



Red de Monitoreo Regional

REF.: LICITACIÓN SBCC/01/04 – 1/1018.1

Proyecto para la Protección Ambiental y Desarrollo Sostenible del Sistema Acuífero Guaraní



Empresas Participantes:

Tahal Consulting Engineers Ltd., Seinco S.R.L., Hidroestructuras S.A., Hidrocontrol S.A., Hidroambiente S.A.

hidrocontrol s.a.
CONSULTORÍA Y SERVICIOS



HIDROESTRUCTURAS S.A.



TAHAL
Israel



SEINCO



ARCADIS hidro ambiente s.a.



Equipo del Proyecto

Responsables Nacionales

Por Argentina	Fabián López
Por Brasil	Eustáquio Luciano Zica
Por Paraguay	Carlos López Dose
Por Uruguay	Víctor Rossi

Coordinadores Nacionales:

Argentina	Miguel Ángel Giraut María Josefa Fioritti (Co-coordinadora) María Santi (Co-coordinadora)
Brasil	João Bosco Senra Adriana Niemeyer Pires Ferreira (Co-coordinadora)
Paraguay	Elena Benítez
Uruguay	Lourdes Batista

Representantes de OEA:

Jorge Rucks
Carlos Sténeri

Representantes Banco Mundial:

Abel Mejía
Douglas Olson
Samuel Taffesse

Integrantes de la Secretaría General:

Secretario General	Luiz Amore
Coordinador Técnico	Jorge N. Santa Cruz
Coordinador Técnico	Daniel H. García Segredo
Coord. Comunicación	Roberto Montes
Asistente técnico	Alberto Manganelli
Auxiliar Técnico	Santiago Ferrero
Administración	Luis Reolón
Auxiliar Administrativa	Virginia Vila
Auxiliar Administrativo	Mathías González
Informática	Diego Lupinacci
Secretaria Bilingüe	Mariángel Valdés

Facilitadores proyectos piloto:

Concordia – Salto	Enrique Massa Segui
Rivera – Santana	Achylles Bassedas
Itapúa	Alicia Eisenkölbl
Ribeirão Preto	Mauricio dos Santos



La ejecución del Proyecto para la Protección Ambiental y Desarrollo Sostenible del Sistema Acuífero Guaraní es posible gracias al acuerdo de cooperación alcanzado entre los gobiernos de Argentina, Brasil, Paraguay y Uruguay, el aporte financiero del Global Environment Facility (GEF) y otros donantes, la cooperación técnica y financiera del Banco Mundial que es la agencia implementadora de los Fondos GEF y la Secretaría General de la Organización de Estados Americanos (SG/OEA) en su condición de agencia ejecutora regional.

El contrato “Servicios de Hidrogeología General, Termalismo y Modelo Regional del Acuífero Guaraní - Ref.: Licitación SBCC/01/04 – 1/1018.1” fue realizado en el marco del Proyecto Acuífero Guaraní dentro de la Componente 1, destinada a la expansión y consolidación de la base de conocimiento científico y técnico existente acerca del Sistema Acuífero Guaraní.

Las Empresas Participantes son:

Consorcio Guaraní: Tahal Consulting Engineers Ltd., Seinco S.R.L.,

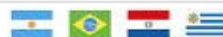
Hidroestructuras S.A., Hidrocontrol S.A., Hidroambiente S.A

Dirección: Bartolomé Mitre 1480 / 602, Montevideo.

Tel-fax: (598-2) 915.33.63.

Coordinador Técnico: Dr. Gerardo Veroslavsky

Los resultados, interpretaciones, conclusiones, denominaciones y opiniones vertidas en este informe y la forma en que aparecen son responsabilidad exclusiva del autor y no implican juicio alguno sobre las condiciones jurídicas de los países, territorios, ciudades o zonas, o de actividades diversas, ni respecto de la delimitación de sus fronteras o límites, por parte de los países beneficiarios, ni de la Secretaría General de la OEA (SG/OEA), ni de la Secretaría General del Proyecto (SG-SAG).



INDICE

1	Introducción.....	6
1.1	TALLER: RED DE MONITOREO DEL SAG.....	6
1.1.1	Aspectos Generales.....	6
1.1.2	Aspectos Particulares	7
2	Objetivos de la Red de Monitoreo Regional del SAG	7
2.1	GENERALES.....	7
2.2	PARTICULARES.....	7
3	Marco técnico conceptual.....	7
3.1	TIPO DE RED DE MONITOREO	8
3.2	CONDICIONES GENERALES DEL SAG	9
3.3	ELEMENTOS DE LA RED	9
4	Criterios de selección de pozos	10
4.1	CRITERIOS GENERALES (A NIVEL REGIONAL)	10
4.2	CRITERIOS PARTICULARES (A NIVEL DE POZO)	10
4.3	FUENTE DE DATOS E INFORMACIÓN PARA LA DEFINICIÓN DE LA RMR	10
5	Propuesta de pozos para la Red de Monitoreo Regional.....	11
5.1	ARGENTINA.....	11
5.1.1	Provincia de Entre Ríos	11
5.1.2	Provincia de Corrientes.....	11
5.1.3	Provincia de Misiones.....	12
5.2	BRASIL.....	12
5.2.1	Estado de Goiás.....	12
5.2.2	Estado de Mato Grosso do Sul.....	12
5.2.3	Estado de Paraná.....	13
5.2.4	Estado de Rio Grande do Sul.....	14
5.2.5	Estado de Santa Catarina.....	15
5.2.6	Estado de São Paulo.....	15
5.3	PARAGUAY.....	15
5.4	URUGUAY	16
6	Distribución areal de las perforaciones seleccionadas.....	18
7	Determinaciones	19
7.1	METODOLOGÍA.....	19
7.1.1	Mediciones de calidad en campo.....	19
7.1.2	Muestreo.....	20
7.1.3	Microbiología.....	20
7.1.4	Mediciones hidráulicas.....	20
7.2	PARÁMETROS A MEDIR	21
7.2.1	Hidráulica y operación.....	21
7.2.2	Parámetros físico químicos medidos en campo	21
7.2.3	Especies mayores a determinar en laboratorio	22



7.2.4	<i>Trazas, tóxicos y otros a determinar en laboratorio</i>	22
7.2.5	<i>Isótopos</i>	22
7.2.6	<i>Contaminantes orgánicos - pesticidas</i>	23
7.3	FRECUENCIA	23



1 INTRODUCCIÓN

A diferencia de los recursos hídricos superficiales, el flujo del agua subterránea es muy lento. En los primeros las velocidades se suelen expresar en metros por segundo, mientras que en los acuíferos la velocidad se mide en metros por año. Esto tiene muchas implicancias, especialmente en lo que refiere a contaminación y monitoreo.

Los cambios tanto de la disponibilidad como la calidad son procesos que toman largos períodos. No obstante en lapsos más o menos extensos alteraciones puntuales carentes de adecuado monitoreo, pueden alcanzar áreas significativas sin que se detecten impactos sobre el acuífero. Por ello, la definición de una adecuada Red de Monitoreo, ajustada a los usos potenciales y herramientas de control, es de gran importancia para la gestión de los acuíferos. La estrategia espacial de localización de las estaciones de muestreo es tan relevante como la definición de parámetros, variables y frecuencia de monitoreo. Por ello, el accionar de forma preventiva debe ser la guía en toda actividad destinada a la conservación y gestión de los recursos hídricos subterráneos.

1.1 Taller: Red de Monitoreo del SAG

Los días 10 y 11 de octubre de 2007 se llevó a cabo el taller de Red de Monitoreo en la ciudad de Montevideo. En este, se realizó una puesta a punto de la información y trabajos realizados hasta la fecha por parte del Consorcio Guaraní, a lo cual le continuó el desarrollo de los objetivos de la red, características y condiciones de las perforaciones a incluir en ésta.

De dicho taller surgieron algunas conclusiones o elementos destacados, los cuales se presentan a continuación.

1.1.1 Aspectos Generales

El Diseño de la Red es llevado a cabo por el Consorcio Guaraní, con base en las Actividades Técnico-Científicas del Proyecto (Base de Datos Hidrogeológica; Inventario y Muestreo; Modelo Conceptual).

Los países del SAG han constituido un Comité Técnico específico que aportará experiencias y colaborará con el Consorcio y la SG del Proyecto. Por lo tanto, esta actividad también se desarrolla dentro del marco participativo previsto en el Proyecto.

La Red atenderá principalmente a las condiciones transfronterizas regionales del SAG.

Los datos obtenidos y a obtener serán difundidos de acuerdo a las pautas generales acordadas, y que involucren a los demás datos y conocimientos del Proyecto. Queda por definir dentro del Proyecto SAG la sustentabilidad de esta Red.



1.1.2 Aspectos Particulares

De modo más específico, se puede indicar que:

- Se diseñará una única Red Regional inicial de 180 pozos, de tipo cuali-cuantitativa.
- Apuntará a detectar grandes anomalías hidroquímicas e hidrogeoquímicas naturales y caracterizar una calidad Base Regional.
- La Red atenderá también el impacto de la explotación intensa sobre el cuadro hidrodinámico subregional.
- No va a identificar ni seguir contaminaciones locales.
- Los parámetros a medir serán, en lo posible, simples, fáciles de analizar, con utilización especial de indicadores, y de bajo costo de laboratorio.
- Por último, su diseño atenderá también a detectar grandes cambios futuros en el uso de la tierra y del agua.

2 OBJETIVOS DE LA RED DE MONITOREO REGIONAL DEL SAG

2.1 Generales

El objetivo fundamental que persigue la red de monitoreo regional del SAG es definir un conjunto mínimo de pozos y actividades base para generar conocimiento para la gestión coordinada y participativa para la protección y el aprovechamiento sostenible de todo el sistema acuífero.

2.2 Particulares

De igual manera, se pueden definir un conjunto de objetivos específicos, siendo:

- Mejorar la base de conocimiento del funcionamiento y de las principales características regionales del SAG;
- Definir metodologías de medición que aseguren una adecuada calidad y representatividad de los resultados;
- Determinar regionalmente la calidad de sus aguas y de los niveles de explotación actuales;
- Generar información como para evaluar a escala regional el potencial y las características hidrodinámicas del SAG, así como para el control de la evolución del sistema en tiempo y espacio;

3 MARCO TÉCNICO CONCEPTUAL

El desarrollo de una red de monitoreo involucra un conjunto de aspectos muy importantes, destacándose los de tipo técnico, político, administrativo y logístico.



Es de destacar que existe una multiplicidad de actores, públicos y privados, tanto a nivel de operadores como administradores del recurso. Ello puede ser considerado un obstáculo, pero también puede ser una virtud, si se aprovechan potenciales locales particulares (Ej. Monitoreo histórico precedente y/o periódico en perforaciones de interés para la red, realizado por organismos o usuarios del recurso).

Los siempre escasos recursos, los cuales usualmente no son permanente, sino a influjo de algunos proyectos particulares, deben ser siempre maximizados. Por ello, se debe optimizar la generación de información, y coordinar acciones a fin de minimizar el costo de la generación de datos (Ej. Apoyándose en actores locales) o complementar y no superponer recursos con redes de monitoreo existentes.

3.1 Tipo de red de monitoreo

Los programas de monitoreo pueden clasificarse de distintas maneras según el objetivo principal y el grado de detalle de la clasificación, pudiendo dividirse en cuatro grandes grupos:

1. Ambiental, donde el objetivo principal es determinar las variaciones en el avance del flujo, es decir se trata de conocer la evolución natural del agua subterránea (*baseline* en inglés, fondo natural o línea de base de la calidad de agua¹) desde la lluvia, su ingreso al terreno, la circulación a través del acuífero (zona saturada y no saturada) y su descargas.
2. Detección, donde el objetivo principal es la evaluación y seguimiento de parámetros y variables físico-químicas, en busca de variaciones superiores a las naturales.
3. Investigación, diseñadas para estudios de problemáticas particulares.
4. Cumplimiento de estándares, donde se procura asegurar a través del monitoreo el cumplimiento de estándares preestablecidos (por ej. alcanzar niveles de potabilidad tras remediación en sitios contaminados).

La escala de trabajo y el grado de conocimiento del sistema hidrogeológico necesario puede variar considerablemente en cada uno de los grupos. Se destaca que los tres primeros tipos de programas pueden presentar objetivos comunes y resulta interesante el intercambio de información entre ellos. El último grupo generalmente presenta características de estudio localizado con fines específicos.

De acuerdo a los objetivos planteados, la presente red de monitoreo se enmarca en lo indicado como punto 1, aunque comparte algunos objetivos particulares con la indicada en el punto 2.

La clasificación anterior tiene gran relevancia en los objetivos y frecuencia de las mediciones (Físico químicos, trazas, isótopos, agrotóxicos, etc.).

¹ **Fondo natural** Según (Manzano): “...el fondo natural de la composición química (o de la calidad) del agua subterránea se puede definir como aquellas condiciones físico-químicas propias de la misma, que se derivan de procesos puramente naturales.”

Por otro lado (Manzano) el proyecto europeo “BaSeLiNe” (Natural BaSeLiNe Quality in European Aquifers, EVK1-CT1999-0006) adoptó la siguiente definición: “El fondo natural de la calidad del agua subterránea es el rango de concentraciones en el agua de un cierto elemento, especie o sustancia presente, y derivado de fuentes geológicas, biológicas o atmosféricas naturales”.



Otro aspecto a destacar de la red en cuestión es la metodología y frecuencia selectiva de acuerdo a áreas de recarga o descarga, comportamiento hidrodinámico, e hidroquímico. Ej. Trimestral, cuatrimestral, semestral, anual.

3.2 Condiciones generales del SAG

Los acuíferos son dinámicos, ajustándose continuamente a cambios de corto y largo plazo (naturales o inducidos por el hombre). Contar con series de datos históricos es fundamental para desarrollar, gestionar y proteger este recurso natural.

La medición del nivel hidráulico en pozos es la principal fuente de información de la dinámica del acuífero, reflejando variaciones en recarga o descarga. La medición sistemática de los niveles de agua y de la calidad de la misma, provee datos esenciales en la evaluación de los cambios. Por ejemplo, el efecto de los cambios inducidos por el hombre se han incrementado y los efectos acumulativos pueden no evidenciarse en varios años.

En el SAG se presentan áreas con condiciones de funcionamiento muy distintas, tanto desde el punto de vista químico (Ej. pH 5 a 9, CE de 100 a 2500mS/cm), de funcionamiento hidráulico (NE desde más de 200m a pozos surgentes), de accesibilidad (somero con el agua a pocos metros, o profundo, a más de 1400m), de temperatura (18 a más de 50°C), de explotación (áreas de 500 Km² con más de 30.000m³/d de extracción, y sectores de un 10% del área total sin un solo pozo).

Por lo expuesto, es importante contar con series de datos históricos de los niveles de agua subterránea para poder desarrollar, gestionar y proteger este recurso natural, y su generación deberá estar asociada a las condiciones hidrogeológicas. En particular, en sectores muy profundos, surgentes, donde se extrae agua de miles de años, las variaciones en calidad y niveles no debería contar con una alta frecuencia, mientras que por el contrario, en sectores aflorantes el monitoreo debe ser de mayor regularidad e incluir en ocasiones mayor cantidad de especies químicas (Ej. Nitratos o pesticidas).

3.3 Elementos de la Red

La red de monitoreo deberá incluir los siguientes elementos:

- 180 pozos (Nº definido por Contrato)
- Requisitos recomendados para incluir nuevos pozos a la red
- La información que es interés recabar
- La metodología de muestreo y frecuencia
- Los análisis a realizar y sus protocolos
- La información que se deberá ingresar a la BDH



4 CRITERIOS DE SELECCIÓN DE POZOS

La selección de pozos debe seguir un proceso lógico, que permita valorar los candidatos, y que a futuro sea la base para la incorporación de nuevos integrantes.

4.1 Criterios generales (a nivel regional)

- Distribución Geográfica y Topográfica
- Representatividad de los sectores acuíferos: recarga, tránsito, descarga.
- Distribución en sectores Hidroquímicos particulares.
- Cobertura de áreas (geológicas y piezométricas) claves regionales
- Representatividad de sectores de explotación concentrada y/o con riesgo de contaminación antrópica: Ejemplos: Rivera-Santana, Campo Grande etc.
- Monitoreo en áreas más alejadas de sectores de explotación intensiva y/o concentrada. Ejemplo: Ribeirão Preto, etc.
- Distribución y representatividad de usos del suelo
- Relevancia del pozo para el estudio o mapa hidrogeológico del SAG.

4.2 Criterios particulares (a nivel de pozo)

- Características constructivas y litológicas de las perforaciones
- Estado del pozo e instrumental de registro existente en el pozo (ej. presión y temperatura en pozos surgencia).
- Facilidad de medición de niveles mediante sonda (en pozos no surgentes).
- Accesibilidad al mismo (acceso y permisos)
- Disponibilidad y calidad de datos históricos
- En sectores de alta densidad de pozos, aquel que sea representativo del área y que cumpla los ítems anteriores.
- Otras ventajas

4.3 Fuente de datos e información para la definición de la RMR

Para la identificación de los pozos a incluir en la red se contó con:

- Base de Datos de Hidrogeología (CONSORCIO GUARANI)
- Inventario de Pozos – Levantamiento de campo (SNC- LAVALIN)
- Análisis hidroquímicos e isotópicos (SNC-LAVALIN)
- Antecedentes de Redes de los países del SAG.
- Proyecto SAG-PY (BGR)



5 PROPUESTA DE POZOS PARA LA RED DE MONITOREO REGIONAL

La propuesta de Red de Monitoreo del SAG constará de 180 perforaciones, según la exigencia del Pliego de Condiciones para la Consultoría. Los pozos que integran la propuesta de la red de monitoreo regional son:

5.1 Argentina

Se identificaron 16 perforaciones, 10 en Entre ríos, 3 en Corrientes y 3 en Misiones, según el siguiente detalle:

5.1.1 Provincia de Entre Ríos

Perforación	ID Pozo BDH	Principales atributos para su inclusión
Chajarí	7212	Surgente, Ubicación, Litología conocida, extrae agua del SAG
Federación	7202	Surgente, Ubicación, Litología conocida, extrae agua del SAG
Concordia 1	7203	Surgente, Ubicación, Litología conocida, Área piloto, extrae agua del SAG
Villa Elisa	7205	Surgente, Ubicación, Litología conocida, Condiciones de borde - Hidroquímica no típica de litologías del SAG
Colón	7204	Surgente, Ubicación, Litología conocida, Condiciones de borde - Hidroquímica no típica de litologías del SAG
La Paz	7213	Surgente, Ubicación, Litología conocida, Hidroquímica propia de litologías infra SAG, condiciones de borde
Villaguay	7209	Ubicación, Litología conocida, Hidroquímica propia de litologías infra SAG
Basavilbaso	7210	Ubicación, Litología conocida, Hidroquímica propia de litologías infra SAG
Maria Grande	7215	
Gualeduaychu1	7206	

5.1.2 Provincia de Corrientes

Perforación	ID Pozo BDH	Principales atributos para su inclusión
Guaviraví	8800	
Mercedes		
Yapeyu 1	8813	



5.1.3 Provincia de Misiones

Perforación	ID Pozo BDH	Principales atributos para su inclusión
Oberá 1	8794	Ubicación, litología, características constructivas
Cerro Azul-1	8795	Ubicación, litología, características constructivas
Posadas-1	8807	Ubicación, litología, características constructivas

5.2 **Brasil**

Se seleccionaron 113 pozos dentro de Brasil con la siguiente distribución por estado: 11 en Goiás, 26 en Mato Grosso do Sul, 20 en Paraná, 36 en Rio Grande do Sul, 13 en Santa Catarina y 7 en San Pablo . Ello fue resultado del análisis de la información generada en el marco del Proyecto SAG, distribución regional de los pozos para cumplir con los objetivos generales y particulares, conocimiento de las características del pozo, litología de aporte, y que estén incluidos en la Base de Datos Hidrogeológica. Asimismo, de acuerdo a lo establecido como lineamientos generales del Taller de Red de Monitoreo (octubre 2007), los pozos que actualmente integran la red de monitoreo de recursos hídricos subterráneos (SAG) del estado de San Pablo se sumarán a los pozos seleccionados.

En el conjunto de pozos presentados, se incluyen 7 correspondientes al estado de San Pablo, a los efectos de que ambas redes de monitoreo tengan puntos de control coincidentes. Los pozos seleccionados son:

5.2.1 Estado de Goiás

Perforación	IdPozo	Código
PP-GO-22	7860	PP-B-7860
PP-GO-06	754	PP-B-6757
PP-GO-08	756	PP-B-6759
PP-GO-10	758	PP-B-6761
PP-GO-14	762	PP-B-6765
PP-GO-16	764	PP-B-6767
PP-GO-01	776	PP-B-6752
PP-GO-18	7856	PP-B-7856
PP-GO-19	7857	PP-B-7857
PP-GO-21	7859	PP-B-7859
PP-GO-20	7858	PP-B-7858

5.2.2 Mato Grosso do Sul

Perforación	IdPozo	Código
PP-MS-156	7932	PP-B-7932



PP-MS-63	8015	PP-B-8015
PP-MS-61	8013	PP-B-8013
PP-MS-54	8006	PP-B-8006
PP-MS-42	7994	PP-B-7994
PP-MS-38	7990	PP-B-7990
PP-MS-36	7988	PP-B-7988
PP-MS-28	7980	PP-B-7980
PP-MS-24	7976	PP-B-7976
PP-MS-23	7975	PP-B-7975
PP-MS-64	8016	PP-B-8016
PP-MS-158	7934	PP-B-7934
PP-MS-10	7870	PP-B-7870
PP-MS-150	7926	PP-B-7926
PP-MS-146	7921	PP-B-7921
PP-MS-137	7911	PP-B-7911
PP-MS-134	7908	PP-B-7908
PP-MS-11	7881	PP-B-7881
PP-MS-07	7867	PP-B-7867
GO00001514	1351	PP-B-6846-GO00001514
GO00001706	1354	PP-B-6849-GO00001706
PP-MS-176	7954	PP-B-7954
PP-MS-66	8018	PP-B-8018
PP-MS-65	8017	PP-B-8017
PP-MS-01	7861	PP-B-7861
GO00001444	1349	PP-B-6844-GO00001444

5.2.3 Estado de Paraná

Perforación	IdPozo	Código
	1405	PP-B-0035
	1380	PP-B-0010
PP-PR-58	8109	PP-B-8109
PP-PR-08	8059	PP-B-8059
PP-PR-71	8122	PP-B-8122
PP-PR-59	8110	PP-B-8110
PP-PR-50	8101	PP-B-8101
PP-PR-49	8100	PP-B-8100
PP-PR-35	8086	PP-B-8086
PP-PR-28	8079	PP-B-8079
PP-PR-25	8076	PP-B-8076
PP-PR-24	8075	PP-B-8075
PP-PR-15	8066	PP-B-8066
PP-PR-14	8065	PP-B-8065
PP-PR-13	8064	PP-B-8064
PP-PR-45	8096	PP-B-8096
PP-PR-04	8055	PP-B-8055



PP-PR-66	8117	PP-B-8117
PP-PR-09	8060	PP-B-8060
PP-PR-07	8058	PP-B-8058

5.2.4 Rio Grande do Sul

Perforación	IdPozo	Código
DAE H10		
Quaraí (Qua 001)		
HIDROGEO1530	8276	PP-B-8275
HIDROGEO1283	8223	PP-B-8222
HIDROGEO1382	8243	PP-B-8242
HIDROGEO1440	8251	PP-B-8250
HIDROGEO1466	8263	PP-B-8262
HIDROGEO1517	8274	PP-B-8273
HIDROGEO1554	8288	PP-B-8287
HIDROGEO1487	8265	PP-B-8264
HIDROGEO1221	8201	PP-B-8200
HIDROGEO1196	8196	PP-B-8195
HIDROGEO1193	8194	PP-B-8193
HIDROGEO1182	8192	PP-B-8191
HIDROGEO1041	8157	PP-B-8156
HIDROGEO1043	8158	PP-B-8157
HIDROGEO1583	8296	PP-B-8295
HIDROGEO1120	8172	PP-B-8171
HIDROGEO1092	8167	PP-B-8166
HIDROGEO1132	8173	PP-B-8172
HIDROGEO1882	8374	PP-B-8373
HIDROGEO1088	8165	PP-B-8164
IK142	4010	PP-B-1727-1K142
HIDROGEO1019	8152	PP-B-8151
HIDROGEO138	8430	PP-B-8429
HIDROGEO1912	8385	PP-B-8384
HIDROGEO1674	8321	PP-B-8320
HIDROGEO1877	8372	PP-B-8371
HIDROGEO1803	8358	PP-B-8357
HIDROGEO1731	8348	PP-B-8347
HIDROGEO1719	8345	PP-B-8344
HIDROGEO1692	8332	PP-B-8331
HIDROGEO1681	8324	PP-B-8323
HIDROGEO1677	8322	PP-B-8321
IR285	5260	PP-B-2977-IR285
CPRM-4300002695	8651	PP-B-8651



5.2.5 Santa Catarina

Perforación	IdPozo	Código
PP-SC-21	8143	PP-B-8143
PP-SC-20	8142	PP-B-8142
PP-SC-10	8132	PP-B-8132
HIDROGEO27	8179	PP-B-8178
HIDROGEO1164	8185	PP-B-8184
PP-SC-25	8147	PP-B-8147
PP-SC-23	8145	PP-B-8145
PP-SC-13	8135	PP-B-8135
PP-SC-08	8130	PP-B-8130
PP-SC-01	8123	PP-B-8123
PP-SC-02	8124	PP-B-8124
PP-SC-04	8126	PP-B-8126
PP-SC-07	8129	PP-B-8129

5.2.6 Estado de São Paulo

Perforación	IdPozo	Código
PP-BR-6961	7702	PP-B-7702
PP-BR-6319	105	PP-B-6319
PP-BR-6828	7569	PP-B-7569
PP-BR-6909	7650	PP-B-7650
PP-BR-6933	7674	PP-B-7674
PP-BR-6241	27	PP-B-6241
PP-BR-6915	7656	PP-B-7656

5.3 Paraguay

Se seleccionaron 33 pozos sobre la base de los criterios generales y particulares

Perforación	ID Pozo	Principales atributos para su inclusión
CZ-P0049	1750	Perfil litológico, Profundidad, Ubicación, Antecedentes hidroquímicos e isotópicos
SP-P0058	1809	Litología, Profundidad, Ubicación, Antecedentes hidroquímicos e isotópicos
SAGPY003MS	1542	Litología, Profundidad, Ubicación, Antecedentes hidroquímicos e isotópicos, Fuente de agua Municipal
AM-P0073	1864	Litología, Profundidad, Ubicación, Antecedentes hidroquímicos e isotópicos
SAGPY021MS	1560	Litología, Profundidad, Ubicación, Antecedentes hidroquímicos e isotópicos, Fuente de agua domestica



CG-P0083	1885	Perfil litológico (Misiones), Profundidad, Ubicación, Antecedentes hidroquímicos e isotópicos
SAGPY034IT	1573	Litología, Profundidad, Ubicación, Antecedentes hidroquímicos e isotópicos, Propietario Junta de Saneamiento
SAGPY061IT	1600	Litología, Profundidad, Ubicación
SAGPY071IT	1610	Litología, Profundidad, Ubicación, Isotopía
SAGPY078IT	1617	Perfil litológico, Profundidad, Ubicación, Hidroquímica, Isotopía, Propietario ESSAP, buen estado pozo, fácil acceso y muestreo
CG-P0040	1973	Perfil litológico, Profundidad, Ubicación
CG-P0106	1987	Litología, Profundidad, Ubicación
CG-P0109	1689	Perfil litológico, Profundidad, Ubicación
CG-P0112	1690	Litología, Profundidad, Ubicación
SAGPY134AP	1673	Perfil litológico, Profundidad, Ubicación
SAGPY145AP	1684	Perfil litológico, Profundidad, Ubicación, Hidroquímica, Isotopía, Propietario R. Itaipú Binacional, buen estado pozo, fácil acceso y muestreo
SAGPY146AP	1685	Perfil litológico (Misiones), Profundidad, Ubicación, Hidroquímica, Isotopía, Propietario particular (Country), pozo surgente, buen estado, acceso difícil cuando llueve, fácil muestreo (botas)
SAGPY147MS	1686	Litología, Profundidad, Ubicación, Isotopía
SAGPY171AP	1710	Perfil litológico, Profundidad, Ubicación
GR-P0035	2096	Perfil litológico, Profundidad, Ubicación
IT-P0073	2165	Litología, Profundidad, Ubicación
AM-P0015	1862	Perfil litológico, Profundidad, Ubicación, Propietario Junta de Saneamiento
SP-P0124	2292	Perfil litológico, Profundidad, Ubicación
SP-P0151	2296	Perfil litológico, Profundidad, Ubicación
SP-P0353	2311	Litología, Profundidad, Ubicación
AP-P0010	1901	Profundidad, ubicación, información isotópica
CG-P0028	1962	Profundidad, ubicación, información isotópica
CG-P0041	1974	Profundidad, ubicación, información isotópica
IT-P0040	2138	Profundidad, ubicación, información isotópica
AP-P0018	1907	Profundidad, ubicación, información isotópica
CG-P0038	1971	Profundidad, ubicación, información isotópica
MS-P0012	2242	Profundidad, ubicación, información isotópica
SP-P0068	1880	Profundidad, ubicación, información isotópica

5.4 Uruguay

Se seleccionaron 18 pozos, siendo:

Perforación	ID Pozo	Principales atributos para su inclusión
Ose Salto	7325	Litología, características constructivas, acceso, Pozo profundo, Ubicación regional y local, Fuente de agua para público
Arapey	7323	Ubicación regional , Litología conocida
Daymán	7324	Litología, características constructivas, acceso, Pozo profundo, Ubicación regional y local, Información histórica
Colonia Viñar	7341	Ubicación regional , Litología conocida
Artigas OSE 410	7339	Pozo profundo, Ubicación regional y local, Fuente de agua potable
Artigas OSE	7387	Pozo somero, Ubicación regional y local, Fuente de agua potable



1.4.012		
Rivera 10.4.018	7355	Pozo somero, Ubicación regional y local (recarga), Fuente de agua potable
Rivera 10.4.036	7358	Pozo prof. media, Ubicación regional y local (recarga), Fuente de agua potable
Tranqueras 16.1.002	7373	Ubicación, Litología conocida, Uso para abasto público
Tacuarembó 25.3.005	7376	Ubicación, Litología conocida, Uso para abasto público
Paguero	7347	Ubicación, Litología conocida, Uso para abasto público
Peralta	1284	Ubicación, Litología conocida, Uso para abasto público
San Nicanor	7337	Ubicación, Litología conocida, en cercanías de área piloto Salto Concordia
Guaviyú	7334	Ubicación, Litología conocida, Hidroquímica propia de litologías, cercana a frontera del SAG
Javier de Viana OSE	7411	Ubicación, somero condiciones de borde – Areniscas Basalto
Guichón	7326	Ubicación, Litología conocida, Hidroquímica propia de litologías infra SAG, condiciones de borde
16.1.010	7446	Ubicación, Litología conocida, Uso para abasto público
Paso Ullestie	7338	Ubicación, Litología conocida, Hidroquímica propia de litologías infra SAG, condiciones de borde



6 DISTRIBUCIÓN AREAL DE LAS PERFORACIONES SELECCIONADAS

Se muestra en la Figura 1, la distribución geográfica regional de los pozos seleccionados para integrar la Red de Monitoreo Regional.

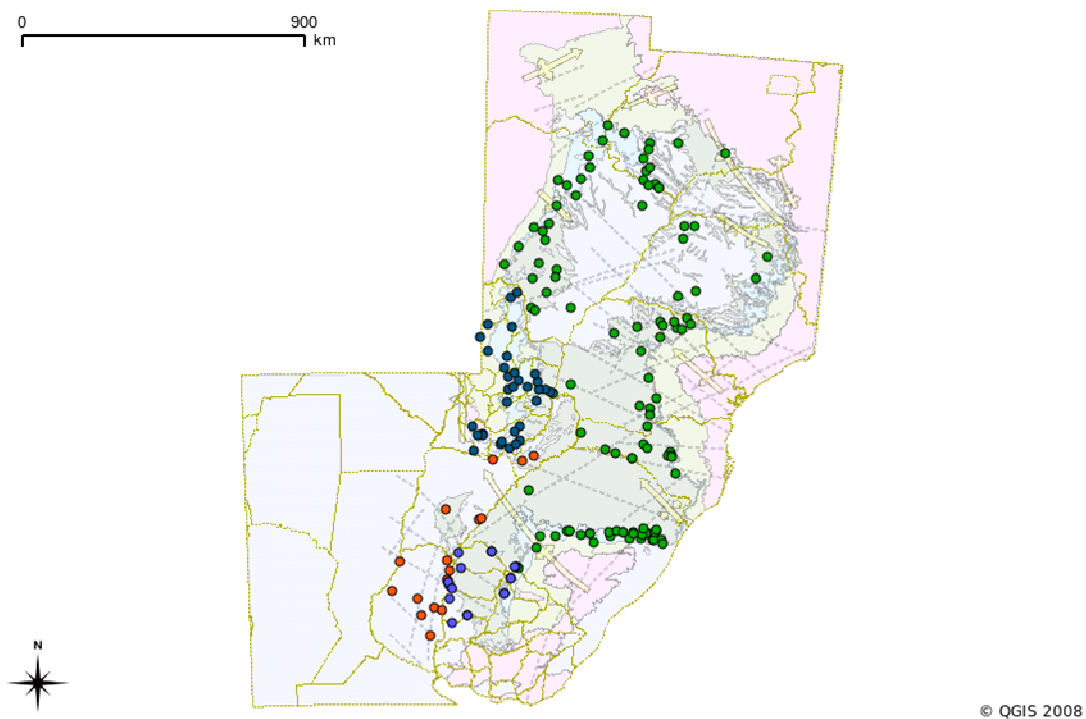


Figura 1.- Ubicación de pozos seleccionados



7 DETERMINACIONES

La calidad del agua subterránea es el resultado interacciones entre el agua con la fase sólida y gaseosa. Asimismo, está influenciada por las condiciones de flujo (velocidad, tiempo de residencia, ciclos o variaciones naturales – Ej. Presión atmosférica, nivel hidráulico, recarga-). En ocasiones se ha detectado que las variaciones naturales en la composición del agua pueden ser del mismo orden de magnitud o superior al derivado de contaminación². Por lo indicado, la línea de base, o fondo natural no puede indicarse como un único valor, sino un rango de valores que considere las variaciones naturales del acuífero³.

Dada la ausencia o mínima disponibilidad de información histórica tanto de la calidad como de los niveles hidráulicos, no se puede definir (estadísticamente consistente) un rango de características naturales para cada área. Por ello, se entiende imprescindible la pronta generación de información de base que permita a futuro contar con un marco de conocimiento como para diferenciar o detectar actividades contaminantes o alteraciones artificiales del sistema de flujo.

7.1 Metodología

Se ha observado que la mayor parte de las variaciones determinadas en la calidad de agua de una fuente obedecen principalmente a diferencias metodológicas tanto en el muestreo transporte- conservación como en el posterior análisis. No obstante, el avance en las técnicas analíticas hoy desarrolladas permiten esperar un bajo error en las mediciones de laboratorio. Por ello, se entiende imprescindible que, no solo a nivel de la red de monitoreo sino a nivel de los países, se incorporen directivas que permitan asegurar la representatividad de la muestra colectada y de las mediciones realizadas. Para ello por ejemplo, en todos los casos se debe intentar la utilización de equipos de extracción de baja perturbación del medio, que permitan alta representatividad del agua obtenida.

7.1.1 Mediciones de calidad en campo

Los parámetros que se determinen por medio de electrodos, deberán medirse por medio de una celda de circulación continua en la cual se coloquen los instrumentos y se haga fluir agua en ausencia de aire ni variaciones bruscas de presión.

Para el caso de aquellos parámetros que se realizan por otras técnicas (Ej. Alcalinidad por titulación), se recomienda seguir estrictamente las propuestas indicadas por la Secretaría General para los trabajos ya contratados.

² Manzano M., Custodio E., Nieto P. (2003) El fondo natural de la calidad del agua subterránea: Implicaciones para la aplicación de la directiva marco del agua en Europa

³ BaSeLiNe, 1999. Natural BaSeLiNe quality in European aquifers. A basis for aquifer management.



7.1.2 Muestreo

El muestreo se debe realizar luego del purgado de la perforación, para lo cual se entiende adecuado considerar el criterio de estabilización de parámetros. Tras el purgado se realizaría el muestreo, minimizando las turbulencias en el ingreso del agua en el recipiente hasta alcanzar el volumen requerido (ya sea llenado parcial –microbiología- o total en ausencia de aire).

Tanto las características del recipiente (volumen y material) como las condiciones de conservación y transporte deberán ser definidas para cada parámetro, en acuerdo a las recomendaciones de la Secretaría General para los trabajos de muestreo ya contratados.

Asimismo, esto último deberá ser coordinado con el laboratorio correspondiente para asegurar que las muestras estén disponibles para su análisis en condiciones adecuadas.

7.1.3 Microbiología

El muestreo microbiológico deberá incluir los siguientes elementos:

Organismos	Periodicidad
Heterotróficos (a 35 °C)	En todas las campañas de medición
Coliformes totales	En todas las campañas de medición
Pseudomonas aeruginosa	En todas las campañas de medición
Enterococos	En todas las campañas de medición

No se entiende necesario la incorporación, a menos que se detecte alguna problemática particular, la determinación de algas, protozoos, etc.

7.1.4 Mediciones hidráulicas

En el caso de las mediciones de nivel hidráulico, de ser posible, se entiende necesario que éstas correspondan al nivel estático. Por lo indicado, se entiende imprescindible la realización de varias mediciones que aseguren que los valores determinados correspondan a un nivel de estabilización. De ser posible, también se entiende necesario contar con el dato de nivel dinámico asociado al caudal usual de la perforación

Es de destacar que en perforaciones profundas (Ej. Pozos termales) los radios de influencia abarcan varios kilómetros, lo cual tiene dos implicaciones de relevancia: 1.- para alcanzar una estabilización de niveles tras el fin de la extracción es necesario un período de varios días, lo cual en muchas ocasiones no es prácticamente realizable por el uso del pozo, y; 2.- puede que aunque el pozo esté detenido, y no existan perforaciones cercanos a la redonda, el nivel estabilizado puede estar influenciado por un cono de descensos de un pozo en explotación (Ej. a 2 km).



Por lo indicado, en caso de perforaciones que no sea posible en un plazo inferior a 6-12 horas alcanzar un nivel estático, se entiende pertinente alcanzar un equilibrio dinámico, con un caudal equivalente al medio diario, e informar los valores de equilibrio alcanzados, caudal y nivel dinámico. Asimismo, en estos casos se deberá indicar la existencia y operación de pozos profundos en un radio inferior a 5 km.

Además de las mediciones de nivel hidráulico, es recomendable la realización de ensayos de eficiencia en las perforaciones. El contar con mediciones periódicas permitirá detectar cualquier pérdida de eficiencia por problemas constructivos del pozo.

7.2 Parámetros a medir

Dada la dualidad de objetivos de la red de monitoreo, generar información como para determinar las características naturales del acuífero y servir como base para la detección de problemas de contaminación, y al hecho que se pretende que sea de bajo costo, se seleccionaron elementos y especies de mayor relevancia y que, asimismo pueden ser indicadores de problemas de contaminación (Ej., serie del nitrógeno o carbono orgánico total). Por lo tanto las listas presentadas podrán ser ampliadas en caso que se detectara alguna problemática específica, especialmente en aquellos pozos utilizados como fuente de agua potable para abastecimiento público.

De acuerdo a lo indicado, se propone la inclusión de las siguientes mediciones en la red de monitoreo, siendo:

7.2.1 Hidráulica y operación

Variable	Periodicidad
Nivel estático	En todas las campañas de medición
Nivel dinámico	En todas las campañas de medición
Caudal (asociado al ND)	En todas las campañas de medición
Volumen extraído desde medición anterior	En todas las campañas de medición
Ensayo de eficiencia	Anual o bianual
Operación, estado e interferencia con otros pozos	En todas las campañas de medición

7.2.2 Parámetros físico químicos medidos en campo

Variable	Periodicidad
pH	En todas las campañas de medición y durante el período de muestreo
Conductividad eléctrica	
Temperatura	
Eh (Potencial Redox)	
Oxígeno disuelto	
Alcalinidad	En todas las campañas de medición



7.2.3 Especies mayores a determinar en laboratorio

Variable	Periodicidad
Sodio	En todas las campañas de medición
Potasio	
Magnesio	
Calcio	
Carbonatos	
Bicarbonatos	
Cloruros	
Sulfatos	
Nitratos	
Nitritos	
Amonio	
Bromuro ⁴	

7.2.4 Trazas, tóxicos y otros a determinar en laboratorio

Variable	Periodicidad
Aluminio	En todas las campañas de medición
Arsénico	
Fluor	
Cadmio	
Cromo	
Cobre	
Zinc	
Carbono Orgánico Total	
Sílice	

7.2.5 Isótopos

Variable	Periodicidad
Deuterio	Campaña por medio
O18	
Tritio, Carbono 14 (incluyendo C13), Argón u otro isótopo cuyo rango de aplicación permita datar adecuadamente el agua en el sitio de muestreo	

⁴ En ocasiones, especialmente en pozos que extraen agua de formaciones inferiores al SAG (con agua salada) o cuando hay influencia de éstas, los bromuros presentan concentraciones superiores a niveles traza, teniendo significativa influencia en el cálculo del balance iónico



7.2.6 Contaminantes orgánicos - pesticidas

Dado el alto costo de su determinación y la esperable no detección en la mayor parte de los casos, se entiende posible y adecuado la realización de una campaña para medición de algunos contaminantes orgánicos, especialmente agrotóxicos. El muestreo debe estar restringido a perforaciones en áreas de vulnerabilidad media a alta y de menos de 150m de profundidad.

7.3 Frecuencia

La periodicidad de medición resulta de un equilibrio entre la generación de información de calidad y la economía. El monitoreo deberá ser capaz de determinar variaciones normales o naturales en el acuífero, y/o apoyar la detección de alguna anomalía, pero asimismo no deberán realizarse mediciones tan seguidas que no hagan más que obtener una serie de valores muy similares, de bajo aporte para el monitoreo del SAG.

Es de destacar que la red de monitoreo persigue objetivos amplios, tanto para caracterizar el acuífero (lo cual no implicaría mediciones frecuentes) como para detectar posibles alteraciones de la potabilidad, especialmente en pozos para abastecimiento público (lo cual implicaría mediciones frecuentes). En simultáneo, en los sectores aflorantes o de recarga (vulnerabilidad alta) es esperable una mayor variabilidad de los parámetros a determinar (Ej. Estacional), pero en perforaciones profundas, que extraen agua de miles de años de tiempo de tránsito, las variaciones previsibles son mínimas.

Por lo indicado, se propone un conjunto de frecuencias de monitoreo, condicionado a la ubicación de la perforación en el sistema de flujo y utilización de la perforación, las cuales se indican a continuación



Variable	Sectores aflorantes, de alta vulnerabilidad o de recarga (Prof. < 100m)	Sectores de tránsito, descarga o perf. de prof. de extracción superior a 150m
Microbiología	Mensual - Trimestral	Semestral
Hidráulica y operación	Mensual - Trimestral	Trimestral - Semestral
Parámetros físico químicos medidos en campo	Mensual - Trimestral	Trimestral - Semestral
Especies mayores a determinar en laboratorio	Trimestral	Trimestral - Semestral
Trazas, tóxicos y otros a determinar en laboratorio	Trimestral	Semestral - Anual
Isótopos	Trimestral - Semestral	Semestral - Anual
Contaminantes orgánicos - pesticidas	Anual	-

Dada la ausencia de una serie histórica de datos, se entiende necesario que el primer año la red de monitoreo tenga una frecuencia de muestreo del doble de la propuesta en la tabla anterior.

De igual manera, las perforaciones destinadas al abastecimiento público también deberán incrementar la frecuencia de muestreo (Ej. Duplicarla).