

Banco Mundial:
Argentina
Water Resources Management
Policy Issues and Notes
THEMATIC ANNEXES
VOLUME III
2000

ANEXO

AGUAS SUBTERRÁNEAS

Anexo C: Aguas Subterráneas

1. Objetivos y Alcance del Estudio

El objetivo del presente estudio es de presentar la problemática de la gestión, protección y conservación de los recursos de agua subterránea en el marco de un desarrollo sustentable. El análisis se centra en los sistemas acuíferos de las provincias de Mendoza, Buenos Aires y Santa Fé que son representativos de la problemática de las aguas subterráneas del país. En conclusión, se presentan las propuestas de programa y acciones a implementar para alcanzar el objetivo de desarrollo sustentable de las aguas subterráneas.

2. El Papel Estratégico de la Aguas Subterráneas

Por su gran repartición espacial, su estabilidad estacional e interanual y sobre todo la alta flexibilidad que permite su explotación, las aguas subterráneas están ampliamente utilizadas en todos los sectores socioeconómicos. Su uso se extiende desde el pequeño pozo domiciliario para las necesidades domésticas de una familia en el suburbio de Buenos Aires hasta la batería de 118 pozos de riego del Valle de Tulum (Provincia de San Juan) capaces de brindar un caudal de 24 m³/s, pasando por los pozos que captan el acuífero Paraná con agua altamente salinizada pero apta para los usos industriales.

Una estimación de las contribuciones de las aguas subterráneas y superficiales en la cobertura de las demandas consuntivas totales del país está resumida en el cuadro 2.3.

**Cuadro 2.3 – Extracciones de agua
(Periodo 1993-97)**

Uso	Agua de superficie		Agua subterránea		Total
	Millones m ³ /ano	%	Millones m ³ /ano	%	Millones m ³ /ano
Riego	12500	68	6000	32	18500
Ganadero	1000	34	2000	66	3000
Abastecimiento	3500	78	1000	22	4500
Industrial	1500	60	1000	40	2500
TOTAL	17500	65	10000	35	28500

Fuente: FAO-Aquastat modificado y redondeado

La media nacional de la contribución de las aguas subterráneas en la cobertura total de las demandas, unos 35%, no refleja la importancia del papel de estos recursos. Así, en el sector del riego, son las reservas de agua subterránea que aseguran una regulación plurianual de los recursos y permitieron superar los periodos de sequía, como el de 1967/1972, compensando la falta de recursos superficiales.

3. La Problemática

A pesar del papel estratégico de las aguas subterráneas en el manejo de los recursos hídricos del país, no se llegó a una verdadera gestión integrada agua superficial/agua subterránea y sobre todo, se descuido de la protección de los acuíferos. Generalmente la degradación de la calidad de las aguas subterráneas tarda años, sino décadas, a

Anexo C: Aguas Subterráneas

manifestarse. Del mismo modo, se necesitará un largo tiempo para restaurarla, incluso con acciones energéticas.

La problemática de los recursos de agua subterránea de Argentina puede resumirse citando las conclusiones de dos trabajos recientes.

En el Seminario Nacional sobre la ‘Situación actual y Perspectivas de las áreas regadas en Argentina’ organizado por el INCyTH, INTA y el Gobierno de la Provincia de Tucumán realizado en 1994, una de las principales conclusiones recomienda que *‘La preservación del recurso agua subterránea tanto en calidad como en cantidad requiere, en su estratégico papel para el desarrollo futuro, de una cuidadosa y actualizada evaluación, a nivel de cada una de las administraciones provinciales.’*

En el informe sobre ‘La Contaminación ambiental en la Argentina: Problemas y Opciones’ del Banco Mundial (Octubre de 1995), una de las conclusiones principales es: *‘La contaminación de las aguas subterráneas debe considerarse como el problema de contaminación más importante en la Argentina, más que nada debido a la exposición a los riesgos de salud de una gran parte de los hogares – incluyendo una gran proporción de los de bajos recursos – que dependen del agua subterránea para sus necesidades diarias, y la irreversibilidad de la contaminación’.*

A continuación, se presenta los grandes rasgos de las regiones hidrogeológicas del país y a través del caso de las tres provincias de Mendoza, Santa Fe y Buenos Aires, se analizan los condicionantes de la ocurrencia, del uso y de la vulnerabilidad de los recursos de agua subterránea.

4. Las Regiones Hidrogeológicas

La repartición y ocurrencia de los sistemas acuíferos del territorio continental de Argentina está condicionadas por la estructura geológica y los factores climáticos e hidrográficos. Se distinguen así cuatro grandes regiones hidrogeológicas¹.

La Región de Valles Intermontanos. La característica esencial de esta región que incluye la cordillera y la precordillera consiste en importantes rellenos sedimentarios clásticos. Constituyen sistemas acuíferos con permeabilidad alta en el pie de monte y media a baja en el centro de los valles y en profundidad. La región abarca principalmente el Nuevo Cuyo y el Noroeste (Provincias de Jujuy, Salta, Tucumán, Catamarca, La Rioja, San Juan, San Luis y Mendoza), con clima árido y semiárido.

El funcionamiento de los sistemas acuíferos está estrechamente ligado a la hidrología de los ríos, cuyas escorrentías constituyen la principal recarga natural de estos sistemas. Así se distinguen:

¹ Ministerio de Economía y Obras y Servicios Públicos, Instituto Nacional de Ciencia y Técnica Hidráulicas-UNESCO, Programa Hidrológico Internacional. Mapa Hidrogeológico de la República Argentina. 1991.

Anexo C: Aguas Subterráneas

- ✓ los sistemas acuíferos con descarga hacia cuencas endoreicas, siendo la evaporación la única componente natural de sus salidas. Representativos de estos sistemas son los de la Puna, del cono de deyección tucumano y de los valles de Catamarca y Tunuyán.
- ✓ los sistemas acuíferos con descarga hacia la planicie aluvial para desembocar en el océano Atlántico. Ejemplos de estos sistemas son los asociados con los valles y abanicos aluviales de los ríos Mendoza, Atuel, Diamante y San Juan.

La Región de la Llanura Chaco Pampeana. Presenta acuíferos en sedimentos clásticos de extensión regional. La morfología dominante es la llanura que varía de ondulada a deprimida y alta. Corresponde al Litoral-Mesopotamia (Provincias de Formosa, Chaco, Corrientes, Santa Fe y Entre Ríos), al Central-Pampa Gringa (Provincias de Santiago del Estero, Córdoba y La Pampa) y al Gran Buenos Aires (Provincia de Buenos Aires y Distrito Federal). En un clima predominantemente húmedo, los sistemas acuíferos tienen como principal componente de su recarga la infiltración de las precipitaciones.

Los recursos de agua subterránea de la región provienen esencialmente del extenso sistema acuífero llamado el Puelches que incluye tres acuíferos superpuestos y intercomunicados: el Epipelches o Pampeano, el Puelches y el Hipopuelches o Paraná.

La Región de la Meseta Misionera. Incluye la provincia de Misiones y parte de la de Corrientes. Los acuíferos comprenden los basaltos de baja permeabilidad y las areniscas de la Formación Misiones. Estas últimas forman parte de un mega-acuífero, con una extensión estimada a 1,5 millón de km², que ocupa parte de los territorios de Brasil, Paraguay, Uruguay y Argentina. A nivel regional está conocido como el Acuífero Guaraní.

La Región de las Mesetas Patagónicas. Situada en un clima árido, con precipitaciones bajas o nulas, la región se extiende desde la Tierra del Fuego hasta el Río Colorado, incluyendo las provincias de Neuquén, Río Negro, Chubut, Santa Cruz y Tierra del Fuego. Los sistemas acuíferos comprenden las formaciones de Rodados Patagónicos, las mesetas basálticas, y sobre todo los valles aluviales de los ríos que nacen en la Cordillera Patagónica.

5. Los condicionantes de la ocurrencia, del uso y de la vulnerabilidad de las aguas subterráneas

La problemática de la gestión y protección de los recursos de agua subterránea se limita prácticamente en las dos grandes regiones hidrogeológicas de Valles Intermontanos y de la Llanura Chaco Pampeana donde está concentrada más del 90% de la población del país y de las demandas de agua. Se analizará la problemática a través de tres casos representativos que son las provincias de Mendoza, Santa Fé y Buenos Aires.

Anexo C: Aguas Subterráneas

5.1 Provincia de Mendoza

El papel de las aguas subterráneas en el desarrollo de la agricultura de riego en la provincia de Mendoza es representativo de la importancia de estos recursos en todas las áreas áridas y semiáridas de la región Nuevo Cuyo – Noroeste.

La provincia de Mendoza es la que tiene la mayor superficie regada del país (360.000 ha, o sea 25% del total nacional). Por su clima semidesértico, su desarrollo económico y el bien estar de sus habitantes se debe esencialmente al aprovechamiento integral de sus recursos hídricos en áreas bien delimitadas, llamadas oasis.

Una amplia infraestructura hidráulica desarrollada en los cinco ríos (Mendoza, Tunuyán, Diamante, Atuel y Malargue) con 12 diques de derivación y 6 embalses (capacidad total de 1.400 hm³) permiten el aprovechamiento de los recursos superficiales.

A esta infraestructura se añaden 9.000 pozos privados en operación, sobre un total de 18.000 registrados, que explotan cinco sistemas acuíferos de pie de monte. Son extensas cubetas rellenas con sedimentos clásticos altamente permeables y depositados por los ríos mismos. Los sistemas de agua de superficie y subterránea son por lo tanto estrechamente ligados.

Con un reservorio subterráneo estimado a 22.000 hm³ (15 veces la capacidad de los embalses construidos), los acuíferos aseguran el papel de regulación plurianual de los recursos hídricos, permitiendo a la provincia de Mendoza de superar las graves sequías de los años 60 y 70 así como la de 1996-97, tanto para el riego como para el abastecimiento a la población y a la industria. Se estima que de los 360.000 ha de riego de la provincia, 80.000 ha se riegan exclusivamente con agua subterránea y el resto con agua de superficie y uso conjunto de ambos recursos.

La explotación de las aguas subterráneas comenzó de manera significativa en los años 50 y ha permitido ampliar la superficie y aumentar la eficiencia de riego, mejorando la distribución del agua y prácticas culturales. Desafortunadamente, el uso intensivo de estos recursos no ha sido acompañado por las medidas de protección y conservación de los acuíferos con el fin de asegurar un desarrollo sustentable.

El ex-CRAS (Centro Regional de Agua Subterránea) ha realizado extensas investigaciones hidrogeológicas en los valles de los ríos Mendoza y Tunuyán que constituyen el oasis Norte de la Provincia². Las investigaciones han permitido determinar:

- ✓ *La estructura del sistema.* Esta constituido por conos aluviales conformados en abanico en la cabecera de los dos ríos, con sedimentos altamente permeables, que pasan gradualmente a una llanura de inundación fluvial formada por material mas fino. El sistema tiene una extensión total de 5.400 km².

² CRAS, Amilcar A. Alvarez. Recursos hídricos de la cuenca Mendoza Norte. Información General en base al conocimiento actual. San Juan, Junio 1997.

Anexo C: Aguas Subterráneas

- ✓ *El funcionamiento del sistema.* Consiste en tres sub-sistemas o mantos intercomunicados. Los ríos Mendoza y Tunuyán que atraviesan el sistema lo recargan directamente por las infiltraciones en sus cauces, e indirectamente por los canales y en las áreas de riego. Por simulaciones matemáticas se han cuantificado los volúmenes de recarga anual al sistema. La descarga anual por bombeo varía entre 100 millones de m³ en los años húmedos con recursos superficiales abundantes, y 600 millones de m³, como ocurrió en el período de sequía de 1971/72.
- ✓ *La hidroquímica del sistema.* Se ha determinado la dinámica de la alteración de la calidad de los mantos acuíferos por diferentes fuentes de contaminación.

En el oasis Norte donde está sentada la ciudad de Mendoza, el mal manejo del agua de riego y las contaminaciones agrícola, municipal e industrial han deteriorado el primer manto acuífero freático que se encuentra ahora con altos niveles de salinidad y de nitratos. En área del Gran Mendoza, el CRAS ha concluido que existe una contaminación establecida con valores de nitratos que varían entre 50 y 100 mg/l y en un sector de alta concentración poblacional se llega a un alto grado de contaminación con valores de 100 a 180 mg/l.

Debido a la salinización del manto freático, los usuarios se fueron a explotar gradualmente los segundo y tercero mantos acuíferos, más profundos y de mejor calidad, abandonando los pozos antiguos. Estos pozos, por estar mal ejecutados y por la corrosión de sus tuberías y filtros, ponen en contacto directo el manto de agua de mala calidad con el segundo manto, contaminándolo de manera notable en la área central del oasis norte. En esta área, según un estudio del CRAS, el 35% de los pozos se encuentra en mal estado provocando esa contaminación.

Solo queda el tercer manto, el más profundo, que conserva un agua de buena calidad. Sin embargo, no está completamente protegido si se deja continuar el proceso de degradación que ocurrió con los dos primeros mantos acuíferos.

El Departamento General de Irrigación ha iniciado un programa para cegar los pozos en mala condición, con contribución financiera de la parte de los usuarios de agua subterránea, pero la magnitud del programa no parece estar a la altura del objetivo de protección de los acuíferos.

5.2 Provincia de Santa Fé

La provincia de Santa Fé forma parte, en su totalidad, de la Llanura Chacopampeana, extensa unidad geomorfológica que ocupa 1 millón de los 2,8 millones km² del territorio continental argentino.

La red hidrográfica es muy escasa, con la excepción del río Paraná que limita la provincia al este y que se destaca por su caudal y la calidad de su agua. Este río constituye la única fuente segura de aprovisionamiento de agua de superficie y es ampliamente aprovechado por las ciudades que se emplazan en su ribera, incluyendo la capital de la provincia. Los demás ríos de la provincia (Salado, Carcarañá) no son permanentes y sus aguas de mala

Anexo C: Aguas Subterráneas

calidad, sea por salinidad sea por contaminación. Por lo tanto, la mayoría de las zonas urbanas y rurales de la provincia deben abastecerse con agua subterránea.

La investigación hidrogeológica de la provincia de Santa Fe ha sido iniciada en 1960 por el Departamento de Hidrogeología y Perforaciones de la provincia. Desde esta fecha, hubo sucesivamente siete estudios realizados por distintas instituciones nacionales y provinciales, con numerosas perforaciones, que en total cubrieron toda el área de la provincia. Se realizó una síntesis³ definiendo 11 distintas áreas en la provincia con sus propias problemáticas en cuanto a la explotación de las aguas subterráneas en sus aspectos cuantitativos y cualitativos, con los riesgos de salinización y de contaminación natural.

La disponibilidad y la repartición de los recursos de agua subterránea de la provincia están relacionadas con dos acuíferos llamados el Puelches y el Pampeano o Epipuelches y varían entre la zona oriental, con mayor precipitación y más recarga, y la zona occidental, más árida y menor recarga. La principal limitación a la explotación de estos recursos es la calidad de su agua.

El acuífero Puelches en la provincia de Santa Fé forma parte del sistema acuífero más extendido y más explotado del país. Abastece a los principales centros urbanos e industriales de la parte central de la provincia, y también a algunas ciudades occidentales como Rafaela que se aprovisiona mediante un acueducto de 100 km con cabecera en Esperanza. La explotación del acuífero Puelche necesita una cuidadosa análisis del comportamiento de la obra de captación con el fin de evitar la llamada de agua salobre de la formación Paraná (o Hipopuelches) que se halla debajo del Puelches.

En los últimos diez años, se produjo un notable incremento de la extracción de agua subterránea por el sector agrícola para el riego complementario de cereales. Los fertilizantes y pesticidas son ampliamente utilizados para aumentar la producción y constituyen un serio riesgo de contaminación para el acuífero⁴. En adicción, los pozos de riego, en general mal acabados, son unas vías directas para la infiltración de contaminantes.

En la zona occidental se explota esencialmente el acuífero Pampeano. Corresponde a una capa freática libre que descansa directamente sobre niveles de agua fuertemente salinizada. Los recursos son difíciles de explotar porque cualquier sobre-extracción provoca la salinización y la contaminación por arsénico y flúor de las aguas. Esa limitación ha frenado el crecimiento de varias poblaciones de tipo industrial de la zona. Sin embargo, recientes experiencias de recarga artificial con represas de fondo permeable han permitido resolver el problema de abastecimiento a varios centros.

³ Esteban Bojanich Marcovich, Amilcar H. Riga. Aguas Subterráneas de la Provincia de Santa Fe. Sociedad Argentina de Estudios Geográficos. Serie Especial. #9.

⁴ Fenómeno que se observa en varias partes de Europa y particularmente en Francia, resultando de un abuso de agroquímicas durante dos o tres décadas para el riego complementario de cereales, y constituyendo uno de los más serios impactos ambientales porque amenaza directamente la principal fuente de abastecimiento de agua potable de la población.

Anexo C: Aguas Subterráneas

5.3 Provincia de Buenos Aires

Con 17 millones de habitantes, la población de la provincia de Buenos y de la Capital Federal representa el 46% del país. La Capital y el conurbano bonaerense tienen 12 millones de habitantes y la mayor concentración industrial del país. La provincia es la segunda en superficie de riego, con 180.000 ha, y el riego complementario sigue creciendo a un ritmo acelerado. Estas pocas cifras sintéticas traducen el desafío del manejo de los recursos hídricos en la provincia.

La provincia de Buenos Aires forma parte de la Llanura Chacopampeana de clima húmedo, excepto la franja occidental y el sudoeste que se sitúan en la región árida y semiárida. Los recursos de agua subterránea son explotados principalmente del acuífero Puelches y accesoriamente del Pampeano (o Epipuelches) situado encima y del acuífero Paraná (o Hipopuelches) debajo del Puelches; los tres acuíferos se intercomunican a través de niveles geológicos semipermeables.

El histórico de la explotación de estos acuíferos es un caso ejemplar de un grave deterioro ambiental en área urbana por falta de una gestión integrada del sistema de aprovechamiento, saneamiento y protección y conservación de los recursos.

El acuífero libre del Pampeano es poco explotado por su baja productividad, por la mala calidad natural de su agua y sobre todo por la contaminación química y bacteriológica provocada por los pozos sépticos domiciliarios y pozos filtrantes industriales. Al contrario, por su fácil acceso, su alta productividad y la calidad de su agua, el acuífero Puelches ha sido intensivamente explotado para el abastecimiento del área metropolitana de Buenos Aires. El aprovechamiento creció hasta la sobreexplotación, provocando una inversión generalizada del flujo natural del agua subterránea. A mediados de los años 80, la situación resultante se traducía en una intrusión salina a lo largo de la zona costera del río de la Plata y en fenómenos de filtración vertical de las aguas contaminadas, desde los ríos y valles con aguas cloacales del área metropolitana por una parte, y por otra, aguas con alto contenido de nitratos y de arsénico, del Pampeano hacia la fuente de abastecimiento, el acuífero Puelches.

En los últimos 30 años más de 500 perforaciones de abastecimiento del área de Concesión⁵ actual de Aguas Argentinas debieron ser desafectadas del servicio por los problemas de calidad (entre otros: nitratos en pozos ubicados en plena zona urbana, salinización por sobreexplotación y contaminación industrial); la mayor parte de ellas aun no había llegado al final de su vida útil.

La sustitución del agua subterránea por el agua del río de la Plata para el abastecimiento de la zona metropolitana, aunque parcial y escalonada⁶, ha provocado el fenómeno inverso: la reaparición de la capa freática donde había prácticamente desaparecido, con

⁵ La concesión se inició en Mayo de 1993.

⁶ Todavía quedan alrededor de 250 pozos explotados por Aguas Argentinas en su área de concesión

Anexo C: Aguas Subterráneas

niveles subiendo hasta menos de 1m de profundidad, creando la saturación de pozos sépticos domiciliarios, el anegamiento de sótanos, cocheras, túneles y depósitos, así como posibles agresiones contra las fundaciones construidas.

La gestión de un sistema acuífero como el Puelches necesita una cuidadosa planificación a medio y largo plazo y una programación de las explotaciones basadas en técnicas de análisis avanzadas (simulaciones matemáticas de los mantos acuíferos en cantidad y en calidad) y un monitoreo permanente. Es lo que Aguas Argentinas esta realizando en su área de concesión⁷.

Los costos ambientales creados por la sobreexplotación de las aguas subterráneas, seguida por el abandono de los pozos y la subida de la capa freática, no han sido estimados.

En el sector agrícola, se nota una rápida expansión del riego complementario, explotando los acuíferos Puelches y Pampeano que son fácilmente asequibles. Incluso está siendo promocionado por organismos oficiales⁸. El desarrollo socioeconómico no es incompatible con la protección y conservación del patrimonio aguas y suelos, siempre que se tomen las medidas necesarias para evitar la contaminación difusa de los acuíferos provocada por el abuso de fertilizantes y pesticidas utilizados para aumentar la producción. Son acuíferos que constituyen la principal sino la única fuente de abastecimiento de agua potable para la población urbana y rural dispersa de la provincia.

6. Conclusiones y Recomendaciones

A pesar del papel estratégico de las aguas subterráneas en el desarrollo socioeconómico y de su vulnerabilidad a la degradación del medio ambiente, en los informes más recientes sobre los recursos hídricos del país, se considera que el conocimiento global de esta fase del ciclo hidrológico aún está en estado de desarrollo⁹ y la información sobre la cuantificación de reservas de agua subterránea y su explotación es variable e incompleta, por no contarse con, un adecuado control y inventario a nivel nacional¹⁰. Efectivamente, la información disponible es muy variable de una región a otra. El conocimiento está más bien relacionado con el nivel de explotación de estos recursos, o sea de su grado de importancia para los diferentes sectores de usos en cada región del país. Como lo notan los mismos informes, se ha adelantado el conocimiento de las aguas subterráneas en la subregión andina central, en varias zonas o valles de las provincias de San Juan, Mendoza, Catamarca, Jujuy y Salta. Son áreas áridas y semiáridas que dependen

⁷ Potencialidad de los recursos subterráneos. Aporte a la discusión de planes directores alternativos. Aguas Argentinas, Dirección Técnica y Calidad, División Recursos Subterráneos. Septiembre de 1997.

⁸ Secretaría de Agricultura, Ganadería, Pesca y Alimentación. Riego Complementario en sistemas productivos sustentables de la región pampeana

⁹ Diagnostico preliminar sobre la gestión de los recursos hídricos en la República Argentina. C. Laboranti, G.V. Malinow. Enero 1995

¹⁰ FAO/CP. Argentina. Proyecto de desarrollo agrícola provincial. Resumen del sector de riego. 6 de mayo 1996

Anexo C: Aguas Subterráneas

fuertemente de las aguas subterráneas. En la región húmeda, con las necesidades de abastecimiento de agua potable a la población y el crecimiento acelerado del riego complementario, se ha progresado igualmente en el conocimiento del potencial de los principales acuíferos y también de su vulnerabilidad a la contaminación.

Por lo tanto, se dispone actualmente de una base de información suficiente para programar e implementar las medidas necesarias en vista a frenar el deterioro de los recursos y restaurar gradualmente su calidad. Apoyándose en una base de datos y un sistema de monitoreo adecuados, son las acciones que permitirían progresar en el conocimiento de los recursos. Las acciones deben encuadrarse en una visión estratégica e integrada del papel de los acuíferos en la gestión global de los recursos hídricos y aplicando una política racional y voluntarista de protección y conservación del patrimonio aguas y suelos.

Una de las acciones prioritarias para la protección y la gestión racional de los recursos de aguas subterráneas debería dar repuestas a las cuestiones claves siguientes:

- ✓ Los rezagos en tecnología de análisis y gestión de sistemas acuíferos y su integración en gestión global de recursos aguas y suelos
- ✓ y la Deterioración acelerada de un patrimonio hídrico estratégico de la nación.

Podría tener como objetivos específicos: el reforzamiento de los Centros Regionales del INA (ex CRAS) con capacitación acelerada de sus técnicos y transferencia de tecnología; la implementación de un programa de emergencia de cegado de pozos contaminantes en Mendoza; la creación de perímetros de protección de acuíferos reservados para el abastecimiento de agua potable a la población; la recarga de acuíferos (Mendoza, San Juan, Santa Fe); la sensibilización a la prevención contra la contaminación agroquímica difusa de los acuíferos; y el soporte a la creación y fortalecimiento de estructuras de concertación para la gestión de los acuíferos.

REFERENCIAS

Aguas Argentinas, Technical and Quality Bureau, Groundwater Resources Division. Groundwater Resource Potential. Contribution to discussion on alternative master plans. September 1997.

Food and Agriculture Organization/CP, Proyecto de desarrollo agrícola provincial, Resumen del sector de riego. Buenos Aires, May 1996.

Laboranti, Claudio and Guillermo V. Malinow, Diagnostico Preliminar Sobre la Gestion de los Recursos Hídricos en la Argentina, Sub-secretariat of Water Resources, Argentina, Enero, 1995.

Marcovich, Esteban Bojanich and Amilcar H. Riga. Groundwater in the Province of Santa Fe. Argentine Society of Geographic Studies. Special Series. #9.

Ministerio de Economía y Obras y Servicios Públicos and UNESCO, Mapa Hidrológico de la República Argentina, 1991.