

Presencia de las Formaciones Piramboia y Botucatu (Triásico – Jurásico) en el subsuelo oriental de la provincia de Entre Ríos

Adrián SILVABUSSO¹ y César A. FERNANDEZ GARRASINO²

¹ Instituto Nacional del Agua (INA), Autopista Ezeiza – Cañuelas, Tramo Jorge Newbery, Km. 1, 620, (1804) Ezeiza, Provincia de Buenos Aires, Argentina; Tel/Fax: 011 4480 4500; E-mail: pntsas@ina.gov.ar
² Repsol - YPF; domicilio particular: Necochea 1234, (1878) Quilmes, Provincia de Buenos Aires, Argentina; Tel.: 011 4253 7395; E-mail: cagarras@infovia.com.ar; cafernandezg@repsolyypf.com

RESUMEN. A partir del análisis de la información ofrecida principalmente por los pozos de prospección hidrotermal Federación 1, Concordia 1, Villa Elisa 1 y Gualeguaychú 1, perforados en el este de Entre Ríos (Mesopotamia) y correlaciones con registros aflorantes en la cuenca paranense brasileña, se propone la existencia de acumulaciones representativas de las Formaciones Piramboia (fluvial; Ladiniano – Jurásico) y Botucatu (principalmente eólico; Jurásico pre-Neojurásico tardío), en el subsuelo oriental de la nombrada provincia. También se indican posibles analogías y sincronismos de tales secciones del subsuelo oriental entrerriano, con las Formaciones Tacuarembó (fluvial; Ladiniano – Jurásico) y Rivera (eólico; Jurásico pre- Neojurásico tardío), expuestas en Uruguay y Formación Misiones (fluvial y eólico; Ladiniano - Neojurásico temprano), asomante en Paraguay. Finalmente, se hacen referencias a posibilidades de explotación hidrotermal y almacenaje subterráneo de gas natural en Entre Ríos, Corrientes y Misiones.

Palabras clave: *Entre Ríos, Formaciones Piramboia, Botucatu*

ABSTRACT. *The Piramboia and Botucatu formations (Triassic–Jurassic) in the subsurface of eastern Entre Ríos Province.* Data mainly from hydrothermal prospecting wells Federación 1, Concordia 1, Villa Elisa 1, and Gualeguaychú 1, and correlation with some exposed stratigraphical sections of the Brazilian Paraná Basin indicate that the subsurface succession of eastern Entre Ríos (Mesopotamia) would include clastic accumulations representative of the Piramboia Formation (fluvial; Ladinian – Jurassic) and Botucatu Formation (mainly eolian; Jurassic pre-Late neo-Jurassic). These subsurface clastic sections of eastern Entre Ríos may also represent the Tacuarembó Formation (fluvial; Ladinian – Jurassic) and Rivera Formation (eolian; Jurassic, pre-Late neo-Jurassic) of Uruguay, and Misiones Formation (fluvial and eolian; Ladinian – Early neo-Jurassic) of Paraguay. The potential for hydrothermal exploitation and subterranean storage of natural gas in Entre Ríos, Corrientes, and Misiones is discussed.

Key words: *Entre Ríos, Piramboia, Botucatu Formations*

Introducción

Dentro del marco de las investigaciones destinadas al aprovechamiento sustentable del llamado sistema acuífero termal de la cuenca Chacoparanense Oriental (Silva Busso 1999), los conocimientos directos de la estratigrafía del subsuelo oriental de la provincia de Entre Ríos comenzaron a obtenerse a partir de los pozos de prospección hídrica Federación 1 y Concordia 1; más recientemente, ellos fueron ampliados mediante las perforaciones Colón 1, Villa Elisa 1, Concepción del Uruguay 1 y Gualeguaychú 1 (Fig. 1), a más de otras, todas destinadas a los fines exploratorios ya aludidos. Diversas tareas geofísicas anteriores a estos planes prospectivos y las

específicamente realizadas después, para apoyar la ubicación de pozos, complementaron los datos de subsuelo. De modo adicional, también se efectuaron reconocimientos sobre el terreno, de secciones expuestas en el este entrerriano (Ayuí, Puerto Yerúa, Palmar de Colón, San José, Colón, Arroyo de la Leche, Arroyo Urquiza) y en Uruguay (Arapey, Meseta de Artigas, Tacuarembó). El área de estudio comprende fundamentalmente al subsuelo de la región oriental de la provincia de Entre Ríos (Fig. 1).

Se propone la presencia de las Formaciones Piramboia (Triásico, Ladiniano a Jurásico) y Botucatu (Jurásico tardío) en el subsuelo oriental de Entre Ríos, correlacionable con el registro de los ámbitos paranenses de Paraguay, Brasil y Uruguay. El acuífero es, en general, un sistema

artesiano con principal área de recarga desplegada en el sudoeste de Río Grande do Sul y centro, norte y noroeste de Uruguay. El flujo hídrico principal es hacia los cuadrantes occidentales, inducido por una pendiente regional en descenso según igual sentido, prolongada en el subsuelo entrerriano.

Antecedentes

En dominios paranenses pertenecientes a Paraguay, Brasil y Uruguay, una parte del registro estratigráfico mesozoico, tanto de superficie como de subsuelo, está representado por sucesiones clásticas fluviales y eólicas. Sobre estas acumulaciones continentales yace una conspicua asociación de rocas efusivas y sedimentarias neojurásicas - eocretácicas, vastamente distribuida y compuesta por múltiples derrames basálticos y secciones clásticas también continentales, de diferentes espesores, que se alternan o se interdigitan con los mantos efusivos.

Con el objeto de facilitar el análisis y comprensión de las propuestas motivos de esta presentación, se pretende ofrecer una reseña sinóptica de los aspectos geológicos regionales específicos conexos, con posibilidades de extrapolación por analogía.

Dominios paranenses en Brasil

Respecto de la vasta cuenca paranense brasileña, las mismas tendencias al pasaje ininterrumpido de medios marinos litorales-costaneros a continentales, se dan en la conspicua sucesión neopérmica tatariana constituida, de base a techo, por las Formaciones Teresina y Río do Rasto. La Formación Teresina se compone de pelitas, a menudo micáceas, grises claras, verdosas, a veces rojizas; acompañan micritas y margas verdosas a grises azuladas con algunos niveles de calizas oolíticas y numerosos bancos y lentes alternantes de fñanitas. Hacia arriba, aumenta la participación psamítica y aparecen matices rosados, rojizos, rojizos violáceos, mejor definidos y estratificación entrecruzada. Próximas al tope, pueden observarse concreciones calcáreas, calizas oolíticas y bancos de coquinas. La Formación Río do Rasto reúne limolitas y arcilitas rojizas claras y lutitas rosadas, verdosas y rojizas. Si bien presentes en toda la unidad, en dirección a su límite superior crece gradualmente la contribución de psamitas de tonos rojizos y se hacen conspicuas las estructuras lentiformes y en artesa, bien visibles cerca del techo. En exposiciones del estado de Paraná (Brasil), a unos 100 m debajo de su techo, la Formación Río do Rasto contiene restos de anfibios temnospóndilos afines a formas conocidas del Tatariano, en otras partes del mundo (Barberena y Daemon 1974; Soares 1981), los cuales sugerirían edad neopérmica tardía para, por lo menos, parte de esta unidad. Por el contrario, carecerían de edad evidente los 100 m más altos, sobrepuestos a los niveles con anfibios. Milani *et al.* (1994), fundados en relaciones de espesores, tasas de sedimentación y estudios

paleontológicos, juzgaron posible que secciones superiores del par Formación Teresina-Formación Río do Rasto pertenecieran al Triásico. Según los esquemas, los autores incluyen en el Scitiano-Anisiano a toda la última unidad nombrada. De esta forma, probablemente sólo sean triásicos los niveles más altos, sin fósiles, de la Formación Río do Rasto, mientras que las acumulaciones inferiores de la misma, con restos de anfibios, corresponderían al Tatariano.

Así, los depósitos más modernos de la Formación Río do Rasto serían anisianos, según propuestas de Milani *et al.* (1994). Discordantemente sobre ellos, descansan la Formación Piramboia (Sanford y Lange 1960; Arenisca Piramboia, Florence y Pacheco 1929, Washburne 1930) y su correlato, la Formación (o Grupo) Rosario do Sul, ambas de carácter fluvial y que podrían resultar entonces, no anteriores al Ladiniano. La parte inferior de la Formación Rosario do Sul (Miembro Río Pardo) no posee fósiles diagnósticos, pero su sección media (Miembro Santa María), expuesta en el Estado de Río Grande do Sul, contiene una paleofauna de reptiles tetrápodos, con *Scaphonyx fischeri* Woodward (Padula y Mingramm 1969c), de la fauna de Alemoa, entre otros. El citado elenco de vertebrados pertenece al Ladiniano (Mesotriásico superior) (Bortoluzzi y Barberena 1967; Bonaparte 1978; Sprechmann *et al.* 1981), al Triásico superior (Padula y Mingramm 1969c; Soares 1981), o al Mesotriásico tardío (Ladiniano)-Neotriásico temprano (Willig *et al.* 1974). Se suman ejemplares de las floras de *Dicroidium* y *Thinnfeldia*, del Triásico superior, según Padula y Mingramm (1969c). Es decir, el miembro medio de la Formación Rosario do Sul (Miembro Santa María) no sería más antiguo que el Ladiniano. Hacia arriba, secciones superiores de las Formaciones Piramboia y Rosario do Sul (Miembro Caturrita), reúnen vertebrados de la fauna de Botucaraí, troncos de coníferas, escamas y restos de peces y ejemplares de ciprideos (Ostracoda) de afinidades jurásicas, o estadísticamente más frecuentes en el Jurásico (Souza *et al.* 1971; Soares 1975, 1981). Razonablemente y a modo de primera aproximación, los elementos de juicio invocados sitúan a la Formaciones Piramboia y Rosario do Sul, en el lapso ladiniano - jurásico.

La Formación Sanga do Cabral (Río Grande do Sul) ha sido definida también como una secuencia de depósitos arenosos y limosos de color rojizo definidas por facies de canal y dunas eólicas. Esta unidad de edad tatariana - scitiana es a veces correlacionada con Piramboia o con la Formación Río do Rasto (Andreis *et al.* 1980).

En la cuenca paranense brasileña, las acumulaciones fluviales de la Formación Piramboia, cuyos espesores máximos son del orden de los 300 m, muestran colores amarillentos y rojizos en diversos matices. La unidad presenta un miembro inferior integrado por areniscas de variada granulometría, areniscas con intercalaciones de arcilla y arcilitas, reunidas en un conjunto con capas tabulares centimétricas. Componen al miembro superior espesos bancos de areniscas finas a medianas, ordenados internamente según estratificación entrecruzada planar de escala variable, desde ondulitas hasta ondas; estas secciones

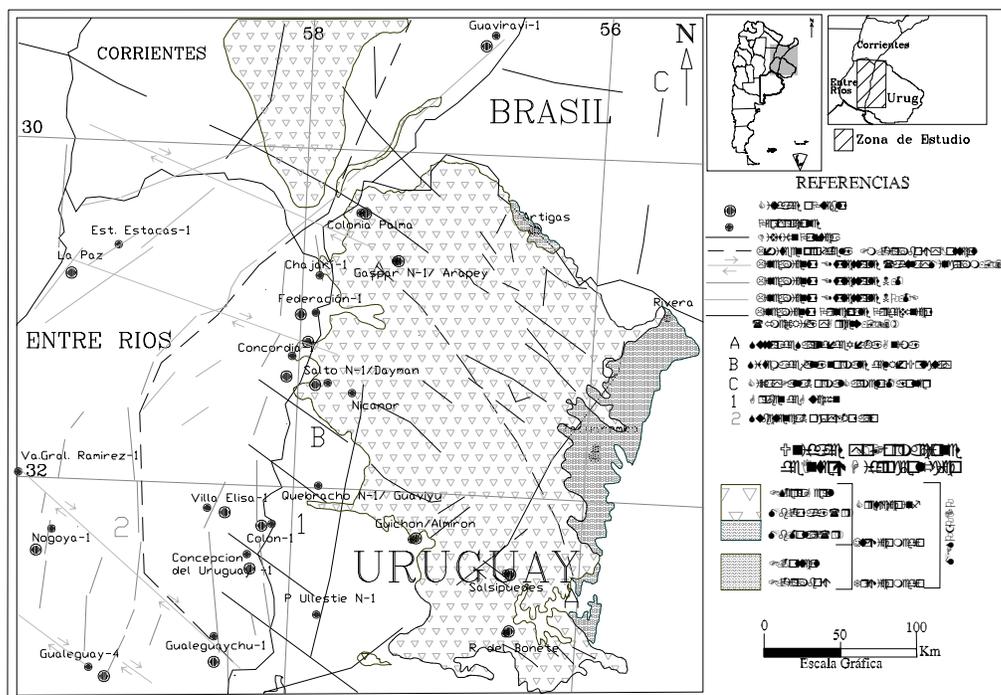


Figura 1: Mapa de ubicación y geología del área de estudio (Silva Busso 1999).

psamíticas primeramente definidas como acumulaciones de canal fluvial (Soares 1981) se aceptan actualmente como dunas eólicas entre planicies húmedas (Soares, com. pers). Arriba siguen areniscas finas a muy finas y areniscas con intercalaciones limosas y arcillosas, con estratificación paralela, asignables a depósitos de desborde sobre planicies de inundación. Localmente, en las partes superiores, suelen aparecer cuerpos de areniscas arcóscas gruesas, hasta conglomerádicas, con estratificación entrecruzada planar; tales facies psamíticas, a veces psamo-psefíticas, resultan conferibles a sistemas fluviales anastomosados (Soares 1981; observaciones personales de uno de los autores, CFG). Sobre estudios de afloramiento, Caetano Chang y Wu (1994) interpretan que la variada combinación de facies de esta unidad puede ser consecuencia de la interacción de Erg y Extra Erg en el ambiente deposicional, contrastando este hecho con la simplicidad de facies de Botucatú donde dominan los depósitos de dunas e interdunas.

De inmediato, arriba del binomio sincrónico Piramboia-Rosario do Sul y debajo de basaltos neojurásicos-eocretácicos, se dispone la Formación Botucatú (Sanford y Lange 1960; Gonzaga de Campos 1889, in Salamuni y Bigarella 1967; Areniscas de Botucatú, Walther 1911), de cuño eólico y carente de fósiles diagnósticos, atribuible al Jurásico, o Jurásico pre-Neojurásico tardío, si se quiere ser más preciso, atento a su posición estratigráfica relativa. La base de la misma no significaría una discordancia importante; sólo pondría de manifiesto cambios de condiciones de sedimentación, sin mayor interrupción del registro (Soares 1981). Según Costa Pfeiffer y Hussain Chaudhry (1993), debido a esto último existen dificultades para establecer, en el subsuelo brasileño, tanto el límite

de la Formación Piramboia como el de la Formación Rosario do Sul, con la sobrepuesta Formación Botucatú.

La Formación Botucatú es una conspicua unidad litoestratigráfica, de vasta distribución en los estados de Mato Grosso, Mato Grosso do Sul, Goias, Minas Gerais, San Pablo, Paraná, Santa Catarina y Río Grande do Sul. De acuerdo con descripciones de Soares (1981) y reconocimientos de uno de los autores (CFG), alcanza espesores del orden de los 230 metros. Presenta algunos cuerpos psefíticos y psamíticos gruesos en posiciones basales periféricas, pero está principalmente constituida por múltiples y repetidas secciones homogéneas de areniscas finas de matices rojizos y rosados, muy friables, de selección regular a buena, e individuos ásperos o despulidos, con mediana a alta redondez y esfericidad. Abundan los granos de cuarzo (97%) y son raros los componentes feldespáticos, micas y litoclastos. Depósitos clásticos paleozoicos y triásicos, de variado origen, habrían provisto el aporte psamítico de segundo ciclo a numerosos registros de la Formación Botucatú, circunstancia que ayuda a explicar sus atributos de madurez textural y composicional, esta última manifestada por la calidad casi totalmente cuarzosa de muchas secciones. Las secuencias psamíticas de la Fm. Botucatú están ordenadas en unidades con estratificación entrecruzada, de media y gran escala, tangencial en la base de los sets y truncada en sus techos, donde alcanza inclinaciones máximas de 34°. Coexisten algunas láminas microfracturadas y replegadas. En el oeste del estado de Minas Gerais (Brasil), cercanamente a las pequeñas localidades de Romaría, Agua Suja, Río Bagagem, Fazenda Caelinho, Fazenda Toniozinho y otras del Triángulo mineiro (Estado de Minas Gerais), sobre márgenes de tributarios del Alto Paranaíba (o Parana-

hiba), las areniscas de la Formación Botucatu se presentan intensamente silicificadas, en bancos macizos, homogéneos y diaclasados, de tonos rojizos, rojizos oscuros, morados y morados violáceos, muy duros, los cuales dan lugar a escalones del terreno, cubierto por cerrada vegetación arbustiva de monte bajo (*mato*). Quizás, estas psamitas, discontinua y aisladamente expuestas en el *mato mineiro*, pertenecerían a secciones superiores de la Formación Botucatu y habrían recibido la influencia de sobreyacentes derrames basálticos neojurásicos - eocretácicos. Son numerosas las citas de areniscas silicificadas de esta unidad, cuya resistencia a la erosión suele generar irregularidades topográficas sobre superficies con denso tapiz selvático.

Estas cualidades texturales y estructurales primarias permiten interpretar como eolianitas a muchos de los cuerpos psamíticos de la formación que se trata. Además, numerosos elementos de juicio señalan que la Formación Botucatu fue depositada según condiciones desérticas, de severa aridez. Algunos de esos indicadores paleoambientales son:

- Pobreza o carencia de facies pelíticas subácueas de interduna,

- Pobreza o carencia de estructuras de escape de fluidos, grietas de desecación y diques clásticos asociados y marcas de lluvia,

- Ausencia de facies de playa (*sabkha*) y registros evaporíticos en general, más falta de niveles de calcretes y diversas variedades de calcretes, silcretes, glébulos y otros componentes paleoedáficos. Estas ausencias no son exclusivas de los ambientes desérticos, pero de todos modos, pueden testimoniar inhibición de procesos de disolución, precipitación y capilaridad, debida a carencias hídricas,

- Ausencia de relictos de *dikakas*, identificadas por Glennie y Evamy (1968) y Glennie (1970), como depósitos de dunas con abundantes moldes de raíces y raicillas. Se suma la falta de *gozes*, término mediante el cual Bagnold (1954) designó a suaves ondulaciones arenosas, de gran escala, asociadas a dispersa vegetación desértica. Tales carencias manifiestan escasez hídrica crítica para el desarrollo y supervivencia de vegetales,

- La generalizada pobreza paleontológica parece evidenciar condiciones desfavorables para la proliferación de faunas y floras, quizás imputable a la rigurosa sequedad del medio. Las icnitas de terápsidos y collurosáuridos descritos por Leonardi (1979, in Soares 1981), en cercanías de Araraquara, al sudoeste de Ribeirao Preto (este-nordeste del estado de Sao Paulo), pertenecerían a formas desarrolladas al amparo de nichos ecológicos, algo más húmedos que las partes centrales de la cuenca de Botucatu,

- Posible participación destacada de campos de arenas (*ergs*), con presencia de dunas o médanos y *draas*.

Luego, puede señalarse que al conjunto clástico mesozoico pre-basaltos de Serra Geral, destacado integrante de la estratigrafía paranense brasileña y constituido, base a techo, por la Formación Piramboia y su coetánea Formación Rosario do Sul, más la sobreyacente

Formación Botucatu, le es atribuible edad ladiniana - neojurásica temprana.

Dominios paranenses en la República Oriental del Uruguay

Según el significado original, hoy en revisión, la Formación Tacuarembó es un conjunto esencialmente arenoso de la superficie y subsuelo del centro y Norte del Uruguay, cuyo miembro inferior representa un registro fluvial entrelazado distal y el superior tiene origen eólico (Ferrando y Andreis 1986). En Uruguay, de acuerdo con la concepción clásica, la Formación Tacuarembó subyace a basaltos neojurásicos-eocretácicos y su base constituye una superficie de erosión sobrepuesta a distintas unidades.

Para Sprechmann *et al.* (1981) y Ferrando y Andreis (1986), sólo el miembro inferior de la Formación Tacuarembó contiene fósiles. Walther (1932, 1933) mencionó algunos peces ganoideos descubiertos en ella y fueron clasificados como *Semionotus* o *Lepidotus* (Wenz, in Goñi y Hoffstetter 1964, in Sprechmann *et al.* 1981). Mones (1980) consideró un biocrón triásico para *Semionotus* y posible edad triásica superior-cretácica superior para *Lepidotus*. Falconer (1937) citó la presencia de gastrópodos, en secciones expuestas próximas a la ciudad de Tacuarembó. Sprechmann *et al.* (1981) mencionaron escamas ganoideas, dientes y fragmentos óseos sueltos, moldes de ostrácodos, coprolitos y restos indeterminados. También en la Formación Tacuarembó, Herbst y Ferrando (1985) identificaron un conchostraco del Triásico superior, identificado como *Cyzicus (Lioestheria) ferrandoi* n. sp. Da Silva (1990), al reseñar los fósiles del original miembro inferior de la Formación Tacuarembó, mencionó la presencia de restos de pelecípodos, gastrópodos, crustáceos, peces, reptiles, coprolitos y bioturbaciones. De acuerdo con la definición original (Formación Tacuarembó, dividida en miembro inferior y miembro superior) y atento a su elenco paleontológico y yacencia inmediata abajo de basaltos neojurásicos-eocretácicos, la primitiva Formación Tacuarembó queda incluida en el lapso triásico superior-jurásico superior temprano. Nuevas revisiones del Mesozoico uruguayo definieron a la Formación Rivera (Ferrando y Herbst, 1988, comunicación personal; Andreis *et al.* 1991), de importante componente eólica y equivalente al miembro superior de la original Formación Tacuarembó. Así, esta última quedó restringida sólo a su primitivo miembro inferior de carácter fluvial, situado inmediatamente por debajo de la nueva Formación Rivera, la cual carece de fósiles y ahora es la unidad gondwánica uruguaya más moderna, cubierta por los basaltos neojurásicos-eocretácicos y correspondiente al Jurásico pre-Jurásico superior tardío.

Dominios paranenses en Paraguay

La Formación Misiones (Putzer 1962; *non* Areniscas de Misiones, Hausen 1919; *non* Formación Misiones, Gentili

et al. 1974; Andreis et al. 1990) fue originalmente nombrada como Areniscas de Misiones por Harrington (1950), quien las identificó en Paraguay sudoriental, al sur del río Tebicuary, inmediaciones de San Juan Bautista, Santa María, Santa Rosa y San Ignacio, todas poblaciones del departamento de Las Misiones, de donde procede su nombre. A pesar de la discontinuidad y separación geográfica de los afloramientos, el autor también incluyó en sus Areniscas de Misiones, a psamitas parecidas, expuestas en los alrededores de Asunción y asimismo cercanías de Encarnación (sur de Paraguay, banda derecha del río Paraná) y nordeste del país guaraní, al poniente de la cordillera o sierra de Amambay y más al sur-sudoeste, en la sierra de Caaguazú. Las Areniscas de Misiones o Formación Misiones, integran un conjunto homogéneo de psamitas cuarzosas, sin fósiles, por lo común medianas a gruesas y predominantemente rojizas, pero también rojizas oscuras y castañas rojizas, con individuos lisos y muy redondeados, de baja esfericidad. La matriz y los materiales aglutinantes más comunes son arcillosos y hematíticos; se observan efectos locales de silicificación. Los bancos son macizos, o bien presentan estratificación planar, a veces mal definida. Pero es posible advertir algunas secciones de buena estratificación. Entre las areniscas, suelen intercalarse depósitos psefíticos, que no exceden 1 m de espesor. Abundan los rodados pequeños, sólo algunos de hasta 15 cm de diámetro, redondeados-muy redondeados y subelípticos, compuestos por fragmentos de cuarzo, cuarcitas y variedades amorfas de la sílice (Harrington 1950). Este autor estimó que las Areniscas de Misiones, en Paraguay, pueden superar los 200 m y por sus atributos deposicionales, les concedió origen fluvial (sección inferior) y eólico (sección superior). Palmieri y Velázquez (1982) destacaron la estratificación entrecruzada planar y la buena selección.

Edad y correlaciones de la Formación Misiones

Entre las latitudes de Bella Vista y Capitán Bado (nordeste de Paraguay, frontera Paraguay-Brasil), al poniente de la sierra o cordillera de Amambay y más al sur-sudoeste, en la sierra de Caaguazú, Harrington (1950) observó psamitas homologables a sus Areniscas de Misiones, o Formación Misiones; las mismas sobreyacen a sedimentitas atribuidas a la Serie de Independencia (Harrington 1950) o Formación Independencia y están cubiertas por basaltos neojurásicos - eocretácicos de la Formación Alto Paraná (representante paraguayo de la Formación Serra Geral). Al este de Coronel Oviedo y Villarrica (Paraguay oriental), el espesor de la Serie de Independencia es de unos 400 m; sus 200 m más altos son areniscas rojizas finas a medianas, cuyo tercio inferior (65 m) tiene fragmentos de troncos reconocidos como *Dadoxylon* y pelecípodos (*Pinzonellopsis occidentalis*, *Pseudocorbula anceps*) (Harrington 1950). Arriba de estos niveles atribuidos al Pérmico Superior por sus bivalvos, quedan unos 135 m de psamitas sin fósiles, pero no anteriores al Neopérmico, vistas sus relaciones de yacencia.

También Andreis et al. (1990) han realizado estudios más recientes de las areniscas de la Serie Independencia en Paraguay oriental asignándole una edad pérmica. Estas areniscas que clausuran la Serie de Independencia, parecen correlacionables con las ya aludidas psamitas también carentes de fósiles, de los 100 m más altos de la Formación Río do Rasto (Tartariano-Anisiano?), de la cuenca parense brasileña. De esta forma, los depósitos más jóvenes de la Serie de Independencia también podrían pertenecer al Anisiano. Tal cronología inferida para las secciones superiores de la Serie de Independencia, la descripta posición estratigráfica relativa y analogías de composiciones, texturas y estructuras primarias, invitan a ubicar a la Formación Misiones en el lapso ladiniano – neojurásico temprano y correlacionarla con la totalidad de los pares integrados de base a techo, por las Formaciones Piramboia y Botucatu (Brasil) y Formaciones Tacuarembó y Rivera (Uruguay).

Metodología y resultados

El subsuelo oriental de la provincia de Entre Ríos

Durante la última década, los conocimientos directos de la estratigrafía del subsuelo oriental de la provincia de Entre Ríos se obtuvieron a partir de los pozos de prospección hídrica ya aludidos. Asimismo, independientemente del control geológico de perforaciones, se sumaron estudios litológicos al binocular de recortes de trépano (*cuttings*) y observaciones a grano suelto y secciones delgadas de los mismos, con auxilio del microscopio petrográfico. Al considerar los atributos de composición y textura de los distintos tramos de subsuelo, deben tenerse presentes las limitaciones generadas a causa de eventuales mezclas de *cuttings*, impuestas por derrumbes parciales de los pozos y/o efectos similares durante la circulación ascendente del lodo (circulación por directa, retorno a superficie entre pared de pozo y sondeo), o debidos a detenciones temporarias del bombeo de inyección que inducen decantación de recortes, sumados a posibles capturas de fragmentos rocosos por acción hidráulica sobre las paredes de las perforaciones. Además se apeló a reconocimientos sobre el terreno, de secciones expuestas en el este entrerriano.

Para control y ajuste de límites de unidades y fundamentar correlaciones, fueron utilizados registros convencionales de curvas de emisión natural de rayos gama y resistividades, obtenidos en pozos de exploración hidrotermal. Relativo a los perfilajes, se debe tener presente que el fluido poral de numerosos cuerpos psamíticos continentales del subsuelo oriental de Entre Ríos, está constituido por aguas dulces, cuyas bajas salinidades, de valores cercanos a los del agua de filtrado procedente de los lodos de perforación, inhibe los efectos de potencial espontáneo, los cuales precisamente son debidos a movilidad iónica causada por diferencias de concentraciones salinas, entre el agua de formación y el agua de filtrado. Para estos casos, se apela al uso de registros de emisión

Cuadro 1: Ubicación y características generales de las perforaciones realizadas*

Perforación	F-1	C-1	CI-1	VE-1	CU-1	Gch-1
Localidad	Federación	Concordia	Colón	Villa Elisa	Concepción del Uruguay	Gualeguaychú
Sitio	Casco Urbano	Cruce acceso a Salto Grande	Casco urbano	Ruta 130 cruce Ruta 29	Ruta nac 14, Km 127.5	Ruta nac. 14, Km 69
Ubicación en Gauss Krugger	x:6570250 y:6411750	x:6544000 y:6406000	x:6436460 y:6391879	x:6444750 y:6364500	x:6409558 y:6378541	x:6351268 y:6350817
Cota topográfica	43	38	19	45	20	7
Profundidad m.b.b.p.	1260	1170	1502	1033	1250	988
Profundidad m.s.n.m.	1219	1132	1483	988	1230	981

*Según Silva Busso (1999).

natural de rayos gama, el cual no depende de contrastes de salinidades y hasta puede emplearse en pozos entubados. Los tramos psamíticos suelen reconocerse por bajas detecciones de rayos gama naturales y resistividades significativas si contienen agua dulce.

Las comarcas del este de Entre Ríos pertenecen al espacio chacoparanense argentino más oriental y continúan sin interrupción en las planicies occidentales y centrales uruguayas.

Los afloramientos más antiguos del oriente entrerriano reúnen a basaltos neojurásicos – eocretácicos de la Formación Serra Geral y sus intercalaciones clásticas continentales, localmente conocidas como Formación Solari. Hacia arriba, se exponen menos de 500 m de registro, constituidos por acumulaciones cretácicas y cenozoicas, también de carácter clástico y origen continental, que tienen sus equivalentes en comarcas uruguayas.

La sucesión estratigráfica pre-Serra Geral del subsuelo oriental de la provincia de Entre Ríos

El sustrato ígneo – metamórfico, expuesto en Uruguay, algunas islas e islotes del río homónimo y en la isla de Martín García, no aflora en la provincia de Entre Ríos. Sin embargo, perforaciones en el Este de la provincia atravesaron las sedimentitas continentales pre-Serra Geral, o efusivas básicas neojurásicas – eocretácicas, hasta alcanzar el basamento cristalino sobre el sobreyacen. En efecto, rocas graníticas, granodioríticas y tonalíticas correspondientes a este último, fueron alumbradas en los pozos de Colón 1, en el pozo de Concepción del Uruguay 1 y en el pozo Gualeguaychú. La ubicación y características de los pozos pueden verse en el cuadro 1.

Siempre en el subsuelo oriental de la provincia, sobre el basamento cristalino y por debajo de la Formación Serra Geral, varios pozos atravesaron total o parcialmente, una sucesión clástica continental no aflorante en territorio entrerriano, que resulta, entonces, más antigua que las efusiones basálticas de la Formación Serra Geral, dada su situación estratigráfica infrapuesta al citado binomio Serra Geral – Solari. En el oriente de Entre Ríos, las sedimentitas mencionadas son conocidas parcial o totalmente, consecuencia de la información obtenida por los pozos, Federación 1 y Concordia 1, de modo principal y

complementariamente a partir de datos de Villa Elisa 1 y Gualeguaychú 1 también destinados a la prospección hidrotermal (Silva Busso 1999).

Según manifiesta posición estratigráfica regional, directamente abajo del conjunto de coladas basálticas propias de la Formación Serra Geral, el pozo Concordia 1 atravesó de modo incompleto, una sección clástica continental de 203 m de espesor parcial, comprendida entre 967 m (base Formación Serra Geral) y 1170 m (profundidad final). La misma está compuesta por areniscas cuarzosas finas a muy finas, rojizas, rojizas ocráceas y rojizas amarillentas claras con escaso cemento carbonático y más bien friables, de muy buena selección y granos generalmente redondeados y subredondeados, sólo a veces subangulosos (Fig. 2). Hacia abajo, se alternan algunos niveles de areniscas con intercalaciones no regulares de limolitas y arcilitas, todas de variados matices rojizos. Es frecuente observar óxidos de hierro que recubren a los clastos y además tiñen al cemento (Silva Busso 1999). Estas acumulaciones continentales resultan no posteriores al Cretácico inferior, dada su posición estratigráfica subyacente a los basaltos de Serra Geral, reconocidamente neojurásicos – eocretácicos.

Semejanzas litológicas y estratigráficas y en especial, la correlación de perfilajes (Figs. 3 y 4), alientan a considerar que ese tramo de 203 m de espesor no total, atravesado parcialmente de 967 m b.b.p. a 1170 m b.b.p. (profundidad final) por la perforación Concordia 1, tendría un indudable equivalente sincrónico y depositacional, además de completo y más representativo, en la similar sección clástica continental de 221 m, alumbrada a partir de 967 m b.b.p. hasta 1188 m b.b.p., en el pozo Federación. Esta sucesión infrayace de inmediato a psamitas atribuibles a depósitos basales de la Miembro Solari (alternancias clásticas entre basaltos de la Formación Serra Geral), e indirectamente subyace a las efusivas de la Formación Serra Geral; asimismo, como en Concordia 1, ella también muestra predominio de areniscas cuarzosas finas y muy finas, menos comúnmente medianas, de coloraciones rojizas, ocráceas y amarillentas, con individuos subredondeados y subangulosos, pocos de ellos angulosos. Subordinadamente acompañan clastos feldespáticos, alterados a calcita y variedades del grupo de la caolinita (Silva Busso 1999). El escaso cemento es de composición carbonática y suele encontrarse pigmentado por óxidos

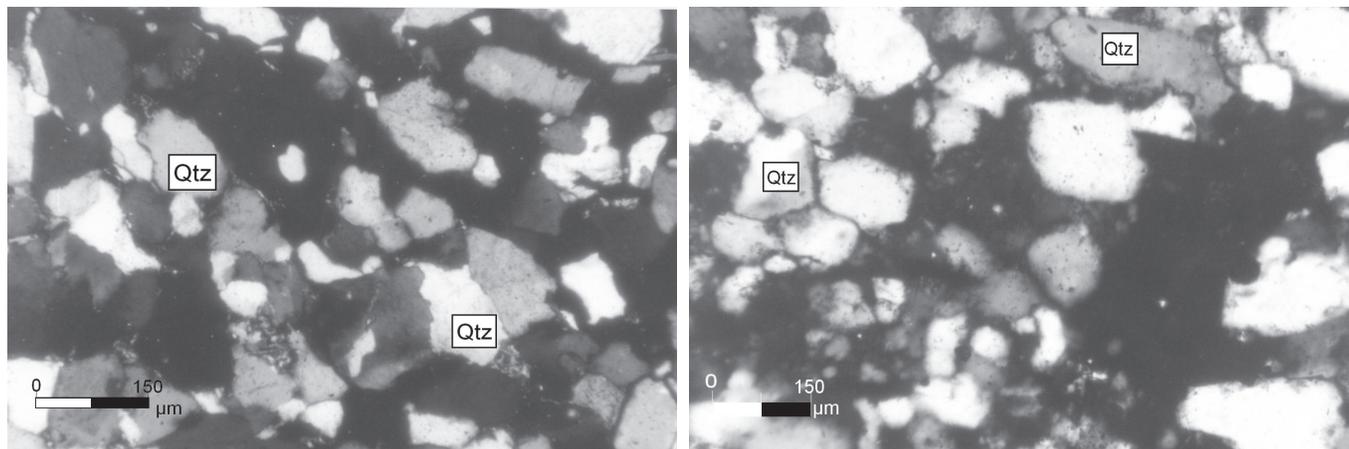


Figura 2: a, Corte de roca Federación-1 a 935 m b.b.p. b, Concordia-1 a 1015 m b.b.p. La denominación Qtz se refiere a cuarzo (según Silva Busso 1999).

de hierro, los cuales, por otra parte, recubren a los granos de cuarzo a modo de pátinas (*cutanes* de Andreis 1981). Son psamitas friables y de buena selección, igual que las ya referidas para Concordia 1.

Al oeste-noroeste de Colón, fue realizado el pozo productor hidrotermal Villa Elisa 1, cuya perforación fue interrumpida por aprisionamiento de herramienta debido a derrumbe de paredes, circunstancia que obligó al empleo reiterado de colchones lavadores de base gas – oil, hasta librar sondeo. No se registraron perfilajes, ni hubo control geológico permanente, sólo examen de recortes de trépano cada 10 m (Silva Busso 1999). Aproximadamente a 982 m b.b.p., el pozo atravesó la base del conjunto basáltico de Serra Geral y penetró hasta los 1029 m b.b.p. (profundidad final), en una sección clástica continental de 47 m de espesor parcial, caracterizada por la presencia de areniscas rojizas cuarzosas, finas a muy finas, friables y de muy buena selección. Este registro clástico incompleto, muestra la misma posición estratigráfica y análoga litología, que las secciones 967 m b.b.p. - 1170 m b.b.p. (profundidad final) (> 203 m de espesor parcial) de Concordia 1 y 967 m b.b.p. - 1188 m b.b.p. (221 m de espesor total) de Federación 1.

Según descripciones litológicas, controladas y ajustadas mediante análisis de perfilajes, en Federación 1, inmediatamente abajo de la aludida sección 967 m b.b.p. – 1188 m b.b.p., fue penetrado de manera incompleta, entre 1188 m b.b.p. y 1260 m b.b.p. (profundidad final), otro registro clástico continental, de 72 m de espesor parcial, distinto del sobrepuesto mencionado, comprendido de 967 m b.b.p. a 1188 m b.b.p. ya descrito. Como variedades litológicas más destacables, esta sección inferior 1188 m b.b.p. - 1260 m b.b.p. (profundidad final), del citado pozo Federación 1, reúne areniscas muy finas y areniscas con intercalación de limos, de composición principalmente cuarzosa, con escasos individuos feldespáticos alterados, friables, con poco cemento carbonático pigmentado por materiales ferruginosos, que asimismo recubren a granos y partículas. Se suman intercalaciones de limolitas y arcilitas igualmente cuarzosas, poco consolidadas, que com-

pletan un conjunto de colores rojizos y rojizos ocráceos.

Estas sedimentitas continentales, atravesadas parcialmente desde 1188 m b.b.p. hasta 1260 m b.b.p. (profundidad final) (> 72 m) por el pozo Federación 1, se encuentran indirectamente abajo de los basaltos neojurásicos-eocretácicos de Serra Geral; tal posición estratigráfica indica que ellas tampoco son más jóvenes que el Cretácico inferior. De acuerdo con el análisis de curvas de emisión natural de rayos gama y algunas similitudes litológicas, la sección continental de pelitas rojizas y areniscas finas – muy finas de igual color, subyacente a basaltos de Serra Geral, alumbrada totalmente entre 737 m b.b.p. y 983 m b.b.p. (246 m) por el pozo Gualaguaychú 1 (Fig. 3), podría ser el equivalente local, aun no confirmado, del conjunto de areniscas muy finas y areniscas cuarzosas con intercalaciones de limolitas y arcilitas, rojizas y rojizas ocráceas, penetrado parcialmente desde 1188 m b.b.p. hasta 1260 m b.b.p. (profundidad final) (> 72 m) en el pozo Federación 1. Los informes de perforación y control geológico de Gualaguaychú 1, consignan que algunos problemas de bombeo y circulación de lodo afectaron la toma de muestras y redujeron su grado de representatividad y certidumbre. Estas circunstancias condicionan las inferencias que se propongan en base a la columna atravesada por Gualaguaychú 1.

Edades y correlaciones de la sucesión estratigráfica pre-Serra Geral del subsuelo oriental de la provincia de Entre Ríos

Como ya se expresó, inmediatamente abajo del conjunto neojurásico – eocretácico integrado por las Formación Serra Geral (basaltos y alternancias clásticas entre basaltos), las perforaciones Concordia 1, Federación 1 y Villa Elisa 1, respectivamente alumbraron entre 967 m b.b.p. y 1170 m b.b.p. (203 m espesor parcial), entre 967 m b.b.p. y 1188 m b.b.p. (221 m espesor total) y entre 982 m b.b.p. y 1029 m b.b.p. (47 m espesor parcial), sendas secciones de un mismo registro clástico continental, descrito separa-

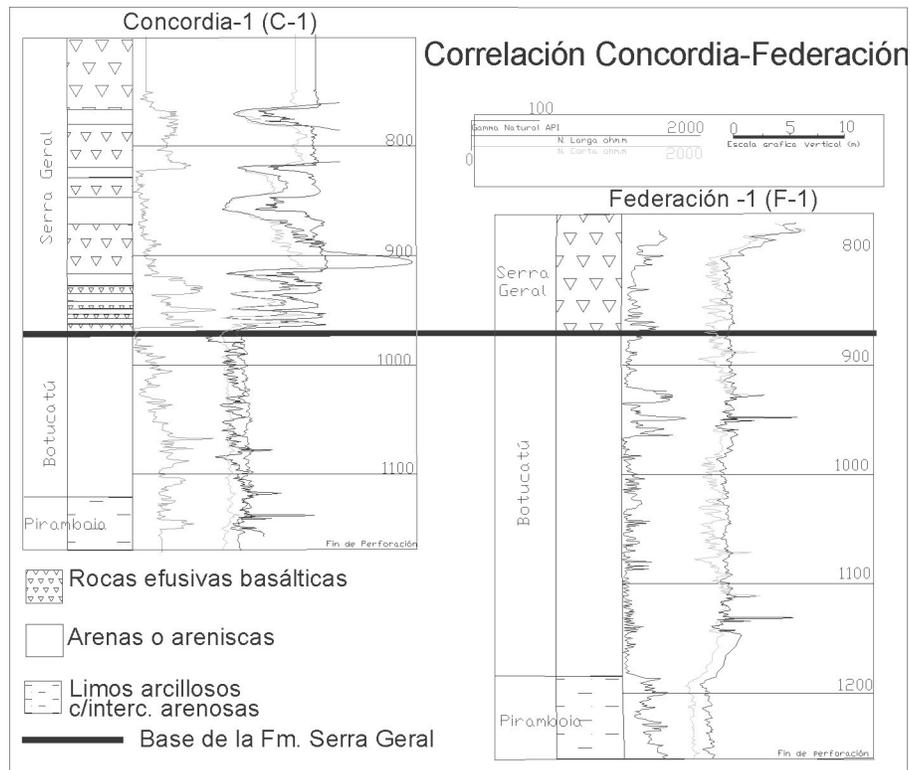


Figura 3: Correlación de perfilajes entre Pozos Concordia-1 y Federación-1.

damente para cada pozo en el apartado anterior y poseedor de areniscas cuarzosas rojizas, finas a muy finas, menos frecuentemente medianas, friables, con individuos bien a muy bien seleccionados y de visible redondez. Analogías de composiciones y texturas y similares yacencias inmediatas por debajo de la asociación Formación Serra Geral, considerando ésta como el Miembro Solari clástico alternante entre basaltos y Miembro Arapey basaltos según Silva Busso (1999), sumadas a razones de proximidades geográficas y vinculaciones regionales, alientan a proponer la correlación de esas citadas tres sucesiones de Concordia 1, Federación 1 y Villa Elisa 1, con las Formaciones Botucatu (Brasil) y Rivera (Uruguay) y partes superiores de la Formación Misiones (Paraguay) y conceder al terceto entrerriano interpretaciones paleoambientales y antigüedad jurásico pre-neojurásica tardía iguales a las de estas formaciones.

Posiciones estratigráficas semejantes y parecidas litologías, llevan a correlacionar las secciones 737 m b.b.p. - 983 m b.b.p. (246 m) del pozo Gualaguaychú 1 y 1188 m b.b.p. - 1260 m b.b.p. (profundidad final) (> 72 m) de Federación 1, con las Formaciones Piramboia (Brasil) y Tacuarembó redefinida (Uruguay) y depósitos inferiores de la Formación Misiones (Paraguay) y entonces reconocer a esas dos sucesiones del oriente entrerriano igual significado paleoambiental y la misma antigüedad ladiniana-jurásica, que comparten los citados registros de estas tres formaciones nombradas.

Un aspecto importante en la discusión sobre la correlación de estas unidades del subsuelo entrerriano, es consi-

derar que la secuencia final (hacia la base) de los perfiles, representada en la figura 3 podrían tener también similitud con el Miembro Pardo de la Formación Rio do Rastro. (Soares, com. pers). Esta observación puede ser considerada en futuros estudios y de ser así deberá discutirse la ausencia de la Formación Piramboia propiamente dicha, o bien que la sección superior contendría ambas unidades, a excepción de los primeros 50 m por debajo de la Formación Serra Geral que son decididamente atribuibles a la Formación Botucatu. (Silva Busso 1999 y Soares, com. pers.). Sin embargo es difícil verificar estas propuestas sobre la base de datos de subsuelo de unidades no aflorantes.

Las denominaciones Tacuarembó, Piramboia y Botucatu en la Argentina

En la Argentina, el nombre Formación Tacuarembó ha sido frecuente e indistintamente usado para aludir a un registro clástico continental, cuyos depósitos subyacen a los basaltos neojurásico-eocretácicos de Serra Geral y también se alternan o interdigitan con esas vulcanitas y asimismo descansan sobre el conjunto de ellas. En otras oportunidades, se restringió el término a sedimentitas infrapuestas a las efusivas, más las acumulaciones alternantes o interdigitadas con los mantos de lavas y quedaron afuera del nombre las secciones mesozoicas apoyadas sobre los basaltos. Ninguna de estas dos acepciones respetan fielmente el significado original, dado en

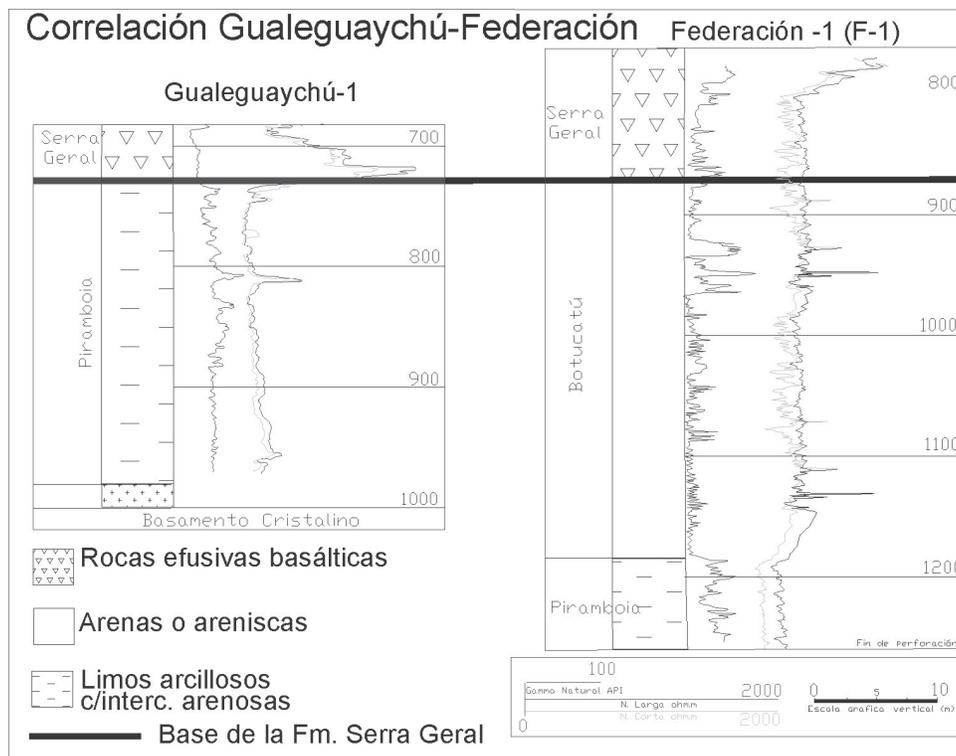


Figura 4: Correlación de perfilajes entre Pozos Gualaguaychú -1 y Federación-1.

Uruguay, a la Formación Tacuarembó (Bossi 1966; Areniscas de Tacuarembó, Falconer 1931), el cual la entiende como unidad continental subyacente a los basaltos de la Formación Arapey (correlato uruguayo de la Formación Serra Geral) y compuesta por un miembro inferior fluvial y un miembro superior eólico. Pero esta acepción original, tampoco mantiene acuerdo con los alcances actuales del término, que la dejan referida exclusivamente a su primitivo miembro inferior fluvial y reúnen a las sobrepuestas acumulaciones eólicas en la ya tratada Formación Rivera.

A fin de evitar equívocos e indefiniciones y siempre respecto de la Argentina, donde el nombre Formación Tacuarembó fue diversa y profusamente empleado para la estratigrafía de subsuelo, parece aconsejable devolver al término su nunca negado carácter infrabasáltico inicial y aceptar dos miembros convenientemente diferenciados. Otra alternativa, más afín con la revisión actualizada de la nomenclatura estratigráfica uruguaya, es considerar al nombre como sinónimo del primitivo miembro inferior fluvial de la unidad y reservar la denominación Formación Rivera (Ferrando y Herbst 1988, comunicación personal; Andreis *et al.* 1991, 1996), para la sección superior con predominio de eolianitas. En cuanto a la región mesopotámica argentina, razones de cercanía geográfica, correlaciones aceptablemente fundadas y prioridades históricas, hacen posible el uso de los bien definidos términos Formación Piramboia (Sanford y Lange 1960; Arenisca Piramboia, Florence y Pacheco 1929, Washburne 1930) (fluvial) y Formación Botucatú (Sanford y Lange 1960; Gonzaga de Campos 1889, *in* Salamuni y Bigarella 1967; Areniscas de Botucatú, Walther 1911).

Conclusiones

Sobre la base de lo expuesto es verosímil y aceptable la presencia de las Formaciones Piramboia (Ladiniano – Jurásico) y Botucatú (Jurásico pre-Neojurásico tardío) en el subsuelo oriental de Entre Ríos. A modo de síntesis, puede decirse que, en los ámbitos paranenses de Paraguay, Brasil, Uruguay y posiblemente en el subsuelo oriental de Entre Ríos, está presente un conspicuo registro fluvial y eólico, conferible al intervalo ladiniano-neojurásico temprano, subyacente a basaltos del magmatismo de Serra Geral (Neojurásico-Eocretácico) y determinado como se indica seguidamente, de base a techo:

Paraguay: Formación Misiones (fluvial y eólico; Ladiniano-Neojurásico temprano)

Brasil: Formación Piramboia (fluvial; Ladiniano-Jurásico); Formación Botucatú (eólico; Jurásico pre-Neojurásico tardío)

Uruguay: Formación Tacuarembó (fluvial; Ladiniano-Jurásico); Formación Rivera (eólico; Jurásico pre-Neojurásico tardío)

Subsuelo oriental de Entre Ríos: Formación Piramboia (fluvial; Ladiniano-Jurásico), pozos Federación 1: 1188 m b.b.p. - 1260 m b.b.p., profundidad final; Gualaguaychú 1: 737 m b.b.p. - 983 m b.b.p.; Formación Botucatú (eólico; Jurásico pre-Neojurásico tardío), pozos Federación 1: 967 m b.b.p. - 1188 m b.b.p.; Concordia 1: 967 m b.b.p. - 1170 m b.b.p., profundidad final; Villa Elisa 1: 982 m b.b.p. - 1029 m b.b.p., profundidad final.

Es razonable asumir que las respectivas bases de las Formaciones Misiones (Paraguay), Piramboia (Brasil) y

Tacuarembó (Uruguay), corresponden a una misma superficie de discontinuidad, también presente en el subsuelo del este de Entre Ríos (Gualeguaychú 1: 983 m b.b.p.) y definitoria de la separación Anisiano-Ladiniano, en los dominios paranenses. La disconformidad en cuestión sería la misma que advirtiera Hansen (1964) en el subsuelo santafecino, a partir de secciones sísmicas. El basamento ígneo-metamórfico local fue alcanzado por los pozos Colón 1, Concepción del Uruguay 1 y Gualeguaychú 1 y aún es desconocido en diversos sectores de la subregión, el registro estratigráfico comprendido entre el sustrato ígneo-metamórfico y las acumulaciones atribuidas a las Formaciones Piramboia y Botucatu.

A partir de 1993, alentadores antecedentes regionales y exploratorios de países vecinos, más los conocimientos disponibles acerca de la Mesopotamia, llevaron a reiniciar la prospección hidrotermal de la parte oriental de Entre Ríos. Con auxilio de inversiones públicas y/o privadas, se perforaron, a más de otros, los pozos de exploración termal Chajarí 1, Federación 1, Concordia 1 y Villa Elisa 1, todos productivos en distinto grado (Silva Busso 1999).

Los ensayos hidrogeológicos realizados por Silva Busso (1999) efectuados en los pozos Federación 1 y Concordia 1, permitieron determinar caudales surgentes de hasta 300 m³/hora, de aguas de una conductividad entre 700-1200 µS/cm, con temperaturas de 36 a 47°C en boca de pozo. Las areniscas cuarzosas penetradas inmediatamente abajo del conjunto Formación Serra Geral (basaltos) – Formación Solari (clásticos intercalados) y asumidas como representativas de la Formación Botucatu (Jurásico pre-Neojurásico tardío), ofrecieron significativos atributos petrofísicos, quizás relacionados con su eventual origen eólico dominante. Las producciones de estas secuencias psamíticas habrían tenido decisiva participación mayoritaria en los citados caudales hídricos. A ellas se podrían haber sumado aportes más modestos, pero no despreciables, provistos por la Formación Piramboia y también por volcanitas básicas fracturadas de la Formación Serra Geral, e intercalaciones clásticas continentales de la Formación Solari, alternantes entre los mantos basálticos (Silva Busso 1999). En general, se trata de un sistema artesiano de alta eficiencia, con principal área de recarga desplegada en el sudoeste de Rio Grande do Sul y centro, norte y noroeste de Uruguay; el flujo hídrico principal es hacia los cuadrantes occidentales, inducido por una pendiente regional en descenso según igual sentido, prolongada en el subsuelo entrerriano (Silva Busso 1999).

Independientemente del aprovechamiento termal y según los primeros análisis, estas aguas del subsuelo oriental entrerriano resultan aptas para consumo humano, al menos en la zona hidroquímica I (Silva Busso 1999). Respecto de los citados aprovechamientos hidrotermales e hídricos de subsuelo, distintos antecedentes y presunciones indican que el interés exploratorio concitado por el Este de Entre Ríos, alcanza también a partes orientales de Corrientes y asimismo a la provincia de Misiones.

Agradecimientos

Los autores agradecen la lectura crítica de este estudio al Dr. Paulo Cesar Soares y al Dr. Renato Andreis.

TRABAJOS CITADOS EN EL TEXTO

- Andreis, R., 1981. Identificación e importancia geológica de los paleosuelos. Livro-texto/2, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Editora da Universidade, 67 pp., Porto Alegre.
- Andreis, R., G. Bossi y D. Montardo, 1980. O Grupo Rosario do Sul (Triassico) no Rio Grande do Sul, Brasil. 31° Congresso Brasileiro de Geologia, Anais 2: 659-673, Rio de Janeiro.
- Andreis R, Ferrando L.A. y Jaflin G.A., 1990. Las Secuencias del Grupo Independencia (Permico) aflorantes en Colonia Independencia y al oeste de Caaguazú, Paraguay Oriental, litofacies, paleocorrientes e interpretación paleoambiental. Ciencia e Natura, Universidad Federal de Santa María, 12: 29-33, Santa María.
- Andreis, R., Ferrando, L. y Herbst, R., 1991. Terrenos carboníferos y pérmicos de la República Oriental del Uruguay. 12° Congreso Internacional de la Estratigrafía y Geología del Carbonífero y Pérmico y Academia Nacional de Ciencias de Córdoba. El Sistema Pérmico en la República Argentina y en la Rep. Oriental del Uruguay, Preimpresión: 315-349, Córdoba.
- Andreis, R., Ferrando, L. y Herbst, R., 1996. Terrenos carboníferos y pérmicos de la República Oriental del Uruguay. 12° Congreso Internacional de la Estratigrafía y Geología del Carbonífero y Pérmico y Academia Nacional de Ciencias de Córdoba. El Sistema Pérmico en la República Argentina y en la República Oriental del Uruguay: 309-343, Córdoba.
- Bagnold, R., 1954. The physics of blown sand and desert dunes. Methuen, 265 pp., London.
- Bossi, J., 1966. Geología del Uruguay. Universidad de la República, Departamento de Publicaciones, Colección Ciencias 2: 1-470, Montevideo.
- Costa Pfeiffer, S y Hussain Chaudhry, F., 1993. Caracterização da qualidade das águas do aquífero Botucatu na região urbana de Sao Carlos (SP). Anais 10° Simpósio Brasileiro de Recursos Hídricos y 1er. Simpósio de Recursos Hídricos do Cone Sul 4: 510-519, Rio de Janeiro.
- Caetano Chang M.R. y Wu F.T., 1994. A composição faciológica das formações Piramboia e Botucatu na centro-leste paulista e a delimitação do contacto entre as unidades. In simposio sobre Cronoestratigrafia da bacia do paraná, 1, Rio Claro, Resumos, 93.
- Da Silva, J., 1990. Paleontología de la Formación Tacuarembó (Uruguay) - Avance 1989. Resúmenes ampliados 1er. Congreso Uruguayo de Geología 2: 27-31, Montevideo.
- Falconer, J., 1931. Terrenos gondwánicos del Departamento de Tacuarembó: Memoria explicativa del Mapa Geológico. Boletín Instituto de Geología y Perforaciones del Uruguay 15: 1-17, Montevideo.
- Falconer, J., 1937. La Formación de Gondwana en el Nordeste del Uruguay, con especial referencia a los terrenos eogondwánicos. Boletín Instituto de Geología y Perforaciones del Uruguay 23: 1-122, Montevideo.
- Fernández Garrasino, C. y Vrba, A., 1999. Estructura del tope de la Formación Serra Geral (Neojurásico-Eocretácico) en la Mesopotamia argentina y adyacencias. 14° Congreso Geológico Argentino, Actas 1: 185-188, Salta.
- Fernández Garrasino, C. y Vrba, A., 2000. La Formación Paraná: aspectos estratigráficos y estructurales de la región chacoparanense. En: Aceñolaza, F. y Herbst, R. (Ed.): El Neógeno de Argentina. Facultad de Ciencias Naturales e Instituto Miguel Lillo de la Universidad Nacional de Tucumán, Instituto Superior de Correlación Geológica (INSUGEO), Serie Correlación Geológica 14: 139-145, Tucumán.

- Ferrando, L. y Andreis, R., 1986. Nueva estratigrafía en el Gondwana de Uruguay. 1er. Congreso Latinoamericano de Hidrocarburos 1: 295-323, Buenos Aires.
- Florence, G. y Pacheco, J., 1929. Carta geológica do Estado de São Paulo. Comissão Geográfica e Geológica do Estado de São Paulo, São Paulo.
- Gentili, C., Rosenman, H. y Lourenço, A., 1974. Características geológicas generales del territorio brasileño en la faja adyacente al curso medio del Río Uruguay. Revista de la Asociación Geológica Argentina, 29(2): 223-230, Buenos Aires.
- Glennie, K., 1970. Desert sedimentary environments. Developments in Sedimentology 14: 222. Elsevier, Amsterdam.
- Glennie, K. y Evamy, B., 1968. Dikaka: Plants and plant-root structures associated with aeolian sand. Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeo-ecology 4: 77-87, Amsterdam.
- Gonzaga de Campos, L., 1889. Anexo Relatório 1889 Seção Geológica. Comissão Geográfica e Geológica do Estado de São Paulo: 21-34, São Paulo.
- Goñi, J. y Hoffstetter, R., 1964. Uruguay. Congrès Geologique International, Commission de Stratigraphie, Lexique Stratigraphique International 5, Amérique Latine fascicule 9-a, 202 p., Centre National de la Recherche Scientifique, Paris.
- Hansen, R., 1964. Reinterpretación Líneas de San Cristóbal (Sta. Fe). YPF, Buenos Aires
- Harrington, H., 1950. Geología del Paraguay Oriental. Universidad de Buenos Aires, Facultad de Ciencias Exactas, Físicas y Naturales, Contribuciones Científicas Serie E (Geología) 1: 1-82, Buenos Aires.
- Hausen, J., 1919. Contribución al estudio de la petrografía del Territorio Nacional de Misiones. Boletín Dirección General de Minas, Geología e Hidrología 21 Serie B (Geología): 1-39, Buenos Aires.
- Herbst, R. y Ferrando, L., 1985. *Cyzicus (Lithoestheria) ferrandoi n. sp. (Conchostraca, Cyzicidae)* de la Formación Tacuarembó (Triásico superior) del Uruguay. Revista de la Asociación de Ciencias Naturales del Litoral 16(1): 29-47, Santa Fe.
- Introcaso, A., 1997. Proyecto de carta isogámica. Universidad Nacional de Rosario, Instituto de Física de Rosario, Rosario.
- Milani, E., B. França, A. y Schneider, R., 1994. Bacia do Paraná. En: Feijó, F. (Ed.) Estratigrafía das Bacias Sedimentares do Brasil. Petrobras Boletim de Geociencias (*pre-print*), Río de Janeiro.
- Mones, A., 1980. Nuevos elementos de la paleoherpetofauna del Uruguay (Crocodilia y Dinosauria). Actas 2º Congreso Argentino de Paleontología y Bioestratigrafía y 1er. Congreso Latinoamericano de Paleontología 1: 265-277, Buenos Aires.
- Palmieri, J. y Velázquez, J., 1982. Geología del Paraguay. Colección apoyo a Cátedra, Serie Ciencias Naturales. Ediciones NAPA, 65 pp., Asunción.
- Pesce, A., Khachatryan, D., Miranda, F., Rivara, A. y Johanis, P., 2002. Proyecto termal Chajarí, Provincia de Entre Ríos, República Argentina. 15º Congreso Geológico Argentino, Actas electrónicas, Calafate.
- Putzer, H., 1962. Geologie von Paraguay. Beiträge zur Regionalen Geologie der Erde, Gebrüder Borntraeger, 182 pp., Berlin
- Salamuni, R. y Bigarella, J., 1967. The Botucatu Formation. Centro Nacional de Pesquisas. En: Bigarella, J., R. Becker e I. Pinto (Ed.): Problems in Brazilian Gondwana Geology: 197-206, Curitiba.
- Sanford, R. y Lange, F., 1960. Basin study approach to oil evaluation of Paraná miogeosyncline, South Brazil. American Association of Petroleum Geologists Bulletin 44(8): 1316-1370.
- Silva Busso A., 1999. Contribución al Conocimiento Geológico e Hidrogeológico del Sistema Acuífero Termal de la Cuenca Chacoparanense Oriental Argentina. Tesis Doctoral, Facultad de Cs. Exactas y Naturales, Universidad de Buenos Aires (inédita), ** pp. Buenos Aires.
- Soares, P., 1981. Estratigrafía das Formações Jurássico-Cretáceas na Bacia do Paraná - Brasil. En: Volkheimer, W. y E. Musacchio (Ed.): Cuencas Sedimentarias del Jurásico y Cretácico de América del Sur: 271-302. Comité Sudamericano del Jurásico y Cretácico, 351 pp., Buenos Aires.
- Souza, A., Sinelli, O. y Gonçalves, N., 1971. Nova ocorrência fossilífera na Formação Botucatu. Anais 25º Congresso Brasileiro de Geologia 2: 281-295.
- Sprechmann, P., Bossi, J. y Da Silva, J., 1981. Cuencas del Jurásico y Cretácico del Uruguay. En: Volkheimer, W. y E. Musacchio (Ed.): Cuencas Sedimentarias del Jurásico y Cretácico de América del Sur: 239-270. Comité Sudamericano del Jurásico y Cretácico, 351 p., Buenos Aires.
- Walther, K., 1911. Über Permtriassische Sandsteine und Eruptivdecken aus dem Norden der Republik Uruguay. Neues Jahrbuch Mineralogie, Geologie und Paläontologie, Beilage Band 31: 575-609, Stuttgart.
- Walther, K., 1932. Über Reste eines Grossen Ganoidfisches aus dem Obergondwana von Uruguay. Zentralblatt für Mineralogie, Geologie und Paläontologie 10, Abt B: 530-538, Stuttgart.
- Walther, K., 1933. Restos de un pez ganoide de gran tamaño, proveniente del Neogondwana uruguayo. Boletín Instituto de Geología y Perforaciones del Uruguay 19: 65-72, Montevideo.
- Washburne, C., 1930. Petroleum Geology of the State of São Paulo. Boletim Comissão Geográfica e Geológica do Estado de São Paulo 22 pp, São Paulo.

Recibido: 18 de agosto, 2002

Aceptado: 2 de septiembre, 2003