

Misiones: posibles sucesiones Gondwánicas y alternativas de exploración

por Aldo Raúl Murut, Geo Servicios S.R.L.
y César A. Fernández Garrasino, Departamento de Ciencias Geológicas
de la Facultad de Ciencias Exactas de la Universidad de Buenos Aires.

El subsuelo misionero señala la posible existencia, inconfirmada aún, de secuencias estratigráficas con posibilidad de generar y almacenar petróleo de interés exploratorio. Si tenemos en cuenta que Misiones es la provincia argentina más próxima a los hallazgos brasileños de gas y petróleo en la cuenca paranense, la investigación que se realice en esta zona representa un aporte importante para el conocimiento de nuestras potencialidades.

El estudio "Posibles sucesiones Gondwánicas en el subsuelo de la provincia de Misiones, Argentina. Alternativas exploratorias" que publicamos en esta edición, desarrolla la investigación realizada.

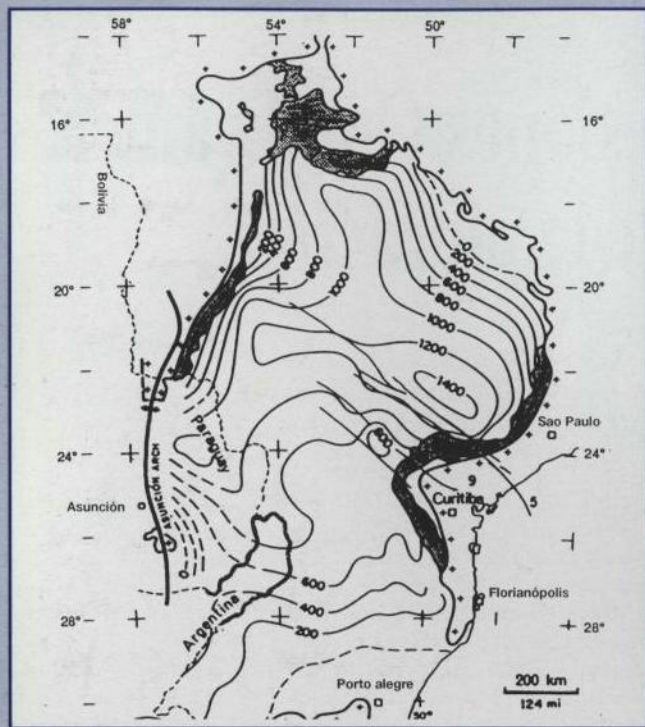
La estratigrafía expuesta de la Provincia de Misiones comprende sucesivas coladas basálticas de la Formación Serra Geral (Neojurásico-Eocretácico) e intercalaciones clásicas sincrónicas; se suman escasas y dudosas areniscas neocretácicas?, cubiertas modernas de alteración meteórica, y tapices edáficos de distinta madurez, más depósitos fluviales holocenos aterrazados y de cauce. La sucesión prevolcánica es desconocida, y no existen pozos profundos ni datos geofísicos de apoyo. Estas condiciones obligan a recurrir a la geofísica y geología circundante de Paraguay y Brasil. Según información de ambos países, Soares (1981), Gama Jr. et al. (1982), Goulart y Jardim (1982), Barros França y Potter (1988), y Zalán et al. (1991), presentaron mapas isopáquicos de distintos registros precarbónicos, y gondwánicos neopaleozoicos y mesozoicos de la Cuenca de Paraná. Los autores prolongaron las curvas a la Provincia de Misiones (Argentina), guiados por tendencias regionales. Así, es posible sugerir la eventual existencia, en el subsuelo misionero, de las unidades gondwánicas representadas por las isópacas (Figura 1, 2 y 3). No se ignora la incertidumbre de las curvas referidas a la Argentina; sin embargo, ellas son, a la fecha, uno de los pocos elementos de juicio disponibles, para estimar sucesiones gondwánicas misioneras, cuyas presencias también parecen sustentadas por la geología del Paraguay.

Mediante el uso simultáneo de los mapas isopáquicos del Grupo Itararé y Formación Río Bonito (Zalán et al., 1991) (Figura 1), y de las curvas de espesores totales de la llamada "Serie Río Tieté" (Gama Jr. et al., 1982) (Figura 2), que incluye, de base a techo, al Grupo o Formación Itararé, y formaciones Río Bonito, Palermo e Itatí, se dedujeron, por diferencia, los valores del par Formación Palermo-Formación Itatí (Tabla 1). De igual modo, según el empleo conjunto de las isópacas totales del Grupo Rosario do Sul-Formación Piramboia, más Formación Botucatu (Zalán et al., 1991) (Figura 1), y de las curvas referidas exclusivamente a la Formación Botucatu (Soares, 1981) (Figura 2), se obtuvieron los espesores de la Formación Piramboia y de su sincró-

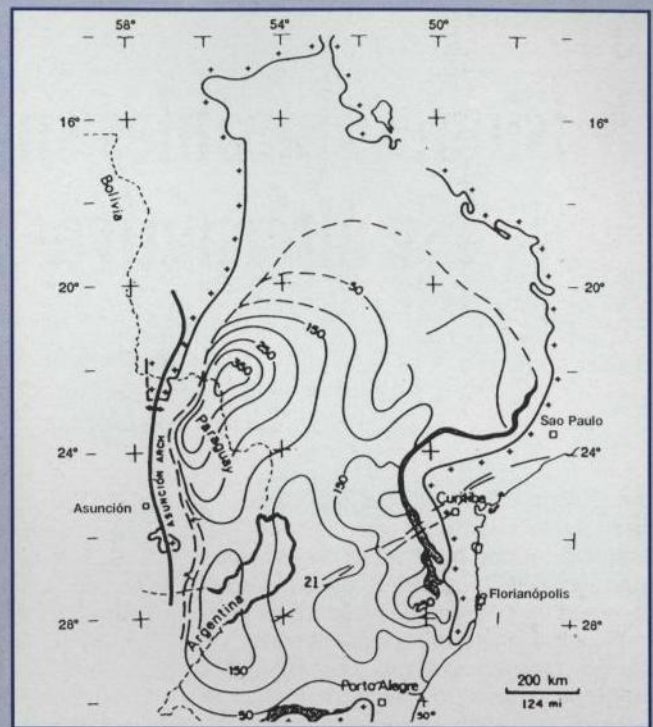
Aldo Raúl Murut, Ingeniero en Petróleo especializado en la Producción, desarrolló actividades en YPF en Geofísica, ocupando varios cargos llegando a la jefatura del Departamento Geofísico. Además realizó trabajos para las firmas Pluspetrol, Desaci, Bidas, Techint, Quital Co, Vial del Sur, YPF, Braspetro (Brasil), Hidronor, PCR, Cities Service, Alianza Petrolera, San Jorge, Pérez Companc, GSI, Trend, CGC, Texaco, Alpa, Glacco, Total Austral, Arpetro, etc. En lo referente a Impacto Ambiental estudió en el IAP las recomendaciones para la industria petrolera y realizó Estudios de Medio Ambiente con AICC y ADL (NA) para YPF y Astra.

César Agustín Fernández Garrasino, Doctor en Geología e Ingeniero en Petróleo. Con 30 años de actividad docente en universidades de Argentina y de Ecuador. Actualmente, profesor de Geología del Petróleo en la Universidad de Buenos Aires. Desarrolló actividades en YPF donde ocupó diversos cargos, retirándose como Subgerente de Estudios y Planificación Geológica. Publicó numerosos informes geológicos y realizó otros inéditos en YPF.

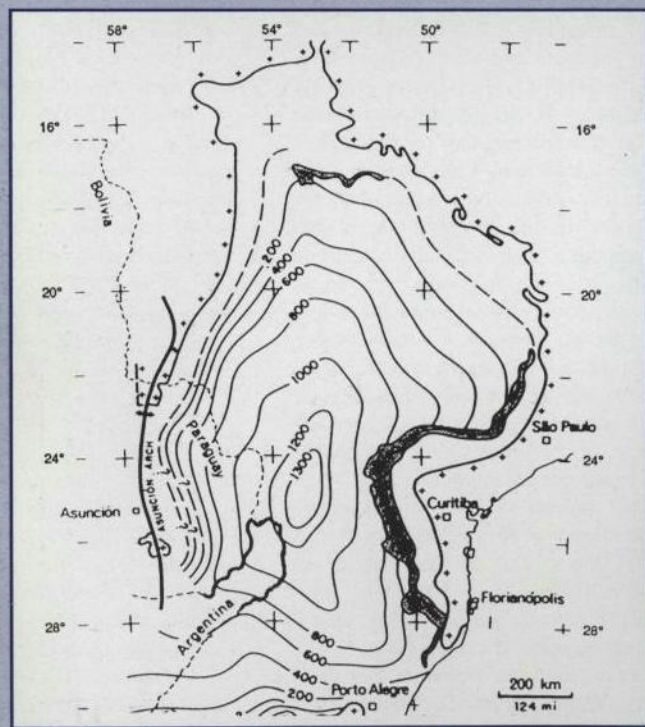
Figura 1 Mapas isopáquicos, en metros (Zalán et al., 1991)



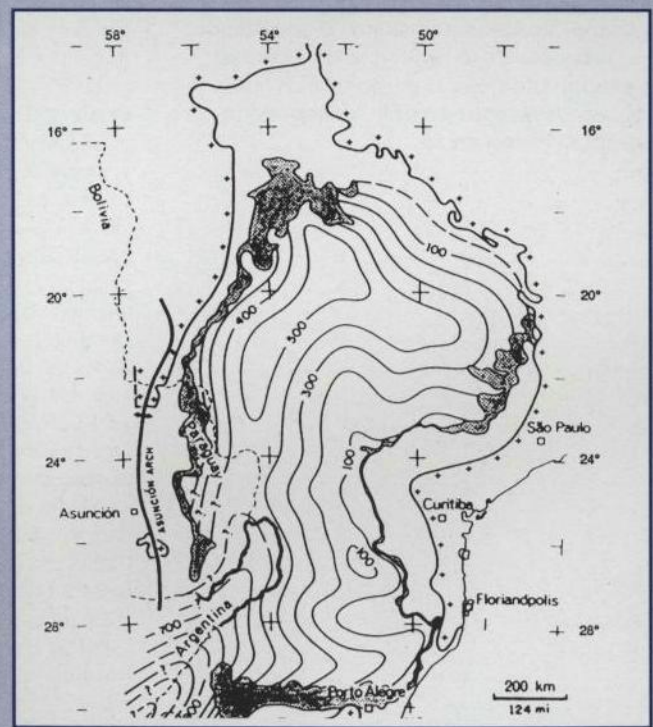
Grupo Itararé



Formación Río Bonito



F. Serra Alta + F. Teresina +
F. Río do Rasto



G. Rosario do Sul-F. Piramboia +
F. Botucatu

nica Formación o Grupo Rosario do Sul (Tabla 1).
Milani et al. (1990), y luego Milani (1992), propusieron sendos mapas isobáticos del basamento de

la Cuenca de Paraná (referidos al nivel del mar, Milani, 1993, comunicación verbal) fundados en datos sísmicos y de pozos, que determinan un depocentro

Unidades estratigráficas desde superficie						Sudoeste	Centro	Norte
Js-Ki	Serie de		F. Serra Geral y Solari (desde superf.)			0	0	0
Jis	G	Sao	F. Botucatu			500*	750*	1000*
TR-Ji		Bento	F. Piramboia, ó F. ó G. Rosario do Sul			500	750	1000
PTar						70	115	135
PKaz	n	Serie de Passa Dois		Serie Serra do Espigao **		570	865	1135
PKaz						630	495	375
PKaz	w			F. Rio do Rasto		1200	1360	1510
PKun				F. Teresina		725	925	1125
PKun	a			F. Serra Alta		1925	2285	2635
PKun				F. Irati		425	485	625
PKun	n	Serie		F. Palermo		2350	2770	32260
PKun				F. San Miguel o Río Bonito		175	115	100
PKun	a			F. Taciba		2525	2885	3360
CEst				F. Lagoa Azul		375	550	825
			F. Aquidauana			0	0	0
			F. Aquidaban?			2900	3435	4185

*Fernández Garrasino, 1994

**Gama Jr. et al., 1982

***Milani et al., 1994

del orden de los 7.000m, el cual ingresa a la parte septentrional de Misiones (Figura 4). Habida cuenta de los espesores totales supuestos para el conjunto de los registros neopaleozoicos-mesozoicos misioneros, más los basaltos postgondwánicos (Formación Serra Geral) y sus intercalaciones clásticas (Formación Solari), hasta superficie, y atento al diseño y valores de esas isóbatas del basamento paraneense, es posible sospechar la existencia de sucesiones precarbónicas en el subsuelo de la Provincia de Misiones (Fernández Garrasino, 1994) (Figuras 4 y 5). Asimismo, la geología del Paraguay oriental atestigüa en favor de esta inferencia.

A los efectos de las propuestas estratigráficas, se dividió a la Provincia de Misiones en tres sectores aproximadamente equiareales: Norte, Centro y Sudoeste. Las respectivas sucesiones y valores, indicados en la Tabla 1, se estimaron según sendos puntos centrales, a saber (Figura 6): Norte: alto Arroyo Falso Uruguay, en vecindades del límite entre los Departamentos de Iguazú y General Manuel Belgrano, faldeo sopentrional de la Sierra Morena; Centro: San Vicente, poblado próximo a la intersección de la Ruta Nacional 14 y la Ruta Provincial 212, en el ámbito de la Sierra de Misiones; Sudoeste: Leandro N. Alem, cabecera del Departamento homónimo, a la vera de la Ruta Provincial 4, al SO de Oberá.

Posibles unidades gondwánicas en el subsuelo de Misiones

El registro gondwánico misionero se iniciaría con el Grupo Itararé (Carbónico superior estefaniano-Pérmico Kunguriano), redefinido por Barros França y Potter (1988), y que en Brasil incluye, de base a

Figura 2. Espesores en metros "Serie Río tireté"

(G. Itararé + F. Río Bonito + F. Palermo + F. Irati) (Gama Jr. et al., 1982)

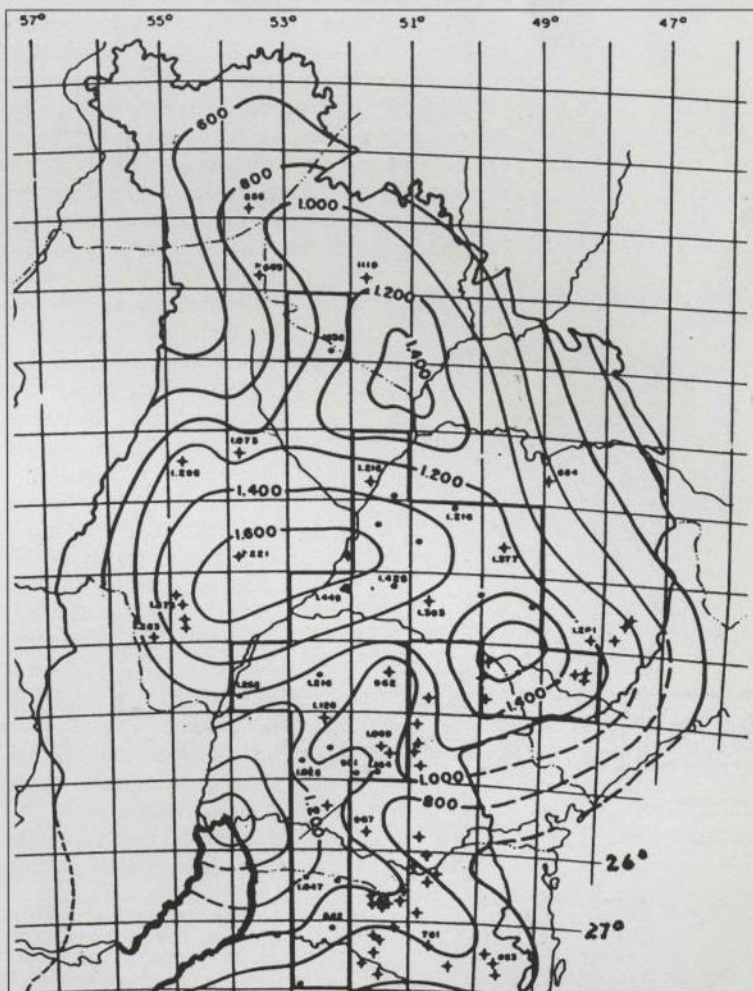
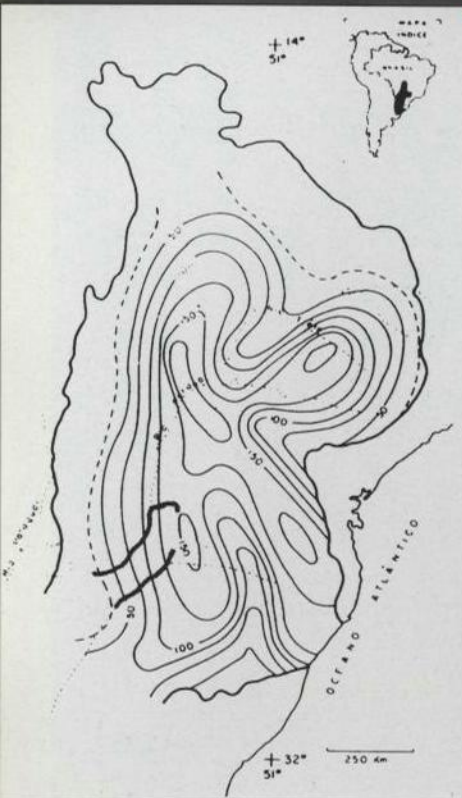


Figura 3. Espesores en metros de la Formación Botucatu (Soares, 1981)



distales respecto de los frentes (Fernández Guarrasino, 1994). Esta unidad representaría facies proximales del Grupo Itararé, vinculadas con faldeos orientales del Alto de Asunción. La relación señalada es claramente deducible, a partir de los mapas geológicos del Estado de Mato Grosso do Sul (Brasil) y Paraguay, respectivamente presentados por Barros França y Potter (1988, 1991). Es admisible la presencia de la formación Aquidauana en la base del sospechado registro gondwánico neopaleozoico misionero, como reemplazo lateral, hacia el O, de la Formación

techo, a las Formaciones Lagoa Azul, Campo Mourao y Taciba. Vinculado lateralmente con la sincrónica Formación Aquidauana, comprende secuencias psamíticas fluviales, glaci-fluviales, glaci-lacustres, y diamictitas glaciógenas, subaéreas y sub-bácneas.

Según Barros França y Potter (1988, 1991), determinadas lenguas y mantos de hielos de las "glaciaciones Itararé", habrían tenido cabeceras en los frentes orientales del Alto asunceño. La Formación Aquidauana (Estefaniano-Kunguriano) correspondería a sistemas de abanicos aluviales, con secuencias de rellenos de cauces distributarios, depósitos de desbordes de canal, y pelitas lagunares y palustres de llanuras de inundación, localizadas en interfluvios

Palermo inaugura la mayor transgresión pérmica paranense, cuya máxima expresión son las sobrepuestas lutitas oscuras de la Formación Itarí (Pérmico superior kanzaniano), quizás presentes en el subsuelo misionero (Tabla 1).

Las Formaciones Serra Alta (Pérmico superior kanzaniano o kanzaniano-tartariano) y Teresina (Pérmico superior kanzaniano-tartariano o tartariano), en ese orden estratigráfico ascendente, con secuencias sublitorales y de mareas, de granometría predominantemente finas, indican el retiro del "mar Palermo-Itarí". Las evidencias regresivas persisten en secciones inferiores de la sobreyacente Formación Río do Rasto (Pérmico superior tartariano), a las cuales siguen las psamitas fluviales de las partes más altas de esta misma unidad, que clausurarían el registro neopaleozoico misionero (Tabla 1).

La sedimentación gondwánica en Misiones continuaría mediante las secuencias fluviales de la Formación Piramboia (Triásico-Eojurásico temprano), y la finalizarían las conspicuas sucesiones psamíticas de ambientes paleodesérticos, en general rosadas y rojizas, de la Formación Botucatu (Eojurásico-Neojurásico temprano), de inmediato subyacentes a los basaltos de la Formación Serra Geral (Neojurásico-Eocretácico).

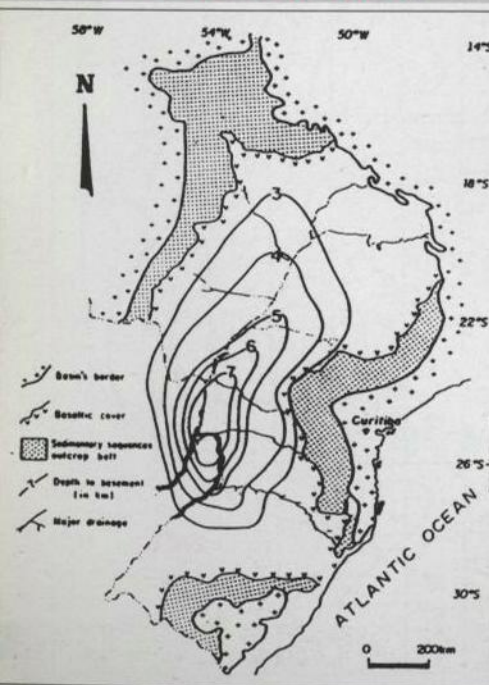
ASPECTOS GEOFISICOS

Salvo determinaciones gravimétricas que hubieren complementado trabajos de nivelación, no existen datos geofísicos de la Provincia de Misiones, a no ser eventuales perfiles de pozos hidrológicos o de ingeniería de fundaciones. Numerosas líneas sísmicas de reflexión registradas en Paraguay y Brasil, próximas a territorio misionero, dejan ver espesas sucesiones estratigráficas por debajo de los basaltos neojurásicos-eocretácicos de las Formaciones Alto Paraná y Serra Geral, respectivamente.

En registros de la Cuenca paranense brasileña, observados merced a la gentileza del Núcleo de Exploração Paraná (NEXPAR) de Petróleo Brasileiro S.A. (PETROBRAS), con asiento en Curitiba (Estado de Paraná), y no reproducidos aquí por atendibles razones de espacio editorial, se advirtieron, amén de otros rasgos, excelentes definiciones de paleocanales de distintas magnitudes, en sismosecuencias conferibles al Grupo Itararé, y también posibles cuerpos subefusivos, vinculados genéticamente con el magmatismo de Serra Geral (Neojurásico-Eocretácico). Varias intrusiones, de probable naturaleza diabásica, se alojarían concordantemente en secciones pelíticas gondwánicas neopaleozoicas (Figuras 7 y 8).

A los efectos de la registración sísmica regional, el territorio misionero ofrece aceptables condiciones operativas. Las rutas longitudinales, como la que une Posadas con Puerto Iguazú, y las numerosas transversales (Figura 6), evitarían la apertura de picadas. Además, ellas brindan vías aptas para el empleo de equi-

Figura 4. Cuenca brasileña de Paraná.

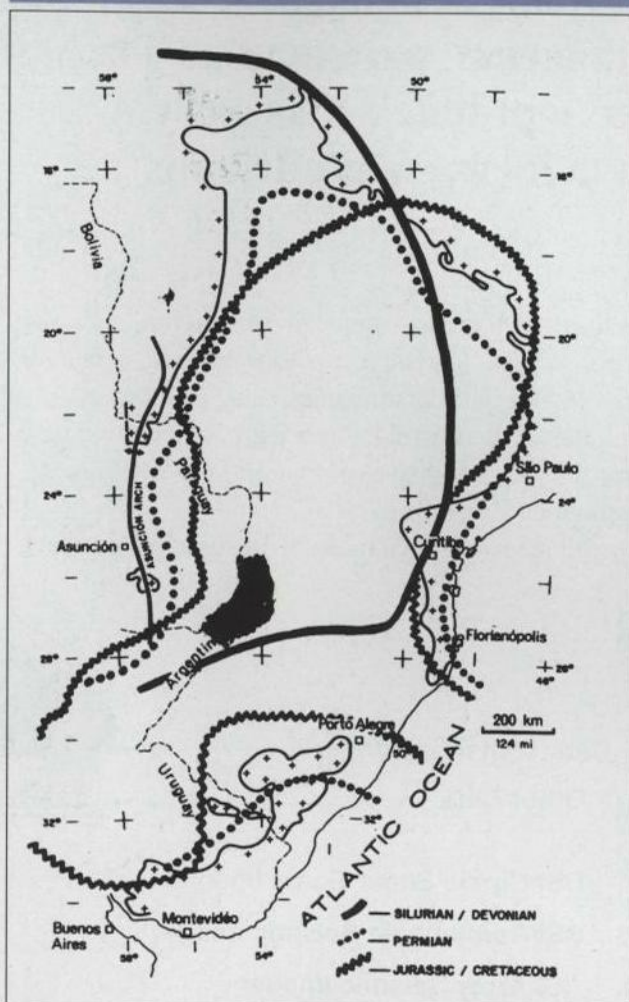


Lagoa Azul, tal vez ausente en Misiones, según los mapas de Barros França y Potter (1988) (Tabla 1).

Hacia el fin de las "glaciaciones Itararé", un posible aumento del aporte detrítico dio lugar a las acumulaciones psamíticas de la Formación Río Bonito (Pérmico kunguriano), con rasgos deltaicos progradantes. Su techo incluiría depósitos de barras litorales (Barros França, 1984), lateralmente relacionados con pelitas basales de la Formación Palermo (Pérmico kunguriano-Pérmico superior kanzaniano), representantes de facies de prodelta, o cuerpos lagunares costeros. La Formación

Isóbatas del tope del basamento, en miles de metros, según datos geofísicos y de pozos (Millán, 1992). Obsérvese la situación de la Provincia de Misiones (Argentina) respecto del depocentro. Algunas secuencias sedimentarias, metasedimentarias y leptometamórficas, inmediatamente sobrepuestas al basamento, podrían corresponder al Neoprecámbrico-Eocámbrico (Fernández Garrasino, 1994)

Figura 5



ynos a pozo entubado, areniscas inferiores Grupo Itararé, 51.000 mc/día gas combustible con petróleo liviano, posible daño de información al cementar cañería; 4582-4595 m.b.b.p., ensayo a pozo entubado, diabasa fracturada, 21.000 mc/día gas combustible; Estado de Paraná: 2-RP-1-PR (Río Piquirí, p.f. 3157 m.) y 1-CA-3-PR (Candidato de Abreu, p.f. 1454 m.): areniscas Grupo Itararé, gas combustible; 1-CS-2-PR (Chapeu do Sol, p.f. 3110 m.): areniscas Grupo Itararé, gas combustible y condensado; Estado de Santa Catarina: pozos de Matos Costa, Tres Pinheiros, Taquara Verde y Herval Velho: ensayos de formación, Formación Río Bonito, algunos barriles de petróleo (22° a 33° API) y volúmenes no comerciales de gas combustible.

En Misiones, posibles generadoras serían lutitas marinas precarbónicas y pérmicas. Pelitas marinas pérmicas de la Cuenca paranense brasileña contienen de 0,1% hasta 23% de carbono orgánico total (COT), y un promedio del 2% (Zalán et al., 1991). La destilación destructiva de las mismas, en planta piloto, indicó productividades promedio de 7,13 x 10 (n=6) bbl/Km² (Padua, 1969).

Areniscas del Grupo Itararé y de las Formaciones Río Bonito (Brasil), o San Miguel (Paraguay), más vulcanitas y subefusivas fracturadas principales post-gondwánicas, resultarían, entre otros, eventuales reservorios, sospechados presentes en el subsuelo misionero (Tabla 1), y que constituyen objetivos exploratorios actuales en Brasil y Paraguay. varias flexuras antiformes, disposiciones estratigráficas específicas, y deformaciones por fallamientos en flancos orientales del Alto de Asunción, ayudarían a determinar condiciones de entrapamientos. Secciones pelíticas gondwánicas ofrecerían aceptable protección de reservorios, sin desmedro de otras alternativas.

Según los antecedentes disponibles, variados prospectos correspondientes a distintos "plays" de los cuales participan, como reservorios, areniscas del Grupo Itararé y Formación Río Bonito (Formación San Miguel, en Paraguay), y cuerpos subefusivos fracturados de Serra Geral, representarían importantes objetivos exploratorios, no únicos, del subsuelo de Misiones, Argentina.

Lista de trabajos citados en el texto, ilustraciones y tablas

- BARROS FRANÇA, A., 1984. Porosidade secundária nos arenitos das Formações Rio Bonito e Itararé e sua possível implicação na exploração de petróleo na Bacia do Paraná. *Revista Brasileira de Geociências* 14(1): 35-36, São Paulo.
- BARROS FRANÇA, A. y P. POTTER, 1988. Estratigrafía, ambiente deposicional e análise de reservatório do Grupo Itararé (Permocarbonífero), Bacia do Paraná (Parte 1). *Petrobras Boletim de*

pos vibradores, cuyo uso aleja las posibilidades de agresión a los múltiples ecosistemas naturales que distinguen a Misiones, y reduce los riesgos de impactos en las infraestructuras civiles y agroindustriales.

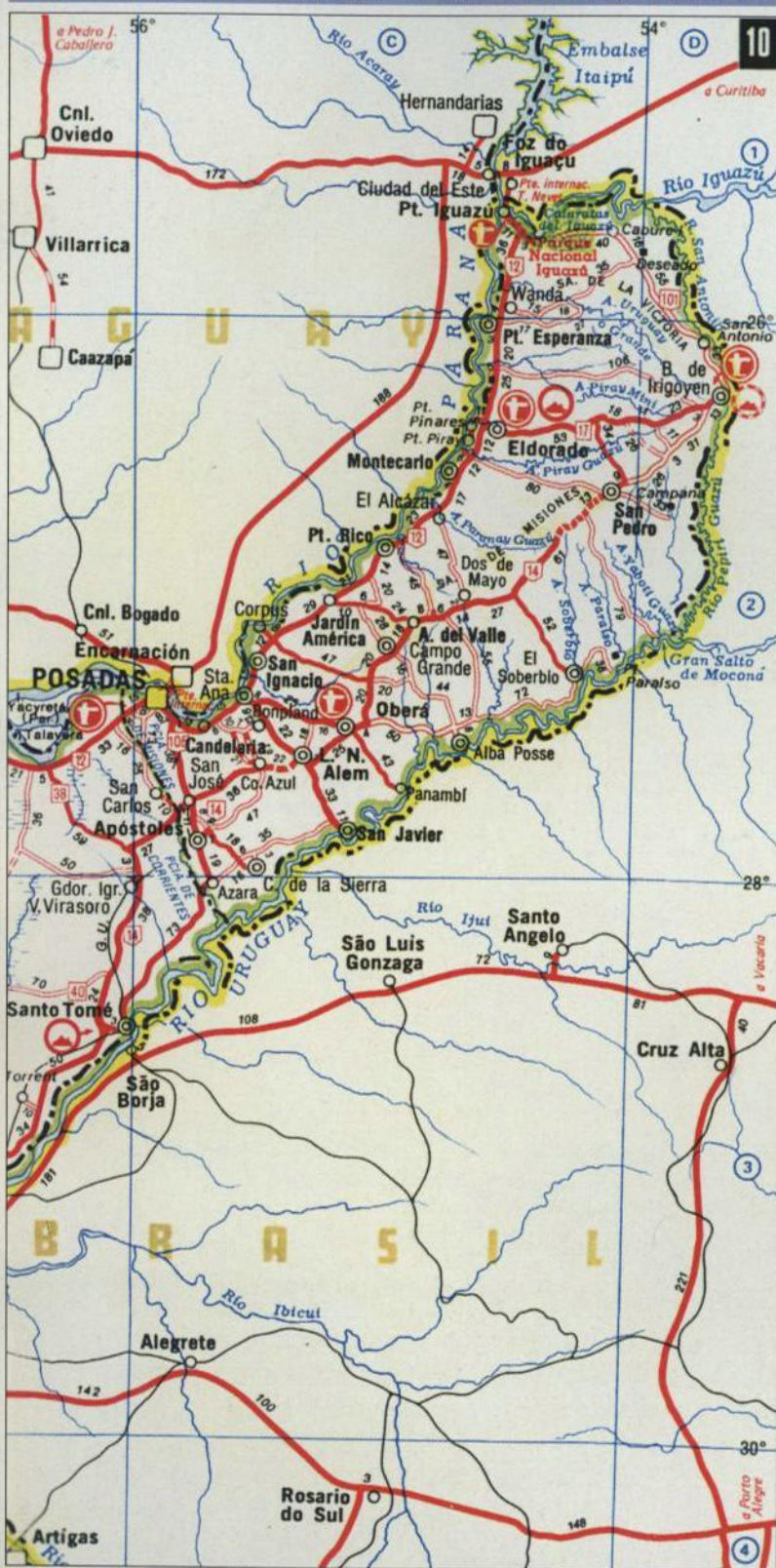
CONCLUSIONES Y COMENTARIOS

En el subsuelo misionero infrabasáltico, los antecedentes discutidos señalan la posible existencia, inconfirmada aún, de secuencias precarbónicas, y gondwánicas neopaleozoicas y mesozoicas, estas últimas con 2.400 a 3.185 m. de supuesto espesor total (Tabla 1), y no carentes de interés exploratorio.

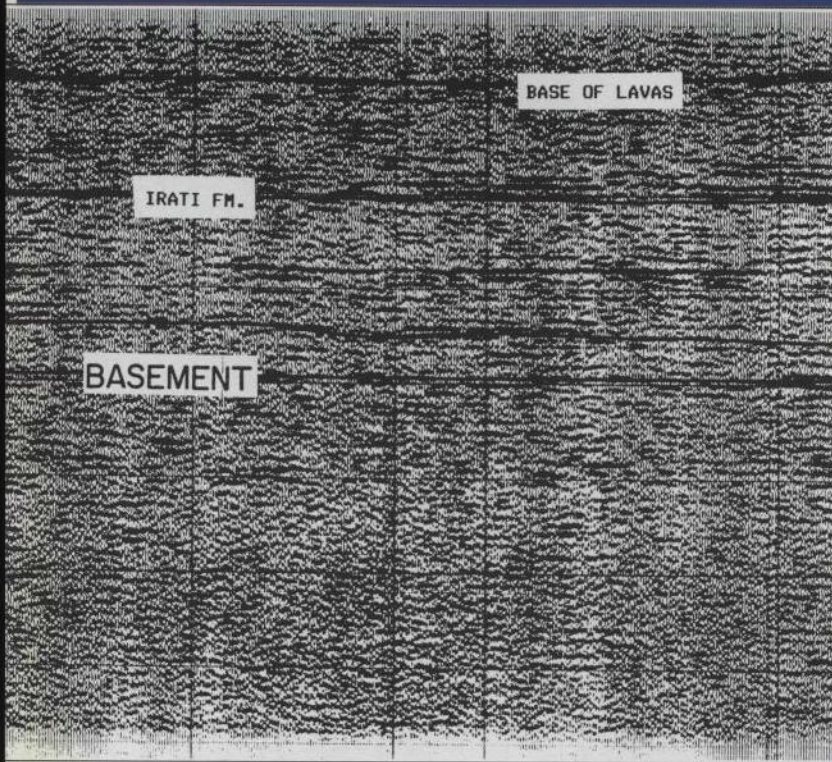
Hidrocarburos. Misiones es la parte de Argentina más próxima a los hallazgos brasileños de gas y petróleo en la Cuenca paranense brasileña. La información de pozos, cuya posición geográfica puede consultarse en Barros França y Potter (1991), es la siguiente (Yoshida y Gama Jr., 1982; Barros França, 1984; Barros França y Potter, 1989, 1991; Milani et al., 1990; Zalán et al., 1991): Estado de São Paulo: 2-CB-1-SP (Cuiabá, p.f. 4525? m.): 4601,5-4630? m.b.b.p., ensayos a pozo abierto, areniscas inferiores Grupo Itararé, 91.000 mc/día gas combustible; ensa-

Distribución areal de las "tres Cuencas de Paraná" (Zalán et al., 1991). Obsérvese la situación de la Provincia de Misiones, Argentina, en relación a los bordes respectivos. Tal posición es un testimonio favorable a la sospechada presencia de sucesiones precarbónicas en el subsuelo misionero (Fernández Garrasino, 1994).

Figura 6. Provincia de Misiones, Argentina (Automóvil Club Argentino, 1991)



- Goeciencias 2(204): 147-191, Rio de Janeiro.
- BARROS FRANÇA, A. y P. POTTER, 1989. Estratigrafía e ambiente deposicional del Grupo Itararé Permocarboneo, Bacia do Paraná (Parte 2). Petrobras Boletim de Geociencias 3(12): 17-28, Rio de Janeiro.
- BARROS FRANÇA, A. y P. POTTER, 1991. Stratigraphy and Reservoir Potential of Glacial Deposits of the Itararé Grupo (Carboniferous-Permian), Paraná Basin, Brazil. American Association of Petroleum Geologists Bulletin 75 (1): 62-85, Tulsa.
- FERNANDEZ GARRASINO, c., 1994. Contribución al conocimiento de la Provincia de Misiones, Argentina. Algunas alternativas exploratorias. Boletín de Informaciones Petroleras Tercera época, en prensa, Buenos Aires.
- GAMA J.R., E., A. BANDEIRA JR. y A. FRANÇA, 1982. Distribuição espacial e temporal das unidades litoestratigráficas paleozoicas na parte central da Bacia do Paraná. En: Geologia da Bacia do Paraná: 19-40. Paulipetro Consórcio CESP/IPT, 198 pág., Sao Paulo.
- GOULART, E. y N. JARDIM, 1982. Avaliação geoquímica das Formações Ponta Grossa e Irati, Bacia do Paraná. En: Geologia da Bacia do Paraná: 41-74. Paulipetro Consórcio CESP/IPT, 198 pág., Sao Paulo.
- MILANI, E., 1992. Intraplate tectonics and the evolution of the Paraná basin, SE Brazil. En: De Wit, M. e I. Ransome (Ed.) Inversión Tectónica of the Cape fold Belt, Karoo and Cretaceous Basins of Southern Africa. Conference on Inversion Tectonics of the Cape Fold Belt Proceedings, offprint: 101-108, A.A. Balkema, Rotterdam.
- MILANI, E., A. B. FRANÇA y A. SCHNEIDER, 1994. Bacia do Paraná. En: Feijó, F. (Ed.) Estratigrafia das Bacias Sedimentares do Brasil. Petrobras Boletim de Geociencias, Pre-print, Rio de Janeiro.
- MILANI, E., E. MASSAKI KINOSHITA, L. MEDEIROS DE ARAUJO y P. da CRUZ CUNHA, 1990. Bacia do Paraná: possibilidades petrolíferas da Calha central. Petrobras Boletim de Geociencias 4(1): 21-34, Rio de Janeiro.
- PADULA, V. T., 1969. Oil shale of Permian Irati Formation, Brazil. American Association of Petroleum Geologists Bulletin 53: 591-602, Tulsa.
- SOARES, P., 1981. Estratigrafia 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 pág., Buenos Aires.
- YOSHIDA, R. y E. GAMA JR., 1982. Geologia da



Reproducción parcial de una sección sísmica de la Cuenca paranense brasileña, correspondiente al Estado de Paraná, cuyo extremo SW se halla a unos 100 Km. de la localidad misionera de Chaco de Irigoyen (Zalán et al., 1991). Ver también Figura 6.

Baciado Paraná: reavaliação da potencialidade e prospectividade em hidrocarbonetos. En: *Geologia da Bacia do Paraná: 1-17*. Paulipetro Consórcio CESP/IPT, 198 pág., Sao Paulo.

ZALAN, P., S. WOLFF, M. ASTOLFI, I. SANTOS VIERA, J. CONCEIÇÃO, V. APPI, E. NETO, J. CERQUEIRA y A. MARQUES, 1991. The Paraná Basin, Brazil. En: Leighton, M., d. Kolata, D. Oltz y J. Eidel (Ed.) *Interior Cratonic Basins*. American Association of Petroleum geologists Memoir 51(33): 681-708, Tulsa.

Reproducción parcial de una sección sísmica de la Cuenca paranense brasileña, correspondiente a la zona de Cuiabá, en el Oeste del Estado de Sao Paulo (Rodrigues Silva y Breves Vianna, 1982). Entre otros datos, la interpretación sísmica se apoya en el sísmograma sintético del pozo CB-1 (Cuiabá Paulista), que ofreció muy importantes antecedentes, relativos a la presencia de hidrocarburos en el Neopaleozoico de la Cuenca paranense de Brasil; ver texto. También obsérvese la definición del tope del basamento, y debajo de él, algunas reflexiones quizás pertenecientes a un supuesto "basamento sísmico estratificado", que podría estar presente en el subsuelo de la Provincia de Misiones, Argentina, y resultaría atribuible a metasedimentitas neoprecámbricas-eocámbricas (Fernández Garrasino, 1994).

Figura 8

