

Acuíferos terciarios y cuaternarios. Provincia de Entre Ríos. República Argentina

María Santi¹, Guillermo Bianchi² y Graciela Rezzónico³

¹ División Aguas Subterráneas, Dirección de Hidráulica de la provincia de Entre Ríos, Córdoba 641, (3100) Paraná, Entre Ríos, Argentina.

² Facultad de Ingeniería (UNLP), Calle 1 y 47, (B1900TAG) La Plata, Buenos Aires, Argentina.

³ Consultoría en Ingeniería Hidráulica y Ambiente, Boulevard Moreno 265, (3100) Paraná, Entre Ríos, Argentina.

Mail de contacto: geologamariasanti@gmail.com

RESUMEN

Entre Ríos se sitúa en el borde sur de la cuenca Chaco-Paranaense, la que tiene desarrollos someros hacia el sureste de la provincia y profundizaciones hacia el oeste y noroeste. La cuenca sedimentaria traspasa los límites provinciales y nacionales. Tipificada como de intraplaca y no vinculada a procesos de subducción, alberga sedimentitas continentales y marinas de edades comprendidas entre el Paleozoico Medio y el Cuaternario. Las Formaciones acuíferas terciarias y cuaternarias, objeto del presente trabajo, son cuatro: Formación Paraná (Bravard, 1858) (Mioceno Medio a Superior), formada por depósitos de origen continental y marino. Es un acuífero semiconfinado. Formación Ituzaingó (De Alba, 1953) (Plioceno Medio a Superior), constituida por depósitos fluviales del río Paraná. Es un acuífero semiconfinado. Formación Salto Chico (Rimoldi, 1963) (Pleistoceno Inferior) y Formación El Palmar (Iriondo, 1980) (Holoceno), son depósitos fluviales del río Uruguay. Salto Chico es un acuífero semiconfinado y El Palmar, un acuífero libre. Palabras clave: Entre Ríos, Agua subterránea, Acuífero Ituzaingó, Acuífero Salto Chico.

ABSTRACT

Entre Ríos is situated on the southern edge of the Chaco-Paraná Basin, which has shallow developments to the southeast of the province and deeper stratigraphies to the west and northwest. The sedimentary basin crosses state and national boundaries. Classified as intraplate and not linked subduction processes, with continental and marine sedimentary hosts aged Middle Paleozoic and Quaternary. The tertiary and quaternary aquifer formations subject of this work, are four: Paraná Formation (Bravard, 1858) (Middle to Upper Miocene), formed by deposits of continental and marine origin. It is a semiconfined aquifer. Ituzaingó Formation (De Alba, 1953) (Middle to Upper Pliocene), consisting of fluvial deposits of the Paraná River. It is a semiconfined aquifer. Salto Chico Formation (Rimoldi, 1963) (Pleistocene) and El Palmar Formation (Iriondo, 1980) (Holocene) are fluvial deposits Uruguay River. Salto Chico is a semiconfined aquifer and El Palmar, is an unconfined one.

Keywords: Entre Ríos, Groundwater, Ituzaingó aquifer, Salto Chico aquifer.

Introducción

El objeto del presente trabajo es la delimitación y distribución de las Formaciones acuíferas terciarias y cuaternarias explotadas en la provincia de Entre Ríos, para consumo humano, animal, uso industrial y riego.

La delimitación y distribución de las cuatro Formaciones involucradas, se definió a partir del análisis y procesamiento de información hidrogeológica de campo, geología de superficie y cortes litológicos de perforaciones aportados a la Dirección de Hidráulica de Entre Ríos, por instituciones públicas y privadas. Los cuatro acuíferos, independientemente de sus

características particulares, constituyen un sistema interconectado.

Ubicación

La Provincia de Entre Ríos, dentro de la República Argentina, forma parte de la Mesopotamia.

Se encuentra situada entre los 30° 09' y 34° 02', de latitud sur y entre los 57° 48' y 60° 47' de longitud oeste. Limita al norte con la provincia de Corrientes, al oeste con la provincia de Santa Fe; al sur con la provincia de Buenos Aires, y al este con la República Oriental del Uruguay. La superficie total es de 78.781 km². (Figura 1).



Figura 1. Ubicación de la Provincia de Entre Ríos.

Geomorfología

Entre Ríos es una llanura suavemente ondulada. Su topografía es ondulada a llana. La máxima altitud sobre el nivel del mar (s.n.m.) es de 119 m. La geomorfología está en función del sustrato, y hay una relación directa entre morfología, hidrología superficial e hidrología subterránea. Se distinguen 7 (siete) regiones geomorfológicas (Figura 2):

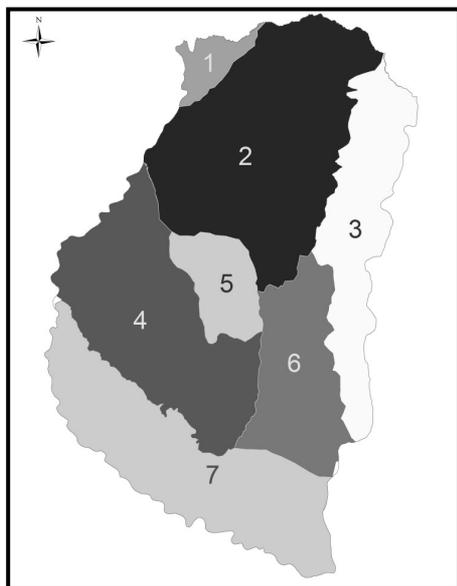


Figura 2. Regiones geomorfológicas.

1) Depósitos antiguos del río Paraná o Bañados o bajos del Yacaré: son geformas fluviales, terrazas, pantanos y bañados y geformas eólicas (dunas). 2) Superficie Feliciano-Federal: área plana, con morfología eólica, distribuida de manera irregular entre cotas IGN 65 a 70 m. Se destacan dentro del área, los "bañados de altura" en el sector nordeste a cota 75 m.s.n.m. Su morfología es plana, sin ningún tipo de pendiente. 3) Faja arenosa asociada al río Uruguay: son terrazas de acumulación dejadas por el río Uruguay y sedimentos de origen eólico 4) Lomadas loésicas de Crespo: es el área más alta de la provincia (119 m IGN); por encima de la cota 80 m IGN, la zona está cubierta por una capa de loess de 2 a 4 m de espesor. Conformar un paisaje ondulado a suavemente ondulado 5) Área de Tala: es un área de avenamiento donde los cauces de los arroyos se desarrollan en varias direcciones, sin rumbos preferenciales 6) Colinas de Gualeguaychú: son colinas suavemente onduladas. Dentro de esta área, la parte noroeste es más elevada que la sudeste y 7) Complejo deltaico: constituido por varias unidades geológicas que pertenecen a fases de su evolución: fluvial, marina, estuárica y fluvio deltaica.

Suelos

Los suelos en el territorio firme de Entre Ríos, a nivel de orden son cuatro: Vertisoles (1), ocupan un 34,5 % del total provincial y se desarrollan sobre una planicie ondulada a muy suavemente ondulada. Los materiales originarios son limos calcáreos de origen palustre o lacustre. Las características vérticas se refieren a aquellas inherentes al alto

contenido de arcillas expandibles. Los Molisoles (2), ocupan un 20 % del área provincial, se encuentran en una planicie ondulada con pendientes de gradiente elevado; el material madre es loess. Los Alfisoles (3), equivalen al 11 % y se ubican en áreas altas planas a muy suavemente onduladas del centro y centro norte. Los Entisoles (4), corresponden a un 8% del territorio provincial, localizándose a lo largo de la margen derecha del río Uruguay en un ancho variable de 2 a 30 Km. Son suelos arenosos pardos y rojizos. Complejo deltaico (5). (Figura 3).

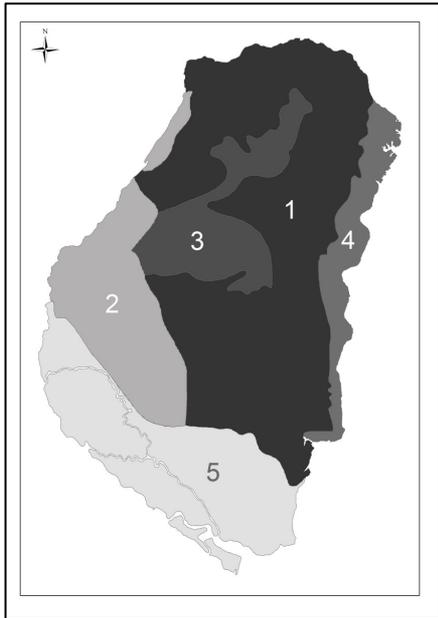


Figura 3. Suelos a nivel de orden (INTA, 1979).

Geología e hidrogeología

Entre Ríos pertenece a la Provincia geológica de la Mesopotamia (Leanza, 1958). Se sitúa en el borde sur de la cuenca Chaco-Paranaense, la que tiene desarrollos someros hacia el sureste de la provincia y profundizaciones hacia el oeste y noroeste. La cuenca sedimentaria traspasa los límites provinciales y se desarrolla en su mayor extensión en las provincias de Santa Fe, Chaco, Córdoba, Formosa, resto del Litoral y países vecinos. Tipificada como de intraplaca y no vinculada a procesos de subducción o de formación de geosinclinales, alberga sedimentitas continentales y marinas de edades comprendidas entre el Paleozoico Medio y el Cuaternario. Una potente formación efusiva

basáltica de edad Cretácica (basaltos Serra Geral con intercalaciones de areniscas), vinculada al desmembramiento, a partir del Mesozoico, del continente Gondwana, es explotada, en algunas localidades de la Provincia, para recreación y turismo, con bajos caudales y salinidad media a alta. Debajo de la Formación Serra Geral, en el noreste provincial, se encuentra la Formación Misiones que aloja el denominado Acuífero Guaraní, explotado también para recreación y turismo, con grandes caudales y baja salinidad.

Las Formaciones acuíferas terciarias y cuaternarias, objeto del presente trabajo, son cuatro: Formación Paraná, Formación Ituzaingó, Formación Salto Chico y Formación El Palmar. Las tres primeras alojan acuíferos semiconfinados. La última, es un acuífero libre.

Con excepción del borde Este (margen derecha del río Uruguay) y el Delta, Entre Ríos se caracteriza por presentar una cubierta superior limo arcillosa (integrada en un 90% por la Formación Hernandarias (Pleistoceno Medio). En los sectores más elevados (Cota 119 m IGN, altitud máxima de Entre Ríos), ésta cubierta alcanza una potencia de 70 m. Los espesores menores (4 a 6 m), se encuentran en las proximidades de los valles de ríos y arroyos. Suprayacentes a Hernandarias, las Formaciones arenosas (algunas con elevado contenido de grava y canto rodado), alojan acuíferos semiconfinados. La Formación Paraná (Bravard, 1858), depositada en el Mioceno Medio a Superior es producto de una ingesión marina que se extendió desde el NE de la Patagonia cubriendo parte de las provincias de Buenos Aires, Entre Ríos, Corrientes, Misiones y sectores en las Repúblicas Oriental del Uruguay y Paraguay. Está compuesta por arcilitas gris verdosas, oscuras, poco micáceas, algo calcáreas, compactas, que suelen contener yeso, restos carbonosos, intercalaciones tobáceas y abundante contenido fosilífero. Mediante análisis sedimentológicos y evidencias faunística, se determinó un ambiente de depositación nerítico proximal. Acumulaciones marinas someras y litorales distinguen a la Formación Paraná, en una faja de 70 Km. de ancho extendida a la vera del río homónimo, desde la ciudad de Corrientes hasta la ciudad de Victoria en Entre Ríos (Herbst *et al.*, 1985). La Formación Paraná, acuífero semiconfinado, con una transmisividad dentro del rango 500 - 800 m²/día y con caudales de extracción de hasta 100 m³/h, es explotado en el suroeste de la provincia. La composición iónica del agua es bicarbonatada sódica dominante y cálcica subordinada en un 80% (Densidad de muestreo:

1 muestra cada 60 km²), el 20 % restante es clorurada y/o sulfatada sódica. Posee en algunos sectores, serias limitaciones en la calidad debido al exceso en las concentraciones de dureza, sulfatos, cloruros y sodio.

Formación Ituzaingó (De Alba, 1953), fue depositada por el río Paraná, entre el Plioceno Medio a Superior. Está compuesta por arenas ocráceas, blancas, rojizas, con intercalaciones pelíticas de tonos verdosos y grises, de composición mineralógica predominantemente cuarzosa con cantidades menores de feldespatos, micas, magnetita y otros máficos. Esta unidad presenta diversos grados de compactación, desde totalmente suelta a medianamente friable y hasta sumamente dura debido a la infiltración de óxidos e hidróxidos de hierro y sílice. El espesor máximo, fue registrado en Corrientes con 150 m, disminuyendo hacia el sur hasta llegar a 8-10 m en las cercanías de la ciudad de Paraná. El parámetro hidráulico más representativo del acuífero, es la transmisividad. Los valores dominantes, acusan una variabilidad dentro del rango 500 – 1.500 m²/día (valor medio regional de 1.000 m²/día). Los caudales de extracción no superan los 130 m³/h. En relación al grado de confinamiento, donde la cubierta superior (Formación Hernandarias, acuitardo), es de menor potencia (10 a 15 m) el coeficiente de almacenamiento posee valores del orden de 0,001, mientras que, para una potencia mayor de Hernandarias (50 m) es de 0,0002. Se explota en el sector noroeste de la provincia. La composición iónica del agua es bicarbonatada sódica dominante y cálcica subordinada (85 %) (1 muestra cada 60 km²), y un 15%, clorurada y/o sulfatada sódica. La calidad está limitada en algunos sectores por exceso de sulfatos y sodio.

Formación Paraná, si bien subyace a Ituzaingó, en parte de la provincia, ambas formaciones se contactan lateralmente, distribuyéndose en un rango hipsométrico de 37 a 40 m IGN. El conocimiento de este pasaje lateral, se dificulta por falta de información de subsuelo, fundamentalmente, en el centro oeste de la provincia. Este pasaje vertical y lateral, hidrogeológicamente es importante a la hora de determinar calidad y cantidad de agua. Mas allá de variaciones particulares, se verifica regionalmente que en ambos Acuíferos, existe recarga diferida proveniente del acuitardo suprayacente.

En la Figura 4 se muestra la traza de los perfiles hidrogeológicos. En las Figuras 5 y 6, (perfiles hidrogeológicos de rumbo SW-NE), se puede observar el contacto entre las Formaciones Paraná e Ituzaingó.



Figura 4 . Trazo de perfiles hidrogeológicos.

La Formación Salto Chico (Pleistoceno Inferior) (Rimoldi, 1963), depositada por el río Uruguay, está compuesta por arenas cuarzosas gruesas, medianas y finas de color amarillo y rojo, arcillas verdes y estratos irregulares de rodados finos y gruesos. Posee un estrato de 0,5 a 2 m de arcilla arenosa blanquecina en la base. Se extiende en el subsuelo, en una franja irregular de varios km de ancho en el sector oriental de la provincia. El espesor máximo se estima en el orden de los 60 m. Es un acuífero semiconfinado explotado en el sector oriental de la provincia. Los cuatro acuíferos forman parte de un sistema interconectado. En la Figura 7 puede observarse a la izquierda del río Gualeguay, el acuífero Ituzaingó y hacia la derecha el acuífero Salto Chico. Denominado también “acuífero arrozero” por su intensivo uso en el riego de ese cultivo, en la época de riego, entre noviembre y marzo, los niveles hidráulicos descienden en algunos sectores debido a la extracción, la que varía entre 250 y 600 m³/h por pozo. Esta observación, fue realizada en el censo hidrogeológico de los años 1986/1987 y en censo hidrogeológico 2000/2001 (Auge *et al.*, 2002). La situación mencionada, deja al acuífero expuesto a un grado de mayor vulnerabilidad, al pasar de su condición de semiconfinado a libre (Figuras 8 y 9). Los niveles se recuperan en épocas donde la demanda para riego es menor.

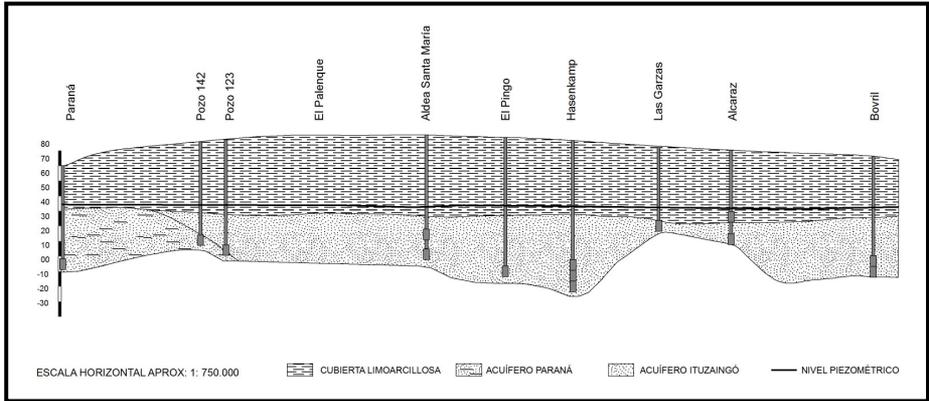


Figura 5. Perfil hidrogeológico Paraná-Bovril.

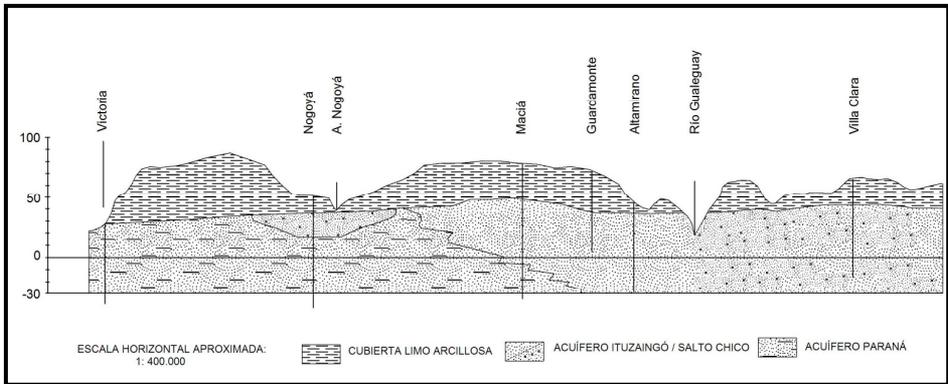


Figura 6. Perfil hidrogeológico Victoria-Villa Clara (Santi, 2002).

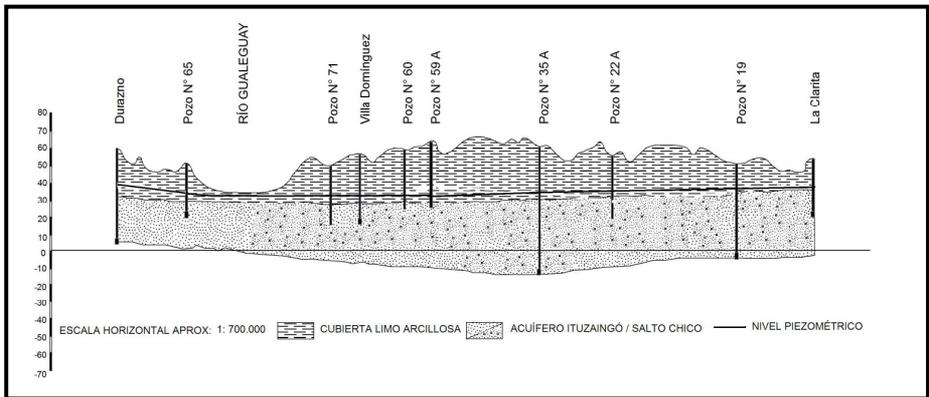


Figura 7. Perfil hidrogeológico Durazno-La Clarita.

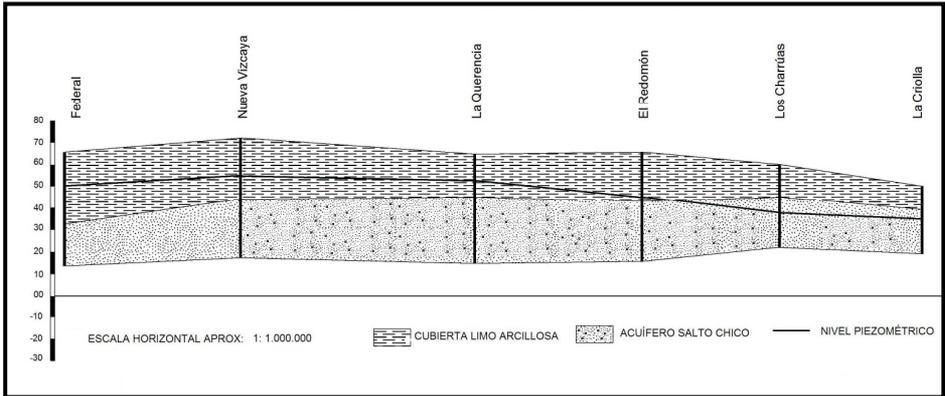


Figura 8. Perfil hidrogeológico Federal-La Criolla (Santi *et al.*, 2009a).

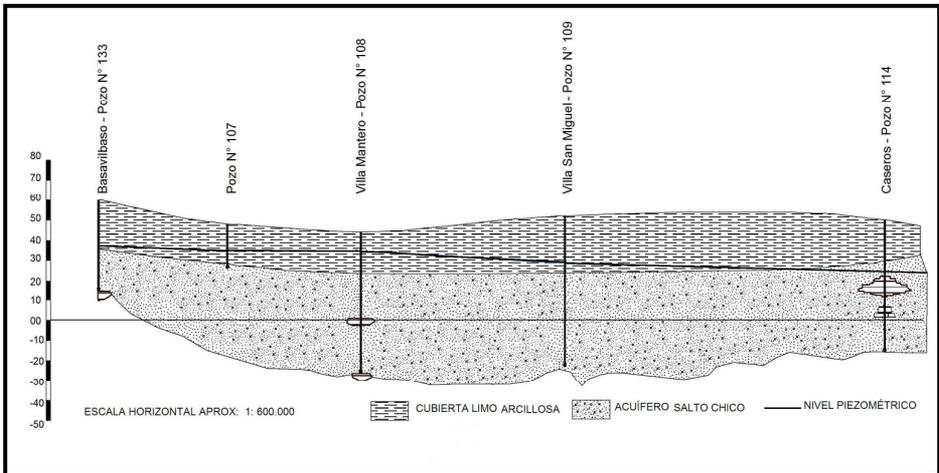


Figura 9. Perfil hidrogeológico Basavilbaso – Caseros (Santi *et al.*, 2004).

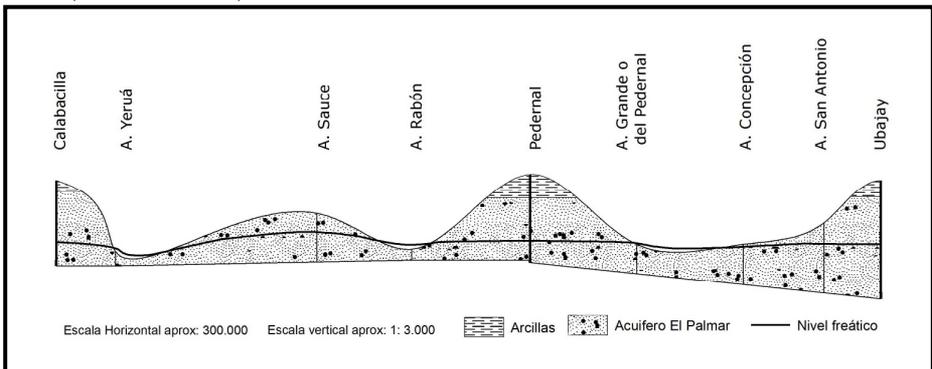


Figura 10. Perfil hidrogeológico Calabacilla-Ubajay (Santi, 1982).

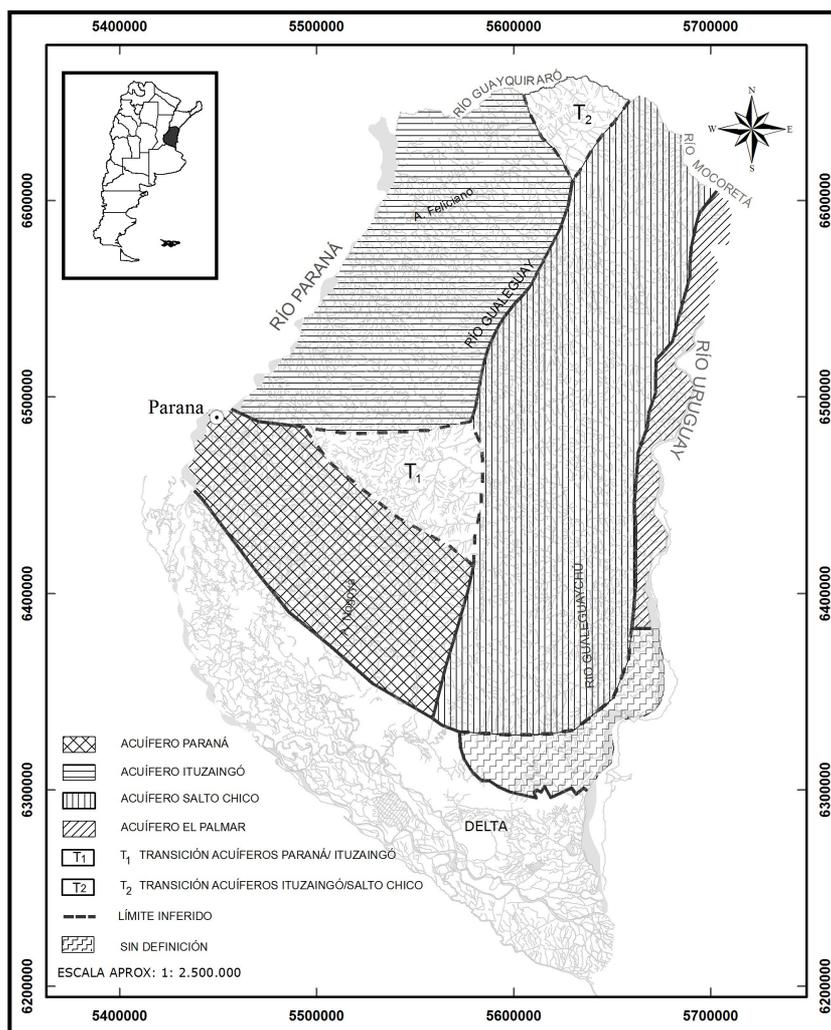


Figura 11. Distribución de los Acuíferos Paraná, Ituzaingó, Salto Chico y El Palmar (Santi *et al.*, 2010, 2011)

La transmisividad dominante se estima dentro del rango 1500 - 2500 m²/día. El coeficiente de almacenamiento arroja valores medios entre 0,001 y 0,004. Se destaca un mayor confinamiento en los pozos que se utilizan para riego, donde la transmisividad media supera los 2.500 m²/día. El valor obtenido de la permeabilidad vertical, del orden de 10⁻³ cm/s, es alto, indicando que existe una fuerte recarga proveniente del acuitardo suprayacente (Formación Hernandarias). El agua, clasificada como bicarbonatada sódica dominante y

bicarbonatada cálcica subordinada (1 muestra cada 60 km²), es de buena calidad para diversos usos entre los que se destaca el riego.

En el borde Este, la Formación El Palmar (Holoceno) (Iriondo, 1980), es una terraza depositada por el río Uruguay. Compuesta por arenas de cauce con grandes lentes de gravas y cantos rodados; presenta facies arenosas de inundación y de albardón. Forma una faja de 4 a 15 km. de ancho a lo largo de la margen derecha del río Uruguay aflorando desde la provincia de Corrientes hasta Concepción del Uruguay (Entre Ríos). Contiene un acuífero libre. (Figura 10). Los caudales de extracción no superan los 50 m³/h, la transmisividad dominante varía dentro del rango 500 - 1.500

m²/día, con valor medio regional de 1.000 m²/día. El embalse de Salto Grande favorece la recarga de los pozos en explotación ubicados en las proximidades del Lago. El agua es bicarbonatada sódica dominante y cálcica subordinada (1 muestra cada 60 km²).

Conclusiones

La delimitación y distribución de las Formaciones acuíferas terciarias y cuaternarias en Entre Ríos, se definió a partir del análisis y procesamiento de información hidrogeológica de campo, geología de superficie y cortes litológicos de perforaciones. Los acuíferos explotados para consumo humano, uso industrial y riego, son cuatro: Formación Paraná, acuífero semiconfinado, explotado en el suroeste de Entre Ríos; Formación Ituzaingó, acuífero semiconfinado explotado en el noroeste; y Formaciones Salto Chico y El Palmar, acuíferos semiconfinado y libre, respectivamente, explotados en la mitad oriental de la provincia. Cada acuífero se diferencia entre sí, por sus particularidades en lo referido a composición litológica, calidad y cantidad de agua, aunque regionalmente, forman un sistema interconectado.

Teniendo en cuenta la magnitud de la recopilación efectuada, el gran número de perforaciones analizadas y las descripciones estratigráficas realizadas por diversos autores, aún quedan vacíos de conocimiento en el pasaje vertical y en los contactos laterales de las Formaciones Paraná, Ituzaingó y Salto Chico. Existen dos áreas de transición, una, entre las Formaciones Paraná e Ituzaingó en el centro oeste, y otra, entre Ituzaingó y Salto Chico en el nor-noreste. Como los acuíferos están vinculados, este contacto lateral, como así también, el pasaje vertical de una Formación a otra, es importante al momento de diagnosticar calidad y cantidad de agua, ya que es lo que determina su aprovechamiento o limitación, para diversos usos. En el sudeste de la provincia, un sector de poca extensión, queda aún por definir hidrogeológicamente.

Referencias

Auge M. y Santi M. 2002. Disponibilidad de agua subterránea para la producción arroceras de la Provincia de Entre Ríos. *Dirección de Hidráulica de Entre Ríos (DHER)-Consejo Federal de Inversiones. (CFI)*. Buenos Aires.

Bravard A. 1858. Monografía de los terrenos marinos terciarios de las cercanías del

Paraná. *Imprenta del Registro Oficial. Paraná*. Reimpreso: Imprenta del Congreso de la Nación, 1995. Buenos Aires.

De Alba E. 1953. Geología del Alto Paraná en relación con los trabajos de derrocamiento entre Ituzaingó y Posadas. *Revista de la Asociación Geológica Argentina*. 8: 3, 129-161.

Herbst R. y Santa Cruz J. 1985. Mapa litoestratigráfico de la Provincia de Corrientes. *Revista D'Orbignyana*, Corrientes, 2: 1-51.

INTA. 1979. Suelos y Erosión de la Provincia de Entre Ríos. Tomo I y II. *Plan Mapa Suelos de la Provincia de Entre Ríos*. INTA Paraná.

Iriondo M. 1980. El Cuaternario de Entre Ríos. *Revista de la Asociación de Ciencias Naturales del Litoral*, 11: 125-141. Santa Fe.

Leanza A. 1958. Geología Regional. La Argentina Suma de Geografía. 1: 3, 217-349. Editorial Peuser. Buenos Aires.

Rimoldi H. 1963. Aprovechamiento del Río Uruguay en la zona de Salto Grande. Estudio geológico-geotectónico para la presa de compensación proyectada en el Paso Hervidero (provincia de Entre Ríos). *1^{as}. Jornadas Geológicas Argentina*, Actas 2: 287-310, Buenos Aires.

Santi M. 1982. Estudio de acuíferos en zonas de riego. Departamentos Federación, Concordia, Colón, Uruguay. Provincia de Entre Ríos. *Dirección de Hidráulica de Entre Ríos*. Paraná, Entre Ríos.

Santi M. 2002. Estudio de agua subterránea en el sudoeste de la Provincia de Entre Ríos. *Dirección de Hidráulica de Entre Ríos (DHER)-Consejo Federal de Inversiones. (CFI)*. Buenos Aires.

Santi, M. y Bianchi G. 2004. Estudio de Aguas Subterráneas en la región sudeste de la Provincia de Entre Ríos. *Dirección de Hidráulica de Entre Ríos (DHER)-Consejo Federal de Inversiones. (CFI)*. Buenos Aires.

Santi, M. Bianchi G. y Rezzónico G. 2009a. Agua subterránea en el noreste de Entre Ríos. Actas VI Congreso Argentino de Hidrogeología. *Planificación y gestión de aguas subterráneas*, 63-72. Santa Rosa. La Pampa. Argentina.

Santi, M., Bianchi G. y Rezzónico G. 2010. "Hidrogeología de la región noreste de Entre Ríos. República Argentina". *Revista Latino-Americana de Hidrogeología*. V 7: 33-45. Montevideo. República Oriental del Uruguay

Santi M. y Bianchi G. 2011. Mapa Hidrogeológico. Síntesis de la Provincia. Entre Ríos. Alcance I y II. *Dirección de Hidráulica de Entre Ríos (DHER)-Consejo Federal de Inversiones. (CFI)*. Buenos Aires.