comisión Transfronteriza.

Festejos de los 90 años de Villa Zorraquín: El día 31 de octubre, en el marco de su celebración se realizó una jornada educativa sobre el Acuífero Guaraní en el Salón de la Cooperativa de Agua Potable. Esta localidad está situada en el corazón termal de Concordia, la actividad se enmarcó en la celebración de los 90 años de la Villa.

SISAG: Durante el mes de noviembre, participaron en cursos de capacitación del PSAG, referidos a la modelación numérica hidrogeológica del SAG y en el entrenamiento del programa ArcGIS, tanto regional como local, los técnicos locales de la Municipalidad de Concordia, el Ing. Ricardo Rosales y el Téc. Cristian Garabau. La capacitación citada en primer término se realizó en la ciudad de Asunción, en tanto el entrenamiento en el software ArcGIS se cursó en Buenos Aires. A este último curso, concurrió el Sr. Norberto Oliva de la Intendencia Municipal de Salto. Ambas municipalidades cuentan con la llave de instalación del software correspondiente al Modelo numérico.

Grupo Binacional Técnico de Monitoreo (GBTM): Se realiza el apoyo y acompañamiento a las actividades del Grupo. El mismo ha efectuado el muestreo de las aguas en las Termas de Daymán, Club Remeros y Posada del Siglo XIX (Salto) y en Vertiente de la Concordia. Dentro de la coordinación del grupo, los análisis bacteriológicos se hacen en Salto y el físico-químico en Concordia con el Espectrómetro HACH DR2800, donado por el OIEA. Se han obtenido presupuestos de análisis de laboratorio universitarios, estatales y privados de ambos países.

Jornada informativa sobre el Proyecto de Protección Ambiental y Desarrollo Sostenible: En el mes de noviembre, organizado por el Instituto Correntino del Agua y Ambiente y la Subsecretaría de Recursos Hídricos de Argentina, la Presidente del CLAP Concordia disertó sobre la experiencia local del Piloto.

Oficina del Piloto en Concordia - Perforación Ayuí: Se actualizó la información disponible acerca del pozo construido por la Provincia de Entre Ríos a orillas del Lago de Salto Grande (Hotel Ayuí). Esta perforación, iniciada el 14 de diciembre de 2007 y finalizada el 14 de febrero de 2008, alcanzó la profundidad de 1.220 metros. Desde el inicio de la

misma el Proyecto Piloto a través del Facilitador y la Geóloga Estela Solana, suministró información generada en el Proyecto SAG (Manuales de perforación de pozos —el realizado en el Piloto y el del Consorcio Guaraní—, datos de perforaciones vecinas, aspectos constructivos, etc.), tanto a la CAFESG, como a la empresa La Motta que realizaba la obra.

Reunión final del Comité Transfronterizo del Piloto – Mes de diciembre / Concordia: La misma se organizó coordinando la fecha del 11 de diciembre para contemplar la mayor asistencia de las Coordinaciones Nacionales de Buenos Aires, Montevideo y Paraná, habida cuenta de lo significativo de esta reunión, la última del PSAG. Se citó de acuerdo a la programación pautada desde el mes de julio por el Facilitador, contemplando como principales puntos del Orden del Día, los resultados de la reunión del Consejo Superior del PSAG (CSDP) en Foz de Iguazú, un balance de los tres años de actividad del Piloto y las formas de organización a nivel local para continuar el monitoreo de pozos y el desarrollo del SISAG en los nodos locales con fondos propios hasta tanto los países a nivel de Unidades Nacionales de Proyecto (UNEP's) definan presupuestos para esas actividades en marcha con esfuerzo local.

Año 2009 al 2011

Actividades desarrolladas posteriores a la finalización del Proyecto-PSAG

Reuniones periódicas: Hasta la creación del Departamento de Articulación Local del SAG, continuaron las reuniones periódicas ya sea a nivel local/provincial como con los representantes de la Intendencia de Salto y organismos provinciales y nacionales.

Monitoreo conjunto: Periódicamente el Ing. Ricardo Rosales del EDOS, llevó adelante un monitoreo conjunto, de elementos básicos, de los Pozos tanto de Concordia como de Salto, con los equipos provistos por el PSAG, comenzando con la tarea de geo-referenciamiento, base para el mapa de ubicación de todos los pozos que se realizará con el Arc Gis instalado en el servidor del piloto.

Difusión en las Escuelas: Continuaron con diferentes charlas en establecimientos educativos por requerimiento de los mismos: ej. Escuela Acuarelas.

“Gestión de aguas subterráneas, con centro en Serra Geral (basalto) y la cuestión de la oferta termal”: Seminario conjunto argentino-brasilero en el mes de agosto de 2009. Desarrollado en Puerto Iguazú (Argentina) y Foz de Iguazú (Brasil) donde expusieron por la Provincia de Entre Ríos la Geóloga María Santi y la Concejala Arquitecta Mireya López Bernis por la Municipalidad de Concordia.

Jornada informativa sobre el Proyecto de Protección Ambiental y Desarrollo Sostenible: Se desarrolló en Mercedes, Provincia de Corrientes, en el Salón de Actos de la Escuela Normal “Manuel Florencio Mantilla” participando como disertante sobre la experiencia local la Arquitecta Mireya López Bernis, y el Geólogo Miguel Giraut de la

Subsecretaría de Recursos Hídricos, organizada por el Instituto Correntino del Agua y del Ambiente.

Feria provincial infantil y juvenil de Ciencia y Tecnología: En el mes de septiembre 2009, cuyo lema era: “Hacia un saber científico en un espacio diferente”, participó la Presidente del CLAP Concordia brindando una conferencia sobre el Acuífero Guaraní. Se realizó en la Escuela Gerardo Yoya y fue organizado por la Provincia de Entre Ríos a través del CGE.

Presentación del PEA: En el Ministerio de Economía y Finanzas Públicas de la Nación en el que participaron las provincias involucradas y el área del Piloto con la presencia del Sr. Subsecretario de Recursos Hídricos de la Nación Ing. Fabián López y el Secretario de Ambiente y Desarrollo de la Nación. En el encuentro disertaron Jorge Santa Cruz, Miguel Giraut y la Arq. Mireya López Bernis.

Recepción de bibliografía: En el mes de marzo se recibió en la oficina Concordia del CLAP, textos de Geología, Geofísica, Hidrología, Química, Estudios socioeconómicos, Relevamientos varios, Anteproyectos de obras, Proyectos ejecutivos, Modelos matemáticos, etc. desde la Subsecretaría de Recursos Hídricos de la Nación para formar una biblioteca de consulta.

Foro para la conservación del río Uruguay: Durante el mes noviembre 2011 participamos en la 2da. Reunión del Foro en el que se trató la importancia de la administración del río, su monitoreo, una regulación en su aprovechamiento y fundamentalmente su conservación. Con la presencia del Presidente de la Unión de Parlamentarios del Mercosur se efectuó este Foro creado en Florianópolis en el año 2010, organizado por el Centro de Industria y Comercio de Concordia en la que además participaron parlamentarios provinciales argentinos, estaduales brasileños, Municipios de Concordia y Salto, concejales, delegados de la Comisión Administradora del Río Uruguay (CARU), Universidades y Centros Comerciales.

Resolución del Honorable Concejo Deliberante de Concordia: Sancionada el 5 de diciembre, mediante la cual solicita a los gobiernos de las Provincias de Entre Ríos, Corrientes, Misiones, Chaco, Formosa y Santa Fe; y a sus respectivos legisladores nacionales, arbitren los medios para darle el marco legal al Acuerdo Firmado por la República Argentina, la República Federativa del Brasil, la República del Paraguay y la República Oriental del Uruguay, el 2 de agosto de 2010 en la Provincia de San Juan, República Argentina sobre el Acuífero Guaraní promoviendo la gestión, el monitoreo y el aprovechamiento sustentable como únicos titulares del recurso.

AÑO 2012

Creación de la Oficina de Articulación Local del SAG: Por Decreto N° 451/12 del Departamento Ejecutivo de la Municipalidad de Concordia, para dar continuidad a las acciones del Proyecto de Protección Ambiental y Desarrollo sostenible del SAG, se crea esta oficina, nombrándose a cargo a la Arq. Mireya López Bernis.

Publicación compilando lo realizado en el Piloto durante el PSAG: A ser editada en el marco del Plan Nacional Federal de Aguas Subterráneas que se lleva a cabo entre el Consejo Hídrico Federal (COHIFE) y la Subsecretaría de Recursos Hídricos de la Nación. Elaboración del presente texto mediante la selección de los contenidos técnicos producidos por el PSAG, compilación y apostillas sobre los mismos, a cargo de la geóloga Estela Solana.

Reunión de las comisiones de Concordia-Salto de apoyo al SAG: Con la finalidad de reiniciar actividades relacionadas al SAG, se tomó contacto con representantes de la Intendencia de Salto en la que se acordaron las pautas de trabajo conjunto para dar así continuidad a distintas actividades a desarrollar en la región. Se acordó proseguir con las reuniones mensuales, monitoreo conjunto de los pozos de ambas ciudades, actividades de difusión y concientización.

ACTIVIDADES EN DESARROLLO

Nuevo acuerdo de colaboración del SAG, entre la Intendencia de Salto y la Municipalidad de Concordia: La firma de este documento por parte de ambos mandatarios locales, es la ratificación de voluntades de cooperación, perfeccionamiento y continuidad de acciones que ya venían ejecutándose desde el PSAG.

Capacitación ArcGIS: Organización de un curso de capacitación para técnicos con el objetivo de fortalecer las instituciones, del que participarán los Organismos de aguas subterráneas de las provincias argentinas que tienen en su subsuelo el Acuífero Guaraní y técnicos uruguayos. Se tomó contacto con autoridades de la UNER para llevar adelante esta capacitación con profesionales de Sistemas de la Facultad de Oro Verde.

Proyectos de capacitación: Presentado en CAFESG, orientados a docentes, guardaparques, guías de turismo y comunidades termales, expertos y responsables de organismos y/o empresas que por su actividad pueden transmitir conocimiento sobre el cuidado y conservación del recurso.

EPÍLOGO

Avances técnicos e institucionales posteriores al año 2009

A continuación se presentan acciones de importancia regional y en especial realizadas por Argentina y Uruguay involucrados en el “Piloto Transfronterizo Concordia-Salto”. Destacándose que las mismas son producto del Proyecto Protección Ambiental y Desarrollo Sostenible del Sistema Acuífero Guaraní (PSAG), habiéndose plasmando en estos últimos tiempos.



PARLAMENTO DEL MERCOSUR



MERCOSUR/PM/SO/REC. 25/2009

CREACIÓN DEL INSTITUTO REGIONAL E INVESTIGACIONES Y DESARROLLO DEL AGUA SUBTERRÁNEA

FUNDAMENTOS

El Medio Ambiente es un tema que se ha convertido, en las últimas décadas, en una problemática mundial y se ha transformado en una especie de ideología que está movilizándolo a los países para que adopten políticas compartidas.

A lo largo de la historia, la actividad humana tenía únicamente efectos locales, mientras que hoy día esta actividad genera perjuicios sobre el planeta en su totalidad. En los últimos tiempos han sido publicados una infinidad de informes sobre la situación y los desafíos ambientales a escala planetaria.

Este nuevo paradigma de desarrollo, como sabemos, coloca al ser humano en el centro del proceso, considerando al crecimiento económico como un proceso ecológicamente limitado y como uno de los medios para alcanzar mayores niveles de bienestar humano, y no como un fin. Se aspira a proteger las oportunidades de vida de las generaciones actuales y futuras y que, por ende, se respete la integridad de los sistemas naturales que permiten la existencia de vida en el planeta.

Con respecto al agua, es oportuno recordar que la misma ocupa el 75 % de la superficie de nuestro planeta y se distribuye en océanos, mares, glaciares, casquetes polares, ríos, arroyos y lagos. El mayor porcentaje es salada, 97% y solo el 3% es dulce. De esta pequeña parte se puede acceder únicamente al 1%, siendo la mayoría agua subterránea.

Resulta interesante recordar lo asegurado oportunamente por el Director General de la UNESCO, al comentar el informe más exhaustivo que se haya conocido sobre el estado actual de agua y decir en esa oportunidad: *"de todas las crisis sociales y naturales que debemos afrontar los seres humanos, la de los recursos hídricos es la que más afecta a nuestra propia supervivencia y a la del planeta"*.

Según el Informe Mundial sobre el Desarrollo de los Recursos Hídricos publicados en víspera del Tercer Foro Mundial del Agua realizado en Kyoto, Japón, *"se prevé que en los próximos veinte (20) años el promedio mundial de abastecimiento de agua por habitante disminuirá en un tercio"* a causa del crecimiento de la población, de la contaminación y del cambio climático.

Ninguna de las hipótesis que baraja el informe en cuya elaboración participaron todas las organizaciones y comisiones de las naciones unidas, son



PARLAMENTO DEL MERCOSUR



auspiciosas. En el mejor de los casos, a mediados del presente siglo habrá 2.000 millones de personas en 48 países que sufrirán la escasez de agua.

A su vez, estimaciones de Naciones Unidas sostienen que la población mundial es de unos 6.500 millones de habitantes, con un estimativo de 9 a 10 mil millones de personas para el 2050. De los 6.500 millones de personas, existen 1.100 millones que no tienen acceso al agua potable, muriendo miles de personas por enfermedades relacionadas con el agua.

La disponibilidad del agua para el consumo humano y para la agricultura, que ya presentaba varios problemas de escasez en la década del 70 en muchos países de África, del Sudeste Asiático, del Medio Oriente y de América Latina, se está convirtiendo en uno de los problemas más agobiantes del planeta.

Se calcula que solo a cuenta de la salinización, una cuarta parte de la superficie irrigada del mundo ya se encuentra comprometida, lo cual permite esperar la recurrencia de la hambruna que devastó muchos países de África en las décadas pasada, con su probable expansión a otras regiones del planeta.

Así pues, el consumo de agua en el mundo ha experimentado un incremento sustancial, cuyos factores esenciales hay que buscar en el crecimiento de la población, el desarrollo industrial y la expansión del regadío, a cuya satisfacción ha contribuido de manera sustantiva la explotación de los recursos subterráneos.

Desde tiempos muy antiguos las aguas subterráneas han sido utilizadas por el hombre, al que permitieron, en particular en los países con clima árido o semiárido, atender las necesidades básicas de la población, así como crear una agricultura algo más diversificada que la de subsistencia y ser origen de organizaciones sociales cada vez más complejas.

La verdadera revolución en la utilización de las aguas subterráneas debe situarse en el tercio central del pasado siglo, ligada a tres hechos esenciales: la invención de la bomba de turbina, que posibilita la extracción de importantes caudales de agua a grandes profundidades; los avances en la tecnología de perforación de pozos, que permiten progresar en su ejecución tanto en los aspectos relativos a profundidades como a diámetros; y el desarrollo científico y práctico de la hidrogeología cuantitativa, que da cumplida explicación a los mecanismos de funcionamiento de las aguas subterráneas.



PARLAMENTO DEL MERCOSUR



La importancia entonces de los recursos hídricos subterráneos para el abastecimiento de agua es incuestionable.

Al final de la década de los 80, más de 140 millones de personas de América Latina y el Caribe utilizaban las aguas subterráneas como fuente prioritaria.

En efecto, este crecimiento notable en la explotación de las aguas subterráneas ha constituido un importante motor del desarrollo cuya aplicación se llevó a cabo, generalmente, a partir de iniciativas locales o privadas. También ha llevado a sobreexplotaciones muy intensas en muchas partes del mundo.

Es de desear que en el futuro siga siendo una fuente de suministro de agua potable y de riego, pero que también permita la existencia de ecosistemas asociados de gran riqueza y singular importancia para la preservación de determinadas especies animales y vegetales.

Además de los usos humanos que satisface, el agua subterránea realiza muchas otras funciones ecológicas fundamentales.

Es parte esencial del ciclo hidrológico que el agua se mueve constantemente, sobre y bajo la superficie del planeta. Como tal, desempeña una función importante en el mantenimiento de corrientes, ríos, lagos, humedales y comunidades acuáticas. Por ejemplo, las aguas subterráneas contribuyen con una cantidad significativa del suministro general de agua en los Grandes Lagos: desde 22% del suministro al lago Erie, hasta 42% del suministro a los lagos Hurón y Ontario.

Sin embargo, su utilización se encuentra sujeta a una presión creciente que pone en riesgo su empleo, en el marco de un desarrollo sostenible. Hay que tomar en cuenta también que los acuíferos son bienes de propiedad general, que todos tienen derecho a usar, y a los que ha resultado y resulta muy difícil en muchos casos impedir el acceso.

La protección de las aguas subterráneas incluye tanto los aspectos cuantitativos como los cualitativos, si bien, generalmente, son estos últimos los preponderantes. Por la importancia que representa el abastecimiento humano sin riesgo para la salud, suele asociarse la calidad del agua con sus aptitudes para este uso y, de forma creciente, para el conjunto de la industria alimentaria, especialmente para la que implica incorporación del agua al producto final o a la manipulación de los alimentos.

La acción preventiva es el instrumento más eficaz para proteger el recurso de la contaminación; se debe prestar gran atención en lo relativo a la construcción



PARLAMENTO DEL MERCOSUR



de los propios pozos de explotación, ya que una ejecución defectuosa puede dar lugar a importantes contaminaciones de los acuíferos.

La carencia de normativa adecuada para la perforación de captaciones y su inadecuada o insuficiente implementación puede representar un problema de especial gravedad al ser los pozos una vía preferente de conexión con los acuíferos y, en consecuencia, para la introducción de elementos contaminantes.

Cabe igualmente mencionar una práctica demasiado habitual que es el vertido incontrolado e indiscriminado de residuos agropecuarios o industriales en cauces o zonas permeables, así como la eliminación de residuos industriales mediante la inyección en pozos profundos que pueden alcanzar la zona saturada y los niveles explotables, si no se toman las debidas precauciones.

RECURSOS TRANSFRONTERIZOS

La nueva geografía política implica el reordenamiento de la territorialidad basada en los procesos de integración. Desde esta perspectiva, la Geografía política emergente es el fenómeno caracterizado por la formación de un espacio con numerosos territorios de manera simultánea, y origina manifestaciones geográficas en el espacio físico y en el espacio virtual.

La experiencia de la integración, como esfuerzo articulador de espacios ampliados, a fin de acceder a economías de escala y adquirir competitividad internacional, resulta ser un hito paradigmático en la llamada nueva globalización. Estas relaciones entre países, subregiones y regiones, conforman un universo en tres planos o dimensiones que se superponen y toman complejo su estudio.

Dentro de los recursos naturales estratégicos, el agua tiene una importancia significativa para el devenir de la humanidad y la emergencia de conflictos que amenacen la paz en amplias regiones del planeta, en un futuro cercano. De hecho ya está sucediendo y siendo contemplada dentro del pensamiento estratégico de las nuevas hipótesis de conflicto.

La nueva territorialización emergente de la integración, desafía a los gobiernos a fin de acordar la manera en que se utilizarán los RECURSOS TRANSFRONTERIZOS. Entre ellos, el agua se constituye en una materia de alta sensibilidad.

Para los países en desarrollo alcanzar la seguridad del agua debería ser la primera prioridad. Mientras las naciones desarrollan sus recursos hídricos deben invertir relativamente más en el desarrollo de instituciones que aseguren el funcionamiento y mantenimiento sin dejar de lado la necesidad de una planificación de uso conjunto del agua superficial y subterránea.



PARLAMENTO DEL MERCOSUR



Es necesario tomar decisiones con información, pero sobre todo con conocimiento.

La información por sí sola no basta. No se puede gerenciar el agua sin conocer el recurso, sus usos y su relación e impacto en lo ambiental, económico y social. En este sentido se deben reforzar las investigaciones y las mediciones regulares de una serie de datos sobre el agua tanto en cantidad como en calidad, así como contar con un adecuado padrón de usos y usuarios, y conocer cómo utilizar esta información. También comprometerse a mantener una excelencia profesional de aquellos encargados de intervenir en la gestión del agua y las cuencas e incentivar una "cultura" del agua.

Por todo ello, se torna estratégico además que los países de la región en los cuales se encuentran importantes acuíferos y, particularmente, el "Acuífero Guaraní", evalúen la necesidad de incorporar y aplicar normas que expresamente determinen los alcances internacionales de su utilización sustentable. Conocer mejor el recurso y controlar adecuadamente su utilización son las premisas fundamentales para que las aguas subterráneas sigan siendo lo que han sido hasta el presente, es decir, un motor de progreso.

La Sustentabilidad del Agua Subterránea en la región del MERCOSUR, sin duda también está relacionada a dos aspectos combinados: desarrollo del uso y gestión sostenible y participativa del agua subterránea en los países involucrados, y en su capacidad conjunta de crear mecanismos de cooperación y promoción del conocimiento que adecue y fortalezca las instituciones locales para a su vez asegurar la protección y uso sostenible del recurso.

En muchos países es necesario apoyar e incentivar la creación o fortalecimiento de instituciones específicas que sirvan como sistema de consulta, al cual puedan recurrir las autoridades provinciales, estatales o locales. Muchas veces, por carecer de dicho apoyo, las autoridades locales no pueden cumplir con sus asignaciones de funciones de gestión en forma adecuada.

En principio, el funcionamiento de acciones implementadas para el monitoreo de los acuíferos, como también la gestión del sistema de informaciones y el aumento en el conocimiento junto a los gestores del recurso subterráneo, necesitará de una especializada estructura para mantenimiento y potencialización de los resultados.

Las características de la estructura adecuada deberán tomarse más clara en el transcurso del tiempo, y a la luz de nuevos escenarios de usos con mayor valor agregado y posible competencia entre los mismos. En este concepto está implícita la necesidad del conocimiento hidrogeológico del agua subterránea en lo concerniente a su correcta prospección y evaluación, la determinación ajustada de sus características hidrodinámicas e hidroquímicas, y la necesidad de una explotación técnicamente correcta y racional.



PARLAMENTO DEL MERCOSUR



No se debe contemplar la investigación como un fin en sí misma o en el mero conocimiento, sino orientada a caracterizar y explicar mejor los grandes aspectos hidrogeológicos presentes en los complejos sistemas hídricos, validar metodologías y brindar los elementos científico-tecnológicos de apoyo a las decisiones de los administradores del agua.

Por todo lo expuesto creemos conveniente y oportuno la creación del "INSTITUTO REGIONAL DE INVESTIGACIONES y DESARROLLO del AGUA SUBTERRÁNEA y de la PROTECCIÓN AMBIENTAL DE ACUÍFEROS DEL MERCOSUR" (INRA MERCOSUR), así como la inmediata implementación de un proyecto de transición a la finalización del actual Proyecto Sistema Acuífero Guaraní.

Por ello,

EL PARLAMENTO DEL MERCOSUR RECOMIENDA:

Artículo 1°: Al Consejo del Mercado Común la creación de un "INSTITUTO REGIONAL DE INVESTIGACIONES y DESARROLLO del AGUA SUBTERRÁNEA y de la PROTECCIÓN AMBIENTAL DE ACUÍFEROS DEL MERCOSUR" (INRA MERCOSUR).

Artículo 2°: El organismo aludido en el artículo 1° tendrá como objetivo brindar apoyo científico – técnico a los Estados Parte, países en proceso de adhesión o asociados, en la gestión y desarrollo sustentable del agua subterránea y la protección ambiental de acuíferos del MERCOSUR. Todo ello tendiente a la mejora de la estructura institucional regional respecto de la unificación de políticas comunes en el uso de los recursos hídricos.

Artículo 3°: El INRA MERCOSUR tendrá como destinatarios primarios a Organismos Nacionales de Gestión y eventualmente grandes usuarios nacionales o regionales; y como destinatarios secundarios a Organismos Estadales o Municipales de gestión y eventualmente grandes usuarios.

Artículo 4°: Serán temas prioritarios de consideración del organismo:

- a) Sistemas de Información y Base de Datos específicas.
- b) Redes de Monitoreo de calidad y cantidad de agua.
- c) Prospección geológica y geofísica.
- d) Preparación y Utilización de Metodologías Hidrológicas e Hidrogeológicas-hidrogeoquímicas-isotópicas validadas.
- e) Control de Calidad de Estudios.
- f) Protección Ambiental de Acuíferos.
- g) Usos sustentables del agua subterránea.



PARLAMENTO DEL MERCOSUR



- h) Aspectos sociales, económicos, legales e institucionales relacionados.
- i) Asistencia Técnica a los Parlamentarios del MERCOSUR.
- j) Apoyo y complemento a la capacitación para el desarrollo de experticias en Organismos de Gestión.
- k) Apoyo a la difusión de la temática hídrica subterránea sustentable.

Artículo 5º: Organización básica: El INRA MERCOSUR deberá contar con:

- a) **Consejo Superior:** Integrado por representantes de los Estados Miembros, países en proceso de adhesión o asociados con relación a áreas de incumbencia, a propuesta de los Poderes Ejecutivos y con la aprobación del Parlamento del MERCOSUR.
- b) **Consejo Asesor Científico Internacional:** Conformado por especialistas con preferente participación técnica y trabajo en equipo con los Sistemas de Ciencia y Técnica.

La estructura orgánica del INRA MERCOSUR deberá tener independencia y autarquía de cualquier organismo de gestión de los países integrantes, con el objeto de lograr el gerenciamiento y toma de decisiones técnico – económico – financieras, en base a una agilidad en la ejecución gerencial semestral, que será aprobada por el Consejo Superior.

Artículo 6º: La sede central del INRA MERCOSUR funcionará en uno de los Estados Miembros, y además contará con una oficina de representación en los otros países integrantes.

Artículo 7º: Los fondos de financiación para la creación y funcionamiento del INRA MERCOSUR serán integrados por el FOCEM, de acuerdo a las distintas etapas de desarrollo del organismo. Asimismo, los fondos podrán provenir de otras fuentes de financiación que el Instituto pueda obtener, con la previa aprobación del Parlamento del MERCOSUR, provenientes de terceros países, instituciones u organismos internacionales.

Artículo 8º: Al momento de la creación del INRA MERCOSUR, los Estados Integrantes deberán suscribir sendos acuerdo de cooperación con la finalidad de viabilizar el funcionamiento del mismo en concordancia con los objetivos propuestos.

Artículo 9º: el Consejo del Mercado Común deberá implementar acciones inmediatas concretas dentro de un INRA MERCOSUR, inicial tales como las propuestas dentro del ya finalizado Proyecto Sistema Acuífero Guaraní, Plan de Acciones Específicas (PEA), Sistema de



PARLAMENTO DEL MERCOSUR



Información (SISAG), Monitoreo de la Red Regional y Pilotos y Difusión,
hasta tanto se consustancie la consolidación del INRA MERCOSUR.

Artículo 10°: De forma.

Montevideo, 30 de noviembre de 2009

Parlamentario Juan Domínguez
Presidente

Dr. Edgar Lugo
Secretario Parlamentario

Acuerdo de explotación, manejo y sustentabilidad del Sistema Acuífero Guaraní. Argentina, Brasil, Paraguay y Uruguay. 2 de agosto de 2010.

SISTEMA ACUÍFERO GUARANÍ ACUERDO DE LOS PAÍSES DEL MERCOSUR PARA PROMOVER SU CONSERVACIÓN Y PROTECCIÓN en el 39° encuentro regional de Presidentes del Mercosur realizado en San Juan, República Argentina.

Artículo 1

El Sistema Acuífero Guaraní es un recurso hídrico transfronterizo que integra el dominio territorial soberano de la República Argentina, de la República Federativa del Brasil, de la República del Paraguay y de la República Oriental del Uruguay, que son los únicos titulares de ese recurso y en adelante serán denominados “Partes”.

Artículo 2

Cada Parte ejerce el dominio territorial soberano sobre sus respectivas porciones del Sistema Acuífero Guaraní, de acuerdo con sus disposiciones constitucionales y legales y de conformidad con las normas de derecho internacional aplicables.

Artículo 3

Las Partes ejercen en sus respectivos territorios el derecho soberano de promover la gestión, el monitoreo y el aprovechamiento sustentable de los recursos hídricos del Sistema Acuífero Guaraní, y utilizarán dichos recursos sobre la base de criterios de uso racional y sustentable, respetando la obligación de no causar perjuicio sensible a las demás Partes ni al medio ambiente.

Artículo 4

Las Partes promoverán la conservación y la protección ambiental del Sistema Acuífero Guaraní de manera de asegurar el uso múltiple, racional, sustentable y equitativo de sus recursos hídricos.

Artículo 5

Cuando las Partes se propongan emprender estudios, actividades u obras relacionadas con las partes del Sistema Acuífero Guaraní que se encuentren localizadas en sus respectivos territorios y que puedan tener efectos más allá de sus respectivas fronteras deberán actuar de conformidad con los principios y normas de derecho internacional aplicables.

Artículo 6

Las Partes que realicen actividades u obras de aprovechamiento y explotación del recurso hídrico del Sistema Acuífero Guaraní en sus respectivos territorios, adoptarán todas las medidas necesarias para evitar que se causen perjuicios sensibles a las otras Partes o al medio ambiente.

Artículo 7

Cuando se cause perjuicio sensible a otra u otras Partes o al medio ambiente, la Parte cuyo uso lo cause deberá adoptar todas las medidas necesarias para eliminar o reducir el perjuicio.

Artículo 8

Las Partes procederán al intercambio adecuado de información técnica sobre estudios, actividades y obras que contemplen el aprovechamiento sustentable de los recursos hídricos del Sistema Acuífero Guaraní.

Artículo 9

Cada Parte deberá informar a las otras Partes de todas las actividades y obras a que se refiere el artículo anterior, que se proponga ejecutar o autorizar en su territorio que puedan tener efectos en el Sistema Acuífero Guaraní más allá de sus fronteras. La información irá acompañada de los datos técnicos disponibles, incluidos los resultados de una evaluación de los efectos ambientales, para que las Partes a las que se haga llegar la información puedan evaluar los posibles efectos de dichas actividades y obras.

Artículo 10

La Parte que considere que una actividad u obra, a que se refiere el Artículo 8, que se proponga autorizar o ejecutar otra Parte, puede, a su juicio, ocasionarle un perjuicio sensible, podrá solicitar a esa Parte que le transmita los datos técnicos disponibles, incluidos los resultados de una evaluación de los efectos ambientales.

Cada Parte facilitará los datos y la información adecuada que le sean requeridos por otra u otras Partes con respecto a actividades y obras proyectadas en su respectivo territorio y que puedan tener efectos más allá de sus fronteras.

Artículo 11

Si la Parte que recibe la información facilitada en los términos del numeral 1 del Artículo 10 llegara a la conclusión de que la ejecución de las actividades u obras proyectadas le pueden causar perjuicio sensible, indicará sus conclusiones a la otra Parte con una exposición documentada de las razones en que ellas se fundan.

En este caso, las dos Partes analizarán la cuestión para llegar, de común acuerdo

y en el plazo más breve posible, compatible con la naturaleza del perjuicio sensible y su análisis, a una solución equitativa sobre la base del principio de buena fe, y teniendo cada Parte en cuenta los derechos y los legítimos intereses de la otra Parte.

La Parte que proporciona la información no ejecutará ni permitirá la ejecución de actividades u obras proyectadas, siempre que la Parte receptora le demuestre prima facie que estas actividades u obras proyectadas le causarán un perjuicio sensible en su espacio territorial o su medio ambiente. En este caso, la Parte que pretende realizar las actividades u obras se abstendrá de iniciar o de seguirlas mientras duran las consultas y negociaciones que deberán concluirse dentro del plazo máximo de seis meses.

Artículo 12

Las Partes establecerán programas de cooperación con el propósito de ampliar el conocimiento técnico y científico sobre el Sistema Acuífero Guaraní, promover el intercambio de informaciones y sobre prácticas de gestión, así como desarrollar proyectos comunes.

Artículo 13

La cooperación entre las Partes deberá desarrollarse sin perjuicio de los proyectos y emprendimientos que decidan ejecutar en sus respectivos territorios, de conformidad con el derecho internacional.

Artículo 14

Las Partes cooperarán en la identificación de áreas críticas, especialmente en zonas fronterizas que demanden medidas de tratamiento específico.

Artículo 15

Se establece, en el marco del Tratado de la Cuenca del Plata, y de conformidad con el Artículo VI de dicho Tratado, una Comisión integrada por las cuatro Partes, que coordinará la cooperación entre ellos para el cumplimiento de los principios y objetivos de este Acuerdo. La Comisión elaborará su propio reglamento.

Artículo 16

Las Partes resolverán las controversias relativas a la interpretación o aplicación del presente Acuerdo en las que sean partes mediante negociaciones directas, e informarán al órgano previsto en el artículo anterior sobre dichas negociaciones.

Artículo 17

Si mediante las negociaciones directas no se alcanzare un acuerdo dentro de un plazo razonable o si la controversia fuere solucionada solo parcialmente, las Partes en la controversia podrán, de común acuerdo, solicitar a la Comisión a que se refiere el Artículo 15 que, previa exposición de las respectivas posiciones, evalúe la situación y, si fuera el caso, formule recomendaciones.

Artículo 18

El procedimiento descrito en el artículo anterior no podrá extenderse por un plazo superior a sesenta días a partir de la fecha en que las Partes solicitaran la intervención de la Comisión.

Artículo 19

Cuando la controversia no hubiera podido solucionarse conforme a los procedimientos regulados en los artículos precedentes, las Partes podrán recurrir al procedimiento arbitral a que se refiere el párrafo 2 de este artículo, comunicando su decisión al órgano previsto en el Artículo 15.

Las Partes establecerán un procedimiento arbitral para la solución de controversias en un protocolo adicional a este Acuerdo.

Artículo 20

El presente Acuerdo no admitirá reservas.

Artículo 21

El presente Acuerdo entrará en vigor el trigésimo día contado a partir de la fecha en que haya sido depositado el cuarto instrumento de ratificación.

El presente Acuerdo tendrá duración ilimitada.

La República Federativa del Brasil será depositaria del presente Acuerdo y de los instrumentos de ratificación, notificará a las demás Partes la fecha de los depósitos de esos instrumentos y enviará copia debidamente autenticada del presente Acuerdo a las demás Partes.

Artículo 22

Las Partes podrán denunciar el presente Acuerdo mediante notificación escrita al depositario. La denuncia surtirá efecto un año después de la fecha en que haya sido recibida la notificación, a menos que en ésta se señale una fecha ulterior.

La denuncia no afectará ningún derecho, obligación o situación jurídica de esa Parte creado por la ejecución del Acuerdo antes de su terminación respecto de esa Parte.

La denuncia no dispensará a la Parte que la formule de las obligaciones en materia de solución de controversias previstas en el presente Acuerdo. Los procedimientos de solución de controversias en curso continuarán hasta su finalización y hasta que los acuerdos alcanzados (o) las recomendaciones (o fallos) sean cumplidos.

Nota: Este Acuerdo es el resultado del documento elaborado en el PSAG por parte de los cuatro países, como Declaración de Principios.

R/ 1890

Poder Legislativo

LEY Nº 18.913

*El Senado y la Cámara de
Representantes de la República
Oriental del Uruguay, reunidos en
Asamblea General,*

Decretan

Artículo Único.- Apruébase el Acuerdo sobre el Acuífero Guaraní, suscrito por la República Argentina, la República Federativa del Brasil, la República del Paraguay y la República Oriental del Uruguay, en San Juan, República Argentina, el 2 de agosto de 2010.

Sala de Sesiones de la Cámara de Representantes, en Montevideo, a 12 de junio de 2012.


JOSÉ PEDRO MONTERO
Secretario


JORGE ORRICO
Presidente

ACUERDOS

Ley 26.780

Apruébase el Acuerdo sobre el Acuífero Guaraní celebrado entre la República Argentina, la República Federativa del Brasil, la República del Paraguay y la República Oriental del Uruguay.

Sancionada: Octubre 31 de 2012

Promulgada: Noviembre 19 de 2012

El Senado y Cámara de Diputados de la Nación Argentina reunidos en Congreso, etc. sancionan con fuerza de Ley:

ARTÍCULO 1º — Apruébase el ACUERDO SOBRE EL ACUÍFERO GUARANÍ, celebrado entre LA REPÚBLICA ARGENTINA, LA REPÚBLICA FEDERATIVA DEL BRASIL, LA REPÚBLICA DEL PARAGUAY y LA REPÚBLICA ORIENTAL DEL URUGUAY, en San Juan —REPÚBLICA ARGENTINA— el 2 de agosto de 2010, que consta de VEINTIDÓS (22) artículos, cuya fotocopia autenticada forma parte de la presente ley.

ARTICULO 2º — Comuníquese al Poder Ejecutivo Nacional.

DADA EN LA SALA DE SESIONES DEL CONGRESO ARGENTINO, EN BUENOS AIRES, EL TREINTA Y UNO DE OCTUBRE DE DOS MIL DOCE.

— REGISTRADO BAJO EL Nº 26.780 —

AMADO BOUDOU — JULIÁN A. DOMÍNGUEZ — Juan H. Estrada — Gervasio Bozzano.

NOTA: El Anexo que integra esta Ley se publica en la edición web del BORA —www.boletinoficial.gov.ar— y también podrá ser consultado en la Sede Central de esta Dirección Nacional (Suipacha 767 - Ciudad Autónoma de Buenos Aires).

ACUÍFERO GUARANÍ: PROPUESTA DE ACCIONES HIDROGEOLÓGICAS EN CONCORDIA (AR) – SALTO (UY), ACOMPAÑANDO EL ACUERDO TRANSFRONTERIZO 2010 ENTRE LOS 4 PAÍSES INVOLUCRADOS

Jorge Néstor Santa Cruz

UBA. FF y L. Departamento de Geografía. UBA-CABA-Argentina. Instituto Nacional del Agua y ex Coordinador Técnico PSAG. Email: jorgenestorsantacruz@yahoo.com.ar

VII Congreso Argentino de Hidrogeología y V Seminario Hispano-Latinoamericano Sobre Temas Actuales de la Hidrología Subterránea. Temas Emergentes en la Gestión de las Aguas Subterráneas.

Salta, Argentina, 2011

ISBN: 978-

Resumen

En agosto del año 2010, Argentina, Brasil, Paraguay y Uruguay, firmaron un Acuerdo de explotación, manejo y sustentabilidad del Sistema Acuífero Guaraní. El mismo, al igual que el Proyecto UN-CDI sobre Derecho de los Acuíferos Transfronterizos de agosto de 2008, utiliza la terminología: evitar “perjuicio sensible” entre las partes, uso “equitativo y razonable” del agua subterránea, y permitir un “funcionamiento efectivo”, entre otros. Se considera que la misma es insuficiente para representar fehacientemente la especificidad y comportamiento del agua subterránea y preservación en todo el Acuífero; situación distinta a lo que ocurre con el agua superficial. En el caso del estudio transfronterizo local (Piloto) CONCORDIA-SALTO del finalizado PSAG - (Proyecto para la Protección Ambiental y el Desarrollo Sostenible del Sistema Acuífero Guaraní), se determinaron especialmente las características hidrogeológicas-hidroquímicas-isotópicas, configuración actual de la piezometría ambos lados de la frontera política entre Argentina y Uruguay en ese sector, y realizaron simulaciones de configuración del macrocono y depresiones futuras en base a un modelo matemático. En base a esa experiencia, se propone una complementación al Acuerdo 2010, para el Sector Transfronterizo Concordia-Salto del Acuífero Guaraní permitiendo convenir acciones técnicas conjuntas y concretas en tiempo y forma, apuntando a mejorar el conocimiento, mayor control y prevención, sin perjuicio de acciones de vigilancia general sobre “el todo regional” contempladas en el PEA –Plan Estratégico de Acción– del PSAG. Para el caso del área de este Sector Transfronterizo del Acuífero Guaraní, se podría adoptar una figura geométrica simétrica a ambos lados del río Uruguay, similar a la del Piloto del SAG, donde las zonas de protección más alejadas del Sector a ambos lados podrían estar a unos 50-70 km y las inmediatas sobre la frontera política.

**CONFERENCIA INTERNACIONAL
LA GESTIÓN DEL SISTEMA ACUÍFERO GUARANÍ
Un ejemplo de cooperación**

21-23 de septiembre de 2011

Ciudad Universitaria – USP, São Paulo

CARTA DE SÃO PAULO

Reunidos en la Universidad de São Paulo, en la Conferencia Internacional “La gestión del Sistema Acuífero Guaraní”^{*}, técnicos, investigadores y profesionales de diversas disciplinas: considerando los resultados del Proyecto Sistema Acuífero Guaraní (GEF-OEA-BM 2002-2008), incorporados en el PEA - Plan Estratégico de Acción;

Considerando los avances en la cooperación entre los cuatro países –Argentina, Brasil, Paraguay y Uruguay– que culminaron con la firma del Acuerdo del Acuífero Guaraní el 02 de agosto del 2010;

Entusiasmados por difundir las bases prácticas de la gestión del acuífero, para asegurar la continuidad de los proyectos piloto desarrollados en Ribeirão Preto, Salto-Concordia, Itapúa y Rivera-Santana do Livramento, que son fuentes de aprendizaje práctico, con participación del poder y las sociedades locales;

Convencidos de la necesidad e importancia de un programa de Información y Comunicación jurídica, institucional, técnica, económica y social, con fundamento en datos calificados sobre la situación, el buen uso y la protección del acuífero, mediante un sistema que promueva la participación de las comunidades y todos los actores gubernamentales y privados involucrados y asegurando que sus aportaciones sean tomadas en cuenta;

Conscientes del interés que la experiencia de la gestión del Acuífero, en el marco de la evolución de las reglas internacionales aplicables a los acuíferos transfronterizos, sea compartida al ritmo en la que se vaya generando y enriqueciendo;

Conscientes de las amenazas que puedan afectar al Acuífero, derivadas de posibles cambios en el uso de la tierra, aumento de la población e impactos de los cambios climáticos;

Hacen públicas las siguientes conclusiones y recomendaciones:

1. Convocar a los Gobiernos de los cuatro países a que ratifiquen el Acuerdo del Acuífero Guaraní, resaltando la actualidad e importancia de seguir el camino indicado en su Artículo 4: “Las partes promoverán la conservación y la protección ambiental del Sistema Acuífero Guaraní con el fin de asegurar el uso múltiple, racional, sostenible y equitativo de sus recursos”.

(*) Conferencia Internacional “La gestión del Sistema Acuífero Guaraní: Un ejemplo de Cooperación” – CIGSAG fue una promoción conjunta del Centro de Pesquisas de Aguas Subterráneas – CEPAS, de la Universidad de São Paulo; de las Universidades británicas de Surrey y Dundee y de la Secretaría de Medio Ambiente del Estado de São Paulo. CIGSAG 2011.

2. Recomendar a los Gobiernos la continuidad de las actividades previstas en el Plan Estratégico de Acción (PEA), mediante:
 - La reconstitución de una estructura operacional semejante a la que funcionó durante la ejecución del Proyecto en el período del 2003-2008.
 - La asignación de un profesional “ad hoc” con la función específica de dirigir dicha organización y facilitar el diálogo con los técnicos responsables de los cuatro países, para la ejecución de las actividades definidas por la Comisión Inter-países (Artículo 15).
3. Convocar a los órganos gestores de los recursos hídricos de los cuatro países a establecer un sistema de información y datos del Acuífero, en un ambiente Portal-WEB, descentralizado, accesible, y que posibilite que sus usuarios lo retroalimenten, para permitir el avance del conocimiento y la mejor gestión de los recursos hídricos;
4. Solicitar el apoyo de los Gobiernos para la organización de futuras conferencias bienales (CIGSAG), enfocadas a temas coyunturales que los propios Gobiernos vayan acordando, con la rotación del país – sede.

São Paulo, Brasil

23 de septiembre de 2011

Sesión Plenaria de la CIGSAG

ACUÍFEROS TRANSFRONTERIZOS: LOS CONCEPTOS “EQUITATIVO Y RAZONABLE” APLICADOS HIDROGEOLOGICAMENTE AL ACUÍFERO GUARANÍ

Jorge N. Santa Cruz

Instituto Nacional del Agua-Argentina

En: AGUA & DERECHOS HUMANOS

Álvaro Sánchez Bravo

©2012, ArCiBel Editores, S.L. - Sevilla (España) <http://arcibel.es>

Imprime Publidisa

ISBN: 978-84-15335-27-6

Pp.: 327-342

CONCLUSIONES GENERALES:

Los términos empleados: Equitativo y Razonable son para el agua subterránea y los acuíferos extensos como el Guaraní, poco o nada definitorios de lo que aparentemente se pretende significar (ver distintas opiniones totalmente contradictorias). La sola utilización de estos términos, sin la precisión y determinación de los alcances correspondientes, pueden incluso dar lugar a interminables debates y reclamos, mientras tanto se podría ir deteriorando el acuífero en sus sectores transfronterizos. El país que **más población tiene explotándolo** para esos fines tendría **un derecho superior** sobre lo que le corres-

ponderaría equitativamente al otro país, para ese y otros usos. Dada la gran extensión del Acuífero Guaraní (más de un millón de kilómetros cuadrados), y las particularidades del mismo (Proyecto SAG, 2009, Santa Cruz, Jorge N. 2009 y 2011), al pretender aplicar el concepto de EQUITATIVO en la asignación soberana concreta de agua subterránea a cada parte se choca con elementos hidrogeológicos y jurídicos muy difíciles de compatibilizar y cuantificar. Por ello, los conceptos que hacen a la cantidad de agua subterránea que corresponde a cada Parte son más realistas aplicándolos a un Sector delimitado igualitariamente a ambos lados de una frontera política. De esta manera se podría aplicar el concepto de “cantidades aproximadamente iguales para cada uno”, aludiendo al significado de “igualdad” (equitativo).

Todo concurre entonces, a convenir, específicamente en UN SECTOR TRANSFRONTERIZO de la totalidad del acuífero, explotar cantidades y calidades de agua propias de ese SECTOR, y que no se van a reflejar sustancialmente mucho más allá del mismo (concepto hidrogeológico, ver Glosario). El volumen existente y explotado, la configuración y cambios en el valor de las curvas isopiezas, disminución de reservas y/o afectaciones en la calidad del agua transfronteriza, entonces, tendrían la ventaja de ser restringidas, evaluadas y acordadas más localmente a un área o sector determinado, a definir en cada caso (Santa Cruz, Jorge N. 2011).

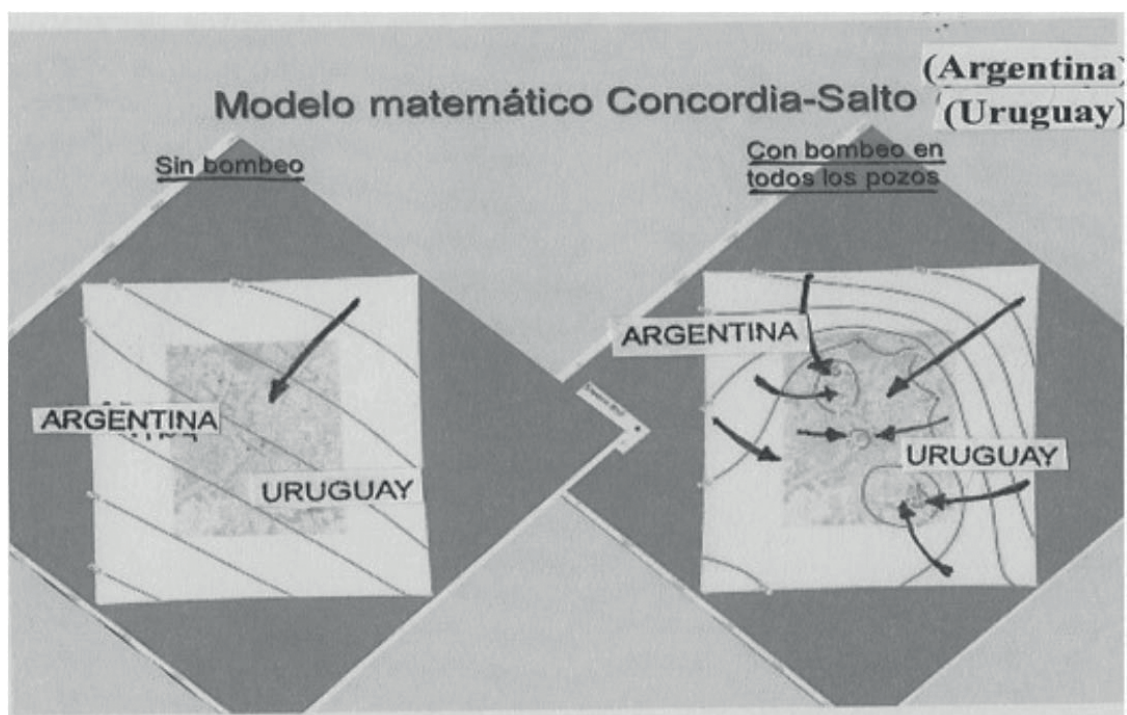
Se descarta aplicar técnicamente el concepto de Razonabilidad ya no hay un consenso en su significado e implementación. Algunas de las interpretaciones existentes, y los factores propuestos por las Convenciones de la ONU para aplicar lo equitativo, en realidad no contemplan o complican la soberanía de la parte equitativa de agua subterránea de las jurisdicciones involucradas, y algunos factores parecerían estar más cerca de la doctrina de la soberanía absoluta que de las más modernas, preservando en muchos casos un status quo. Entendemos que en el caso de acuíferos transfronterizos la prioridad de usos es privativa de cada país, y la asignación “equitativa” del agua a cada uno no puede estar condicionada a hechos prefijados. El caso de uso humano privilegia aquellos países o sectores transfronterizos de mayor población y consumo de agua subterránea para abastecimiento humano, en detrimento de los de menores habitantes pero quizás con necesidades de consumo para otros usos. Lo RAZONABLE sería que cada jurisdicción utilice esa cantidad EQUITATIVA (igual para cada uno en el/los Sector/es Transfronterizo/s acordado/s) de agua subterránea como SOBERANAMENTE mejor lo resuelva (independiente totalmente de las necesidades de la otra jurisdicción salvo acuerdo especial de cualquier tipo).

Por lo tanto, en el caso del Recurso Agua Subterránea, y por ende acuíferos transfronterizos, o sectores transfronterizos del acuífero, el CONOCIMIENTO y la PREVENCIÓN son acciones prioritarias fundamentales a acordar.

CONCLUSIONES PARTICULARES

- La explotación intensa en el espacio y tiempo, en un SECTOR DELACUÍFERO GUARANÍ se replica inexorablemente en la configuración de la piezometría (al igual que en cualquier acuífero).

- En el caso del Sector Concordia-Salto, la piezometría actual y futura (simulada), indicarían un equilibrio en la explotación y aportes del flujo subterráneo, y por lo tanto una equivalencia aproximada de cantidades de agua termal obtenida por cada país.



Adaptado: del Proyecto Acuífero Guaraní (2009)

Piezometría y flujo subterráneo original y del Macrocono Transfronterizo actual, y conos locales a ambos lados del río Uruguay (frontera política Argentina-Uruguay).

Fig 94. Modelo matemático Concordia-Salto.

La piezometría actual indicaría en este caso un equilibrio en la explotación y aportes del flujo subterráneo, y por lo tanto una cantidad EQUITATIVA aproximada de agua termal obtenida por cada país.

Muestreo para análisis de agua por parte del INA: En el mes de abril de 2012, en el marco del Plan Nacional Federal de Aguas Subterráneas, se inició con el monitoreo del Acuífero Guaraní, de los pozos de la Provincia de Entre Ríos ubicados en las ciudades de Villa Elisa, Concordia, Federación y Chajarí y la Provincia de Misiones. En Concordia fueron muestreados los 3 pozos existentes: Termas H2O Termal (Villa Zorraquín), Termas de la Vertiente y Termas del Ayuí. Los integrantes de la oficina de Articulación Local del SAG, la Geóloga María Santi de la Dirección de Hidráulica de Entre Ríos, la Licenciada María Josefa Fioriti de la Subsecretaría de Recursos Hídricos de la Nación y los Señores Eduardo Tenca e Ingeniero José Pintos, de la Intendencia de Salto acompañaron este trabajo de campo.

A efectos de llevar adelante esta delicada tarea el COHIFE contrató al Instituto Nacional del Agua (INA) - Centro de Tecnología del Uso del Agua (CETUA) - Laboratorio Experimental de Calidad de Aguas.

Los protocolos de dichos análisis se incorporan a continuación:

RESULTADO DE LAS DETERMINACIONES DE CAMPO

MUESTREO DE AGUA SUBTERRÁNEA SISTEMA ACUÍFERO GUARANÍ

Código Estación	Fecha de Muestreo	Parámetros medidos en campo						
		Hora	Temperatura °C	Alcalinidad Total	Alcalinidad Fenofaleína	pH (UpH)	Conductividad a 25 °C	Presión de Pozo (kg/cm)
PAG – CON 01	09/04/12	16.10	45.8	257		7.63	687 µS/cm	Manómetro ilegible
PAG – CON 02	09/04/12	14.50	43.7	243		7.70	631 µS/cm	3.9
PAG – CON 03	10/04/12	9.50	43.2	267		7.50	650 µS/cm	2.1

PAG – CON 01: TERMA DE LA VERTIENTE

PAG – CON 02: TERMA H2O TERMAL (VILLA ZORRAQUÍN)

PAG – CON 03: TERMAS DEL AYUÍ

Tabla 38. Determinaciones de campo en el SAG.

Protocolos de análisis de la perforación Terma de la Vertiente

		CENTRO DE TECNOLOGÍA DEL USO DEL AGUA LABORATORIO EXPERIMENTAL DE CALIDAD DE AGUAS Autopista Ezeiza-Cañuelas, Tramo Jorge Newbery, Km. 1,620 - Ezeiza, Prov. Bs. As.			
PROTOCOLO DE ANALISIS			Página 1 de 2		
REFERENCIA DE LABORATORIO N°: 22155		FECHA EMISIÓN: 10/04/2012			
Cliete:		Programa Estudios de Calidad del Agua en Cuencas Hídricas			
Dirección del Cliente:		Autopista Ezeiza-Cañuelas Km 1,620 - Ezeiza			
Fecha de Entrada de la Muestra:		10 de Abril de 2012			
Remitida por:		Programa Estudios de Calidad del Agua en Cuencas Hídricas			
Responsable de Extracción de Muestra:		Programa Estudios de Calidad del Agua en Cuencas Hídricas			
Muestra Proveniente de:		Concordia - Prov. Entre Ríos			
Identificación:		PAG-CON 01			
Tipo de Muestra:		Agua Subterránea			
PARÁMETRO	RESULTADO	UNIDAD	LD*	LC**	TÉCNICA ANALÍTICA
Parámetros Generales					
Calcio	7,9	mg Ca/L	0,5	—	SM 21 st Mét.: 3500-Ca B
Cloruro	37,7	mg Cl/L	1,0	4,0	SM 21 st Mét.: 4500-Cl B
Dureza total	29,2	mg CaCO ₃ /L	4,0	—	SM 21 st Mét.: 2340 C
Magnesio	2,3	mg Mg/L	—	—	SM 21 st Mét.: 3500-Mg B
Nitrógeno-Amónico	ND	mg N-NH ₃ /L	0,03	0,09	SM 18 th Mét.: 4500-NH ₃ B y C
Nitrógeno-Nitrato	ND	mg N-NO ₃ /L	0,30	1,0	SM 21 st Mét.: 4500-NO ₃ B
Nitrógeno-Nitrito	ND	mg N-NO ₂ /L	0,004	0,012	SM 21 st Mét.: 4500-NO ₂ B
Nitrógeno-Total	—	mg N _{total} /L	—	—	SM 21 st Mét.: 4500-N A
Nitrógeno Total Kjeldahl	ND	mg NTK/L	0,31	1,0	SM 21 st Mét.: 4500 mod. s/eq. Tecator AN N° 87/87 - Des. 1028
Potasio	< 3,0	mg K/L	1,0	3,0	SM 21 st Mét.: 3500-K B
Sodio	135	mg Na/L	5,0	15	SM 21 st Mét.: 3500-Na B
Sólidos Disueltos Totales	368	mg Sól.Dis.Tot./L	3,0	10	SM 21 st Mét.: 2540 C
Sulfato	35	mg SO ₄ ²⁻ /L	2,0	6,0	SM 21 st Mét.: 4500-SO ₄ ²⁻ E
Metales					
Arsénico total	38,9	µg As/L	2,00	6,00	SM 21 st Mét.: 3113 B
Cadmio total	ND	mg Cd/L	0,003	0,010	SM 21 st Mét.: 3111 A y B
Cobre total	ND	mg Cu/L	0,010	0,030	SM 21 st Mét.: 3111 A y B
Cromo total	< 0,050	mg Cr/L	0,017	0,050	SM 21 st Mét.: 3111 A y B
Hierro total	ND	mg Fe/L	0,025	0,070	SM 21 st Mét.: 3111 A y B
Manganeso total	ND	mg Mn/L	0,010	0,030	SM 21 st Mét.: 3111 A y B
Mercurio total	ND	µg Hg/L	0,3	1,0	SM 21 st Mét.: 3112 R
Plomo total	ND	µg Pb/L	7,00	20,0	SM 21 st Mét.: 3113 R

Fecha de inicio del análisis: 10-Abr-12

Fecha de finalización del análisis: 9-May-12

► * LD: Límite de Detección: Concentración a partir de la cual se puede asegurar que el analito está presente en la muestra (podrá ser modificado en función de la matriz de la muestra).

► ** LC: Límite de Cuantificación: Concentración por encima de la cual se puede asegurar la cuantificación del analito con el grado aceptable de confianza (podrá ser modificado en función de la matriz de la muestra).

► ND: No Detectado.



	CENTRO DE TECNOLOGIA DEL USO DEL AGUA LABORATORIO EXPERIMENTAL DE CALIDAD DE AGUAS Autopista Ezeiza-Cañuelas, Tramo Jorge Newbery, Km. 1,620 - Ezeiza, Prov. Bs. As.	
	PROTOCOLO DE ANALISIS	Página 2 de 2
REFERENCIA DE LABORATORIO N°: 22155	FECHA EMISIÓN: 09 MAY 2012	

Notas:

- 1) Los resultados analíticos reportados en el presente protocolo, se refieren exclusivamente a la muestra ingresada al laboratorio, no asumiendo las responsabilidades inherentes a las actividades de muestreo.
- 2) Este Protocolo de Análisis sólo puede ser reproducido íntegramente, quedando prohibida su reproducción parcial. El INA declina toda responsabilidad por el uso indebido o incorrecto que se hiciera de este protocolo.

OBSERVACIONES:

CTUA-LECA
SAL
RGC


 Lic. M. Silvina VILLAMOR - Responsable del LECA

 Firma, Aclaración y Cargo

RIT 007.2

CENTRO DE INVESTIGACIONES
TOXICOLÓGICAS S.A.



Buenos Aires, 09/05/2012

INFORME ANALITICO 165555

Solicitado por: INSTITUTO NACIONAL DEL AGUA

Dirección: Autopista Ezeiza Cañuelas Tramo J.Newbery Km. 1.02 - EZEIZA

Tipo de muestra: AGUA SUBTERRANEA

Identificación: PRECINTONº: 065.852 - PAG-CON01 - 09/04/12 - 16:10hs -

Fecha de recepción: 19/04/2012

Resultados

PARAMETROS	RESULTADO	UNIDAD	METODO ANALITICO	LIMITE DE CUANTIFICACION
Sílice total	17,6	mg/l	SM 4500 SiO ₂ C	0,2 mg/l

El análisis se refiere a la muestra remitida.

Este protocolo sólo puede ser reproducido íntegramente con la autorización escrita del CENTRO DE INVESTIGACIONES TOXICOLÓGICAS S.A.

Dr. CARLOS A. GOTELLI
Biotecnólogo
Lic. en Criminología
Mat. Nac. 44826
Reg. S.P.A. 0721

Página 1 de 1

AV. JUAN B. ALBERDI 2986 - TEL. 4613-1100 / 4612-6912 - FAX 4613-3707 - e-mail: info@citsa.com.ar
(C1406GSS) BUENOS AIRES - ARGENTINA

CENTRO DE INVESTIGACIONES
TOXICOLÓGICAS S.A.



Buenos Aires, 09/05/2012

INFORME ANALITICO 165556

Solicitado por: INSTITUTO NACIONAL DEL AGUA

Dirección: Autopista Ezeiza Cañuelas Tramo J.Newbery Km.1.02 - EZEIZA

Tipo de muestra: AGUA SUBTERRANEA

Identificación: PRECINTONº: 065.721 - PAG-CON01 - 09/04/12 - 16:10hs -

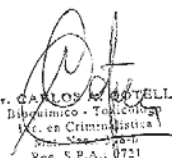
Fecha de recepción: 19/04/2012

Resultados

PARAMETROS	RESULTADO	UNIDAD	METODO ANALITICO	LIMITE DE CUANTIFICACION
Fluoruros	0,7	mg/l	SM 4110 B / EPA 300.0	0,1 mg/l

El análisis se refiere a la muestra remitida.

Este protocolo sólo puede ser reproducido íntegramente con la autorización escrita del CENTRO DE INVESTIGACIONES TOXICOLÓGICAS S.A.


Dr. CARLOS A. CASTELLI
Biotímico - Toxicólogo
Lic. en Criminología
Reg. S.P.A.: 0721

Página 1 de 1

AV. JUAN B. ALBERDI 2986 - TEL. 4613-1100 / 4612-6912 - FAX 4613-3707 - e-mail: info@citsa.com.ar
(C1406G8S) BUENOS AIRES - ARGENTINA



LABORATORIO DE ISOTOPOS ESTABLES

INFORME N°: 20120178
N° de Muestras: 28755/28764

Página 1/1

INFORME DE RELACIONES ISOTÓPICAS SOBRE AGUAS

Buenos Aires, 03 de Septiembre de 2012

Solicitante: Dr Santa Cruz - Plan Nacional de aguas subterráneas C.H.F.
Institución:

Material: agua
Localidad: Acuífero Guaraní, Misiones-Entre Ríos

Dirección: Tel: E-mail:

Fecha de recepción de la muestra:

Método Utilizado: Espectroscopia láser (OA-ICOS: Off-Axis Integrated Cavity Output Spectroscopy)

Muestra AIE N°	Remitente N°	$\delta^{18}\text{O} \text{‰}$ (VSMOW) ± 0.3	$\delta^2\text{H} \text{‰}$ (VSMOW) ± 1	Fecha de Evaluación $\delta^{18}\text{O}$ y $\delta^2\text{H}$
28755	PAG-CON02	-5,9	-34	30/08/2012
28756	PAG-CON01	-6,0	-33	30/08/2012
28757	PAG-CON01(DC)	-6,0	-33	30/08/2012
28758	PAG-CON01(BC)	-5,3	-27	30/08/2012
28759	PAG-CON03	-5,9	-34	30/08/2012
28760	PAG-FED04	-5,9	-34	30/08/2012
28761	PAG-CHA05	-6,0	-33	30/08/2012
28762	PAG-CAZ08	-6,1	-35	30/08/2012
28763	PAG-OBE06	-6,2	-34	30/08/2012
28764	PAG-POS10	-5,5	-29	30/08/2012

Observaciones:

Analista: Dra. Cristina Dapeña

Cristina Dapeña

Dr. HECTOR O. PANARELLO
QUIMICO
M.P. 5663

IMPORTANTE: Las muestras se conservarán durante noventa (90) días posterior a la fecha de informe y luego se dispondrá de las mismas.

NOTA: Los resultados de los ensayos de este informe sólo corresponden a los ítem ensayados y a los números de las muestras indicadas.
La incertidumbre informada corresponde a 1 σ .
El laboratorio no se hace responsable del muestreo ni del transporte de las muestras.
El INGEIS se responsabiliza por el informe de los resultados en soporte papel y no se hace responsable de los resultados de ensayo por vía electrónica ni soporte magnético. La reproducción parcial del informe está prohibida.

INSTITUTO DE GEOCRONOLOGÍA Y GEOLOGÍA ISOTÓPICA
Pabellón INGEIS - Ciudad Universitaria - C1428EHA- Ciudad Autónoma de Buenos Aires - Argentina



SISTEMA ACUÍFERO GUARANÍ

INFORME DE MONITOREO DE AGUAS SUBTERRANEAS

FECHA: 09 / 04 / 12

LUGAR DEL MONITOREO: Concordia - Pcia. de Entre Rios

CODIGO DE ESTACION: PAL-CON01

Latitud: S 31° 17' 42,4" Longitud: O 58° 00' 15,4"

PARÁMETROS MEDIDOS EN CAMPO	
Hora de llegada: 15:50	Hora de Partida: 17:30
Hora de Muestreo	16:00-10
Nivel Estático (m)	-----
Nivel Dinámico (m)	-----
Tiempo de Purgado (min.)	-----
TEMPERATURA (°C)	48,8
ALCALINIDAD TOTAL	257,5
pH (UpH)	7,63
CONDUCTIVIDAD (µS/cm a 25°C)	687
PRESIÓN DEL POZO	* —

PERSONAL PRESENTE EN EL MUESTREO:

Echandia, Jacinto - Ruiz Diaz, Miguel - Frioni, Maria Josefa - Lopez Bernis, Mireya - Santi, Maria - Aguilera, Luciano - Furelli, Juan.

OBSERVACIONES:

Pozo de la empresa "Verter S.A."
 * No se puede leer presión, Manómetro ilegible
 (Pres. aprox 1,2 - 1,5 Kg/cm según encargado)

FIRMA DEL RESPONSABLE DEL INFORME: _____

Tco. Qco. Juan D. Sabella
 INA - CTUA - PECACH

Análisis de la perforación termal: H2O Termal (Villa Zorraquín)

	CENTRO DE TECNOLOGIA DEL USO DEL AGUA LABORATORIO EXPERIMENTAL DE CALIDAD DE AGUAS Autopista Ezeiza-Cañuelas, Tramo Jorge Newbery, Km. 1.620 - Ezeiza, Prov. Bs. As.				
	PROTOCOLO DE ANALISIS			Página 1 de 2	
REFERENCIA DE LABORATORIO N°: 22153			FECHA EMISIÓN: 09 MAY 2012		
Cliente:			Programa Estudios de Calidad del Agua en Cuencas Hídricas		
Dirección del Cliente:			Autopista Ezeiza Cañuelas Km 1,620 - Ezeiza		
Fecha de Entrada de la Muestra:			10 de Abril de 2012		
Remitida por:			Programa Estudios de Calidad del Agua en Cuencas Hídricas		
Responsable de Extracción de Muestra:			Programa Estudios de Calidad del Agua en Cuencas Hídricas		
Muestra Proveniente de:			Concordia - Prov. Entre Ríos		
Identificación:			PAG-CON 02		
Tipo de Muestra:			Agua Subterránea		
PARÁMETRO	RESULTADO	UNIDAD	LD*	LC**	TÉCNICA ANALÍTICA
Parámetros Generales					
Calcio	5,8	mg Ca/L	0,5	--	SM 21 ^{ra} Mét.: 3500-Ca B
Cloruro	21,8	mg Cl/L	1,0	4,0	SM 21 ^{ra} Mét.: 4500-Cl B
Dureza total	23,5	mg CaCO ₃ /L	4,0	--	SM 21 ^{ra} Mét.: 2340 C
Magnesio	2,2	mg Mg/L	--	--	SM 21 ^{ra} Mét.: 3500-Mg B
Nitrógeno-Amónico	ND	mg N-NH ₃ /L	0,03	0,09	SM 18 ^{ta} Mét.: 4500-NH ₃ B y C
Nitrógeno-Nitrato	ND	mg N-NO ₃ /L	0,30	1,0	SM 21 ^{ra} Mét.: 4500-NO ₃ B
Nitrógeno-Nitrato	ND	mg N-NO ₂ /L	0,004	0,012	SM 21 ^{ra} Mét.: 4500-NO ₂ B
Nitrógeno-Total	--	mg N _{total} /L	--	--	SM 21 ^{ra} Mét.: 4500-N A
Nitrógeno Total (Kjeldhal)	ND	mg NTK/L	0,31	1,0	SM 21 ^{ra} Mét.: 4500 mod. s/eq. Tecator AN N° 87/87 - Des. 1026
Potasio	< 3,0	mg K/L	1,0	3,0	SM 21 ^{ra} Mét.: 3500-K B
Sodio	129	mg Na/L	5,0	15	SM 21 ^{ra} Mét.: 3500-Na B
Sólidos Disueltos Totales	342	mg Sól.Dis.Tot./L	3,0	10	SM 21 ^{ra} Mét.: 2540 C
Sulfato	16	mg SO ₄ ²⁻ /L	2,0	6,0	SM 21 ^{ra} Mét.: 4500-SO ₄ ²⁻ E
Metales					
Arsénico total	37,5	µg As/L	2,00	6,00	SM 21 ^{ra} Mét.: 3113 B
Cadmio total	ND	mg Cd/L	0,003	0,010	SM 21 ^{ra} Mét.: 3111 A y B
Cobre total	ND	mg Cu/L	0,010	0,030	SM 21 ^{ra} Mét.: 3111 A y B
Cromo total	< 0,050	mg Cr/L	0,017	0,050	SM 21 ^{ra} Mét.: 3111 A y B
Hierro total	ND	mg Fe/L	0,025	0,070	SM 21 ^{ra} Mét.: 3111 A y B
Manganeso total	ND	mg Mn/L	0,010	0,030	SM 21 ^{ra} Mét.: 3111 A y B
Mercurio total	ND	µg Hg/L	0,3	1,0	SM 21 ^{ra} Mét.: 3112 B
Plomo total	ND	µg Pb/L	7,00	20,0	SM 21 ^{ra} Mét.: 3113 B

Fecha de inicio del análisis: 10-Abr-12

Fecha de finalización del análisis: 7-May-12

* LD: Límite de Detección: Concentración a partir de la cual se puede asegurar que el analito está presente en la muestra (podrá ser modificado en función de la matriz de la muestra).

** LC: Límite de Cuantificación: Concentración por encima de la cual se puede asegurar la cuantificación del analito con el grado aceptable de confianza (podrá ser modificado en función de la matriz de la muestra).

ND: No Detectado.

80

	CENTRO DE TECNOLOGIA DEL USO DEL AGUA LABORATORIO EXPERIMENTAL DE CALIDAD DE AGUAS Autopista 524/53 - Carvilas, Tramo Jorge Newbery, Km. 1420 - Entre, Prov. Bs. As.
PROTOCOLO DE ANALISIS	Página 2 de 2
REFERENCIA DE LABORATORIO Nº: 22153	FECHA EMISIÓN: 03 MAY 2012
Notas: 1) Los resultados analíticos reportados en el presente protocolo, se refieren exclusivamente a la muestra ingresada a laboratorio, no asumiendo las responsabilidades inherentes a las actividades de muestreo. 2) Este Protocolo de Análisis sólo puede ser reproducido íntegramente, quedando prohibida su reproducción parcial. El INA declina toda responsabilidad por el uso indebido o incorrecto que se hiciera de este protocolo. OBSERVACIONES:	

SAL	RGC
-----	-----


Lic. M. Silvina VILLEMUR - Responsable del LECA
LABORATORIO EXPERIMENTAL DE CALIDAD DE AGUAS
 Firma, Aclaración y Cargo

R/IT.007.2

CENTRO DE INVESTIGACIONES
TOXICOLOGICAS S.A.



Buenos Aires, 09/05/2012

INFORME ANALITICO 165553

Solicitado por: INSTITUTO NACIONAL DEL AGUA

Dirección: Autopista Ezeiza Cañuelas Tramo J.Newbery Km.1.62 - EZEIZA

Tipo de muestra: AGUA SUBTERRANEA

Identificación: PRECINTONº: 065.629 - PAG-CON02 - 09/04/12 - 14:50hs -

Fecha de recepción: 19/04/2012

Resultados

PARAMETROS	RESULTADO	UNIDAD	METODO ANALITICO	LIMITE DE CUANTIFICACION
Sílice total	17,7	mg/l	SM 4500 SiO2 C	0,2 mg/l

El análisis se refiere a la muestra remitida.

Este protocolo sólo puede ser reproducido íntegramente con la autorización escrita del CENTRO DE INVESTIGACIONES TOXICOLOGICAS S.A.


Dr. CARLOS A. ROVELLI
Bioquímico - Toxicólogo
Lic. en Químico Analítico
Mat. Nac. 1454
Reg. S.P.A. 0721

Página 1 de 1

AV. JUAN B. ALBERDI 2986 - TEL. 4613-1100 / 4612-6912 - FAX 4613-3707 - e-mail: info@citsa.com.ar
(C1406GSS) BUENOS AIRES - ARGENTINA

CENTRO DE INVESTIGACIONES
TOXICOLÓGICAS S.A.



Buenos Aires, 09/05/2012

INFORME ANALITICO 165554

Solicitado por: INSTITUTO NACIONAL DEL AGUA

Dirección: Autopista Ezeiza Cañuelas Tramo J.Newbery Km.1.62 - EZEIZA

Tipo de muestra: AGUA SUBTERRANEA

Identificación: PRECINTONº: 065.789 - PAG-CON02 - 09/04/12 - 14:50hs -

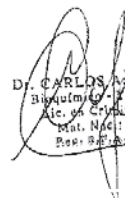
Fecha de recepción: 19/04/2012

Resultados

PARAMETROS	RESULTADO	UNIDAD	METODO ANALITICO	LIMITE DE CUANTIFICACION
Fluoruros	0,7	mg/l	SM 4110 B / EPA 300.0	0,1 mg/l

El análisis se refiere a la muestra remitida.

Este protocolo sólo puede ser reproducido íntegramente con la autorización escrita del CENTRO DE INVESTIGACIONES TOXICOLÓGICAS S.A.


Dr. CARLOS A. GÓTELLI
Biólogo - Toxicólogo
Lic. en Criminología
Mat. Nac: 348-5
Res. Nac: 1721

Página 1 de 1

AV. JUAN B. ALBERDI 2986 - TEL. 4613-1100 / 4612-6912 - FAX 4613-3707 - e-mail: info@citsa.com.ar
(C1406GSS) BUENOS AIRES - ARGENTINA



LABORATORIO DE ISOTOPOS ESTABLES

INFORME N°: 20120178
N° de Muestras: 28755/28764

Página 1/1

INFORME DE RELACIONES ISOTÓPICAS SOBRE AGUAS

Buenos Aires, 03 de Septiembre de 2012

Solicitante: Dr Santa Cruz - Plan Nacional de aguas subterráneas C.H.F.
Institución:

Material: agua
Localidad: Acuífero Guaraní, Misiones-Entre Ríos

Dirección: Tel: E-mail:

Fecha de recepción de la muestra:

Método Utilizado: Espectroscopia láser (OA-ICOS: Off-Axis Integrated Cavity Output Spectroscopy)

Muestra AIE N°	Remitente N°	$\delta^{18}\text{O} \text{‰}$ (VSMOW) ± 0.3	$\delta^2\text{H} \text{‰}$ (VSMOW) ± 1	Fecha de Evaluación $\delta^{18}\text{O}$ y $\delta^2\text{H}$
28755	PAG-CON02	-5,9	-34	30/08/2012
28756	PAG-CON01	-6,0	-33	30/08/2012
28757	PAG-CON01(DC)	-6,0	-33	30/08/2012
28758	PAG-CON01(BC)	-5,3	-27	30/08/2012
28759	PAG-CON03	-5,9	-34	30/08/2012
28760	PAG-FED04	-5,9	-34	30/08/2012
28761	PAG-CHA05	-6,0	-33	30/08/2012
28762	PAG-CAZ08	-6,1	-35	30/08/2012
28763	PAG-OBE06	-6,2	-34	30/08/2012
28764	PAG-POS10	-5,5	-29	30/08/2012

Observaciones:

Analista: Dra. Cristina Dapeña

Cristina Dapeña
Dr. HECTOR O. PANARELLO
QUIMICO
M.P. 5663

IMPORTANTE: Las muestras se conservarán durante noventa (90) días posterior a la fecha de informe y luego se dispondrá de las mismas.

NOTA: Los resultados de los ensayos de este informe sólo corresponden a los ítem ensayados y a los números de las muestras indicadas.
La incertidumbre informada corresponde a 1 σ .
El laboratorio no se hace responsable del muestreo ni del transporte de las muestras.
El INGEIS se responsabiliza por el informe de los resultados en soporte papel y no se hace responsable de los resultados de ensayo por vía electrónica ni soporte magnético. La reproducción parcial del informe está prohibida.

INSTITUTO DE GEOCRONOLOGÍA Y GEOLOGÍA ISOTÓPICA
Pabellón INGEIS - Ciudad Universitaria - C1428EHA- Ciudad Autónoma de Buenos Aires - Argentina



SISTEMA ACUÍFERO GUARANÍ

INFORME DE MONITOREO DE AGUAS SUBTERRANEAS

FECHA: 09/04/12

LUGAR DEL MONITOREO: Concordia - Pcia. de Entre Ríos

CODIGO DE ESTACION: PA6-CON02

Latitud: S 33° 17' 42,4" Longitud: O 58° 00' 15,4"

PARÁMETROS MEDIDOS EN CAMPO	
Hora de Llegada: 14:20 (20)	Hora de Partida: 15:40
Hora de Muestreo	14:50
Nivel Estático (m)	-----
Nivel Dinámico (m)	-----
Tiempo de Purgado (min.)	-----
TEMPERATURA (°C)	43,7
ALCALINIDAD TOTAL	243
pH (UpH)	7,20
CONDUCTIVIDAD (µS/cm a 25°C)	631
PRESIÓN DEL POZO	3,9 Kg/cm

PERSONAL PRESENTE EN EL MUESTREO:

Fiori, Maria Josefa - Pintos, Jose-Lopez Bernis, Mireya-Senece
Eduardo - Santi, Maria - Ruiz Diaz, Miguel-Bedie, Gustavo-
Aguilar Luciano - Turelli, Juan

OBSERVACIONES:

Pozo perteneciente a la empresa "Termal H2O" en la localidad de Villa Zorroaquin.

FIRMA DEL REPOSABLE DEL INFORME

Teo. Qco. Juan D. Sabels
I.N.A. - C.T.E.A. - P.E.C.A.C.H.

Análisis de la perforación: Termas del Ayuí

	CENTRO DE TECNOLOGÍA DEL USO DEL AGUA LABORATORIO EXPERIMENTAL DE CALIDAD DE AGUAS Autopista Ezeiza-Cañuelas, Tramo Jorge Newbery, Km. 1,620 - Ezeiza, Prov. Bs. As.				
	PROTOCOLO DE ANALISIS				Página 1 de 2
REFERENCIA DE LABORATORIO N°: 22157			FECHA EMISIÓN: 05 MAY 2012		
Cliente: Programa Estudios de Calidad del Agua en Cuencas Hídricas					
Dirección del Cliente: Autopista Ezeiza Cañuelas Km 1,620 - Ezeiza					
Fecha de Entrada de la Muestra: 11 de Abril de 2012					
Remitida por: Programa Estudios de Calidad del Agua en Cuencas Hídricas					
Responsable de Extracción de Muestra: Programa Estudios de Calidad del Agua en Cuencas Hídricas					
Muestra Proveniente de: Concordia - Prov. Entre Ríos					
Identificación: PAG-CON 03					
Tipo de Muestra: Agua Subterránea					
PARÁMETRO	RESULTADO	UNIDAD	LD*	LC**	TÉCNICA ANALÍTICA
Parámetros Generales					
Calcio	10,8	mg Ca/L	0,5	—	SM 21 st Mét.: 3500-Ca B
Cloruro	36,7	mg Cl/L	1,0	4,0	SM 21 st Mét.: 4500-Cl B
Dureza total	33,0	mg CaCO ₃ /L	4,0	—	SM 21 st Mét.: 2340 C
Magnesio	2,4	mg Mg/L	—	—	SM 21 st Mét.: 3500-Mg B
Nitrógeno-Amónico	ND	mg N-NH ₃ /L	0,03	0,09	SM 18 th Mét.: 4500-NH ₃ B y C
Nitrógeno-Nitrato	< 1,0	mg N-NO ₃ /L	0,30	1,0	SM 21 st Mét.: 4500-NO ₃ B
Nitrógeno-Nitrato	ND	mg N-NO ₂ /L	0,004	0,012	SM 21 st Mét.: 4500-NO ₂ B
Nitrógeno-Total	—	mg N _{tot} /L	—	—	SM 21 st Mét.: 4500-N A
Nitrógeno-Total Kjeldahl	< 1,0	mg NTK/L	0,31	1,0	SM 21 st Mét.: 4500 mod. s/eq. Tccator AN N° 87/87 - Des. 1026
Potasio	< 3,0	mg K/L	1,0	3,0	SM 21 st Mét.: 3500-K B
Sodio	124	mg Na/L	5,0	15	SM 21 st Mét.: 3500-Na B
Sólidos Disueltos Totales	373	mg Sól.Dis.Tot/L	3,0	10	SM 21 st Mét.: 2940 C
Sulfato	28	mg SO ₄ ²⁻ /L	2,0	6,0	SM 21 st Mét.: 4500-SO ₄ ²⁻ E
Metales					
Arsénico total	38,3	µg As/L	2,00	6,00	SM 21 st Mét.: 3113 B
Cadmio total	ND	mg Cd/L	0,003	0,010	SM 21 st Mét.: 3111 A y B
Cobre total	ND	mg Cu/L	0,010	0,030	SM 21 st Mét.: 3111 A y B
Cromo total	< 0,050	mg Cr/L	0,017	0,050	SM 21 st Mét.: 3111 A y B
Hierro total	< 0,070	mg Fe/L	0,025	0,070	SM 21 st Mét.: 3111 A y B
Manganeso total	ND	mg Mn/L	0,010	0,030	SM 21 st Mét.: 3111 A y B
Mercurio total	ND	µg Hg/L	0,3	1,0	SM 21 st Mét.: 3112 B
Plomo total	ND	µg Pb/L	7,00	20,0	SM 21 st Mét.: 3113 B

Fecha de inicio del análisis: 11-Abr-12

Fecha de finalización del análisis: 7-May-12

► *LD: Límite de Detección: Concentración a partir de la cual se puede asegurar que el analito está presente en la muestra (podrá ser modificado en función de la matriz de la muestra).

► ** LC: Límite de Cuantificación: Concentración por encima de la cual se puede asegurar la cuantificación del analito con el grado aceptable de confianza (podrá ser modificado en función de la matriz de la muestra).

► ND: No Detectado.

71

	CENTRO DE TECNOLOGIA DEL USO DEL AGUA LABORATORIO EXPERIMENTAL DE CALIDAD DE AGUAS Autopista Ezeiza-Cañuelas, Tramo Jorge Newbery, Km. 1.620 - Ezeiza, Prov. Bs. As.	
	PROTOCOLO DE ANALISIS	Página 2 de 2

REFERENCIA DE LABORATORIO N° 22157	FECHA EMISIÓN 08 MAY 2012
--	-------------------------------------

Notas:

- 1) Los resultados analíticos reportados en el presente protocolo, se refieren exclusivamente a la muestra ingresada al laboratorio, no asumiendo las responsabilidades inherentes a las actividades de muestreo.
- 2) Este Protocolo de Análisis sólo puede ser reproducido íntegramente, quedando prohibida su reproducción parcial. El INA declina toda responsabilidad por el uso indebido o incorrecto que se hiciera de este protocolo.

OBSERVACIONES:

CTUA-LECA	
SAL	
RGC	


 Lic. M. Silvina VILLEMUR - Responsable del LECA
 Firma, Aclaración y Cargo

RIT 607.2

CENTRO DE INVESTIGACIONES
TOXICOLOGICAS S.A.



Buenos Aires, 09/05/2012

INFORME ANALITICO 165561

Solicitado por: INSTITUTO NACIONAL DEL AGUA

Dirección: Autopista Ezeiza Cañuelas Tramo J.Newbery Km.1.62 - EZEIZA

Tipo de muestra: AGUA SUBTERRANEA

Identificación: PRECINTONº: 065.555 - PAG-CON03 - 10/04/12 - 09:50hs -

Fecha de recepción: 19/04/2012

Resultados

PARAMETROS	RESULTADO	UNIDAD	METODO ANALITICO	LIMITE DE CUANTIFICACION
Sílice total	16,1	mg/l	SM 4500 SiO2 C	0,2 mg/l

El análisis se refiere a la muestra remitida.

Este protocolo sólo puede ser reproducido íntegramente con la autorización escrita del CENTRO DE INVESTIGACIONES TOXICOLOGICAS S.A.


Dr. CARLOS A. BOCELLA
Biotécnico - Toxicólogo
Lic. en Criminología
Mat. Nac.: 348-b
Reg. S.P.A.: 8751

Página 1 de 1

AV. JUAN B. ALBERDI 2986 - TEL. 4613-1100 / 4612 6912 - FAX 4613-3707 - e-mail: info@citsa.com.ar
(C1406GSS) BUENOS AIRES - ARGENTINA

CENTRO DE INVESTIGACIONES
TOXICOLOGICAS S.A.



Buenos Aires, 09/05/2012

INFORME ANALITICO 165562

Solicitado por: INSTITUTO NACIONAL DEL AGUA

Dirección: Autopista Ezeiza Canuelas Tramo J.Newbery Km.1.62 - EZEIZA

Tipo de muestra: AGUA SUBTERRANEA

Identificación: PRECINTONº: 065.808 - PAG-CON03 - 10/04/12 - 09:50hs -

Fecha de recepción: 19/04/2012

Resultados

PARAMETROS	RESULTADO	UNIDAD	METODO ANALITICO	LIMITE DE CUANTIFICACION
Fluoruros	0,6	mg/l	SM 4110 B / EPA 300.0	0,1 mg/l

El análisis se refiere a la muestra remitida.

Este protocolo sólo puede ser reproducido íntegramente con la autorización escrita del CENTRO DE INVESTIGACIONES TOXICOLOGICAS S.A.

Dr. CARLOS A. GOTTI
Bioquímico y Toxicólogo
Lic. en Criminalística
Mat. Nac. 1348-b
Reg. F.P.C. 1721

Página 1 de 1

AV. JUAN B. ALBERDI 2986 - TEL. 4613-1100 / 4612-6912 - FAX 4613-3707 - e-mail: info@citse.com.ar
(C1406GSS) BUENOS AIRES - ARGENTINA



LABORATORIO DE ISOTOPOS ESTABLES

INFORME N°: 20120178
N° de Muestras: 28755/28764

Página 1/1

INFORME DE RELACIONES ISOTÓPICAS SOBRE AGUAS

Buenos Aires, 03 de Septiembre de 2012

Solicitante: Dr Santa Cruz - Plan Nacional de aguas subterráneas C.H.F.
Institución:

Material: agua
Localidad: Acuífero Guaraní, Misiones-Entre Ríos

Dirección: Tel: E-mail:

Fecha de recepción de la muestra:

Método Utilizado: Espectroscopia láser (OA-ICOS: Off-Axis Integrated Cavity Output Spectroscopy)

Muestra AIE N°	Remitente N°	$\delta^{18}\text{O} \text{‰}$ (VSMOW) ± 0.3	$\delta^2\text{H} \text{‰}$ (VSMOW) ± 1	Fecha de Evaluación $\delta^{18}\text{O}$ y $\delta^2\text{H}$
28755	PAG-CON02	-5,9	-34	30/08/2012
28756	PAG-CON01	-6,0	-33	30/08/2012
28757	PAG-CON01(DC)	-6,0	-33	30/08/2012
28758	PAG-CON01(BC)	-5,3	-27	30/08/2012
28759	PAG-CON03	-5,9	-34	30/08/2012
28760	PAG-FED04	-5,9	-34	30/08/2012
28761	PAG-CHA05	-6,0	-33	30/08/2012
28762	PAG-CAZ08	-6,1	-35	30/08/2012
28763	PAG-OBE06	-6,2	-34	30/08/2012
28764	PAG-POS10	-5,5	-29	30/08/2012

Observaciones:

Analista: Dra. Cristina Dapeña

Cristina Dapeña
Dr. HECTOR O. PANARELLO
QUIMICO
M.P. 5663

IMPORTANTE: Las muestras se conservarán durante noventa (90) días posterior a la fecha de informe y luego se dispondrá de las mismas.

NOTA: Los resultados de los ensayos de este informe sólo corresponden a los ítem ensayados y a los números de las muestras indicadas.
La incertidumbre informada corresponde a 1 σ .
El laboratorio no se hace responsable del muestreo ni del transporte de las muestras.
El INGEIS se responsabiliza por el informe de los resultados en soporte papel y no se hace responsable de los resultados de ensayo por vía electrónica ni soporte magnético. La reproducción parcial del informe está prohibida.

INSTITUTO DE GEOCRONOLOGÍA Y GEOLOGÍA ISOTÓPICA
Pabellón INGEIS - Ciudad Universitaria - C1428EHA- Ciudad Autónoma de Buenos Aires - Argentina



SISTEMA ACUÍFERO GUARANÍ

INFORME DE MONITOREO DE AGUAS SUBTERRANEAS

FECHA: 10/04/12

LUGAR DEL MONITOREO: Concordia (Salto Gade - Termas del Ayuí) - Par. E.R.

CODIGO DE ESTACION: PAG-CON03

Latitud: S 31° 15' 20,6" Longitud: O 57° 57' 20,2"

PARÁMETROS MEDIDOS EN CAMPO	
Hora de Llegada: <u>9:05</u>	Hora de Partida: <u>10:45</u>
Hora de Muestreo	<u>9:50</u>
Nivel Estático (m)	-----
Nivel Dinámico (m)	-----
Tiempo de Purgado (min.)	-----
TEMPERATURA (°C)	<u>43,24</u>
ALCALINIDAD TOTAL	<u>267,5</u>
pH (UpH)	<u>7,50</u>
CONDUCTIVIDAD (µS/cm a 25°C)	<u>654</u>
PRESIÓN DEL POZO	<u>2,1</u>

PERSONAL PRESENTE EN EL MUESTREO:

Echandia, Jacinto - Ruiz Diaz, Miguel - Diaz, Marcos - Aguilar, Luciano
Lopez Bernis, Mireya - Fiori, Maria Josefa - Santi, Maria - Gomez, Juliana

OBSERVACIONES:

.....

.....

.....

.....

.....

.....

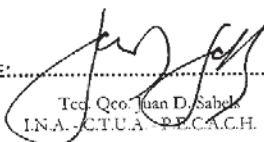
.....

.....

.....

.....

FIRMA DEL RESPONSABLE DEL INFORME:.....


 Tco. Qco. Juan D. Sabido
 INACTUA - PECACH

La comparación de los resultados analíticos de datos antecedentes generados en el marco del PSAG durante los años 2006/2007, respecto al presente monitoreo realizado por la República Argentina durante abril de 2012, según lo acordado en el PEA del SAG, se incorpora seguidamente.

TERMA DE LA VERTIENTE

Mediciones in situ						
Fecha Muestreo	pH	Alcalinidad Carbonatada (mg CaCO ₃ /L)	Alcalinidad Bicarbonatada (mg CaCO ₃ /L)	Alcalinidad Total (mg CaCO ₃ /L)	Temp.agua (C°)	Conductividad eléctrica (microS/cm)
08/09/2006	8,30	0,0	243,2	243,2	46,0	655,00
07/06/2007	8,33	0,0	243,2	243,2	40	647,00
09/04/2012	7,63	0,0	257,0	257,0	45,8	687,00

Tabla 39. Características físicas y químicas – Vertiente.

Protocolo Analítico Base															
Fecha Muestreo	N-NO ₃ (mg/L)	Sólidos totales disueltos (mg/L)	Dureza Total (mg CaCO ₃ /L)	Cl ⁻ (mg Cl ⁻ /L)	SO ₄ ²⁻ (mg SO ₄ ²⁻ /L)	F ⁻ (mg F ⁻ /L)	Ca ²⁺ (mg Ca ²⁺ /L)	Na ⁺ (mg Na ⁺ /L)	K ⁺ (mg K ⁺ /L)	Mg ²⁺ (mg Mg ²⁺ /L)	Si (mg/L)	As (ug/L)	Cd (mg/L)	Cr total (mg/L)	Fe total (mg/L)
08/09/2006	< 0,3	362,0	16,00	141,2	8,30	1,01	2,00	136,00	2,80	44,00	1,90	40,0	< 0,01	0,030	0,49
07/06/2007	< 0,3	390,0	94,40	155,5	31,60	1,00	19,60	134,00	2,90	11,00	11,30	45,0	0,08	0,017	< 0,01
09/04/2012	<1	368,0	29,20	37,7	35,00	0,70	7,90	135,00	<3,0	2,30	17,60	38,9		<0,05	<0,07

Tabla 40. Características químicas – Vertiente.

TERMA H2O TERMAL (Villa Zorraquín)

Mediciones in situ						
Fecha Muestreo	pH	Alcalinidad Carbonatada (mg CaCO ₃ /L)	Alcalinidad Bicarbonatada (mg CaCO ₃ /L)	Alcalinidad Total (mg CaCO ₃ /L)	Temp.agua (C°)	Conductividad eléctrica (microS/cm)
08/09/2006	8,40	0,0	226,2	226,2	44,5	600,00
09/04/2012	7,70	0,0	243,0	243,0	43,7	631,00

Tabla 41. Características físicas y químicas – H2O Termal.

Fecha Muestreo	Protocolo Analítico Base														
	N-NO ₃ (mg/L)	Sólidos totales disueltos (mg/L)	Dureza Total (mg CaCO ₃ /L)	Cl ⁻ (mg/L)	SO ₄ ²⁻ (mg/L)	F ⁻ (mg/L)	Ca ²⁺ (mg/L)	Na ⁺ (mg/L)	K ⁺ (mg/L)	Mg ²⁺ (mg/L)	Si (mg/L)	As (ug/L)	Od (mg/L)	Cr total (mg/L)	Fe total (mg/L)
08/09/2006	< 0,3	416,0	240,00	878,0	63,40	1,43	2,70	136,00	2,70	6,90	5,85	40,0	< 0,01	0,010	0,60
09/04/2012	<1	342,0	23,50	21,8	16,00	0,70	5,80	129,00	<3,0	2,20	17,70	37,5	<0,05		

Tabla 42. Características químicas – H2O Termal.

Las principales conclusiones que surgen para las perforaciones de la República Argentina: Terma de la Vertiente y terma H2O Termal (Villa Zorraquín) son:

- Las aguas han preservado sus características químicas y físicas, no identificándose variaciones significativas en los resultados analíticos respecto de las determinaciones realizadas en 2006 y 2007 por PROINSA para SNC/Lavalin.
- El entorno de las perforaciones no ha evidenciado modificaciones en cuanto a su explotación o degradación, que pudiera afectar al sistema acuífero.
- Continúa siendo un recurso relevante para el uso termal.

MODELO HIDROGEOLÓGICO/GEOQUÍMICO

-----Entre el **CONSEJO HÍDRICO FEDERAL**, con domicilio en calle San Martín 320 de la Ciudad Autónoma de Buenos Aires, en adelante “**COHIFE**”, representada en este acto por su Presidente Arq. Cristina Magnano, y la **UNIVERSIDAD NACIONAL DEL LITORAL**, con domicilio en Boulevard Pellegrini 2750 de la ciudad de Santa Fe, a través de la Facultad de Ingeniería y Ciencias Hídricas, en adelante “**La Universidad**”, representada en este acto por el Sr. Rector, Abog. Albor CANTARD, y reconociéndose las partes con capacidad legal para contratar y obligarse, acuerdan regular esta relación según las siguientes cláusulas:

PRIMERA: Objeto del Convenio. El presente Acuerdo tiene como objetivo recopilar y analizar información disponible e identificar información faltante necesaria para definir un modelo hidrogeológico/hidrogeoquímico de funcionamiento del sistema entre áreas de recarga y descarga en el sector Sur del SAG, abarcando las Provincias de Misiones, Corrientes y Entre Ríos, en la República Argentina y en el área del Piloto Rivera/Santana, en la frontera Uruguay-Brasil.

SEGUNDA: Unidad Ejecutora: Grupo Ad Hoc, bajo la dirección de la Dra. Leticia Rodríguez, de la Facultad de Ingeniería y Ciencias Hídricas dependiente de “La Universidad” con domicilio en Ciudad Universitaria, Santa Fe.

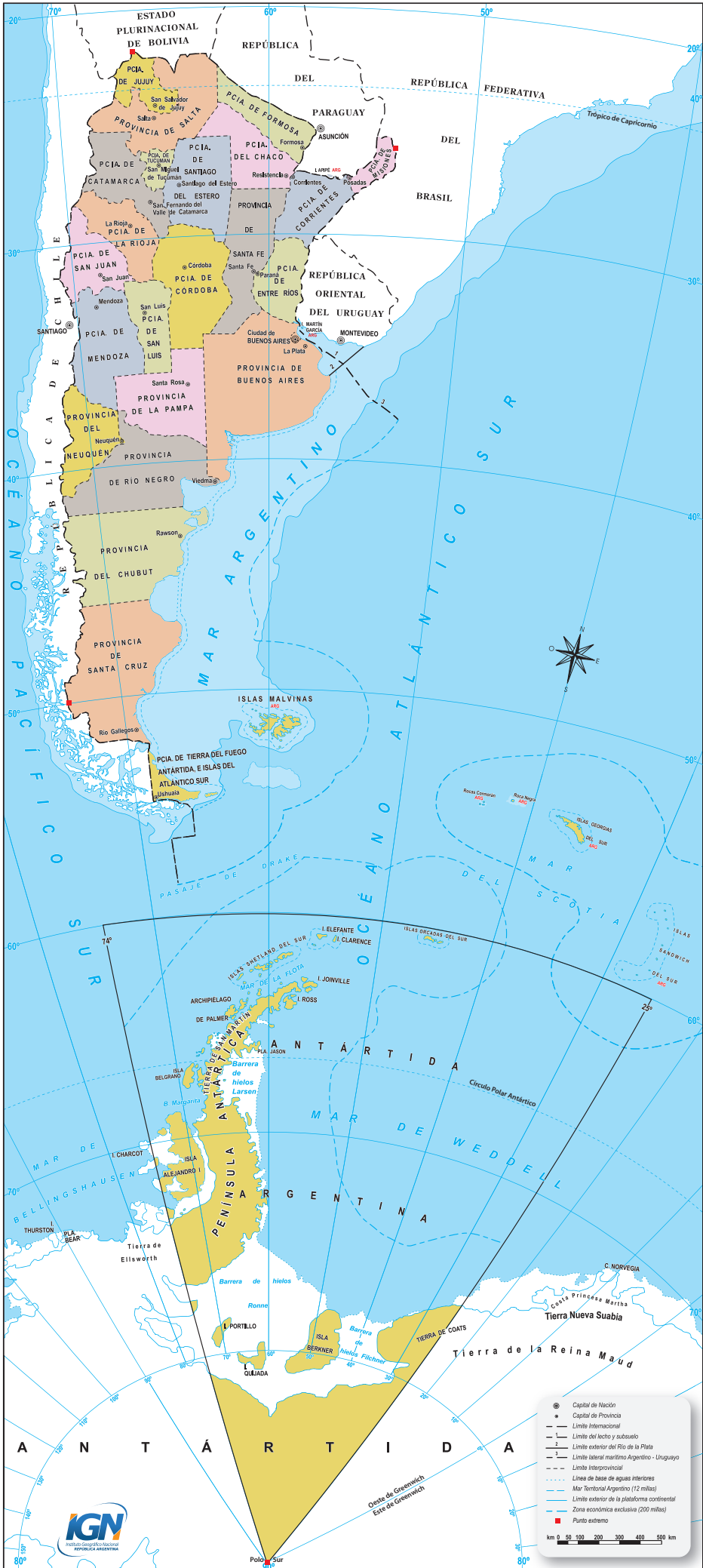
TERCERA: Descripción de los trabajos: “La Universidad” se compromete a ejecutar las tareas consignadas en el ANEXO I - Plan de Trabajo, que forma parte del presente Convenio.

CUARTA: Cronograma de ejecución: Los trabajos comprometidos por “La Universidad”, se realizarán en el término de 6 meses corridos que comenzarán a partir de un Acta de Inicio a suscribir entre los Representantes Técnicos de las partes y en el momento que se concrete la entrega efectiva de la totalidad de la información a proveer por el Comitente.

QUINTA: Presentación de resultados: La Universidad presentará al COHIFE:

- * Informe de Avance a los 3 meses de iniciado el proyecto, síntesis de la información recopilada. Análisis preliminar de la misma.
- * Informe Final conteniendo el diagnóstico sobre vacíos de información, propuesta tentativa de tareas de campo necesarias para cubrir los mismos, modelo hidrogeológico conceptual y modelo hidrogeoquímico preliminares.

MAPA BICONTINENTAL DE LA REPÚBLICA ARGENTINA



NOTAS



Esta publicación de 300 ejemplares,
se terminó de imprimir en el año 2013
en los Talleres Gráficos del Instituto Geográfico Nacional
Avenida Cabildo 381 - Ciudad Autónoma de Buenos Aires

