

MAPA HIDROGEOLÓGICO DEL ACUÍFERO GUARANI

Heraldo C. N. S. Campos¹

Resumen - En este artículo se presentan los resultados obtenidos en el proyecto “Mapa Hidrogeológico do Aquífero Guaraní”. Este trabajo permite verificar y contrastar las diferentes hipótesis de funcionamiento del acuífero, durante la fase de conceptualización del sistema. El mapa es un excelente elemento integrador de la información disponible y tiene la ventaja de permitir la incorporación de nuevos datos, para la actualización y perfeccionamiento del mismo. Se propone este mapa para ser empleado como una herramienta pública de uso general y se sugiere que un banco de datos en Internet puede ser el primer paso para que el proceso participativo de investigación, difusión, utilización y gestión.

Palabras-clave - Mapa del Acuífero Guaraní.

INTRODUCCIÓN

El Acuífero Guaraní está situado entre los paralelos 16° y 32° de latitud Sur y los meridianos 47° y 56° de longitud Oeste (Figura 1). Este acuífero, con una superficie aproximada de 1.194.000 km², se extiende por la Cuenca del Paraná en el Sudeste de Brasil (839.000 km²), y por el Este de la Cuenca Chaco-Paraná en territorio de Argentina, Paraguay y Uruguay (355.000 km²).

En este proyecto se adoptó la denominación Acuífero Guaraní, denominado así por el geólogo uruguayo Danilo Anton (1994), en homenaje a la nación indígena Guaraní, dado que abarca prácticamente al dominio geográfico que fue habitado por esa civilización en la época del descubrimiento de América. Aunque, posteriormente este

¹ Centro de Ciencias Exatas e Tecnológicas. UNISINOS, Av. Unisinos, 950, 93022-000 Sao Leopoldo, RS, Brasil. Fax 51 5908177. heraldo@euler.unisinos.br

Petrolíferos) y PAULIPETRO (Consortio IPT/CESP), en Argentina, Brasil, Paraguay y Uruguay.

Teniendo en cuenta la vital importancia de este acuífero, en 1993 tuvo lugar en Gramado (Brasil) el “X Simpósio Brasileiro de Recursos Hídricos y I Simposio de Recursos Hídricos do CONE SUL”. El simposio fue organizado por la Associação Brasileira de Recursos Hídricos (ABRH) y el Instituto de Pesquisas Hidráulicas/UFRGS, además del auspicio de la UNESCO entre otras agencias de cooperación. Durante el evento se estableció un grupo de trabajo internacional cuyo objetivo es el estudio de detalle del “Acuífero Internacional Botucatu” (conocido actualmente como Acuífero Guaraní) para llevar a cabo un aprovechamiento racional del recurso hídrico subterráneo. El primer paso consistió en la elaboración de un mapa hidrogeológico del Acuífero Guaraní, que presentase de forma esquemática el modelo conceptual del funcionamiento del sistema, a una escala compatible con la densidad de datos existentes. La elaboración del mapa se comenzó en 1994, año en que el autor fue convocado para trabajar en la comisión nacional de Brasil, a través del “Programa Hidrológico Internacional (PHI)” de la UNESCO, Oficina de Montevideo.

En Agosto de 1994 se realizó en Curitiba (Brasil), la “Jornada Técnico-Científica Sobre Gestao Sustentável do Aqüífero Internacional Botucatu”, organizados por la Universidade Federal do Paraná, Universidad de La República Oriental del Uruguay y Associação Brasileira de Águas Subterrâneas (ABAS), con el auspicio del International Development Research Center (IDRC), Canada.

En Mayo de 1996 se realizó el primer “Seminario e Workshop do Aqüífero Gigante do MERCOSUL” (Curitiba, Brasil), organizado por la Universidade Federal do Paraná, con participación de la Universidad de la República Oriental del Uruguay, Universidad Nacional de la Plata (Argentina), SENASA, IDRC con la participación de un gran número de especialistas en el tema. En Mayo de 1997, se efectuó el segundo Seminario en Paysandú (Uruguay), coordinado por la Universidad de la República Oriental del Uruguay, donde se propuso que los gobiernos del MERCOSUR establecieran un mecanismo de coordinación y consulta para la evaluación, investigación, planeamiento y preservación del acuífero. En este seminario se presentó a propuesta de investigación sobre el Acuífero Guaraní (Rocha, 1996 y 1997), a destacar la elaboración del “Mapa Hidrogeológico do Aqüífero Guaraní”. Esta propuesta fue ampliamente aceptada por los participantes, como parte del programa de investigación básica internacional.

La presentación de la primera parte de este proyecto (edición del mapa) se realizó en el Seminario Internacional “Estratégias Para o Gerenciamento Ambiental do Aquífero Guaraní no Estado de Sao Paulo”, en Diciembre de 1999, Sao Paulo (Brasil). En este seminario participaron especialistas de la Bavarian State Office for Water Resource Management (Alemania), Universidade Federal do Paraná (Brasil), Ministerio de Agricultura y Ganadería (Paraguay), Universidad de la Republica (Uruguay), Universidad Nacional del Litoral (Argentina), Secretaria de Recursos Hídricos (Brasil), Organización de los Estados Americanos (OEA), Secretaria do Meio Ambiente do Estado de Sao Paulo (Brasil), Departamento de Águas e Energia Elétrica (Brasil), Companhia de Tecnologia de Saneamento Ambiental (Brasil), Instituto Geológico (Brasil), Departament of Water Management Bayreuth (Alemania), Empresa Brasileira de Agropecuária (Brasil), CPRM-Serviço Geológico do Brasil y Saneamento Básico do Estado de Sao Paulo (Brasil).

De una forma sintética, las actividades de trabajo desarrolladas hasta el presente se pueden agrupar en dos líneas: “Mapa Hidrogeológico do Aquífero Guaraní” y Modelación Conceptual y Matemática. Las principales etapas y resultados obtenidos de la primera fase están indicadas en Campos (1994 a y b; 1996 a y b; 1997; 1998 a y b; 1999a) y Campos & Cerón-García (1998).

REVISIÓN DE LA LITERATURA DISPONIBLE

El Mapa Hidrogeológico del Acuífero Guaraní ha sido utilizado como herramienta fundamental de apoyo en la definición del modelo conceptual y en la modelación del mismo. Representa una cartografía actualizada y tiene características del tipo “Mapa Hidrogeológico de Comprensión General” como es, por ejemplo, el “Mapa Hidrogeológico de América del Sur, escala 1:5.000.000” (UNESCO/CPRM/DNPM, 1996), o sea, con todas las limitaciones inherentes a los mapas de pequeña escala (mayor área).

Para la cartografía del acuífero se emplearon 50 estudios cartográficos, geológicos, hidrogeológicos y el análisis de más de 200 datos de pozos seleccionados. Los principales estudios hidrogeológicos sistematizados, en ámbito regional, del Acuífero Guaraní están descriptos por Rebouças (1976), BRASIL (1983), Araújo et al. (1995 y 1999), UNESCO/CPRM/DNPM (1996) y Rocha (1996 y 1997) para toda la área de dominio del acuífero en la cuenca; DAEE (1974, 1976, 1979, 1981, 1982), Silva (1983), Perroni et al. (1985) y Campos (1993 y 1998 a), para la parte noreste de la cuenca (Estado de Sao Paulo, Brasil); Fraga (1992) (Estado de Paraná, Brasil); Fili et al. (1998) y Montañó et al. (1998) para territorios de Argentina y Uruguay. Otros autores como Hardy

(1998) y Cattáneo et al (1994), describen los aspectos de áreas más restringidas en Uruguay que se abastecen con agua subterránea de este recurso hídrico. Los estudios hidrogeológicos de dominio más regional están indicados en la Figura 2.



Figura 2. Identificación de los estudios hidrogeológicos regionales recopilados para la elaboración de este estudio (Campos, 1999b).

TAREAS DESARROLLADAS

Las tareas desarrolladas para confeccionar el mapa han sido:

- recopilación e inventario de la información; antecedentes de datos de pozos, informes y documentos geológicos, hidrogeológicos, hidrológicos, topográficos y geopolíticos.
- sistematización y normalización de la información en planillas, listas y textos a través de ordenador.
- interpretación de la información, caracterización de las principales unidades hidrogeológicas y otras informaciones disponibles.
- síntesis de datos; resumen de las informaciones con indicación de clase de acuíferos, hidroestratigrafía, leyenda, principales litologías, tipos y características de acuíferos, caudales y profundidades de pozos, productividad y características hidrogeoquímicas.
- recopilación y actualización de la información: con nuevos datos de pozos y artículos publicados en los años de 1998 y 1999 (Da Rosa Filho et al, 1998; Fili et al, 1998; Hardy, 1998; Montaña et al, 1998; Araújo et al, 1999).

CONFECIÓN DEL MAPA

De modo general, el mapa siguió el esquema original (Figura 3) propuesto por Campos (1996b, 1998a), con reducción de la escala original del proyecto de 1:1.000.000 para 1:2.500.000 en virtud de la densidad de datos obtenidos. La edición en lengua portuguesa del mapa, que contó con el seguimiento y revisiones del autor durante el período de postdoctorado, se realiza por ISOMAPA – Consultoria e Projetos Ltda. (Sao Paulo, Brasil) con el auspicio del CNPq (Procesos 520017/95-1 y 420062/98-0). La Figura 4 se presenta el mapa Hidrogeológico del Acuífero Guarani (Campos, 1999b).

Los documentos base generados, en conjunto, componen el mapa hidrogeológico. Los elementos en que se agrupó la información son (Tabla 1): Cuadro Síntesis de Datos, Leyenda, Mapas Complementarios, Perfiles Hidrogeológicos, Nota Explicativa y Lista de Referencias Temáticas. Esta agrupación brinda la posibilidad de la yuxtaposición gráfica del conjunto de los elementos y por separado.

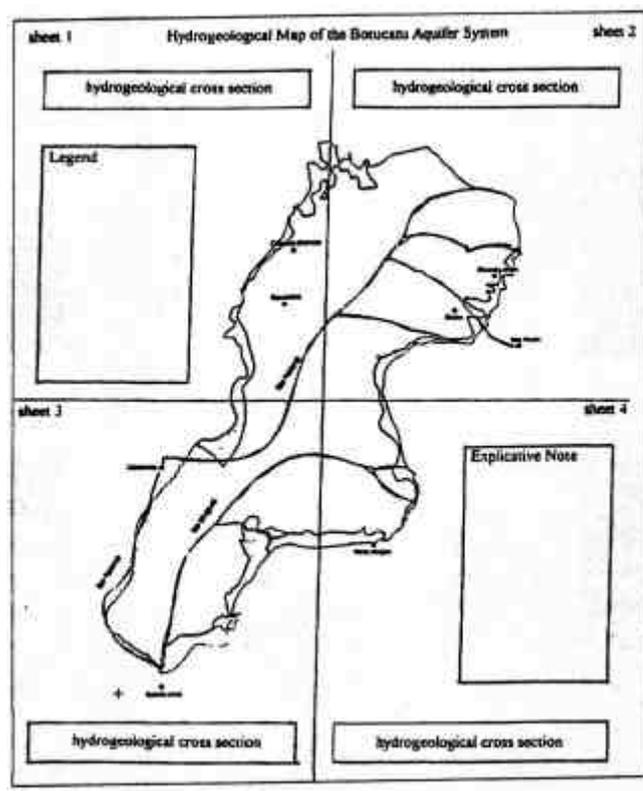


Figura 3. Esquema original del Mapa Hidrogeológico del Acuífero Guaraní (Campos,1998a).

La síntesis hidroestratigráfica resultante está descrita en la Tabla 2. El Acuífero Guaraní se subdivide en cuatro unidades hidroestratigráficas (U1, U2, U3, U4) según los análisis de perfilajes gama de pozos de la cuenca y en una estimación porcentual del contenido de arcilla: U1 = 0% de arcilla, U2 = 0 a 5% de arcilla, U3 = 5 a 20% de arcilla y U4 = 20 a 40%. Los perfiles geológicos fueron reconstituidas por Lavina (1998, inédito) a partir de los datos disponibles en los trabajos de Ramos & Medeiros (1965), Ramos & Formoso (1975), Abourrage & Lopes (1986), Lavina (1991), Araújo et al. (1995) y Milani (1997). Los materiales del Grupo Passa Dois, la base del acuífero, tendrían un comportamiento de acuitardo en las zonas donde predominan la fracción arcillosa con más de 40 %.

Además de su valor intrínseco, el mapa sirve de base esencial para la construcción del banco de datos hidrogeológicos, de acuerdo con la propuesta (Figura 5) de Struckmeir & Margat (1995), al servir de fuente de información a través de Internet.

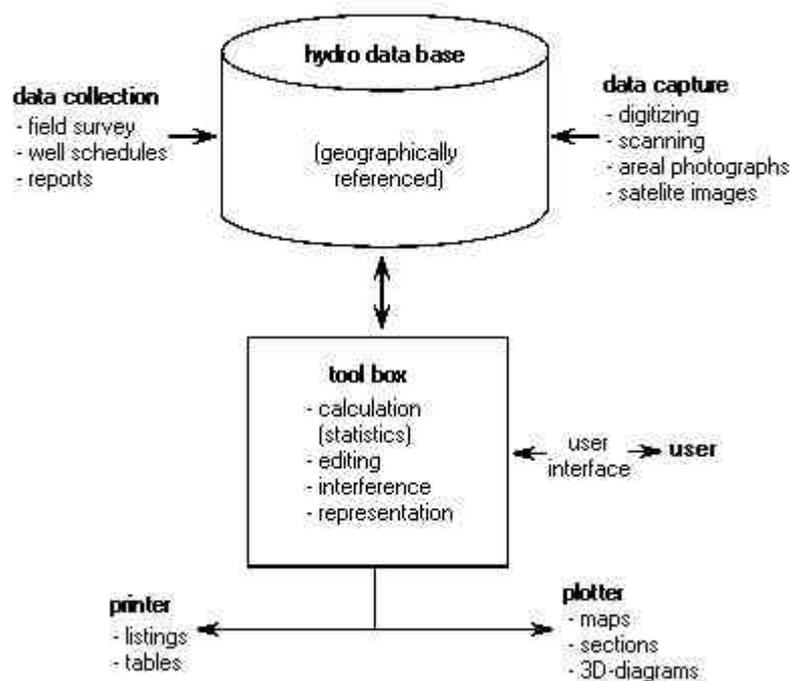


Figura 5. Funcionamiento del Hydro-Geo-Information Systems (HYGIS), según Struckmeir & Margat (1995).

Acuíferos	Formaciones
Bauru	Grupos Caiuá y Bauru: areniscas con o sin cemento carbonatado de origen eólico y fluvio-lacustre – Cretácico.
Serra Geral	Formaciones Serra Geral y Arapey: basaltos constituidos por coladas sucesivas de lavas superpuestas – Jurásico-Cretácico.
Guaraní (U1, U2, U3, U4)	Formaciones Botucatu, Guará, Santa Maria, Sanga do Cabral, Pirambóia, Río do Rasto/Miembro Morro Pelado (Brasil); Tacuarembó, Buena Vista, Yaguari (Uruguay); Misiones, Independencia (Paraguay); San Cristóbal, Buena Vista (Argentina): areniscas finas a medias, areniscas <i>lamíticas</i> , <i>lamitos</i> de origen eólica y fluvial – Pérmico-Cretácico.
Acuitardo Passa Dois	Grupo Passa Dois indiviso: <i>lamitos</i> , <i>siltitos</i> , <i>ritmitos</i> , <i>folhelhos</i> bituminosos y carbonatos de origen fluvio-marino – Pérmico.

Tabla 2: Hidroestratigrafía del Acuífero Guaraní.

Actualmente, la edición en lengua portuguesa del mapa, con acompañamiento y revisiones del autor, se realiza por ISOMAPA – Consultoria e Projetos Ltda. (Sao Paulo, Brasil).

Elementos	Componentes
Cuadro Síntesis de Datos	Clase de acuíferos Hidroestratigrafía Litología Características de los acuíferos Pozos: caudales, profundidades y productividad Características hidrogeoquímicas
Leyenda	Ciudades principales, ríos, topografía, carreteras, limite estatal, limite internacional, cota del terreno, bañado y estero salinas, ubicación de estación fluviométrica, lineamientos estructurales, arcos, sinclinales, pozo de agua, pozo artesiano surgente, pozo de exploración para petróleo utilizado como pozo de agua, pozo de exploración para petróleo, pozo de exploración de carbón, sigla de pozo con datos disponibles (petróleo), isopiezas, sentido de flujo de las aguas subterráneas, límite de artesianismo surgente, áreas de descarga, isolíneas del total de sólidos disueltos en mg/l, zonas de los tipos químicos de las aguas subterráneas, diagrama de Stiff, pozos con aguas termales, pozos con aguas químicamente anómalas
Mapas Complementarios	Mapa de la densidad de planos hidrogeológicos utilizados en la recopilación, mapa de la distribución de la pluviometría anual.
Perfiles Hidrogeológicos	Norte-Sur (pozos JA-1 a AT-1) Este-Oeste (pozos CG-1 a OL-1) Noreste-Suroeste (pozos OL-1 a SC-1) Este-Oeste (pozos RI-1 a TO-1).
Nota Explicativa Lista de Referencias Temáticas	

Tabla 1: Elementos que componen el mapa hidrogeológico.

CONCLUSIONES

El mapa hidrogeológico del Acuífero Guaraní tiene características del tipo Mapa Hidrogeológico de Comprensión General, como es, por ejemplo el Mapa Hidrogeológico de América del Sur, escala 1:5.000.000 (UNESCO/CPRM/DNPM, 1996), o sea con todas las limitaciones inherentes a los mapas de pequeña escala (mayor área).

El mapa cumple satisfactoriamente el objetivo de ser un elemento integrador de la información hidrogeológica disponible en la área estudiada, como queda reflejado al ser utilizado como una herramienta fundamental de apoyo al modelo conceptual y la modelación numérica del Acuífero Guaraní. Asimismo, se propone el mapa como una herramienta para facilitar la toma de decisiones, a los organismos administradores del agua.

La construcción del mapa deja en evidencia la fundamental importancia de profundizar el estudio del Acuífero Guaraní en regiones con escasez de información o de dudosa validez. La incorporación de nuevos datos de pozos e hidroquímicos es una necesidad para la actualización y perfeccionamiento del mapa. Un banco de datos en Internet puede ser el primer paso para que el proceso participativo de investigación, utilización y gestión pueda contribuir al conocimiento en una escala mayor (1:1.000.000) del acuífero.

AGRADECIMIENTOS

El trabajo aquí presentado solamente ha sido posible gracias a la cooperación de instituciones y de sus especialistas, los cuales tuvieron una participación en las discusiones durante el período.

Merecen un agradecimiento especial la Universidad do Vale do Rio dos Sinos (UNISINOS) por el apoyo al proyecto; el Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq) por la financiación del trabajo de edición del mapa y la beca de estudios de postdoctorado; y la Universidad Politécnica de Cataluña (UPC) por la oportunidad ofrecida para el desarrollo de este proyecto postdoctoral.

Se agradece a la Profa. Dra. Lucila Candela Lledó y al Prof. Dr. Luis Vives y Equipo, por el apoyo, procesamiento de datos del modelo, sugerencias al proyecto y lectura de las notas originales de este informe, durante mi periodo postdoctoral en la Universidad Politécnica de Cataluña, Departamento de Ingeniería del Terreno y Cartográfica, Barcelona, España (Marzo 1999-Marzo 2000).

Se agradece: al Prof. Dr. Ernesto Luiz Correa Lavina (UNISINOS, Brasil) por su colaboración y análisis sobre la estratigrafía de las cuencas del Paraná y Chaco-Paraná; al Geól. Gerôncio Albuquerque Rocha y Geól. José Eduardo Campos (DAEE, Brasil) por las inestimables sugerencias al mapa hidrogeológico e informaciones de datos de pozos; al Geól. Laury Medeiros de Araújo (PETROBRÁS, Brasil) por el envío de textos y dibujos; al Lic. Jordi Marturiá (Servei Cartogràfic de Catalunya, España) por el servicio de transformación de coordenadas; a José Antonio Garcia Tebar (Departamento de Ingeniería del Terreno y Cartográfica, UPC, España), por el apoyo en informática; al Prof. Luis Guarracino (Universidad Nacional de la Plata, Argentina) por la ayuda en el tratamiento de datos.

Se agradece igualmente a los miembros de la ISOMAPA – Consultoria e Projetos Ltda. (Sao Paulo, Brasil), responsable de la edición final del mapa, señores Tupy Gomes Correa y Rui de Souza Castro.

BIBLIOGRAFÍA

- Abourrage, A.M. & Lopes, R.C. 1986. Projeto da borda leste da Bacia do Paraná: integração e avaliação econômica. Porto Alegre, CPRM, Relatório Final, 18v.
- Araújo, L.M.; França, A.B.; Potter, P.E. 1995. Giant Mercosul aquifer of Brazil, Argentina, Uruguay and Paraguay: hydrogeologic maps of Botucatu, Pirambóia, Rosário do Sul, Buena Vista, Misiones and Tucuaembó Formations. Curitiba, UFPR/PETROBRÁS, 16p and 8 maps.
- Araújo, L.M.; França, A.B.; Potter, P. 1999. Hydrogeology of the Mercosul aquifer system in the Paraná and Chaco-Paraná basins, South America, and comparison with the Navajo-Nugget aquifer system, USA. *Hydrogeology Journal* 7:317-336
- BRASIL. 1983. Mapa hidrogeológico do Brasil, escala 1:1,000,000. Ministério das Minas e Energia/Departamento Nacional da Produção Mineral. Rio de Janeiro.
- Campos, H.C.N.S. 1994a. Mapa hidrogeológico do sistema aquífero Botucatu da provincia hidrogeológica Paraná – Brasil (escala 1:1.000.000). In: II Congreso Latino Americano de Hidrología Subterránea, Santiago, Chile. *Anais...ALHSUD*, Santiago. 2:499-512.
- Campos, H.C.N.S. 1994b. Estágio atual do conhecimento hidrogeoquímico da provincia hidrogeológica Paraná no Estado de Sao Paulo (Brasil). In: II Congreso Latino Americano de Hidrología Subterránea, Santiago, Chile. *Anais...ALHSUD*, Santiago. 2:513-528.

- Campos, H.C.N.S. 1996a. Hydrogeological mapping project of the Botucatu aquifer system, hydrogeological province Paraná, Brasil, scale 1:1.000.000. Report I, 34p. [Relatório submetido e aprovado pela CAPES]
- Campos, H.C.N.S. 1996b. Hydrogeological mapping project of the Botucatu aquifer system, hydrogeological province Paraná, Brasil, scale 1:1.000.000. In: III Congreso Latino Americano de Hidrología Subterránea, San Luis Potosí, México. Memorias...ALHSUD, San Luis Potosí, 59-74.
- Campos, H.C.N.S. 1997. Applied groundwater modeling in the Botucatu aquifer system, Paraná Basin, Brazil. Report II, 17p. [Relatório submetido e aprovado pelo CNPq]
- Campos, H.C.N.S. 1998a. Applied groundwater modeling in the Botucatu aquifer system, Brazil. In: 8th Congress of the International Association of Engineering Geology and the Environment, Vancouver, Canada. Proceedings...Balkema, Rotterdam, 2359-2366.
- Campos, H.C.N.S. 1998b. Mapa hidrogeológico do sistema aquífero Botucatu da provincia hidrogeológica Paraná – Brasil (escala 1:1.000.000).In: II Congreso Uruguayo de Geología, Punta del Este, Uruguay. Actas...Sociedad Uruguaya de Geología/Facultad de Ciencias, Punta del Este, 334-335.
- Campos, H.C.N.S. & Cerón-García, J.C. 1998. Algunos aspectos de la hidroquímica del sistema aquífero Botucatu (Cuenca del Paraná, Estado de Sao Paulo, Brasil). Revista Geogaceta. Sociedad Geológica de España, 23: 23-25.
- Campos, H.C.N.S. 1999a. Applied groundwater modeling in the Botucatu aquifer system, Brazil. In: The Geology of Today for Tomorrow. A Satellite Conference of the World Conference on Science. Programme and Abstracts... Hungarian Geological Society and UNESCO, Budapest, 56-57.
- Campos, H.C.N.S. 1999b. Mapa Hidrogeológico do Aquífero Guarani, escala 1:2.500.000 (inérito). Editado por ISOMAPA – Consultoria e Projetos Ltda. (Sao Paulo, Brasil).
- Cattáneo, O.; Hardy, G.; Pessi, M.; Royol, R. 1994. Características hidrogeológicas e hidráulicas del sistema aquífero Tacuarembó en la cuenca superior del Arroyo Cuñapirú, Depto. Rivera, R.O. de Uruguay. In: II Congreso Latino Americano de Hidrología Subterránea, Santiago, Chile. Anais...ALHSUD, Santiago. 3:139-150.
- DAEE (Departamento de Águas e Energia Elétrica). 1974. Estudo de águas subterrâneas da região administrativa 6 (Ribeirão Preto). São Paulo, GEOPESQUISADORA & TAHAL, 2v.

- DAEE (Departamento de Águas e Energia Elétrica). 1976. Estudo das águas subterrâneas das regiões administrativas 7, 8 e 9 (Bauru, São José do Rio Preto e Aracatuba). São Paulo, ENCO, 4v.
- DAEE (Departamento de Águas e Energia Elétrica). 1979. Estudo de águas subterrâneas das regiões administrativas 10 e 11 (Presidente Prudente e Marília). São Paulo, DAEE, 3v.
- DAEE (Departamento de Águas e Energia Elétrica). 1981. Estudo de águas subterrâneas da região administrativa 5 (Campinas). São Paulo, DAEE, 3v.
- DAEE (Departamento de Águas e Energia Elétrica). 1982. Estudo de águas subterrâneas da região administrativa 4 (Sorocaba). São Paulo, DAEE, 3v.
- Da Rosa Filho, E.; Forlin, M.; Xavier, J.M. 1998. Informações básicas sobre a distribuição do sistema aquífero Guarany nas regiões sul e sudeste do Brasil. In: A Água em Revista. Revista Técnica e Informativa da CPRM. Ano VI, nº 10, p.23-26.
- Fili, M.; Da Rosa Filho, E.F.; Auge, M.; Montañó Xavier, J.; Tujchneider, O. 1998. El Acuífero Guaraní. Un recurso compartido por Argentina, Brasil, Paraguay y Uruguay (América del Sur). Hidrología Subterránea. Bol. Geol. y Minero, Madrid, España, 1998. 109 (4):389-394.
- Fraga, C.G. 1992. Origem do fluoreto em águas subterrâneas dos sistemas aquíferos Botucatu e Serra Geral da Bacia do Paraná. São Paulo, IGc/USP. Tese de Doutorado, 178 p.
- Hardy, G. 1998. El Sistema Acuífero Tacuarembó en la Ciudad de Rivera, Uruguay. In: IV Congreso Latinoamericano de Hidrología Subterránea. Uruguay. Memorias... ALHSUD, v.1: 460-468.
- Lavina, E.L., 1991, Geologia sedimentar e paleogeografia do Neopermiano e o Eotriássico (Intervalo Kazaniano – Scythiano) da Bacia do Paraná. Porto Alegre, Curso de Pós-Graduação em Geociências, UFRGS, Tese de Doutorado, 2v.
- Milani, E.J., 1997, Evolução tectono-estratigráfica da Bacia do Paraná e seu relacionamento com a geodinâmica Fanerozóica do Gondwana Sul-Occidental: Porto Alegre, Curso de Pós-Graduação em Geociências, UFRGS, Tese de Doutorado, 2v.
- Milani, E.J.; França, A.F.; Schneider, R.L. 1994. Bacia do Paraná. Boletim de Geociências da PETROBRÁS. Rio de Janeiro, PETROBRÁS, v.8: p.69-82.
- Montañó, J.; Tujchneider, O.; Auge, M.; Fili, M.; Paris, M.; D'Élia, M.; Pérez, M.; Nagy, M.I.; Collazo, P.; Decoud, P. 1998. Acuíferos regionales en América Latina.

- Sistema Aquífero Guaraní. Capítulo Argentino-Uruguayo. Centro de Publicaciones, Secretaria de Extensión, Universidad Nacional del Litoral. Santa Fe, Argentina, 217p.
- Perroni, J.C.A.; Silva, R.B.G.; Hirata, R.C.A.; Dozzi, L.F.S. 1985. Ocorrências de fluoreto nos aquíferos da Bacia do Paraná no Estado de São Paulo. In: SIMP. REG. GEOL. São Paulo. Anais...SBG, São Paulo, v.2: 503-514.
- Ramos, A.N. & Medeiros, R.A. 1965. Mapa de contorno estrutural do topo do embasamento, Bacia do Paraná, escala 1:2.500.000. Ponta Grossa, PETROBRÁS/DEBSP.
- Ramos, A.N. & Formoso, M.L.L. 1975. Argilominerais das rochas sedimentares da Bacia do Paraná. Rio de Janeiro, PETROBRÁS/CENPES/DINEP, Série Ciência-Técnica-Petróleo, 9, 12p.
- Rebouças, A.C., 1976, Recursos hídricos da Bacia do Paraná. São Paulo, Tese de Livre Docência, IGc/USP, 143p., 2 mapas.
- Rocha, G. A. 1996. Mega reservatório de água subterrânea do Cone Sul: bases para uma política de desenvolvimento e gestão: Contribuição ao Seminário e Workshop Internacional do Aquífero Gigante do Mercosul, Curitiba, Paraná, Brasil. Universidade Federal do Paraná (Brasil), Universidad de la República Oriental del Uruguay (Uruguay), Universidad Nacional de La Plata (Argentina), SENASA, International Development Research Centre (Canada), 27p (texto de divulgação no evento).
- Rocha, G.A. 1997. O grande manancial do Cone Sul. Estudos Avançados, 30 (11): 191-212 [Publicação da Revista Estudos Avançados, Instituto de Estudos Avançados/USP].
- Silva, R.B.G. da. 1983. Estudo hidroquímico e isotrópico das águas subterrâneas do aquífero Botucatu no Estado de São Paulo. São Paulo, IGcUSP, Tese de Doutorado, 133p.
- Struckmeir, W.F. & Margat, J. 1995. Hydrogeological maps – a guide and standard legend. International Association of Hydrogeologists. Printed by R. Van Acken GmbH, Copyright by Verlag Heinz Heise, Hannover, v.17.
- UNESCO/CPRM/DNPM. 1996. Mapa hidrogeológico de América del Sur. Escala 1:5.000.000. UNESCO/Programa Hidrológico Internacional. 2 Mapas. Texto Explicativo. CPRM, Rio de Janeiro, Brasil.