

ISSN 1514-4186
ISSN 1666-9479 En línea

**INSTITUTO SUPERIOR DE CORRELACIÓN GEOLÓGICA
(INSUGEO)**

Serie Correlación Geológica 22

***Geología y Recursos Geológicos de la
Mesopotamia Argentina***

Florencio Gilberto Aceñolaza

Profesor Titular de Geología Argentina
Universidad Nacional de Tucumán

Consejo Nacional de Investigaciones Científicas y Técnicas
Instituto Superior de Correlación Geológica
Universidad Nacional de Tucumán
San Miguel de Tucumán

2007

CONSEJO NACIONAL DE INVESTIGACIONES CIENTÍFICAS Y TÉCNICAS
Universidad Nacional de Tucumán
Instituto Superior de Correlación Geológica (INSUGEO)

Director: Dr. Florencio G. Aceñolaza

Directores alternos: Dr. Alejandro Toselli y Dr. Alfredo Tineo

Editor : Dr. Florencio G. Aceñolaza

Consejo Editor: Dr. Alejandro J. Toselli (INSUGEO), Dr. Alfredo Tineo (INSUGEO), Dr. Rafael Herbst (INSUGEO), Dr. Víctor Ramos (Buenos Aires), Dra. Juana N. Rossi de Toselli (INSUGEO), Dra. Susana B. Esteban (INSUGEO), Dr. Guillermo F. Aceñolaza (INSUGEO), Dr. M. Franco Tortello (UNLa Plata), Dr. Carlos Cingolani (UN La Plata), Dr. Eduardo Llabrás (La Plata), Dr. Roberto R. Lech (CENPAT-Trelew), Dr. Ricardo Alonso (UN Salta); Dra. Beatriz Coira (UN Jujuy), Dr. Juan Carlos Gutierrez-Marco (CSIC-España), Dra. Isabel Rábano (IGME-España), Dr. Julio Saavedra Alonso (CSIC-España), Dr. Stanley Finney (Los Angeles- USA), Dr. Hübner Miller (U. München-Alemania), Dr. Alcides N. Sial (U. Pernambuco-Brasil), Dra. Valdevez Ferreira. (U. Pernambuco-Brasil), Dra. Renata Guimaraes Netto (UNISINOS, Brasil).

Dirección: Instituto Superior de Correlación Geológica. Miguel Lillo 205. 4000 San Miguel de Tucumán. Argentina. E-mail: insugeo@csnat.unt.edu.ar - <http://www.unt.edu.ar/fcsnat/INSUGEO>

Serie Correlación Geológica

Es una serie periódica editada por el INSUGEO. Tiene por objeto dar a conocer información de interés geológico, siendo los trabajos allí publicados originales (entendiéndose que no hayan sido publicados ni sometidos simultáneamente a otras publicaciones). En ella se incluyen artículos temáticos como asimismo trabajos monográficos. Todas las contribuciones tienen revisión siendo puestas en consideración de miembros del Consejo editor y de árbitros especialistas (ver Instrucciones a los autores).El contenido de los artículos es de responsabilidad de cada autor.

Se registra en Latindex, Ulrich's International Periodical Directory, Informe Académico de Thonson Gale, Zoological Record.. Integra el Núcleo Básico de Revistas Científicas de Argentina.

Serie Correlación Geológica 1: Segunda Reunión del Proyecto 192 IGCP-UNESCO. (Agotado)

Serie Correlación Geológica 2: Geología de América del Sur. (Agotado)

Serie Correlación Geológica 3: Procesos Metalogenéticos.

Serie Correlación Geológica 4: El Ciclo Pampeano en el Noroeste Argentino.

Serie Correlación Geológica 5: Eventos del Paleozoico Inferior en Latinoamérica.

Serie Correlación Geológica 6: Cuencas Sedimentarias Argentinas. (Agotado)

Serie Correlación Geológica 7: Actas del V Congreso Argentino de Paleontología y Bioestratigrafía.

Serie Correlación Geológica 8: El Magmatismo del Noroeste Argentino.

Serie Correlación Geológica 9: El Paleozoico Inferior en Latinoamérica y la Génesis del Gondwana.

Serie Correlación Geológica 10: Geología del Noroeste 2da Edición (Agotado)

Serie Correlación Geológica 11: Hidrogeología Subterránea. (Agotado)

Serie Correlación Geológica 12: El Paleozoico Inferior en el Noroeste del Gondwana.

Serie Correlación Geológica 13: II Congreso Argentino de Hidrogeología .

Serie Correlación Geológica 14: El Neógeno de Argentina.

Serie Correlación Geológica 15: Geología de los Cuerpos Igneos. (re-editado con la Asoc.Geológica Argentina)

Serie Correlación Geológica 16: Aspects of the Ordovician System in Argentina.

Serie Correlación Geológica 17: Ordovician from the Andes.

Serie Correlación Geológica 18: Proceedings of the 7th. International Graptolite Conference.

Serie Correlación Geológica 19: Simposio Bodenbender.

Serie Correlación Geológica 20: Hidrogeología del Valle de Santa María.

Serie Correlación Geológica 21: Temas de la Geología Argentina I y I (2).

Instituto Superior de Correlación Geológica

Miguel Lillo 205

4000 - San Miguel de Tucumán - República Argentina

Fotografía de Tapa: Formación Ituzaingó en barrancas del Río Paraná en cercanías de Villa Urquiza, Entre Ríos

Índice

Proemio	7
Geología y Recursos Geológicos de la Mesopotamia Argentina.....	9
Abstract	9
Resumen.....	10
Introducción.....	11
Aspectos Geográficos	12
Evolución del conocimiento de la geología de la Mesopotamia	29
La Columna Geológica	37
Síntesis geológica del occidente de Uruguay, Paraguay y sur de Brasil.....	38
Sinopsis Estratigráfica de la Mesopotamia	43
Proterozoico	43
Paleozoico	44
Mesozoico	50
Las rocas Triásico-jurásico prebasálticas	50
<i>Jurásico-Cretácico</i>	
<i>Formación Botucatu</i>	
<i>Formación Serra Peral</i>	
<i>Formación Guichón</i>	
La Transición Cretácico-Terciario.....	69
Cenozoico.- Terciario	
Oligoceno-Mioceno	73
<i>Formación Fray Bentos</i>	
Mioceno	75
<i>Formación Paraná</i>	
Plioceno	84
<i>Formación Ituzaingó</i>	
<i>Formación Salto</i>	
Cuaternario - Pleistoceno.....	91
<i>Formación General Alvear</i>	
<i>Formación Hernandarias</i>	
<i>Formación Toropí</i>	
<i>Formación Yupuí</i>	

Holoceno	102
<i>Formación Tezanos Pintos</i>	
<i>Formación Isla Talavera</i>	
<i>Formación Ubajay</i>	
<i>Relleno de VallesFluviales</i>	
Unidades informales	109
Marco geológico-estructural	115
Recursos Geológicos	119
Recurso Aguas	120
<i>Sistema Acuífero Guaraní</i>	
<i>Aguas termales</i>	
<i>Sistema Acuífero Ituzaingó-Puelches</i>	
<i>Sistema Acuífero Salto-Salto Chico</i>	
<i>Sistema hidrogeológico controlado en basaltos y areniscas</i>	
Recursos hidro-energéticos	126
<i>Presa Yacyretá</i>	
<i>Presa Salto Grande</i>	
<i>Presa Urugua-í</i>	
<i>Proyecto Corpus Christi</i>	
<i>Proyecto Paraná Medio</i>	
<i>Proyecto Garabí</i>	
<i>Represas de tierra</i>	
Recursos de Rocas y Minerales	134
Recurso Suelos	144
Recursos hidrocarburíferos	147
Bibliografía	149

Se deja constancia que este tomo es resultado del PICT 11928 d la Agencia de Promoción Científica y tecnológica de la Secretaría de Ciencia, tecnología e Innovación Productiva de la Nación.

Proemio

Escribir un libro siempre es un desafío. Cuando se trata de una obra literaria, novela, ensayo o poesía, lo importante es la inspiración del escritor, sus ideas, su capacidad para crear, su ingenio. Cuando se trata de un libro científico o con hechos que la ciencia demuestra, se trata, en cambio, del conocimiento de quién escribe. Y para que la obra sea no sólo científica, sino también agradable, debe conjugarse este conocimiento con la capacidad literaria del autor. En este libro, se conjugan adecuadamente ambas cosas.

Armar un texto que contenga, en su más amplia acepción, la geología de la Mesopotamia Argentina, no es tarea fácil. Esta región de nuestro país, con su chatura morfológica (dominio de "llanuras") la hacen poco propicia o apetecible para estos estudios. No obstante, fue de las primeras regiones que los naturalistas de los siglos XVI y XVII que navegaron por sus grandes ríos, describieron con algún detalle. Estas fuentes están en libros o publicaciones difíciles de conseguir, y los textos redactados con el lenguaje y conocimiento de la época, a veces trabajosos de interpretar.

Estudios posteriores, más modernos, siempre fueron más o menos puntuales, con determinados intereses; como ejemplo, el mapeo geológico encarado por el entonces Comando de Ingenieros del Ejercito, que serviría principalmente como base para eventuales movimientos de tropas en caso de conflicto, o los trabajos con fines cronológicos para la datación de fósiles. Ello requirió, entonces, una búsqueda minuciosa de los antecedentes en la literatura, y sobre todo de su correcta interpretación. Ambas cosas se han logrado acabadamente.

La "Geología y Recursos Naturales de la Mesopotamia Argentina" es básicamente un libro de geología. Es una excelente fuente de información de esta disciplina y como tal abarca un extenso capítulo dedicado a la detallada descripción estratigráfica, con la enumeración de las múltiples unidades que la constituyen; un capítulo dedicado a los aspectos mineros en el sentido amplio y uno para los recursos hidro-energéticos y los acuíferos. No falta una interesante reseña de los antecedentes y de los principales autores que his-

tóricamente se han ocupado de la región y una breve descripción fisiográfica de la misma. La bibliografía es sumamente completa y actualizada.

Florencio Gilberto Aceñolaza es un experimentado geólogo, con capacidad para llevar adelante este desafío...y lo ha logrado. Es oriundo de Villa Urquiza, un pueblo de la provincia de Entre Ríos y, probablemente el amor a su tierra y el conocimiento de ésta conseguido por muchos años de caminarla, ha desencadenado este trabajo.

Quien escribe estas líneas, ha vivido y trabajado parcialmente con los mismos temas y conoce las dificultades que significa buscar en muchos rincones recónditos, en afloramientos escondidos, siempre de pocos metros de espesor, las evidencias para la solución de los problemas. Esta tarea de campo, para confirmar o desechar datos, hace que el trabajo sea especialmente valioso.

No podemos menos que estar agradecidos por la existencia de esta obra, que seguramente tendrá una larga vigencia y servirá a varias generaciones como ineludible fuente de consulta.

Rafael Herbst

San Miguel de Tucumán, Septiembre de 2007

Geología y Recursos Geológicos de la Mesopotamia Argentina

Abstract.- *GEOLOGY AND GEOLOGICAL RESOURCES OF THE MESOPOTAMIA ARGENTINA.-* The Mesopotamia was defined as a geographical unit by Martin de Moussy in 1860 to describe the extensive region bounded by the Parana and Uruguay rivers of the present Argentine Republic. In the above mentioned definition, de Moussy characterized the region providing a detailed description of its morphology, with some consideration of the geological aspects provided earlier by Alcide D'Orbigny in 1842.

Later and up to present times, different authors approached the regional geology while working on different aspects such as the stratigraphy, sedimentology, paleontology and economic geology. An acceptable panorama of the region is known today, but still a profusion of stratigraphical terms attempts against a clear vision of the geological events through time. When we refer to the geology of the Mesopotamia, we must recognize the close affinity of the stratigraphical units with those outcropping in Uruguay, southern Brazil and Paraguay. The geology of the Mesopotamia is known from outcrops and from sub-surface perforations in Entre Rios, Corrientes and Misiones.

The geography of the Mesopotamia seems to be the result of the interaction of deep cortical fractures that determined most of the fluvial design and elevations. They integrate several fracture systems of N-S and NE-SW directions, that in many cases represent structures in the deep crystalline basement.

The most ancient basement in Mesopotamia is directly related to the Precambrian crystalline rocks of SW Uruguay. They have been recorded in Martin García Island and the sub-surface of eastern Entre Rios (Guauguaychú, Concepción del Uruguay and Colon drills). They are normally composed of metamorphic and granitic rocks that, in the case of Martin García Island, represent two different deformative metamorphic cycles: one of 2.085-2050 Ma. and another of 1.870-1.600 Ma.

Lying unconformable over these units, sedimentary rocks attributed to the Paleozoic and Mesozoic have been recognized which are mostly covered by the Cretaceous (Serra Geral) basalts. The Nogoyá perforation is one of the important drills in the region, where crystalline rocks have been found in the deepest zones overlain by sandstones which can be correlated to Pampean and Uruguayan units (Sachayoj, Charata, Melo, Yaguarí, and other Paleozoic Formations). In the same perforation the existence of reddish and purple sandstones were recognized, which could represent the Buena Vista /Cuchilla Ombú and Tacuarembó Formations, that have provided a few fossil arthropod remains. This whole group of sediments has been compared with the Piramboia Formation, that in Brazil underlies the Botucatu sandstones, that represent the base of the Serra Geral basalt. The thickness and extension of the volcanic episodes varies very much, with a mean of 800 m thickness. They represent the volcanic events of the Atlantic rift that occurred between the late Jurassic and Early Cretaceous times.

Considering the extension of Upper Paleozoic outcrops of Paraguay and Rio Grande do Sul in Brazil, equivalent sequences should be located in the sub-surface of Misiones.

Above the extensive basaltic field, a fluvial arenaceous, reddish sequence, is well represented along the shores of the Uruguay river known as the Guichón Formation, that in Entre Rios is named as Puerto Yerúa Formation. The stratigraphical record is followed by the Oligocene Fray Bentos Formation, represented by sandstones and pinkish gravels, partially silicified, that are well exposed in Entre Rios and the Mercedes Plateau of Corrientes. In the subsurface, this unit is represented by brown-reddish shales that underlie the base of the Miocene marine fossiliferous sediments of the Paraná Formation. This last unit represents an important marine transgression that flooded western Mesopotamia and part of the Pampean area.

Later, during the Pliocene, the marine regression permitted to the development of an ample fluvial plain with a succession of important fossiliferous sandstones cropping out extensively in Entre Rios and Corrientes mainly known as the Ituzaingó Formation. In some eastern areas, correlated conglomerates of the Salto Formation are frequent.

After the end of the Tertiary, a new stage began with the deposition of important loess and tuffaceous levels (General Alvear Formation). This was followed by Pleistocene, areally restricted lacustrine and fluvial sediments (Hernandarias, Bonpland and Yupoí-Toropí Formations) that covered a wide region of Corrientes and Misiones provinces. Extensive laterites were developed under relatively warm paleoclimatic conditions, being known as Apostoles Formation, with extensive outcrops in Corrientes and Misiones.

The Mesopotamia plains were formed during the Pleistocene, with a medium height of 80 m above sea level. These were affected by fluvial systems represented by sandy-argillaceous levels. There is no agreement on the nomenclatural situation of these strata. The cut and filling process of the fluvial system is well recorded in Corrientes and Entre Rios provinces, and may have formed together with the last loessic sedimentation on the whole Pampa (Tezanos Pintos

Formation), previously to the last incursion of the sea on the inferior valley of Parana and Uruguay Rivers (Isla Talavera Formation = "Querandínense" stage).

Resumen.- GEOLOGIA Y RECURSOS GEOLÓGICOS DE LA MESOPOTAMIA ARGENTINA.- La Mesopotamia fue definida como unidad geográfica por Martin de Moussy (1860) para describir la amplia región comprendida por los ríos Paraná y Uruguay. En dicha definición no solo hizo una descripción de sus caracteres morfológicos sino que también tomó en consideración aquellos geológicos que previamente, había determinado Alcide D'Orbigny (1842) y que, naturalmente eran fundamentales para caracterizar la región. Con posterioridad, y hasta nuestros días, numerosos y diferentes autores abordaron la temática geológica regional brindando detalles acerca de la estratigrafía, paleontología, sedimentología y yacimientos de interés comercial. Ellos permitieron conceptualizar un panorama regional bastante aceptable en el marco de lo que hoy se conoce de la geología argentina; aunque debe destacarse que la creación de una abundante nomenclatura estratigráfica, como la existente, ha oscurecido la comprensión de los acontecimientos allí ocurridos.

Cuando nos referimos a la geología de la Mesopotamia, en principio debemos reconocer la afinidad de sus unidades estratigráficas con las que afloran tanto en territorio de Uruguay como en los estados sureños de Brasil y en el Paraguay Oriental. No sólo ellas, sino también en lo que se refiere al comportamiento estructural que ha tenido la región en tiempos fanerozoicos. La geología de la Mesopotamia no es solo la que se tiene en afloramientos sino también aquella que está en el subsuelo y de cuyo conocimiento se ha avanzado en los últimos años gracias a disponer de la información que proveen numerosas perforaciones profundas hechas en las provincias de Entre Ríos, Corrientes y Misiones.

Hay una fundada suposición que el diseño geográfico mesopotámico en muchos casos está determinado por fracturas profundas, corticales, que condicionaron gran parte de los contornos fluviales o elevaciones de determinados sectores, a los que luego nos referiremos. Ellas integran varios sistemas de dirección norte-sur, noreste-suroeste y sureste-noroeste que en muchos casos representan escalones en el basamento cristalino profundo. En primer lugar debe señalarse que el basamento más antiguo en el ámbito mesopotámico está directamente vinculado con las rocas cristalinas precámbrico del suroeste de Uruguay. Ellas afloran en la Isla Martín García y también han sido detectadas en las perforaciones de Gualaguaychú, Concepción del Uruguay y Colón. Normalmente están compuestas por rocas metamórficas y graníticas que, en el caso de Martín García, representan dos ciclos metamórfico-deformativos: uno ocurrido entre 2.085-2050 Ma. y otro entre 1.870-1.600 antigüedad a las que posiblemente puedan relacionarse las rocas del subsuelo entrerriano.

En discordancia y por sobre ellas se ha reconocido la existencia de rocas sedimentarias atribuidas al Paleozoico y al Triásico-Jurásico las que a su vez se le sobreponean coladas basálticas cretácicas. En el caso de la perforación YPF de Nogoyá en su piso se registraron rocas cristalinas sobre las que sigue una secuencia de areniscas claras posiblemente del Paleozoico superior que serían correlacionables con las formaciones Sachayoj y Charata propias de Pampasia y con posible equivalencia en Uruguay a la sucesión Melo/Yaguarí. En esta misma perforación se reconoció la existencia de areniscas rojizas y moradas que representarían las formaciones Buena Vista/Cuchilla Ombú y Tacuarembó que han provisto restos fósiles de artrópodos estériles. Para este conjunto podría ser equivalente a la Formación Piramboia que en Brasil subyace a las areniscas medanosas de Formación Botucatu. Esta última, en toda la región, constituye la base del basalto Serra Geral cuya extensión regional es casi equivalente a la de toda la Mesopotamia.

El espesor y extensión de los derrames volcánicos es variable, aunque llegan a tener una potencia superior a los 800 metros. Representan el acontecimiento volcánico del rift atlántico ocurrido entre fines del Jurásico y, principalmente en el Cretácico bajo. Teniendo en cuenta los afloramientos del Paleozoico superior que afloran en Paraguay y en el estado de Río Grande do Sul se supone que por debajo del basalto, en la provincia de Misiones, debe yacer una muy importante columna estratigráfica de esa edad la que hasta la fecha no ha podido ser establecida por la carencia de perforaciones profundas en el sector. Recubriendo el basalto siguen areniscas rojizas de naturaleza fluvial cuya expresión en la margen izquierda del Río Uruguay se reconocen con el nombre de Formación Guichón y que en Entre Ríos se las identificó con el nombre de Puerto Yeruá. En afloramientos del Palmar de Colón se reconoció la existencia de un resto que fue asignado a un dinosaurio. La secuencia estratigráfica sigue con la Formación Fray Bentos del Oligoceno, representada por areniscas y gravas rosadas calcáreas, parcialmente silicificadas cuyos afloramientos se encuentran en la zona oriental de Entre Ríos y en sectores de la Meseta de Mercedes (Herbst y Santa Cruz, 1999).

En el subsuelo esta unidad está representada por los limos pardo-rojizos que sirven de sustrato a los sedimentos marinos fosilíferos de la Formación Paraná, del Mioceno. Esta última, con afloramientos en la ciudad homónima, representa una importante trasgresión del mar sobre el continente llegando a inundar un sector importante del oeste de Mesopotamia y especialmente el ámbito pampásico. La regresión marina dio lugar al desarrollo de una amplia planicie fluvial donde se depositó una importante sucesión de arenas que cubrió en gran parte de Corrientes y en el oeste-centro de Entre Ríos. Ello ocurrió en el Plioceno y en sus estratos se reconoce una importante fauna fósil. En cambio en la región del Río Uruguay y oriental de Entre Ríos el sistema fluvial no solo dejó depósitos arenosos sino también conglomerados de gran magnitud (Formación Salto).

Al finalizar el Terciario se inicia una etapa en la que se depositaron importantes niveles loésicos y tobáceos (Formación General Alvear) a los que le sucede una etapa de depósitos lacustres y fluviales del Pleistoceno restringidos a determinados sectores de la región mesopotámica (formaciones Hernandarias, Bonpland, Yupoí-Toropí) que, en conjunto, cubren una amplia región de las provincias de Corrientes y Misiones. El desarrollo de un importante manto laterítico,

fruto de condiciones paleoclimáticas relativamente cálida y húmeda dio lugar a extensos afloramientos en Misiones y noreste de Corrientes (Formación Apóstoles). En tiempos del Pleistoceno toma forma la planicie mesopotámica cuya cota es del orden de los 80 msnm, siendo a partir de entonces incidida por sistemas fluviales que dejaron depósitos areno-arcillosos en distinta posición, configurando geoformas que en algunos casos han recibido una inadecuada definición litoestratigráfica. Este proceso de corte y relleno de valles fluviales se lo aprecia con mayor claridad en Corrientes y Entre Ríos. Se estima que ello aconteció casi contemporáneamente con la depositación del loess final (Formación Tezanos Pintos) y previamente al último avance del mar sobre el valle inferior del Paraná y del Uruguay (Formación Isla Talavera (Querandinense)).

Keywords: Mesopotamia Argentina, Geology, Stratigraphy, Natural Resources.

Palabras claves: Mesopotamia Argentina, Geología, Estratigrafía, Recursos naturales.

Introducción

A pesar de que la Mesopotamia es una de las regiones sobre las que se han llevado adelante numerosos estudios de su geología y recursos naturales, se comprueba la falta de un texto unificador y actualizado que hoy nos permita disponer de un panorama general sobre la misma.

Hace algunos años muchos hemos participado de una importante obra sobre la Geología Argentina que editara el Servicio Geológico Argentino –SEGEMAR (1999) bajo la conducción del que fuera nuestro destacado y desaparecido colega el Dr. Roberto Caminos, por variadas circunstancias de su edición no se logró incorporar al libro una información organizada sobre esta región lo que dió lugar a un importante vacío descriptivo e informativo.

Esta situación repercute entre quienes buscan información actualizada sobre el sector, y también es una falencia notable para la enseñanza universitaria, particularmente en lo referido a la geología regional. Por ello con esta obra se tratará de cubrir dicho vacío con un texto que, estimo, permitirá conocer de una manera simple y organizada los conceptos fundamentales de la geología y recursos geológicos que dispone la región mesopotámica.

Para concretarlo se ha revisado la extensa bibliografía existente también, se logró información de campo en reiterados viajes hechos durante un par de años, mediante los cuales se hicieron nuevas observaciones y reconocimientos con el objeto de dar mayor certeza a los conceptos que se vierten en el texto. Ello implicó que en muchos casos se haya adoptado una nomenclatura adaptada al marco regional del Mercosur donde se participa con ideas y propuestas propias que permiten verificar algunas situaciones que difieren con posturas clásicas de la

Agradecimientos: Se destaca que el trabajo ha sido encarado contando con el apoyo del Consejo de Investigaciones de la Universidad Nacional de Tucumán como asimismo el que se nos brindó a través del **PICT 13/11928** de la Agencia de Promoción Científica y Tecnológica. Dejo constancia de mi agradecimiento a los doctores Rafael Herbst, que con prolijidad revisó el texto y aceptó prologarlo a mis colegas Alejandro Toselli, Juana Rossi, Julio Avila, Guillermo Aceñolaza, Susana Esteban, Alfredo Tineo que tuvieron la ardua tarea de leerlo y aportar acertadas sugerencias. A los colegas Daniel Mársico con sus importantes sugerencias sobre el recurso termal, Jorge Tomas con su aporte sobre la minería de Entre Ríos, Juan Carlos Bertolini con sus discusiones estratigráficas como así también me brindó información sobre diferentes aspectos de la geología entrerriana. También debo destacar la ayuda del Arq. Daniel Holgado que, con paciencia y sapiencia supo interpretar ideas y llevarlas al dibujo como asimismo la colaboración en todo momento prestada por el Sr Eric Gómez. Por último no puedo menos que destacar la ayuda que me brindara mi esposa Emilia quien supo acompañarme en las tareas de campo asumiendo las dificultades que se nos presentaban con la entereza que le caracteriza.

geología regional argentina.

En este sentido se ha tratado de respetar la prioridad temporal en la nominación de las distintas unidades estratigráficas como un mecanismo de ordenamiento nomenclatural necesario para comprender los acontecimientos ocurridos en la Mesopotamia y la región del continente sudamericano en la que está inserta.

Para la elaboración de este libro se han tenido en cuenta tanto la antigua como la moderna bibliografía, como así también el reconocimiento de campo que se llevó adelante con este objetivo. Asimismo se revisaron secciones y perfiles estratigráficos considerados clave para la dilucidación de este tema, apoyando los datos obtenidos en moderna tecnología cartográfica y de investigación geológica

Aspectos Geográficos

Este nombre designa a la amplia región comprendida entre los ríos Paraná y Uruguay e involucra los territorios de las provincias de Entre Ríos, Corrientes y Misiones abarcando una superficie de aproximadamente 198.000 kilómetros cuadrados.

El término "Mesopotamia" (*Meso*=medio, entre medio; *potamos*= río; o sea, lo que queda entre dos ríos) se utiliza para definir al espacio geográfico determinado por los dos principales cauces fluviales de Argentina. Si bien, originalmente, se aplicó a la región comprendida entre los ríos Eufrates y Tigris en Irak, luego se extendió a áreas donde las condiciones geográficas eran parecidas.

En nuestro caso esta denominación fue acuñada por el naturalista francés Martín de Moussy (1860) en su obra "**Description géographique et statistique de la Confederation Argentine**" que fuera confeccionada por mandato del entonces Presidente de la Nación, General Justo José de Urquiza. Éste había entendido la necesidad de hacer un relevamiento integral del territorio argentino con miras a preparar el terreno de la inmigración e interesar a inversores y futuros inmigrantes que se dispusieran venir a la Argentina, tal como figuraba en el prólogo de nuestra Constitución.

Con posterioridad Frenguelli (1946) acuñó el nombre de "Megapotamia" para nombrar a la misma región tomando en consideración la magnitud de los ríos que la determinan, aunque el término no prosperó.

Según interpretación de diferentes autores, esta región involucra una serie de conceptos conforme hayan sido planteados en el contexto de la geografía física, de la geología o de los ambientes naturales que la componen. En ese aspecto se consideran tanto cuestiones que hacen a su estructura geológica como a su paisaje, concepto que es integrado en lo que significa un espacio natural y que lo diferencia de los espacios culturales que se desarrollan en ella.

Si bien se acepta que el espacio Mesopotamia se corresponde con los territorios de las provincias de Misiones, Corrientes y Entre Ríos, hubo autores que plantearon otras variaciones conceptuales. Así por ejemplo Kühn (1922), interpretó que en la provincia de Misiones se dan condiciones fisiográficas que la diferencian del resto de la Mesopotamia, lo cual le lleva a excluirla de este concepto, criterio que es aceptado por Rohmeder (1944).

De igual manera Frenguelli (1946) individualiza a las provincias de Corrientes y Entre Ríos como parte de la Pampasia Oriental, considerando a Misiones como una región diferente.

En cambio Difrieri (1958) en la Mesopotamia integra las tres provincias subdividién-



Figura 1.-La Mesopotamia, integrada por las provincias de Misiones, Corrientes y Entre Ríos, está determinada por los cauces fluviales de los ríos Paraná y Uruguay.

dola en a) Meseta tropical, b) Esteros, c) Cuchillas y d) Delta, criterio que atiende un concepto fisiográfico más ajustado al paisaje real.

Para esta descripción se sigue un criterio integrativo que involucra las tres provincias mencionadas ya que se considera que los constituyentes geológicos que las componen tienen muchos puntos en común al margen de lo que determinan los límites políticos que las definen.

En principio, y sin contradecir lo arriba mencionado, diremos que, de norte a sur, en la Mesopotamia hay diferencias geográficas y geológicas que no necesariamente son coincidentes con los límites políticos que diferencian las provincias que la componen.

Así por ejemplo en la provincia de Misiones se encuentra la mayor altura de la región con unos 800 m. s.n.m. en inmediaciones a Bernardo de Irigoyen, localidad ubicada en la frontera con Brasil; mientras que el punto más bajo, con aproximadamente 4 m.s.n.m., se corresponde con el extremo superior del estuario del Río de La Plata donde se verifica la confluencia de los ríos Paraná y Uruguay.

Otras diferencias ocurren en el norte y este donde predominan las formaciones geológicas del Mesozoico mientras que en el sur y oeste lo hacen las representativas del Cenozoico. Por otro lado las condiciones morfológicas, ecológicas y de vegetación varían de igual manera tal como ya lo ha planteado Difrieri (1958) al reconocer los condicionamientos del paisaje regional.

A todos estos temas hemos de referirnos a continuación ya que ello significará una mejor interpretación de las características generales de su ambiente natural que presenta la Mesopotamia.

Condiciones ambientales

La amplia región que involucra la Mesopotamia presenta una variada situación que, como se mencionó, está condicionada por las características climáticas y morfológicas que se desarrollan en su extensión. Hay que notar que su mayor longitud, en términos generales, tiene el sentido de los meridianos; es decir que mientras en su extremo norte está poco al sur del trópico de Capricornio, en Puerto Iguazú a 25° 30' de latitud sur; su extremo austral se ubica en el Río de la Plata a los 34° 15' de latitud sur.

El régimen de lluvias varía desde norte a sur de valores medios anuales de unos 2000 milímetros en el norte, provincia de Misiones, a 900 milímetros en el sur de Entre Ríos. Los valores medios de temperatura anual para la región varía entre 22° en el norte y 17° en el sur.

Tanto la pluviosidad como la temperatura son un factor importante y condicionante del paisaje no solo por las características que le da al relieve e hidrografía sino también lo hace en lo referido a su vegetación, fauna y actividad humana. Los vientos tienen una tendencia general del este-noreste, norte y hasta noroeste y son los que transportan humedad desde el anticiclón del Atlántico el cual tiene mayor incidencia en el norte de la Mesopotamia.

En la zona sur, particularmente en Entre Ríos suelen ser frecuentes los vientos del este-sudeste especialmente en invierno; mientras que los provenientes del sur-suroeste, provenientes del anticiclón del Pacífico sudoriental, son más fríos y secos, especialmente el llamado Pampero cuya mayor frecuencia ocurre en el lapso primavera-verano.

El Paisaje

Una simple caracterización del paisaje mesopotámico nos permite diferenciar cuatro grandes regiones: 1) la meseta misionera y su proyección correntina, 2) planicies, albardones y esteros de origen fluvial en Corrientes, 3) las lomadas entrerrianas y del sur de Corrientes y 4) el ambiente fluvial de los grandes ríos y las playas marinas del Cuaternario.

1.- Meseta misionera y su proyección correntina. Implica la totalidad del territorio de la provincia de Misiones y el sector oriental de Corrientes hasta el Río Aguapey. Constituye un antiguo paisaje desarrollado sobre rocas ígneas y sedimentarias cretácicas con pendiente decreciente de noreste a suroeste, producto de una intensa erosión que, en partes, da lugar a un paisaje de tipo montañoso.

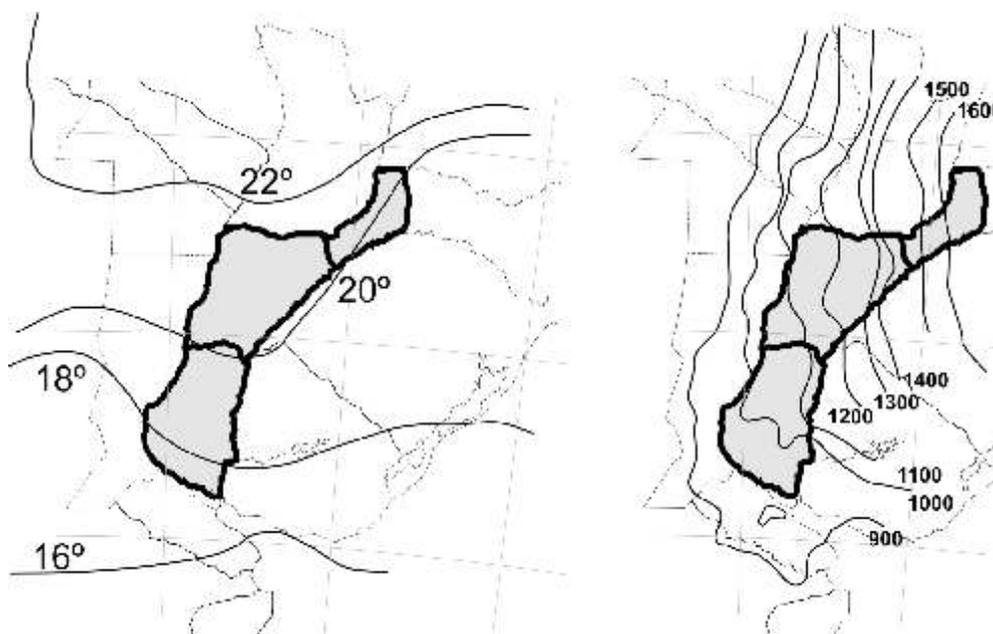


Figura 2: Media anual de isotermas (en C°) e isohietas de la región mesopotámica (en mm.)

Este paisaje está determinado por la acción erosiva de arroyos y cursos de agua menores que son tributarios de los ríos Paraná y Uruguay. Se destaca que en el ámbito misionero tanto el Paraná como el Uruguay tienen su curso encajado en un valle estrecho labrado por la erosión retrocedente que ambos desarrollaron durante el Cenozoico.

De allí que aún se conserva dentro de este ambiente una serie de correderas, caídas de agua y cataratas que representan diferentes estadios del proceso erosivo. En este ámbito la cobertura vegetal es de naturaleza arbórea tanto natural como representada por bosques plantados por el hombre con el objeto de su explotación industrial como madera o pulpa para papel.

2.- Planicies, esteros y albardones de origen fluvial en Corrientes: Se localiza en todo el centro oeste de dicha provincia y representa una amplia estructura de diva-

gación del Río Paraná en tiempos del Cenozoico y la región de descarga del Río Miriñay. Se desarrollan sobre sedimentos fluviales del Terciario y Cuaternario dando lugar a un paisaje de planicies, lomadas bajas y lagunas.

En general tienen escasa pendiente y baja escorrentía, lo que da lugar a zonas de pantanos con lagunas temporarias en épocas de abundantes lluvias o permanentes como son las del Iberá, Santa Lucía, Grande, Sauce, Potrero, de Luna, Fernández, etc. En general las planicies y lomadas están tapizadas de pastizales; mientras que en las zonas inundables son frecuentes los pajonales y vegetación adaptada a condiciones hidromórficas.

Debe destacarse que en esta región los bañados, lagunas y esteros cumplen cierta función de "esponjas" en el almacenamiento de las aguas pluviales, de las que se escurren lentamente a través de cursos menores, arroyos hasta conformar los principales cauces que, como el Aguapey, Miriñay y Corrientes conducen la descarga hídrica principal de esta zona. En los cauces fluviales es normal el desarrollo de una vegetación boscosa en galería; mientras que en la zona de lomadas hay importantes plantaciones de especies maderables y de cítricos.

3.- Lomadas entrerrianas y del sur de Corrientes. El sistema hídrico de Entre Ríos da lugar a lomadas o "cuchillas" cuyas características se proyectan en Corrientes hasta la "meseta de Mercedes".

La diferencia se encuentra en el hecho de que la "meseta de Mercedes" se desarrolló sobre rocas ígneas y sedimentarias cretácicas; mientras que las lomadas de Entre Ríos lo son sobre sedimentos Cenozoicos. Podría decirse que la zona de Mercedes-Curuzú Cuatiá tiene afinidad geológica con la meseta misionera, aunque su desarrollo hacia el sur lo hace en continuidad con las lomadas entrerrianas. Con ellas comparte el hecho de disponer una vegetación propia de la "Provincia fitogeográfica del Espinal.- Distritos del Ñandubay y del Tala" teniendo en común la gran mayoría de las especies arbóreas autóctonas. Estudios desarrollados en Entre Ríos estimaron que hay, 526.977 hectáreas con bosques naturales abiertos y 328.078 hectáreas con bosques naturales cerrados (Muñoz et al, 2005).

En la provincia de Corrientes y en el este de Entre Ríos hay extensas plantaciones de pinos y eucaliptus que sustentan la economía regional con una superficie que se estima supera las 100.000 hectáreas. En el caso de las especies forestales éstas se presentan ocupando importantes extensiones en los que domina el *Eucalyptus grandis* y en menor medida *E. globulus*. En el caso del pino ellos son el *Pinus elliotis*, *P. caribaeus* y *P. taedus* (Brizuela, et al, 2004). Son también de importancia económica las plantaciones de cítricos (limones, mandarinas y naranjas) que se encuentran en los departamentos Federación y Concordia.

4.- Ambiente fluvial de los grandes ríos y playas marinas del Cuaternario: Corresponde a las planicies aluviales donde discurren los ríos Paraná y Uruguay hasta su desembocadura en el Río de la Plata. El Río Paraná hasta la ciudad de Corrientes corre en un cauce bien definido, situación que cambia aguas debajo de este punto al incorporarse el aporte del Río Paraguay

A partir de allí su curso es divagante, meandroso, con abundante desarrollo de islas arenosas o limo-arenosas que adquieren mayor magnitud al sur de Goya y, especialmente en la provincia de Entre Ríos, como es el caso de la Curuzú Chalfí cuya extensión norte sur es de unos 100 kilómetros. En este ámbito de islas se observa el desarrollo de lagunas, que son cauces abandonados en la permanente migración del cauce fluvial del Paraná. Para Entre Ríos Muñoz et al. (2005) estimaron que en las islas hay abundante vegetación arbórea, especialmente en los albarzones; mientras que a las zonas inundables lo conforman pajonales y especies acuáticas. Al sur de Victoria se destaca la existencia de dos amplias lagunas cuyo origen debió estar relacionado

con la trasgresión "Querandí" habiendo constituido entonces un ambiente lagunar marginal del mar Holoceno.

En el caso del Río Uruguay, éste corre encajonado hasta la cercanía de Concepción del Uruguay-Guaaleguaychú donde se abre en un amplio valle aluvial con características de una antigua ría marina. Ésta y la zona sur de la provincia de Entre Ríos fue un ámbito invadido por el mar en el Holoceno ("Mar Querandí") que al retirarse sirvió para que en la planicie resultante el Paraná se abriera paso hacia el Río de La Plata.

En esta planicie se reconocen estructuras medanosas y de barras de arena sobre las que se desarrolla predominantemente una vegetación dominada por pajonales y plantas propias de los ambientes inundables; mientras que a lo largo de arroyos y cursos menores del Paraná se desarrollan bosques en galería. En la zona sureste, frente a la costa bonaerense, las islas han sido forestadas con sauces y álamos que dan lugar a una importante industria maderera radicada en la provincia de Buenos Aires.

Orografía

Provincia de Misiones

Siguiendo conceptos de González Bonorino (1958) se describe la orografía de la Mesopotamia como caracterizada por lo que denomina "montañas de erosión", cuyo origen está determinado por un intenso proceso erosivo desarrollado sobre una antigua plataforma estructural generada a partir del Cenozoico.

En ésta las crestas o puntos sobresalientes se corresponden con el "*divortium aquarum*" local y/o regional mientras que las vaguadas se corresponden con los cauces fluviales que la inciden. En esta definición González Bonorino (1957) aprovechó para diferenciarlas de las "montañas de fracturas y plegamiento" que son propias del edificio andino.

Para geógrafos, como Daus (1945), la provincia de Misiones se caracteriza por tener un relieve mesetiforme, motivo por el cual la llama "**Meseta de Misiones**" destacando que tiene forma de una "meseta abovedada" regida por cauces fluviales que indistintamente llevan sus aguas al Paraná y Uruguay; con una tendencia de disminución de relieve paulatino de NE a SW.

El paisaje regional da lugar a un aparente alineamiento montañoso que crece desde la zona de Apóstoles en el SW y Bernardo de Irigoyen en el NE recibe los nombres de Sierra de San José, Sierra del Imán o de Itacuará, Sierra de Misiones, Sierra Morena y Sierra de la Victoria.

Las cotas generales de algunas localidades van desde 160 metros sobre el nivel del mar en Apóstoles, 290 m. en Leandro Alem, 310 m. en Oberá 310 m., Campo Grande, 380 m, San Pedro con 650 m y Bernardo de Irigoyen con 805 metros. En el eje del Río Uruguay las alturas notables en distintas localidades son en San Javier 110 metros, Alba Pose 136 metros, El Soberbio 147 metros; mientras que en el Paraná la ciudad de Posadas está a 82 metros sobre el nivel del mar, Puerto Rico a 130 metros mientras que en Cataratas del Iguazú la cota superior es de 198 metros.

Provincia de Corrientes

En lo que respecta a Corrientes su paisaje es de menor altura y está determinado por la morfología resultante de los sistemas fluviales como también de la amplia depresión central que constituyen los esteros y lagunas del Iberá. Estos, en conjunto, ocupan algo más del 30 % del territorio provincial.

A la región que tiene un mayor relieve se reconoce formando parte de la Plataforma Estructural Submisionera, (*sensu* Bruniard 1966) al oeste del cual se desarrolla una serie de lomadas y bajíos que integran la cuenca del Aguapey y se extienden hacia el oeste suroeste hasta la depresión del Iberá y cuenca del Río Miriñay.

En ésta, en el área limítrofe con la provincia de Misiones se encuentra el punto topográfico más alto de Corrientes con 202 m.s.n.m. en la zona de San Carlos. Poco más al sur en el área de Gobernador Virasoro la altura máxima está en 178 m.s.n.m.; mientras que al oeste de La Cruz (Tres Cerros) se destaca un acordonamiento serrano de rumbo SE-NW constituido por areniscas cretácicas donde se destaca el punto más alto con el nombre de Cerro Nazareno que tiene 179 m.s.n.m.. Los mencionados puntos constituyen las localidades de mayor elevación de Corrientes.

El territorio que se ubica entre el Río Miriñay y el Corrientes y se extiende al sur hacia la provincia de Entre Ríos se conoce como **"Meseta de Mercedes"** o también **"Planicie del Pay Ubre"** cuya altura máxima es cercana a los 104 m.s.n.m en las inmediaciones a Curuzú Cuatiá y unos 138 metros en la zona de Latorre Cué, a unos 15 km al sur de Mercedes. Esta es una planicie labrada por cursos fluviales que por el este tributan al Río Miriñay y al Mocoretá mientras que por el oeste lo hacen al Río Corrientes.

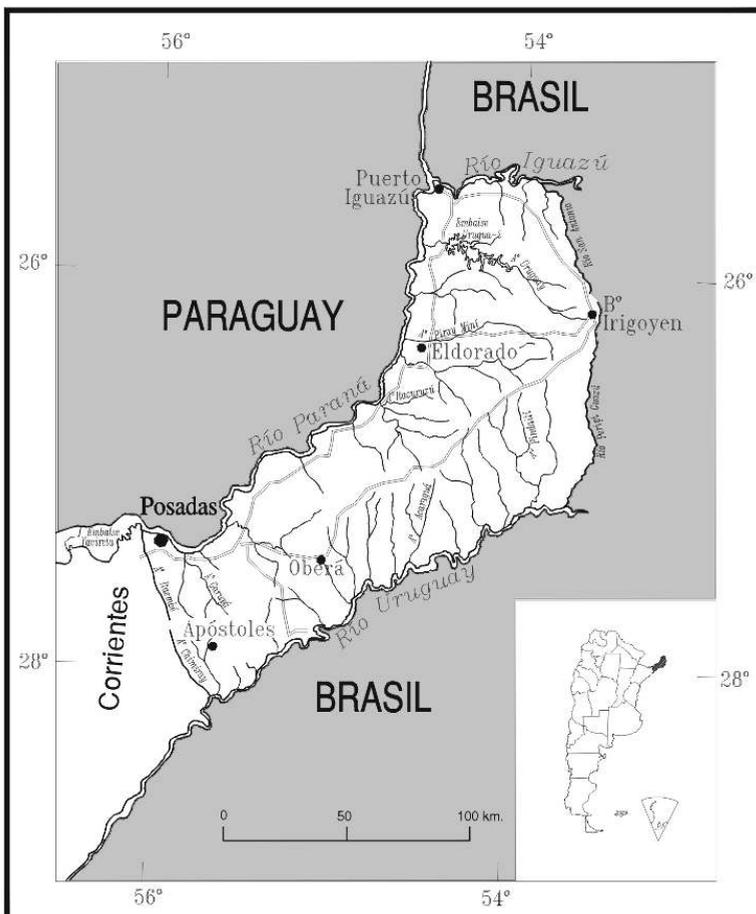


Figura 3.- Provincia de Misiones con su orografía y sistema hídrico.



Figura 4: La Laguna de Santa Lucía, con vegetación hidromórfica, constituye una zona de inundación paralela al Iberá en Corrientes.



Figura 5: Palmeras yatay y pastizales en la zona de Santa Rosa, provincia de Corrientes



Figura 6: Bosquecillo de Ñandubay y pradera de gramíneas en cercanías a Curuzú Cuatía, Corrientes



Figura 7: Bosque en galería en Arroyo Mocoretá, provincia de Corrientes

Entre el Río Paraná y la cuenca del Iberá hay una zona de planicies y lomadas arenosas de baja altura que terminan en barrancas bajas sobre el primero, labradas por un sistema fluvial principalmente orientado en rumbo NE-SW.

Provincia de Entre Ríos

En Entre Ríos el paisaje general está determinado por la morfología resultante de la acción de los ríos principales: Paraná y Uruguay, y sus tributarios. Entre los que debe destacarse al Río Gualeguay, que a modo de columna vertebral, divide el territorio provincial en dos amplias regiones: la occidental donde la Cuchilla de Montiel constituye el principal "divortium aquarum" y la oriental en la que la Cuchilla Grande cumple esa misma función.

El relieve de lomadas caracteriza al sector cuya vertiente es hacia el Río Paraná, como ocurre en el espacio que va al oeste-sudoeste de ruta nacional 12 entre La Paz y la zona de Rincón del Nogoyá. En cambio la llamada Cuchilla de Montiel que en términos generales sigue el eje de la ruta nacional 127 tiene la configuración de una planicie cuya altura es cercana a los 90 m.s.n.m.

La cota del Río Paraná en su trayecto entrerriano, de sur a norte varía entre 4 y 16 m.s.n.m.. y sirve de base para todo el sistema hídrico que vierte sus aguas en él. En cambio el perfil del Río Uruguay tiene un perfil diferente con una cota mayor, en la zona limítrofe con Corrientes, cercana a los 30 m.s.n.m.

Hidrografía

Como ya se mencionó, son los ríos Paraná y Uruguay los que determinan la configuración de la Mesopotamia, siendo éstos los principales colectores fluviales de la llamada "Cuenca del Plata" nombre que hace referencia a que ambos confluyen en el Río de la Plata.

Río Paraná y sus tributarios.

El Río Paraná recibe su nombre en la confluencia del Río Grande y Paranaíba en el estado brasileño de San Pablo aunque dichos tributarios provienen de una región más distante, en inmediaciones de Brasilia. En territorio argentino se lo reconoce a partir de su unión con el Río Iguazú (Puerto Iguazú) y luego de recorrer unos 4.200 km desemboca en el estuario del Río de la Plata constituyendo uno de los más extendidos de Sudamérica. La cuenca que drena el Paraná y sus tributarios es del orden de los 3.100.000 km². Se estima que su caudal medio en la desembocadura es del orden de 17.300 m³/segundos aunque, históricamente esta cifra ha variado en el tiempo.

Conforme fuera época de estiaje o de crecientes, el Paraná constituye el río más caudaloso de Argentina. Hay datos históricos sobre grandes crecientes desde el siglo 17 y 18; aunque los registros más fehacientes se dan a partir de 1858. En ese año se estima que el caudal fue del orden de los 51/54.000 m³/s; en 1878 varió entre 47 y 50.000 m³/s; en 1905 lo fue entre 47 y 49.000 m³/s; en 1966 entre 41 y 42.000 m³/s; en 1977 de 34.000 m³/s; en 1982/83 de 60.000 m³/s; en 1991/92 de 54.000 m³/s y en 1997/98 de 42.000 m³/s (En: Wikipedia. Fuente: Ente Binacional Yacyretá)

En la provincia de Misiones el Paraná corre encajonado en barrancas de rocas cretácicas hasta la zona de Posadas donde, en el período 1901-1983 el caudal medio fue de 12.135 m³/seg.



Figura 8: Paisaje montañoso en Sierra del Imán, suroeste de la provincia de Misiones.



Figura 9: Bosque de araucarias en San Pedro, provincia de Misiones.

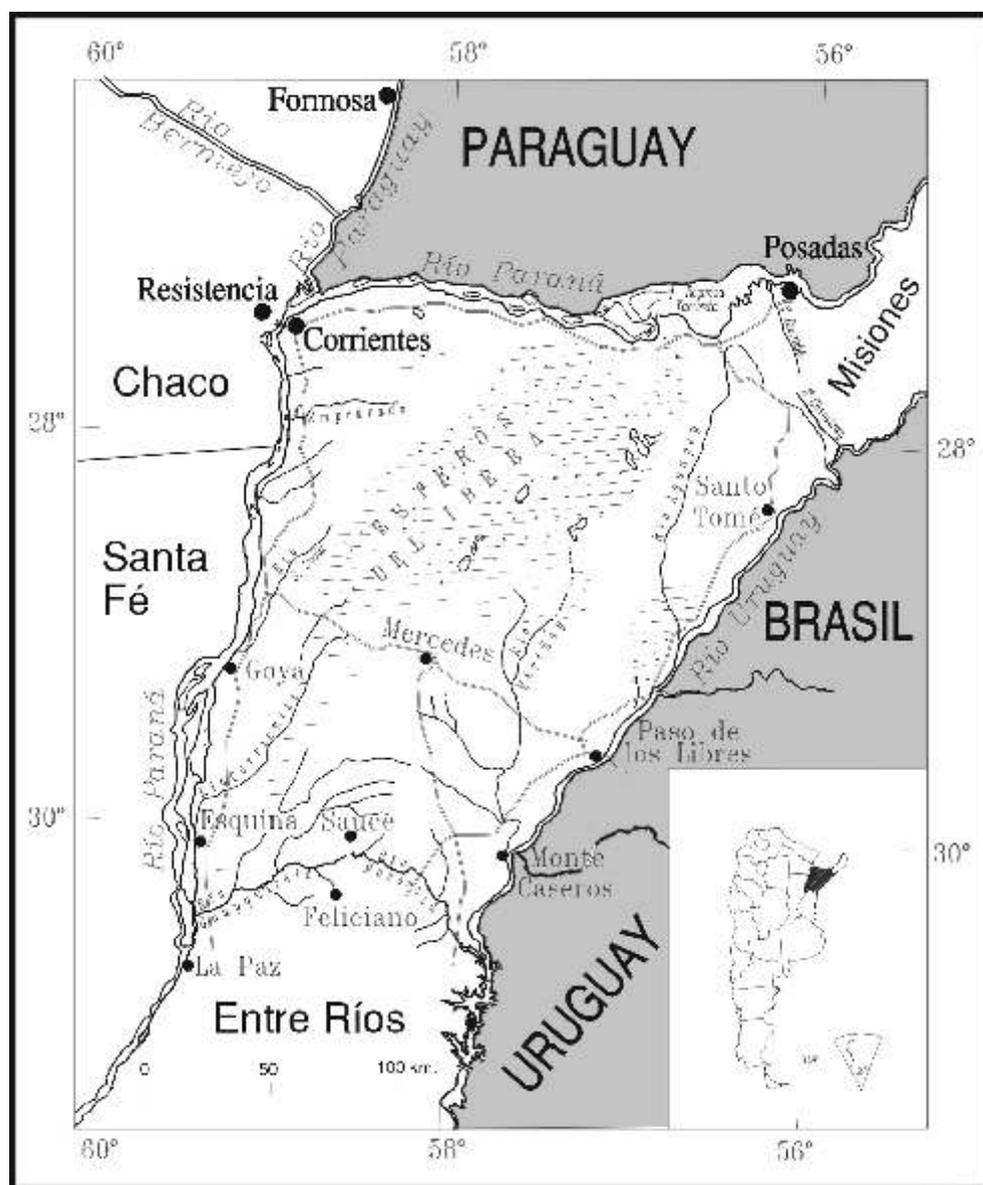


Figura 10: Provincia de Corrientes y el sistema hídrico principal

Los principales afluentes del Paraná en territorio misionero, de norte a sur son: los arroyos Urugua-í que tiene sus nacientes en la Sierra de la Victoria, el Aguaray con nacientes en Sierra Morena, el Piray.Mini, Piray-Guazú, Paranay Guazú, Garuhapé, Yabebiry, Garupá, Pindapoy que tienen sus nacientes en las sierras de Misiones y del Imán.

Aguas debajo de la represa de Yacyretá el principal aporte está dado por el Río Paraguay ,que nace en la zona norte de el Pantanal de Brasil, y en territorio argentino recoge las aguas de los ríos Pilcomayo y Bermejo cuyas nacientes se encuentran en la región andina del norte argentino y sur de Bolivia.

En la provincia de Corrientes desembocan en el Río Paraná, de norte a sur, los arroyos

Riachuelo, Empedrado, San Lorenzo y Ambrosio, mientras que el Santa Lucía lo hace en el Río Corrientes que es el desagüe natural de los esteros del Iberá en la zona de Tacuaral. Este desarrolla un amplio valle al cual tributan los arroyos Itá Corá, Pay Ubre Grande y Villanueva cuyas nacientes se encuentran en las inmediaciones de Mercedes-Mariano Loza.

También a este grupo de arroyos puede agregarse el Perugorría y María Grande cuyas aguas van a una zona de esteros que se comparten con el río Corrientes en la zona de Paso López. En cambio los cursos de agua cuyas nacientes están en la zona de Curuzú Cuatiá, como el Arroyo Ávalos, Pelado, Chañar, Macieguitas, Espinillo y Sauce forman parte de la red de tributarios del Arroyo Barrancas que culminan en una zona de esteros dentro de la cuenca del Río Guayquiraró.

El límite de Corrientes con Entre Ríos está determinado por el cauce principal del Río Guayquiraró cuyo nacimiento ocurre en el borde sudoccidental de la Meseta de Mercedes, recibiendo el aporte del Arroyo Basualdo, del Pajas Blancas y del de Las Mulás.

En la provincia de Entre Ríos los principales tributarios del Paraná, de norte a sur son el Arroyo Feliciano que nace en la zona de San José de Feliciano con varios tributarios que provienen de la Cuchilla de Montiel y el Hernandarias con nacimientos en la zona de Hasenkamp. También el Arroyo Las Conchas que drena una amplia zona desde María Grande a Crespo y el de la Ensenada lo hace desde sur de Crespo a la zona de Diamante.

En tanto los arroyos Nogoyá y Clé y el Río Gualeguay se destacan por tener el curso orientado con rumbo N-S. Este último, el de mayor magnitud, tiene su origen en las inmediaciones de San Jaime de la Frontera y recibe tributarios de la Cuchilla de Montiel, como el Ortiz, Sauce de Luna, Mojones, El Tigre, Raices, Altamirano y Las Guachas; y de la Cuchilla Grande como los arroyos Moreirita, Curupí, Lucas, Villaguay y Calá. El Río Gualeguay desemboca en el Paraná Pavón-Ibicuy a unos 40 km al sudoeste de la ciudad homónima luego de atravesar una antigua planicie marina del Cuaternario.

El Río Uruguay y sus tributarios

El Río Uruguay posee sus nacientes en la Serra do Mar en el Estado de Santa Catharina (Brasil) y tiene una longitud del orden de los 1600 km. Drena una superficie del orden de los 370.000 km² y se estima que su caudal medio, medido en Concordia, es de 4.622 m³/s. En territorio argentino se lo reconoce desde la confluencia con el arroyo Pepirí Guazú y, al igual que el Paraná, corre encajonado en un curso bien definido que va perdiendo altura hasta la zona de Concepción del Uruguay (Entre Ríos). El caudal máximo medido entre 1898/1992 fue de 37.714 m³/s; mientras que el mínimo registrado fue de 109 m³/s en el año 1945 (Datos en Wikipedia).

En su tramo superior recibe tributarios menores y desarrolla cascadas y correderas hasta la zona de Concordia (Salto Chico). Precisamente en una de ellas se apoya la represa de Salto Grande y que en su momento tenía una caída libre de 5 metros. Debe señalarse que entre la desembocadura del Piratini, en Brasil, y Concordia el desnivel es de 9 cm/km; mientras que desde allí hasta su desembocadura en el Río de la Plata ronda los 3 cm/km.

Al Río Uruguay aportan sus aguas el arroyo Pepirí Guazú, que constituye la frontera con Brasil; el Yabotí que desemboca en las cercanías de los Saltos de Moconá, el Soberbio, Chafariz, Tararira, Dorado, Saltito, Pindaití, Torito, Aracaguá, Ramón, Once Vueltas, Santa María, Concepción, Itacaruaré y el Chimiray que constituye el límite con Corrientes. Este conjunto de arroyos tiene sus nacientes en la alineación que conforma las sierras del Imán y de Misiones.

En Corrientes los afluentes más importantes lo constituyen el arroyo Aguapey, que



Figura 11.- Provincia de Entre Ríos y su sistema hídrico-orográfico

nace en los límites con Misiones, el Río Miriñay que constituye la descarga SE de la zona de esteros y lagunas del Iberá y nace en inmediaciones de Colonia Pellegrini y el Río Mocoretá cuyas nacientes se encuentran en la zona de Curuzú Cuatía.

En el caso del Aguapey tiene sus nacientes en el límite con Misiones en la zona de San Carlos dirigiéndose hacia el noroeste hasta una zona de esteros en Paso Tirante y San Joaquín. Allí tuerce su rumbo hacia el sur circulando en zona de esteros por Paso Concepción, Caillar Cué y recibiendo el aporte de los bañados y esteros de Yurucúa o Guarupá Grande. Desde allí circula dentro de un amplio valle que llega al Uruguay algo más al sur de la ciudad de Alvear. Se supone que el Aguapey en su tramo inicial fue tributario del Paraná y que posteriormente,

en el Cuaternario, fue capturado por un afluente del Uruguay donde hoy vuelca sus aguas.

Algo más al sur y al oeste de La Cruz están los esteros del Arroyo Guaviraví que desemboca en el Uruguay en la zona de Yapeyú. Es un curso de escasa relevancia aunque, sugestivamente, responde a una alineación norte-sur que, por el este, pone límite a un sistema serrano de baja altura que se conoce como Tres Cerros.

El Río Miriñay tiene su origen en una zona de esteros ubicados al sur de la Laguna Iberá cuyo rumbo general es hacia el sur. Da lugar a un amplio valle al cual vuelcan sus aguas varios esteros como los de los arroyos Curupí y Ayuí Grande con sus tributarios Yuquerí y Curupicay en la parte septentrional; mientras que en la zona austral lo hace el arroyo Yaguarí y sus tributarios Quebracho, Ombú, Guayaibí y Ibabuyú cuyas nacientes se encuentran en la zona de Mercedes y Mariano Loza*. También son tributarios el arroyo Irupé y el Curuzú Cuatiá con nacientes en la ciudad homónima.

El Río Mocoretá nace al occidente de Curuzú Cuatiá desarrollando un amplio valle que contiene al estero homónimo y discurre hacia el sur-sureste hasta conformar el límite con la provincia de Entre Ríos y desemboca en el lago de la represa de Salto Grande, al noreste de Chajarí (Colonia Santa Eloisa). Su trayectoria es aproximadamente NNW-SSE manteniendo la fisonomía de un valle con abundantes esteros y recibiendo aportes de algunos arroyos como ser Portillo en Corrientes y Tatutí, Torres, Arévalo, Sarandí, Baranda y Chajarí en Entre Ríos.

De igual manera una serie de arroyos menores, como el Mandisoví, Gualeguaycito ya en Entre Ríos desaguan en el lago de la represa de Salto Grande; mientras que al sur de Concordia hay un sistema de tributarios de corto recorrido como los arroyos Yuquerí, Yeruá, Grande o del Pedernal, Palmar, Perucho Verna, de la China, San Lorenzo y el Río Gualeguaychú, de trayectoria N-S, es receptor las aguas de la Cuchilla Grande mediante los arroyos Gená y Gualeyan.

* También conocida como Estación Solari del antiguo ferrocarril que unía Curuzú Cuatiá con Mercedes.



Figura 12: Río Uruguay en la zona de San Javier, provincia de Misiones.



Figura 13: Río Paraná en Empedrado, provincia de Corrientes (año 1977).



Figura 14: Paisaje de dunas de la transgresión "Querandí" en Médanos, provincia de Entre Ríos.



Figura 15: Lomadas en la región de Diamante, provincia de Entre Ríos.

Evolución del Conocimiento de la Geología Mesopotámica

La geología mesopotámica ha sido descrita por un importante número de investigadores cuyos trabajos permitieron desarrollar conceptos que han permitido interpretar acerca de como fueron evolucionando las ideas a través del tiempo.



Figura 16: Mapa de la Mesopotamia según el explorador jesuita Pedro Lozano

Hacer una detallada descripción de los trabajos que en esta región se llevaron a cabo desde épocas coloniales ocuparía un amplio espacio, que no es el objetivo principal de la obra. Por ello el enfoque estará dirigido a señalar a algunos de aquellos investigadores que, por su prelación o contenido de sus aportes, entendemos como necesario rescatar en esta contribución sin que por ello signifique el olvido de otros que también han trabajado en la Mesopotamia.

Sin dudas fueron los Jesuitas quienes prestaron atención a rocas y minerales que se encontraban en el territorio de las Misiones instaladas en las hoy provincias de Corrientes y Misiones. Ellos supieron lograr la fundición del hierro a partir de la "piedra tacurú" que se encuentra en distintos puntos de la provincia de Misiones. El uso de una tecnología adecuada más el conocimiento de los yacimientos que allí encontraban les permitió contar con este metal para cubrir sus necesidades.

Lamentablemente no se tiene conocimiento acerca de los estudios que hubieren hecho para aprovisionarse de esta materia prima que hoy sabemos llegaron a utilizar. De igual manera ocurrió con el material de construcción usado en las misiones como es el caso de las areniscas cretácicas con las que edificaron gran parte de ellas. Es natural que hayan tenido un conocimiento previo de la distribución de este tipo de material en la región donde ellos se asentaban como asimismo la apertura de canteras y del arte del tallado de las areniscas cretácicas.

Entre quienes visitaron la región y produjeron estudios sobre geología y minería debe destacarse al Padre Jesuita **Pedro Sánchez Labrador** (1717-1798) quien fue autor de una importante obra de 20 tomos donde, entre otras cosas, describe el régimen de los ríos Paraná, Uruguay y descubre aspectos hidrológicos sobre la laguna Iberá. También hizo una detallada narración acerca de los recursos de rocas y minerales que disponían las misiones y de cómo ellas fueron trabajadas (Furlong, 1948). Sánchez Labrador durante varios años estuvo en las Misiones Jesuíticas y en 1757 fue cura párroco de Apóstoles. También el padre Pedro Lozano fue un viajero y estudioso que produjo una importante cartografía y descripciones geográficas del área jesuítica. A ellas las incorpora en su obra "*Descripción corográfica del terreno, ríos, árboles y animales de las dilatadísimas provincias del Chaco Gualamba.....*" que apareció en Madrid en 1733.

También se debe mencionar que hacia 1660 los Jesuitas extraían y quemaban calizas en la zona de La Bajada (Paraná) que luego remitían como cal a otras misiones en Paraguay. Hacia 1775, en la costa del Uruguay se asienta el español Manuel Antonio Barquín quien explotó los calcretes presentes en la zona que hoy es el Parque Nacional El Palmar. Con éstos hizo cal que luego enviaba a Buenos Aires donde era usada en la construcción de los edificios de la capital del Virreinato. También se menciona que hacia fines del siglo 18, al sur de Gualeguaychú ya se explotaban conchillas del "Querandinense" para hacer cal y en la zona de Puerto Ruiz en el paraje "La Conchera" (Bertolini, 2004).

Hay registros acerca de que una vez expulsados los Jesuitas se tejieron fábulas acerca de yacimientos de cobre, plata y oro en la provincia de Misiones. Sobre ello hace referencia Ávila (2004) cuando señala la existencia de documentos que mencionaban ricos yacimientos en la zona del Aguapey donde aparecía el cobre metálico en "ramitas" e incluso que se habían obtenido un fragmento del metal de "nueve libras". También se habló de la existencia de "pintas de plata" y "azogue"(mercurio) en Itapúa.

La descripción realizada por **Félix de Azara** (1742-1821) de las provincias de Entre Ríos y Corrientes que resumía observaciones hechas durante su estadía sudamericana hacia fines del siglo 18 constituye uno de los aportes primigenios al conocimiento general de la geografía y recursos de la región. Debe destacarse que este naturalista en su obra "*Viajes por la América Meridional*" brindó un panorama geográfico de distintos sectores de la Mesopotamia, señalando incluso la composición ígnea de las rocas que en Misiones dan lugar a las cataratas del Iguazú.

Sin lugar a dudas fue el aporte científico del francés **Alcide D'Orbigny** el más significativo, bajo el punto de vista geológico. No solo son acertadas sus observaciones sobre el Terciario marino de Paraná, sino también su interpretación de la geología de las barrancas del río homónimo y del interior de Corrientes. Su estadía en la región ocurrió hacia fines de la década de 1820 siendo publicada su obra una decena de años más tarde (D'Orbigny, 1842). Las observaciones que realizara **Charles Darwin** (1846) durante su estadía en Paraná ratifican lo



Figura 17 : Felix de Azara (derecha) , Alcide D'Orbigny (centro) y Charles Darwin (derecha): Pioneros de la investigación de la geología mesopotámica

observado por el autor precedente y que sirven de apuntalamiento a las ideas que sostenía Auguste Bravard (1858) por entonces el primer director de Minas de la Confederación Argentina. Debe señalarse que para ese tiempo en Paraná se centraba gran parte de la actividad geológica, fundamentalmente aplicada a las explotaciones de calcáreos cuya demanda estaba incentivada por la llegada de una importante corriente de inmigrantes que requerían materiales para la construcción de casas y edificios públicos (Bertolini, 2004).

Otro destacado investigador fue **Martín de Moussy*** (1860-64), médico y naturalista que por encargo del general Justo José de Urquiza llevó adelante el estudio y descripción del territorio argentino y particularmente de gran parte de esta región mesopotámica. Debe destacarse que es el autor del nombre "Mesopotamia" definiéndola como una amplia planicie ligeramente ondulada limitada por los ríos Paraná y Uruguay, con una cota media de 80 msnm, a excepción de Misiones donde éstas son más elevadas*.

La creación del Museo Público en Buenos Aires bajo la dirección de **Germán Burmeister** (1876) impulsó estudios sobre la estratigrafía y paleontología regional, especialmente luego de la creación de la Academia Nacional de Ciencias en Córdoba, constituida bajo su impulso en el año 1869. En esta institución desembarcaron notables geólogos alemanes entre los que se contaba **Alfred Stelzner** quien no dejó pasar la oportunidad para llegar a la antigua capital de la Confederación Argentina y comprobar la estratigrafía del Neógeno allí aflorante. A Burmeister no sólo debe ser considerado uno de los mayores propulsores de la geología argentina, sino que también un antiguo residente en Paraná y en consecuencia palabra autorizada para describir aspectos de la geología de la zona.

*De Moussy la define así: "La Mésopotamie argentine n'est, pour ainsi dire, qu'une grande plaine, légèrement ondulée, et dont les plus hauts reliefs ne dépassent point 80 mètres au-dessus du niveau de la mer, à la exception de la sierra des Missions vers le nord-est, qui est un peu plus élevée.." en su referencia inicial dice: "on y remarque d'abord, au nord-est, une longue bande de terrain peu élevé, au dessus du niveau de la mer, entre les deux grands fleuves Paraná et Uruguay, véritable Mésopotamie, formée, comme celle de l'Euphrate et du Tigres, par d'anciennes alluvions, aussi fertile et aussi chaude".



Figura 18: Martín de Moussy (izquierda) y Augusto Bravard (derecha)

No pueden menos que rescatarse los estudios paleontológicos llevados a cabo por **Florentino Ameghino** (1854-1911) sobre la fauna de vertebrados fósiles que se encontraron en las barrancas entrerrianas contando con el apoyo de **Pedro Scalabrini** que fuera el director del Museo de Entre Ríos y quien realizó importantes colecciones que fueron puestas a consideración de Ameghino. Scalabrini resumió su actividad en una nota en la que expresó: "*He repartido los resultados de mis excursiones 1870-1910, entre el Museo de Entre Ríos, la Escuela*



Figura 19: Germán Burmeister (izquierda), Alfred Stelzner (centro) y Florentino Ameghino (derecha)

Normal de Paraná, Corrientes y el Museo Escolar Argentino con 72.489 objetos, entre éstos numerosos nuevos y no pocos raros y únicos.". En gran parte, y gracias a ello, Ameghino (1889) produjo una extensa obra sobre los mamíferos fósiles de Argentina dedicando una importante extensión de su texto al material proveniente de Entre Ríos.

La fauna de moluscos fósiles del Terciario entrerriano que originalmente fueron descritos por D'Orbigny recibieron atención de importantes malacólogos como **Aloys Borchert** (1901) y **Hermann von Ihering** (1907) quienes produjeron trabajos en los que describen la fauna fósil e interpretan las características de la transgresión que ocupó parte de la Mesopotamia.

En 1894 y 1895 se hace el primer ensayo cartográfico a escala 1:200.000 y descripción de la provincia de Corrientes por **Sánchez Zacarías** impreso en los talleres del Museo de La Plata. A principios del siglo 20, **Francisco Podestá** (1901) hace una reseña geográfica y geológica de dicha provincia y da noticia del hallazgo del mamífero terciario que llamó *Ameghinotherium curuzucuatiense*, en cercanías de Curuzú Cuatía.

Estudios sobre el entonces Territorio Nacional de Misiones y sectores de Corrientes fueron llevados adelante por la Sección Geología y Minería del Ministerio de Agricultura de la Nación a través de **Adolfo Fourous** (1904), **Guido Bonarelli** y **Juan Nágera** (1913),

Ricardo Stappenbeck (1914), **Julio Storni** (1917) **José María Sobral** (1919) y **Juan Hausen** (1919) abarcando temas vinculados a la geografía, petrología, suelos y aguas subterráneas.

Particularmente son de destacar los trabajos de Fourous y Hausen en cuanto brindan importantes datos sobre la geología de Misiones y en especial el primero que acompaña su descripción con un mapa geológico regional en el cual marca una mayor extensión de las areniscas cretácicas en el suroeste de esa provincia. Debe destacarse que el primero de ellos al producir un mapa regional del suroeste de Misiones incluye en el mismo información acerca de la existencia de afloramientos de las areniscas cretácicas en la zona donde se ubican las ruinas Jesuíticas de Santos Mártires de Japón y Santa María la Mayor. En ambas se aprecia que este tipo de material fue usado en la construcción de los edificios.

La laguna Iberá y su entorno físico ha sido objeto de numerosos estudios fisiográficos y ambientales en la primera mitad del siglo 20. Entre ellos se cuentan los de **Pedro Uhart** (1910), **Hipólito Puoysegur** (1914-15) **Joaquín Frenguelli** (1924), **Antonio Pauly** (1925). El trabajo de **Guido Bonarelli** y **Ernesto Longobardi** (1929) constituye un destacado hito en el estudio de la geología y suelos de la provincia de Corrientes. Ambos investigadores fueron contratados para llevar adelante el relevamiento de los recursos naturales de la provincia generando una importante información de base que se acompañó con un detallado mapa geológico-agrológico y minero a escala 1: 200.000. También hubo un importante aporte de parte de Sobral quien incorporó nuevos datos sobre la petrografía regional y también de distribución de las areniscas cretácicas de Misiones.

Para la geología entrerriana hay que destacar los trabajos llevados a cabo por el médico-geólogo **Joaquín Frenguelli** (1920) quien fue autor de un detallado estudio de la estratigrafía de la zona de Paraná estableciendo una nomenclatura geológica cuya vigencia es aún discutida. Para esa misma época **Moisés Kantor** (1925) estudia aspectos nomenclaturales detallando aspectos estratigráficos del Terciario marino de Entre Ríos en algunos puntos en los que cree necesario ofrecer aclaraciones basados en los antecedentes como en sus propias observaciones. Años más tarde Frenguelli (1947) nuevamente vuelve sobre temas estratigráficos de las barrancas del Paraná, especialmente teniendo en cuenta observaciones realizadas por algunos discípulos que habían desarrollado sus tesis doctorales en dicha región, tales como **G. Battaglia** (1946), **E. Masramón** (1946) y **J. Martinelli**. (1947) Para esa época la Dirección Provincial de Vialidad de Entre Ríos (1944) genera un trabajo referido a las sustancias minerales y rocas de aplicación que se utilizan en las obras viales de la provincia.

Estudios acerca de los recursos mineros de Entre Ríos se desarrollaron a partir de la

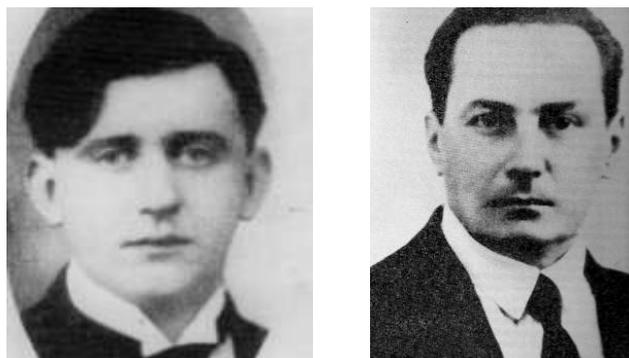


Figura 20: Juan José Nájera (izquierda) y José María Sobral (derecha), dos entrerrianos que se abocaron al estudio de la geología de su provincia desde la Dirección General de Minas, Geología e Hidrología.

contribución de **Rafael Cordini** (1949) quien trató de sistematizar las distintas rocas de aplicación y minerales de la provincia, valorando calidades y señalando aspectos de su geología. También de **Guillermo Scartascini** (1957, 1959) abordó la temática de los carbonatos presentes en las capas marinas terciarias a las que reconoce su origen en lo que llamó "Mar de Bravard" para referirse a la trasgresión miocena. En esta década se iniciaron estudios para asentar represas sobre el Río Paraná en Corrientes y Misiones, siendo llevados adelante por **Enrique de Alba** (1953, 1967) por la parte argentina y en colaboración con profesionales paraguayos (De Alba y Vera Morínigo, 1964) cuando se transformó en un proyecto mixto.

Pablo Groeber (1961) llevó adelante un interesante trabajo acerca de las características del subsuelo de la cuenca del Río Gualeguay y particularmente sobre el desarrollo de los sedimentos marinos del "Querandinense" en el Delta. En la misma región **Bonfils** (1962) lleva adelante estudios sobre las características de los suelos allí existentes. También **Alfredo Castellanos** (1965) incursionó en la estratigrafía regional siguiendo el esquema de Frenguelli,



Figura 21: Guido Bonarelli y detalle del Mapa agro-geológico realizado con Longobardi, representando la zona de Ituzaingó y los tipos de rocas-suelos allí presentes.

señalando algunos aspectos de la fisiografía de la provincia de Corrientes.

En la década de 1960 nuevos e importantes datos que involucran la estratigrafía mesopotámica surgen a partir de información de la geología del subsuelo gracias a investigaciones desarrolladas para YPF por Eduardo Padula y Alberto Míngramm (1968). Estos autores tuvieron la posibilidad de llevar adelante el estudio del pozo profundo que se hiciera en El Pueblito, departamento Nogoyá, Entre Ríos; como asimismo supervisar una serie de estudios geofísicos (sísmica) que sirvieron para conocer la geología profunda de la región.

Estos trabajos luego fueron sintetizados por **Eduardo Padula** (1972) en la publicación que llevara adelante la Academia Nacional de Ciencias en Córdoba referida a la Geología Regional de Argentina. Con posterioridad se agregó nueva información sobre la geología de superficie en otro libro editado por la misma Academia cuyo capítulo sobre la Mesopotamia fue autoría de **Carlos Gentili y Horacio Rimoldi** (1979) quienes incorporan nuevas descripciones sobre la geología de las provincias de Entre Ríos, Corrientes y Misiones.

No debe dejarse pasar por alto el impacto que, en la década de 1970, produjeron los estudios geológicos encarados para llevar adelante el Proyecto de Embalse Paraná Medio. Éstos no solo aportaron conocimiento sobre las características del subsuelo inmediato entre Paraná y Goya sino también acerca de las condiciones geotécnicas, hidrogeológicas y de yacimientos mineros que habrían de servir en el proyecto ejecutivo. En el equipo técnico-geológico deben señalarse, entre otros, a **M. Beretta, J. Sanguinetti, C. Villegas, P. Kolomi, J. Casarotto, O. Jacquenod, R. Ceresole, T. Buteler, M. Filí, O. Tujchsneider, G. Palma, B. Aceñolaza, A. Risiga, A. Sueta, N. Ponti.**

También a partir de la década de 1970 importantes fueron las contribuciones al cono-

cimiento estratigráfico y paleontológico de la Mesopotamia tales como un replanteo de la estratigrafía del Cenozoico entrerriano que se efectúa a partir de los trabajos de **F .G. Aceñolaza** (1976, 2000) quien, en principio trató aspectos referidos a la estratigrafía y fósiles de la Formación Paraná. Asimismo abordó temas que relacionan la estratigrafía con la geomorfología (**Aceñolaza y Sayago**, 1980). **Martín Iriondo** enfocó distintos aspectos de la geología, geomorfología y suelos de las provincias mesopotámicas creando una abundante terminología para referirse a los distintos aspectos que tuvo en estudio, diferentes consideraciones sobre la



Figura 22: Joaquín Frenguelli (izquierda), Pablo Groeber (centro) y Eduardo Padula (derecha)

geología, recursos hídricos y mineros de la provincia de Entre Ríos fueron planteados por **J.C. Bertolini** (1983, 1996, 2004).

Los trabajos geológicos en Corrientes fueron nuevamente abordados por **Rafael Herbst** (1971) quien, a partir de entonces organiza un equipo de colaboradores que se abocan al estudio de la estratigrafía y paleontología regional (**L. Zabert, A. Lutz, L. Anzótegui, L. Morton, J. Santa Cruz**).

También a partir de la década de 1970 **César Fernández Garrasino** (1978) vuelve a revisar los trabajos que años antes hiciera YPF e incorpora información que actualiza, conceptos sobre la columna estratigráfica a partir de datos del subsuelo y de superficie. Esta línea de trabajo es reiteradamente abordada por este autor en años posteriores. También merecen destacarse los trabajos que sobre el Cretácico-Terciario de la cuenca del Uruguay llevó adelante **Rita Tófalo**, enfatizando aspectos que hacen a la génesis de los calcretes.

La ejecución del mapa geológico de cada una de las provincias mesopotámicas fue patrocinada por el Servicio Geológico Minero (SEGEMAR) quien las editó con indicación de los colores correspondientes a cada unidad geológica aflorante. Es así que el mapa geológico de la provincia de Entre Ríos fue confeccionado por **Juan C. Bertolini** (1996). En cambio el mapa geológico de la provincia de Corrientes fue llevado adelante por **R. Herbst y J. Santa Cruz** (1995); mientras que el mapa geológico de Misiones fue elaborado por **Fenelón Avila y José Portaneri** (1999).

La Columna Geológica

La Mesopotamia en el contexto geológico argentino.

Como ya se ha dicho la Mesopotamia constituye una región con identidad propia, no solo por sus caracteres fisiográficos sino también desde el punto de vista de su historia geológica.

Leanza (1958) al describir la geología argentina lo hace desde el punto de vista de "**Provincias Geológicas**", concepto introducido para interpretar más adecuadamente cada una de las regiones del territorio nacional conforme a los elementos físicos que las caracterizan. En ese sentido se considera que para definir una "Provincia" es necesario que en la región que ocupa se verifiquen caracteres estructurales, geomorfológicos y de sucesión estratigráfica que representen ser resultados de una historia geológica en común (Rolleri, 1976).

Por ello Leanza (1958) y en obras posteriores producidas por la Academia Nacional de Ciencias en Córdoba (1969, 1979), Rolleri (1976) y por el Servicio Geológico y Minero Argentino - SEGEMAR (1999) se describe la geología regional siguiendo el esquema de "Provincias Geológicas", dentro de las cuales se destaca la individualidad de la Mesopotamia como parte integrante de un conjunto mayor donde, entre otras, están las Sierras Pampeanas, Pampasia, Cordillera Oriental, Puna, etc.

La primera gran categorización de las regiones que integran el territorio argentino destaca el desarrollo de los grandes bloques que configuran la región a la que pertenecen. Simplificando éstos son: a) un amplio sector autóctono que representa al continente Gondwana en el cual está inserta la Mesopotamia. b) el bloque para-autóctono representado por Cuyania y c) el bloque para-autóctono que contiene a Patagonia y la plataforma continental argentina.

En cada una de ellos se identifican las diferentes provincias siguiendo los patrones de coincidencias en lo referido a su composición, estructura y evolución geológica. Es de destacar ciertas analogías entre los componentes del sector gondwánico y la región andina del oeste y noroeste de Argentina mientras son notables con Cuyania y Patagonia, pero ello no son objeto discusión en este texto.

La Mesopotamia y su columna geológica.

El sustrato geológico del subsuelo de la Mesopotamia está integrado por formaciones geológicas que afloran en territorio uruguayo y brasileño que, en términos generales, tienen inclinación hacia el oeste. Solamente en la perforación de Nogoyá, hecha por YPF en la década de 1960 y en la de Gualeguaychú hecha recientemente se logró información acerca de las características del subsuelo pre-basáltico donde se reconoce la presencia de rocas precámbricas y paleozoicas.

En lo referente a los afloramientos de formaciones geológicas que se localizan en esta amplia región debe señalarse que ellas representan al Mesozoico y Neógeno, observándose que las más antiguas se las encuentran en Misiones y partes de Corrientes en la cuenca del Río Uruguay, mientras que las del Neógeno tienen una mayor cobertura regional encontrándose en las tres provincias y particularmente en las barrancas del Río Paraná.

Para comprender aspectos que hacen a la geología del subsuelo y de aquellas unidades

que afloran en el este de la Mesopotamia, es conveniente, en primera instancia, tener un panorama acerca de las características de las rocas que constituyen la parte occidental de Uruguay, el este de Paraguay y partes del sur de Brasil.

Síntesis geológica del occidente de Uruguay, Paraguay y sur de Brasil

Las rocas más antiguas de Uruguay forman parte del llamado "**Terreno Piedra Alta**" constituido por cinturones metamórficos de rumbo general E-W a los que se intercalan otros representados por rocas graníticas-gneísicas (Bossi et al, 1993). Este "terreno" ocupa la mitad occidental del territorio uruguayo, estando limitado, al oriente, por una importante megafactura transcurrente que se extiende entre Sarandí del Yi y Piriapolis.

En general los afloramientos colindantes al Río Uruguay-Río de La Plata son incluidos por geólogos uruguayos en la denominada **Faja Florida** cuyos afloramientos se encuentran en el suroeste de ese país hasta la zona de Carmelo e involucran a la Isla Martín García. Estudios radimétricos que se han realizado sobre distintas rocas cristalinas que integran esta Faja ofrecen valores que oscilan entre 1.900 y 2.500 millones de años (Bossi et al, 1998) que, en la escala geológica global, representan una edad Paleoproterozoica.

Sobre este basamento se depositó una importante columna estratigráfica del Meso-Neopaleozoico y Mesozoico que se dispone con una tendencia general de inclinación al oeste, hacia el territorio argentino. Perforaciones profundas llevadas a cabo en territorio argentino, como las de Nogoyá y Gualaguaychú, permitieron comprobar que dicha columna está presente en el subsuelo mesopotámico.

En territorio brasileño por sobre el basamento proterozoico en el Estado de Paraná (**Formación Camarinha**), se dispone una sucesión siliciclástica con fósiles marinos representativa de plataformas mareales que se conocen con los nombres formacionales de **Furnas** y **Ponta Grossa** y que, en términos generales, representan el lapso Ordovícico superior-Devónico (**Supersecuencia Paraná**, sensu Milani, 2000). A su vez son equivalentes a sedimentos de igual característica que en Paraguay Oriental se le asigna los nombres de **Grupo Caacupé** e **Itacurubí** (Harrington, 1950).

Bossi et al (1998) replantearon la geología uruguayana señalando que el Devónico aflora en el departamento Durazno (región central de Uruguay) y está integrado por las formaciones Cerrezuelo y El Cordobés (**Grupo Durazno**). Es de naturaleza siliciclástica, marina de aguas poco profundas donde se registran icnofósiles tales como *Skolithos*, *Diplocraterion* y *Arenicolites* en la unidad basal.

Para Veroslavsky (1994) la cuenca devónica ingresó desde el W-NW teniendo en consideración el resultado de perforaciones hechas en la región NW de Uruguay, lo que hace suponer que tendría un mayor desarrollo hacia el subsuelo mesopotámico.

En discordancia sobre el Grupo Durazno se depositaron sedimentitas siliciclásticas continentales del Neopaleozoico. Ellas incluyen una secuencia integrada por limonitas, areniscas, conglomerados y tillitas interestratificadas que ponen de manifiesto actividad glacial y periglacial, tanto en ambiente continental como marino (Bossi et al, 1998). Este conjunto está integrado por las formaciones **San Gregorio**, **Tres Islas**, **Melo** y **Yaguari** las cuales representan una cuenca que se hunde hacia el oeste en territorio entrerriano (Ferrando y Montaña, 1988).

En esta secuencia se han localizado abundantes restos fósiles (cefalópodos, peces, radiolarios, palinomorfos y restos vegetales) que permiten asignar una antigüedad que va desde el Carbónico superior al Pérmico. Asimismo en el departamento Cerro Largo se localizan intrusivas que han sido datadas en 265 M.a. que confirman la antigüedad mencionada. El Paleozoico

CUADRO ESTRATIGRÁFICO GENERAL DE LA MESOPOTAMIA

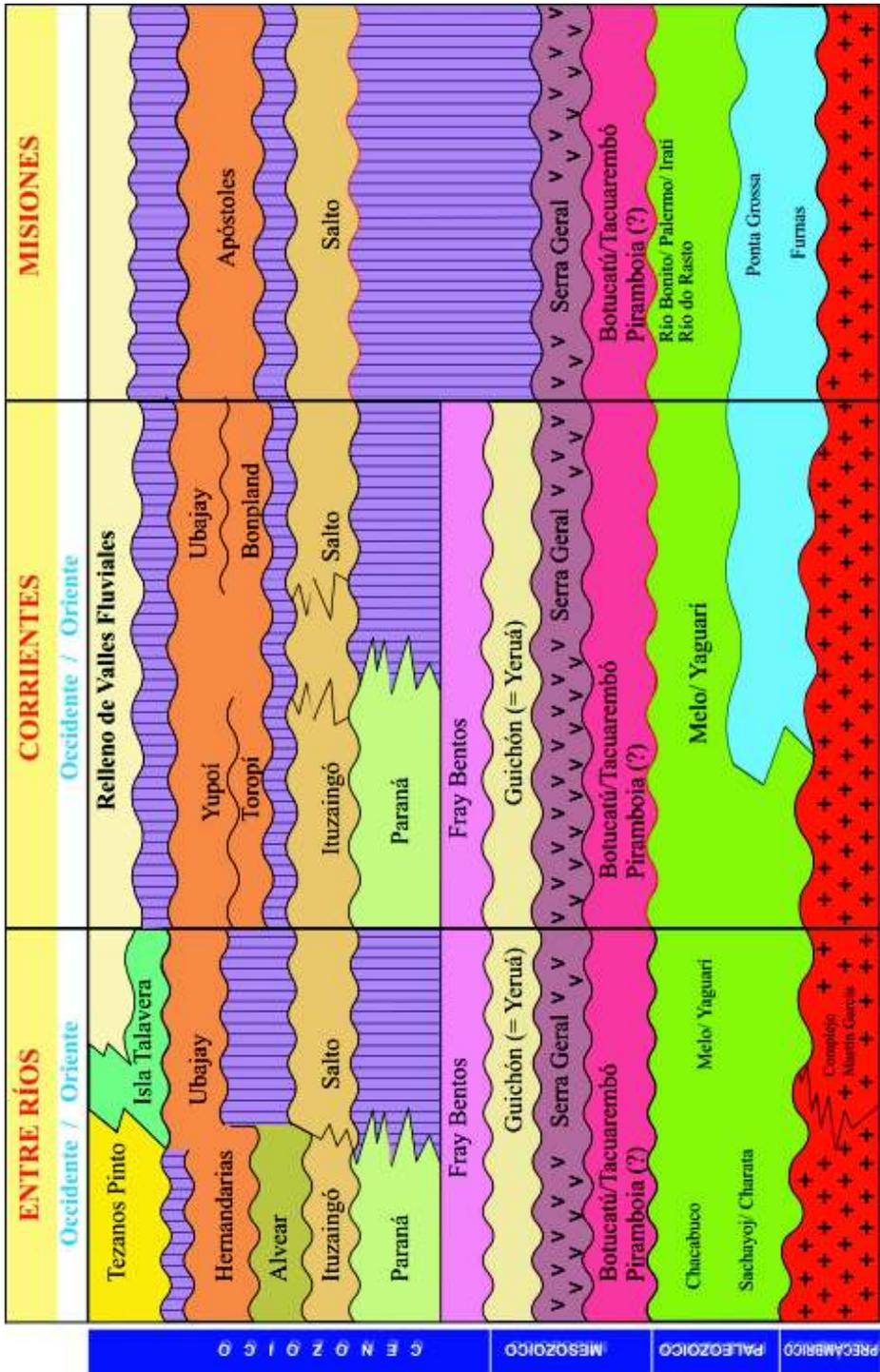


Figura 23: Cuadro Estratigráfico General de la Mesopotamia

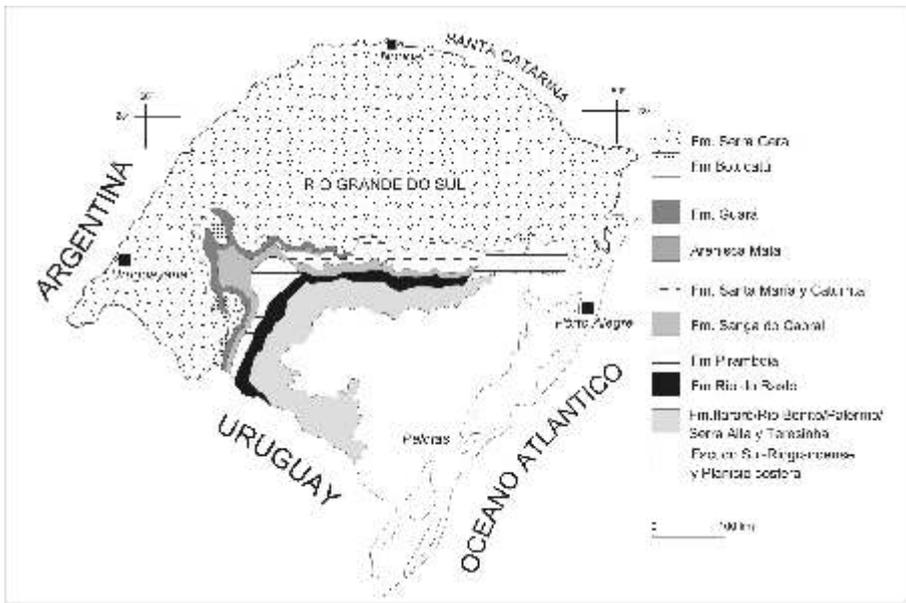


Figura 24: Esquema geológico del Estado de Río Grande do Sul (Scherer et al 2000)

superior de Brasil, bien desarrollado en los estados de Río Grande do Sul, Santa Catharina y Paraná está representado por una secuencia siliciclástica integrada, de abajo arriba, por una serie de formaciones que integran los grupos **Itararé**, **Guatá** y **Passa Dois** de los cuales este último tiene características marinas. (Milani, 2000)

Al Triásico se asignan areniscas finas y gruesas de tonalidades rojizas y algunas calizas que se presentan con una inclinación regional hacia el norte y está representadas por las formaciones **Buena Vista** (Pérmico ?) y **Puntas del Arroyo Ataques** que arriba están cubiertas por areniscas eólicas que son denominadas **Formación Cuchilla del Ombú** (Ferrando y Andreis, 1986) y que representaría la base de la **Formación Tacuarembó** del Jurásico*. Esta última es portadora de restos de vertebrados (peces –*Lepidotes* y *Priohybodus*-, placas, dientes, etc), cocodrilos (*Meridiosaurus*) conchostracos, coprolitos e icnofósiles (*Anchorichnus*). Culmina esta secuencia con la **Formación Rivera**, integrada por areniscas rojizas y dispuesta en discordancia sobre Tacuarembó y es recubierta por las lavas de la Formación Arapey. Este conjunto sedimentario, en Río Grande do Sul (Brasil) es equivalente a las formaciones **Sanga do Cabral**, **Santa María**, **Caturrita** y **Botucatu** (Scherer et al, 2000).

La **Formación Arapey** representa al acontecimiento magmático-eruptivo cretácico y está constituida por una serie de derrames de rocas basálticas, andesitas basálticas y andesíticas piroxénicas con algunas intercalaciones arenosas. También hay rocas filonianas de grano grueso (Formación Cuaró). Dataciones radimétricas indican que éstas se erupcionaron en un lapso que va entre 173 y 120 M.a (Bossi et al, 1998). Los afloramientos de la Formación Arapey cubren toda la región noroeste de Uruguay, llegando a la costa del Río Uruguay hasta las inmediaciones de Salto. Estas mismas lavas, en Brasil se reconocen con el nombre de **Serra Geral**.

La secuencia sedimentaria que se desarrolla por sobre las lavas tiene espesor cercano a

*En el texto se hace mención, con dudas, a la Formación Piramboia del Triásico cuyos afloramientos están en Mato Grosso y Goiás; no así en áreas cercanas a la Mesopotamia

100 metros y está integrada por areniscas conglomerádicas hasta pelíticas siendo su composición de naturaleza arcósica de color rojizo que representan un sistema fluvial anastomosado y que recibe el nombre de **Formación Guichon**. En sus capas se encontraron restos de cocodrilos (*Uruguayosuchus* y restos de dinosaurios) motivo por el cual se la asigna al Senoniano-Aptiano (Goso Aguilar y Perea, 2004).

Por sobre ésta se dispone en discordancia la **Formación Mercedes** que en su base es de tipo conglomerádica y arenosa de color rosada e intercalaciones de pelitas calcáreas y calcretes. El conjunto tiene un espesor del orden de los 60-70 metros y en él se han encontrado huesos de dinosaurios (*Titanosaurus*) y nidadas con huevos.

La secuencia arenosa que en discordancia se sobrepone a las lavas, en Brasil integra la supersecuencia Baurú y está compuesta de sedimentos fluviales y eólicos

Hacia arriba sigue una secuencia monótona arenosa fina a media de colores rosados a amarillentos a las que se intercalan niveles de hasta 15 metros de espesor de caliza. En esta unidad se han encontrado huevos de dinosaurios, carófitas, ostrácodos y gastrópodos (*Vertigo*, *Bulimulus*, *Succinea*, etc, Morton y Herbst, 1993) que sugieren pertenecer al Cretácico superior. Por sobre esta unidad se desarrollan carbonatos de posible origen lacustre que se reconocen con el nombre de **Formación Queguay** (Goso et al., 2004). También hay niveles pedogénicos que se desarrollaron posteriormente y que se reconocen con el nombre de **Formación Asencio**. Las calizas de Queguay se ubicarían en la transición Cretácico-terciaria hasta el Paleoceno para algunos autores y se supone tendrían equivalencia con las que en el subsuelo pampásico se conocen como **Formación Mariano Boedo**.

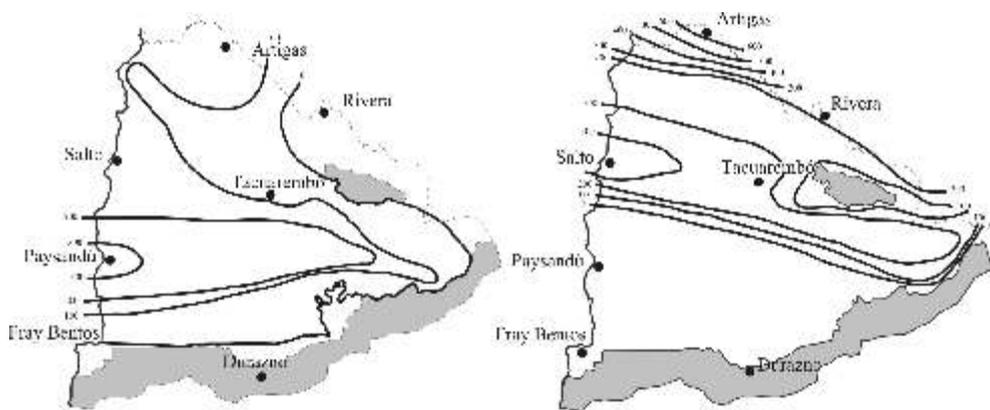


Figura 25 :Curvas de igual espesor (isopacas) de las formaciones San Gregorio (izquierda) y Melo (derecha.) que indican que las cuencas se abren y profundizan en territorio de la Mesopotamia (según Ferrando y Montaña, 1988).

Sobre este conjunto, en la costa del Uruguay se desarrolla la **Formación Fray Bentos** integrada por areniscas, loess y limolitas de color anaranjado. Hay calcretes y material diagenético silíceo. Numerosos restos fósiles de vertebrados (*Proborhyaena*, *Scarritia*, *Propachyrrukhos*, placas de gliptodontes, etc), moluscos, icnofósiles. Este conjunto pertenece al Deseadense -Oligoceno superior (Ubilla, 2004).

Asimismo sobre el borde del Río de La Plata se refieren con el nombre de **Formación Camacho** a areniscas, limos y calizas con fósiles marinos del Mioceno que son equivalentes a los que constituyen la **Formación Paraná** en territorio entrerriano.

En el noroeste de Uruguay se desarrolla una importante sección de color rojizo que contiene areniscas y, fundamentalmente, conglomerados que fuera definida nominada por

Lambert (1940) y redefindos por Goso (1965) con el nombre de **Formación Salto** y que es equivalente a la **Formación Salto Chico** determinada por Gentili y Rimoldi (1979). Esta representa una acumulación fluvial dejada por el antiguo Río Uruguay tanto sobre las costas brasileño-uruguayas como en las de Argentina.

Por último, y para considerar las similitudes uruguayas con las mesopotámicas, debe señalarse que en la cuenca del Queguay se desarrolla un paquete de arcillas con yeso a las que originalmente Lambert (1940) llamara "arcillas yesíferas de Bellaco" y que posteriormente fueron nominadas como **Formación Bellaco**. Esta unidad, en un sentido muy amplio, posiblemente sea equiparable a la Formación Hernandarias, tanto en lo que respecta a su origen como a su posición temporal en el Pleistoceno.

Los sedimentos del "mar Querandí" están representados por arenas con intercalaciones limo-arcillosas y material volcánico, siendo observables sobre la costa del Río Uruguay hasta la zona de Fray Bentos. Para Bossi (1966) estos niveles pueden ser identificados con el nombre de **Formación Villa Soriano**, los que serían equivalentes a la **Formación Isla Talavera** del Delta entrerriano.

Sinopsis Estratigráfica de la Mesopotamia

Generalidades

La descripción geológica de una región se inicia en la identificación de los componentes rocosos o formaciones sedimentarias que la integran. Para ello es conveniente hacer el relato, siguiendo un esquema clásico, a partir de aquellas unidades más antiguas para llegar al final a las más modernas. Es obvio, como ya se mencionó anteriormente, que el volumen de información editada e inédita que hay sobre la Mesopotamia no solo es abundante sino también tiene el desarrollo de conceptos, a veces contradictorios, acerca del significado de las unidades estratigráficas que componen la columna geológica regional.

No está demás insistir que para conocer la geología mesopotámica es necesario ahondar en el conocimiento de lo que ocurre en los territorios lindantes de Paraguay, Brasil y, fundamentalmente, de Uruguay. Ello es porque los terrenos que allí afloran y constituyen el subsuelo de las provincias de Entre Ríos, Corrientes y Misiones; y forman parte de la evolución geológica del área más estable del continente sudamericano como es la acá descrita y que fue parte constitutiva del gran continente de Gondwana desde tiempos proterozoicos.

Es por ello que lo primero que pondremos a la vista es el cuadro estratigráfico regional en el cual se indican las formaciones geológicas de subsuelo y aflorantes en la Mesopotamia como asimismo su correlación en el marco regional.

Proterozoico

Generalidades

El término Eón Proterozoico (**Protero**= primitiva; **zoico**= organismos, o sea **época de los organismos primitivos**) se utiliza para definir el espacio del tiempo geológico que va entre los 2.500 y 542 millones de años correspondiendo con aquel en que la vida comienza a diversificarse en los mares a partir de organismos de estructura primitiva, unicelular, hasta aquellos multicelulares que no disponían de elementos esqueléticos y que caracterizaron al Período Ediacarano (Entre 630 y 542 millones de años).

Durante este tiempo se verificaron acontecimientos tales como el desarrollo de corrientes marinas desde zonas polares a ecuatoriales, grandes depósitos de carbonatos en las plataformas continentales donde comenzó a prosperar la vida y también procesos de englazamiento que en algún tiempo prácticamente llegaron a cubrir el planeta. Esto ocurrió especialmente hacia fines del Proterozoico durante el llamado Período Cryogeniano cuya duración estuvo entre los 850 y 650 millones de años.

Distribución

Si bien en sentido estricto la isla de Martín García no forma parte de la Mesopotamia, vale la pena referirse a ella en cuanto representa un punto de interés vinculado con la evolución geológica del estuario del Río de La Plata, especialmente con lo ocurrido en el sur de la provincia de Entre Ríos durante el Cuaternario.

Sin perjuicio de ello vale la pena destacar que la isla tiene una superficie aproximada de 168 hectáreas y su altura máxima es del orden de 25 metros sobre el nivel del río. Allí afloran principalmente anfibolitas a las que acompañan gneises, piroxenitas y esquistos parcialmente inyectados por filones graníticos. Estas rocas metamórficas forman parte de dos ciclos metamórfico-deformativos: uno ocurrido entre 2.085-2050 Ma. y otro entre 1.870-1.600. Dalla Salda (1981) denomina a estas rocas con el nombre de Complejo Martín García.

Las rocas ígneo-metamórficas precedentemente señaladas deben relacionarse con aquellas que en el oeste de Uruguay forman parte del denominado "**Terreno Piedra Alta**" o también "**Dominio Occidental**" cuya antigüedad es referida al Proterozoico inferior (Bossi et al. 1993). Estas no solo afloran en el sudoeste uruguayo integrando los cinturones "**San José**", "**Andresito**" y el "**Bloque la Florida**" cuyas rocas forman parte de los afloramientos de Martín García y de la región de Carmelo y también fueron detectadas en perforaciones profundas en Salto (filitas) y San Jacinto (gneises), (Padula, 1972, Bossi et al 1998). Dataciones radiométricas hechas sobre estas rocas indican que su consolidación ocurrió entre 1.900 y 2.200 M.a. (Bossi et al, 1998; Preciozzi et al, 1999, Peel y Preciozzi, 2006, Masquellín, 2006).

Paleozoico

Generalidades

La Era Paleozoica (**Paleo**= antiguo; **zoica** =organismo; o sea **Era de los organismos antiguos**) incluye el lapso de tiempo que va desde los 542 y 251 millones de años. En la bibliografía antigua se pensaba que fue el momento en el que los organismos aparecieron

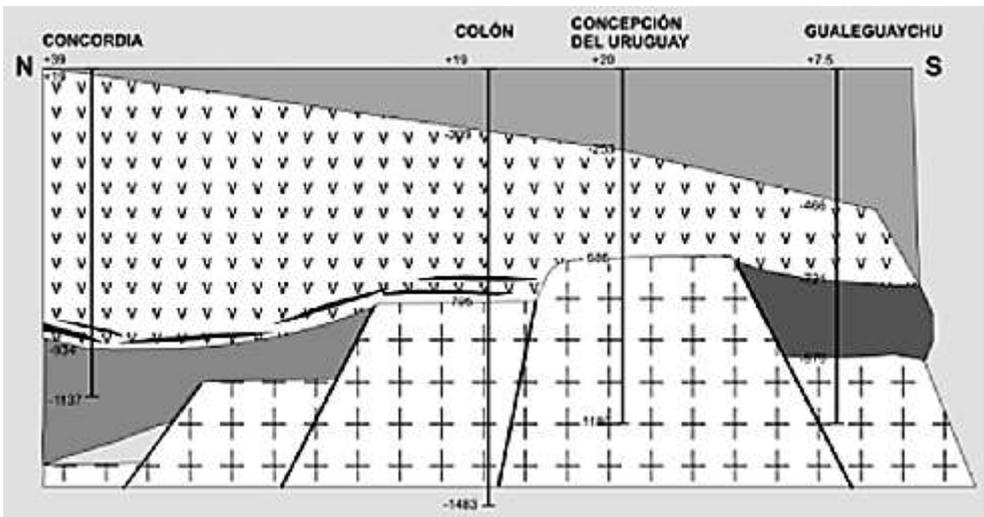


Figura 26: Sección estratigráfica Gualeguaychú –Concordia con indicación del subsuelo basado en datos de perforaciones. Posición del Horst Colón-Concepción del Uruguay. Cruces: rocas graníticas; V basalto de Formación Serra Peral. (Según Pesce 2000).

en el planeta debido al abundante registro que dejaron impreso, como fósiles, en las rocas sedimentarias. Los posteriores estudios comprobaron que la vida había comenzado mucho antes y que la abundancia de registros a partir del Paleozoico se debió a varios motivos como ser a que gran parte de ellos logró estructuras esqueléticas y haber ocupado todos los ambientes marinos

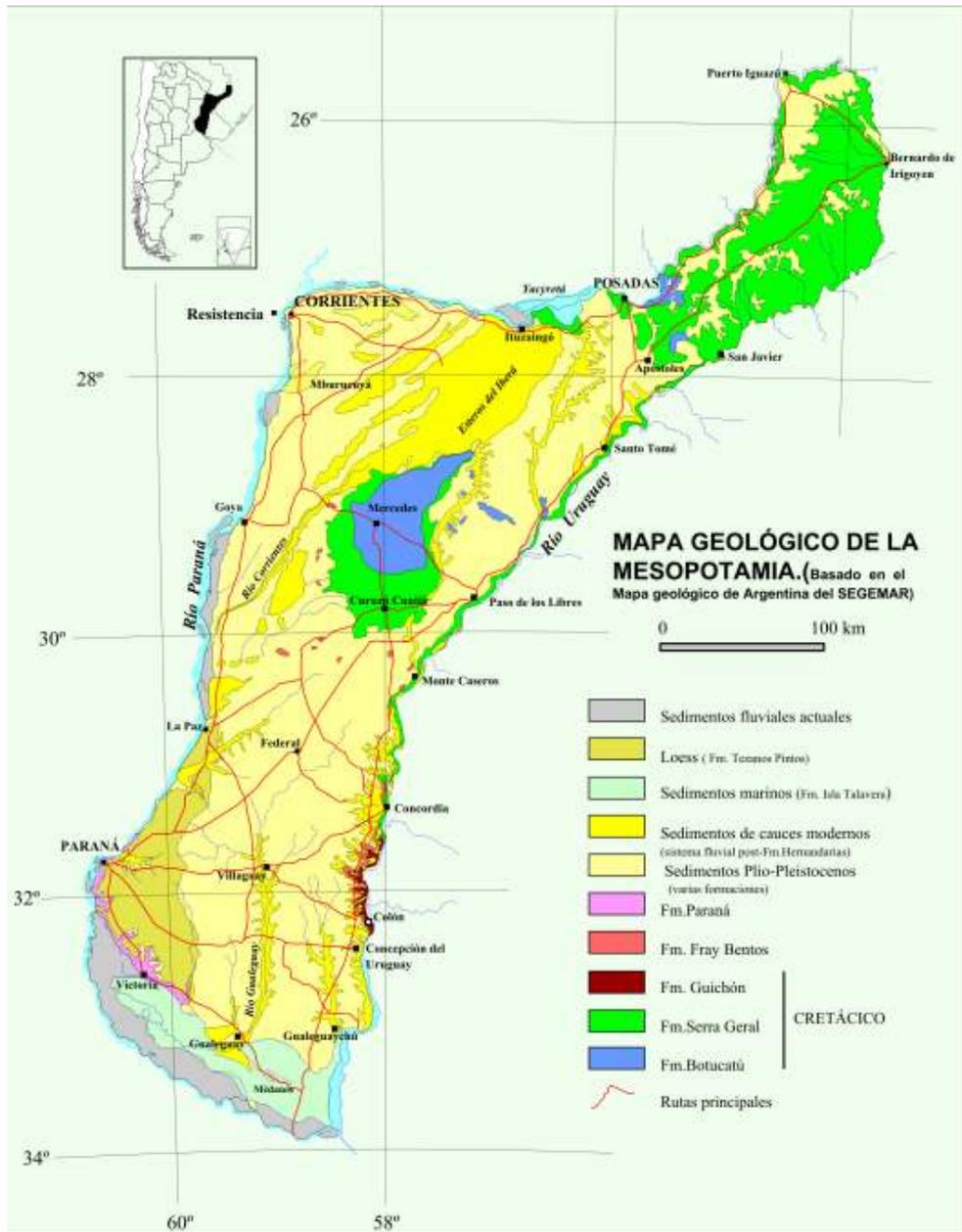


Figura 27: Mapa geológico de la Mesopotamia (Basado en mapa geológico de Argentina del SEGEMAR y modificaciones propias)

y continentales. A la Era Paleozoica se la subdivide en los períodos o sistemas: Cámbrico, Ordovícico, Silúrico, Devónico, Carbonífero y Pérmico.

En los períodos más antiguos el registro fósil más abundante está vinculado con sedimentos de origen marino, principalmente invertebrados. El registro de los primitivos vertebrados se inicia en el período Ordovícico, como asimismo de las formas más primitivas de vegetales continentales. En el Devónico, y principalmente en el Carbonífero, se expandió rápidamente la flora continental facilitando la aparición de numerosos organismos (vertebrados, insectos, etc) que ocuparon la totalidad de los espacios disponibles tanto en superficie como en el aire.

Por otra parte el fraccionamiento de los supercontinentes proterozoicos (Rodinia y Panotia) permitieron un nuevo agrupamiento de Sudamérica con África, Antártida, Australia/Nueva Zelanda e India en otro que se conoce con el nombre de Gondwana cuyas características geológicas y relaciones de flora y fauna se mantienen desde el Paleozoico hasta la Era Cenozoica. La ruptura de este supercontinente tuvo inicios en el período Jurásico con la separación de India y África de Sudamérica y culmina en el Terciario inferior cuando se rompe la conexión que esta última tenía con Antártida y Australia.

Las secuencia sedimentaria más antigua

Hasta el presente hay escasa evidencia directa sobre la presencia de rocas paleozoicas en la Mesopotamia, aunque se sabe de su existencia teniendo en cuenta datos de la geología regional y resultados de exploración de subsuelo con métodos geofísicos.

Esta surge de tareas de exploración que se llevaron a cabo en la década del 1960 por parte de geólogos de YPF quienes sumaron al conocimiento la información resultante del estudio de testigos de varias perforaciones profundas llevadas a cabo en Pampasia y en la provincia de Entre Ríos, como asimismo los resultados que se obtuvieron de líneas sísmicas que pusieron de manifiesto que en el subsuelo mesopotámico existe una importante sección estratigráfica de edad paleozoica.

Estudios posteriores, también realizados por empresas petroleras destacan la posibilidad que los espesores sedimentarios totales (Eopaleozoico/Mesozoico) en la región pueden variar entre 2000 y 4500 metros en el centro y oeste de Entre Ríos (Pezzi y Mozetic, 1989)

Compaginando estos datos con los que ofrece la geología de superficie en Paraguay, Brasil y Uruguay ha podido reconstruirse el marco estructural profundo de toda la región. Así por ejemplo se delineó la posible extensión del llamado "Arco de Asunción", de rocas del Paleozoico inferior, en el subsuelo de la provincia de Corrientes como también aquellos elementos de igual o mayor antigüedad que sirvieron para delimitar la extensión de la llamada "Cuenca de Paraná" o "Cuenca Chaco Paranense" a partir del Paleozoico superior.

Se destaca que ya Padula y Mingramm (1968, 1972, 1979) han señalado que el sustrato más antiguo del ámbito mesopotámico estuvo dado, al este, por el basamento precámbrico de Uruguay; al sur por el llamado "**umbral de Martín García**", mientras que en el norte participaba de éste el llamado "**Arco de Asunción**". Fuera de la región, en el área pampásica, se habría ubicado el "**Alto de Charata**", "**Dorsal de Charata**" o "**Ramal Cordobés Oriental-Charata**". De alguna manera estos altos estructurales profundos sirvieron para delimitar, en parte, la antigua extensión de la cuenca Chaco-paranense.

Es posible que con posterioridad a los movimientos del Ordovícico superior-Silúrico inferior (**Oclóyicos**) haya existido una homogeneización de cuenca entre la región sur de Brasil y el área pampásica de Argentina dando lugar a la depositación de la **Formación Furnas** caracterizada por ser una secuencia siliciclástica de plataforma con afloramientos que tienen fósiles comunes entre Argentina, Uruguay, Brasil y Paraguay (Aceñolaza en Aceñolaza y Baldis, 1987; Aceñolaza y Ciguel, 1987).



Figura 28: Esquema paleogeográfico con indicación de cuenca copaleozoica de Pampasia y su penetración en el subsuelo de la Mesopotamia. Los valores que acompañan las curvas corresponden a espesor sedimentario (isopacas); según Padula (1969)



Figura 29: Esquema paleogeográfico con indicación cuencas Meso-Neopaleozoicas y señalando curvas de igual espesor sedimentario (isopacas), según Padula (1969) modificado.

Sobre ésta, en territorio brasileño aledaño a Misiones, se depositaron los sedimentos marinos arenosos y arcillosos, parcialmente bituminosos, de la Formación Ponta Grossa cuya extensión hacia el oeste y por debajo del basalto en Misiones aún no se conoce. Asimismo, y teniendo en cuenta afloramientos paraguayos que constituyen la extensión occidental de la cuenca se estima que los componentes de ambas formaciones, Furnas y Ponta Grossa, constituyen parte del subsuelo misionero (França et al, 1998)

Teniendo en consideración datos como los mencionados y los resultantes de trabajos hechos en Paraguay (Harrington, 1950; Putzer, 1962) hay autores que, como Zalan et al (1990) infieren que por debajo de la cobertura del basalto mesozoico existe una espesa columna sedimentaria que involucra todo el Paleozoico.

En esa idea Fernández Garrasino (1996) sostiene como posible que la cuenca de Paraná en el noreste de Misiones desarrolle una columna estratigráfica paleozoica de unos 3.000 metros de espesor, que disminuiría al sudoeste donde estos valores serían de alrededor de 2.100 metros de potencia. Esta columna involucraría no sólo el basamento Siluro-devónico compuesto por las formaciones Furnas y Ponta Grossa; sino también rocas de las neopaleozoicas que afloran en territorio brasileño (formaciones **Río Bonito, Palermo, Iratí, Serra Alta, Teresinha y Rio do Rasto**) y sus equivalentes paraguayas (**Cabacua, Tapytá, Tacuarí, y San Miguel**).

Lo precedentemente reseñado, como se dijo, es fruto de datos indirectos que abren posibilidades a futuros proyectos exploratorios, máxime teniendo en cuenta que las secuencias prebasálticas, como la **Formación Iratí** del Pérmico (Tartariano) en el Estado de Sao Paulo (Brasil) han registrado niveles con presencia de hidrocarburos.

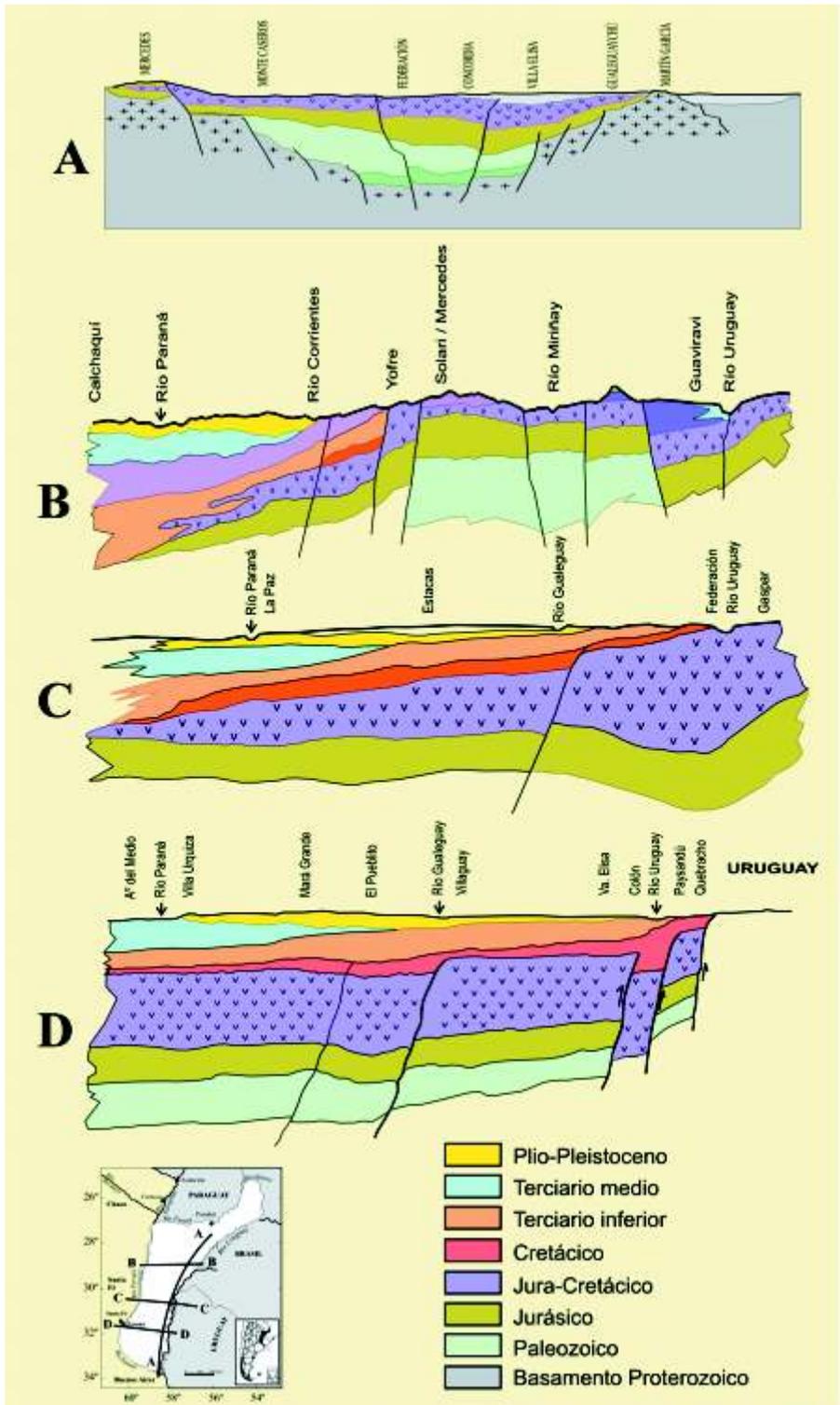
Esta unidad es portadora de arcilitas bituminosas que contienen algo más del 23 wt % de carbono orgánico (França et al, 1998).

Solo la perforación hecha en la zona de El Pueblito, departamento Nogoyá (Entre Ríos) por YPF, hace algo más de 50 años, permitió conocer que por debajo del basalto de Serra Geral y las areniscas de Botucatu (= Formación Tacuarembó) existe una sección siliciclástica intercalada con diabasas que puede correlacionarse con estratos neopaleozoicos de Uruguay y de la Pampasia. Son dos niveles uno de areniscas micáceas muy finas ubicadas entre 2.050- 2.020 mbbp. y otro entre 1.940-1.860 mbbp de limolitas carbonáticas, finamente bandeadas y de color grisáceo que, para Fernández Garrasino (1990), podrían equipararse con las Formaciones Melo y Yaguarí de Uruguay.

Ahora bien si se consideran los datos de exploración geofísica y perforaciones profundas desarrollados en el oeste de Uruguay se observa que las isopacas (representan espesores) de las formaciones neopaleozoicas (**San Gregorio, Tres Islas, Melo y Yaguarí**) penetran en territorio mesopotámico (Entre Ríos y sur de Corrientes) (Ferrando y Montaña, 1988). Ello implicaría la posibilidad de la existencia de una importante columna estratigráfica paleozoica en la franja de terreno entre la perforación de Nogoyá y el sur de la "meseta" de Mercedes.

Deben también tenerse en cuenta los resultados de perforaciones profundas hechas por YPF en las provincias de Santa Fe, Santiago del Estero y el Chaco que reconocieron la posible continuidad de las unidades neopaleozoicas del subsuelo pampásico al mesopotámico. En ese sentido Padula y Mingramm (1968, 1969) marcan la continuidad de la **Formación Sachayoj** (Carbonífero superior) en el oeste de Entre Ríos hasta el pozo Nogoyá 1. En cambio interpretan que la **Formación Charata** (Carbonífero-Pérmico), que se le sobrepone debería tener una representación geográfica mayor, engranando con las rocas de las formaciones Tres Islas y San Gregorio de Uruguay.

En el mismo marco de distribución regional hay que tener en cuenta que la Formación Chacabuco cuya relación regional podría darse con la Formación Yaguarí de



PERFILES ESTRATIGRAFICOS DEMOSTRATIVOS DEL SUBSUELO MESOPOTAMICO

Uruguay (Padula y Mingramm, 1968,1969) Se destaca que esta secuencia neopaleozoica del subsuelo está representado por arcilitas de color castaño oscuro y grisáceas en la base (Sachayoj) , hacia arriba por sedimentos glaciales y fluvio-glaciales de grano fino e intercalaciones de tillitas (Charata) y arcillas grises y limolitas bituminosas post-glaciales (Chacabuco).

Mesozoico

Generalidades

En la escala del tiempo geológico el Mesozoico está integrado, de más antiguo a más joven, por los períodos Triásico, Jurásico y Cretácico. El inicio de esta Era ocurre en la base del Triásico, hace 251 millones de años y finaliza en el techo hace 65 millones de años.

En general fue un momento del tiempo donde las condiciones climáticas planetarias fueron relativamente cálidas con mares de plataforma donde fue importante la depositación de bancos de carbonatos. En lo que respecta a la fauna fósil se destaca que en los mares hubo abundancia de amonites, moluscos de conchillas normalmente espiraladas, y en los continentes dominaron en cantidad y variedad de especies, los dinosaurios. También, entre los grupos que comenzaron a tener presencia en esta Era están los mamíferos y particularmente las aves.

La flora que se desarrolló en los continentes, en los primeros tiempos tuvieron mayor presencia las Pteridospermas, mientras que hacia el final de esta Era aparecieron las plantas con flores o Fanerógamas.

Otro detalle importante radica en que es la época en que se inicia la disgregación del antiguo continente Gondwana. El movimiento de las placas de la corteza terrestre implicó que Sudamérica comienza a separarse de África y Antártida y a generarse el Océano Atlántico entre ambos continentes. También a que en el borde occidental de Sudamérica se conformaran las cuencas marinas que albergaron los sedimentos que hacia el final del Cretácico dieron lugar a la cordillera andina.

Durante la Era Mesozoica la Pampasia y Mesopotamia acumularon sedimentos continentales y eruptivas basálticas que señalan los momentos de fracturación continental que ocurría contemporáneamente con la formación del Océano Atlántico. Muchas de las rocas resultantes tienen expresión de superficie en Misiones y partes de Corrientes; mientras que el resto sólo ha sido localizada mediante perforaciones o determinada por estudios geofísicos llevados a cabo con motivos de exploración petrolera o hidrogeológica.

Las rocas Triásico-jurásicas pre-basálticas

Como ya se ha mencionado precedentemente son escasos los datos que, con precisión, puedan definir las formaciones geológicas que se encuentran por debajo de la capa de basalto cretácica. De todas maneras distintos autores han supuesto la presencia de distintas unidades estratigráficas cuya expresión de superficie, en muchos casos, ocurre en territorio de Uruguay y Brasil.

No hay indicios claros acerca de la posibilidad de la presencia de estratos del Triásico equivalentes a la Formación Buena Vista en el subsuelo de la Mesopotamia tal como se los reconoce en la región central del estado brasileño de Río Grande do Sul.

Fundamentalmente ello se debe a que las perforaciones más profundas realizadas en esta región, a excepción de la de Nogoyá, generalmente terminan al alcanzar determinados nive-

les sedimentario/volcánico del Jurásico/Cretácico. De todos modos, como veremos, en la base de la Formación Botucatu en Nogoyá se recogieron restos fósiles de conchostacos cuyo rango cronológico puede incluir el Triásico superior (Herbst y Zabert, 1990).

De igual manera hay autores que describen partes de la sucesión estratigráfica atribuyéndola equivalente a otras unidades uruguayo-brasileñas. Ello, por ejemplo, hacen Silva Busso y Fernández Garrasino (2004) al describir la sección estratigráfica obtenida en el pozo Gualaguaychú 1 y en Federación y Concordia por debajo del basalto Serra Geral. Allí se localizaron areniscas claras, amarillentas o rojizas de grano medio a muy fino, pulidos, subredondeados con clastos de arcilla con estratificación paralela, a la que identifican con el nombre de Formación Piramboia (?). Originalmente esta unidad se reconoce en Brasil como "Camadas Piramboia" que habían sido originalmente descritas por Washburne (1930) y que aún hoy las interpretan como las facies fluviales del Triásico que constituyen la base de la Formación Botucatu.

En ese sentido, en muchos casos se la ha diferenciado como integrante de esta última unidad y en otros, especialmente al tratar aspectos de la porosidad del llamado Acuífero Guaraní se ha convenido mantener este nombre diferenciándolo de la Formación Botucatu (Silva Busso y Fernández Garrasino, 2004, Dapeña et al, 2006). Para estos autores, tomando en cuenta las curvas de emisión natural de rayos gamma en Gualaguaychú 1, por sobre el basamento cristalino y debajo del basalto, entre 737 mbbp y 983 mbbp se encuentran areniscas y pelitas que estiman podrían equipararse a esta unidad

En el pozo de Federación 1, también usando el método de rayos gamma, se identificó una sección de 72 metros, entre 1188 mbbp y 1260 mbbp, de areniscas muy finas con intercalación de limos con cemento carbonático y ferruginoso que subyacen a la Formación Botucatu. También ello ocurre en el pozo Concordia 1 donde la sección atribuida a esta unidad está por debajo de los 1170 mbbp.

El Pozo de El Pueblito, Nogoyá, por debajo de lo que se asigna a la Formación Botucatu hay areniscas gris claras y blanquecinas con niveles limosos intercalados y arcillas oscuras en una profundidad que va entre 1850 y 1942 mbbp los que se asignan al Pérmico inferior (Fernández Garrasino, 1989)

No se han encontrado restos fósiles en las perforaciones descritas, aunque por su posición estratigráfica inferior a la Formación Botucatu, se le asigna a esta una antigüedad que va entre el Ladiniano-Jurásico s.l. (Silva Busso y Fernández Garrasino, 2004). Debe señalarse que en el pozo Nogoyá, Herbst y Zabert (1990) señalan la existencia de ostrácodos que se asignaron al Triásico superior-Jurásico en testigos de una profundidad 1850 mbbp y 1942 mbbp, dato aparentemente contradictorio con el que ofrece la datación K/Ar del basalto que le infrayace entre 1942 mbbp y 2052-54 mbbp que tiene una datación de 141 Ma, que correspondería al Cretácico inferior.

Aún no está plenamente comprobado que las rocas del subsuelo del este de Entre Ríos pertenezcan a la Formación Piramboia. La interpretación, como se dijo, surge de sondeos según el método de rayos gamma que determina alguna diferencia con lo que se considera la Formación Botucatu. Ambas, según dichos autores integran el "**Acuífero Guaraní**" correspondiendo lo que se describe como Formación Piramboia a los niveles inferiores del mismo. Si bien se considera poseedora de una porosidad menor que la que se le superpone, se cree que también es posible que brinde un moderado caudal de agua termal (Silva Busso, 1999; Silva Busso y Fernández Garrasino 2004, Dapeña, et al 2006).

En cambio para Pesce (2002) ellas pertenecerían al Paleozoico superior, siendo equivalentes a las formaciones del Pérmico de Uruguay. Es obvio que la presencia de esta unidad en el subsuelo de Entre Ríos hasta hoy es altamente especulativa ya que no se tiene una mayor o

más contundente evidencia que la que resulta la de la posición estratigráfica subyacente al basalto Serra Geral.

Jurásico superior/Cretácico

A partir de este punto se estudiará la sucesión estratigráfica teniendo en cuenta la relación de las capas que la componen, en primer lugar, con el basalto cretácico y luego por las características visibles en sus afloramientos o aquellas que provienen de las perforaciones que las registran.

Formación Botucatu (Gonzaga de Campos, 1889)

Sinónimos: Se consideran términos equivalentes: Horizontes inferior y superior de la Serie Saobentina (Bonarelli y Longobardi, 1929); Formación San Cristóbal y Formación Tacuarembó (Padula y Mingramm, 1968); Areniscas de Misiones (Harrington 1950) Formación Misiones (Putzer,1962); Formación Solari; Miembro Solari (Herbst, 1971); Formación Curuzú Cuatiá, Miembro Solari (Gentili y Rimoldi, 1976, Tchilingurian, et al. 2005); Formación Tacuarembó (partim) y Formación Arapey (partim) (Uruguay).



Figura31: Espesores totales sedimentarios con indicación de isopacas (igual espesor), según Pezzi et al, (1989)

Antecedentes: El nombre de esta unidad estratigráfica hace referencia a la Sierra de Botucatu, en el Estado de Sao Paulo, Brasil; con localidad tipo en las coordenadas geográficas de 22° 53' sur y 48° 25' oeste. El nombre fue establecido por Gonzaga de Campos (1889) quien la reconoce como "Grés de Botucatu" y describe como "areniscas con estratificación cruzada de gran porte subyacentes o intercaladas a los derrames de lavas básicas en el estado de Sao Paulo". Se señala que la sección tipo de esta unidad se describe en la vía ferroviaria que une las ciudades de Concha y Botucatu. Se señala que el espesor es de 130 m, visible donde la Rodovia Castelo Branco corta la Sierra de Botucatu, entre los kilómetros 232,2 y 238.

Definición: Este nombre, con área tipo en diferentes estados del sur de Brasil, se utiliza para definir a un importante espesor de areniscas rojas, rosadas y amarillentas bien seleccionadas que subyacen, se intercalan y sobreponen a diferentes niveles del basalto Jurásico-Cretácico. En Brasil se menciona que hay un miembro inferior compuesta por sedimentos fluvio lacustres (Miembro Caturrita); mientras que la superior está integrado por areniscas eólicas (Botucatu s.str.). Se apoya en discordancia sobre la Formación Rosario do Sul en Rio Grande do Sul y en Santa Catharina y Paraná, sobre la Formación Rio do Rasto. Esta formación es equivalente a la que en la literatura geológica de Argentina se la reconoce con el nombre de Formación Solari y, parcialmente, en Uruguay con el de Formación Tacuarembó.

Litología y distribución: Estas areniscas se encuentran aflorando intercaladas al basalto en la zona de San Ignacio en Misiones y en la cuenca del Río Uruguay en algunos sectores hasta la zona de Concordia (Entre Ríos). También se las reconoce en las diferentes perforaciones profundas que principalmente se han ejecutado en la provincia de Entre Ríos para la obtención de aguas termales. A esta unidad, en términos hidrogeológicos, se la conoce como "Acuífero Guaraní" siendo el principal reservorio de aguas hoy requeridas en los proyectos termales que se desarrollan en las provincias de Entre Ríos y Corrientes.

Los afloramientos de esta unidad en Argentina están representados por areniscas cuarzosas a cuarzo-feldespáticas de granulometría bastante homogénea en cuanto al tamaño de sus términos que van de fino a medio. El tamaño que va de sábulo a grava es subordinado. La estratificación dominante es de tipo diagonal en paquetes que llegan a alcanzar 1,50 a 2,0 metros. El carácter dunario es posible observarlo especialmente donde se encuentran los bancos con estratificación diagonal mientras que donde abunda la estructura planar ésta da lugar al desarrollo de una estructura "lajosa" que es aprovechada como piedra de construcción. En general el color es variable entre amarillento a rojo aunque también lo hay grisáceo. Suelen intercalarse bancos arcillosos y limolíticos cuyo color varía desde el violeta y rojizo hasta verde oliva.

En el caso de las intercalaciones en el basalto de Serra Geral generalmente se observan fenómenos de coacción dando lugar a una cuarcita de color algo más oscuro y de fractura conoidal. Este tipo de fractura también se presenta en los niveles que aparecen silicificados. En los afloramientos del sur de Brasil se reconocen tres asociaciones faciologicas: Una inferior compuesta por areniscas gruesas que se encuentran en lentes discontinuas, al que se le sobreponen las facies de estratificación diagonal correspondiendo a dunas simples a localmente compuestas y culmina con estratificación de dunas lineares, complejas (Scherer, et al. 2000).

Afloramientos en Misiones: El mayor espesor reconocido en San Ignacio, Misiones, es del orden de 180 metros incluyendo datos de perforaciones (Tchilingurian et al, 2005). Durante la exploración del subsuelo de la zona de Corpus se hicieron una serie de sondeos exploratorios en el eje del proyecto (Isla Pindo-í) lo que permitió apreciar que los mayores espesores de estas are-

niscas se encuentran en el sector paraguayo detectándose una columna no inferior a 70 metros que incluye algunas intercalaciones de basalto. En la costa argentina, en un espesor medido hasta fondo de pozo es de unos 50 metros de areniscas se localizan no menos de 9 de delgadas intercalaciones de basalto. En cambio en las perforaciones de Punta Ingá y Puerto Doce, poco más al noreste, el basalto disminuye en su frecuencia y las areniscas suelen tener intercalaciones arenosas y limosas. En general son areniscas cuarzosas de color gris a pardo rojiza o morada, bien estratificadas (Secretaría de Recursos Hídricos-DIGID, 1973).

En perforaciones hechas en la zona de Itacurubi, aguas abajo de Corpus, las perforaciones señalaron que la secuencia arenosa roja, rosada y a veces blanquecina tiene una continuidad de hasta no menos de 50 metros de profundidad.

Una perforación ejecutada en Oberá reconoció la presencia de las areniscas de Botucatu entre los 1060 y 1213 metros de profundidad; otra recientemente realizada en Cerro Azul las encontró entre 438 y 530 metros de profundidad; mientras que el El Dorado, ellas se encuentran entre 445 y 628 metros (Mársico, com. personal).

En perforaciones realizadas en la ciudad de Posadas, Zaiman y Azara se detectaron algunos pocos niveles de areniscas rojas, de poco espesor, intercaladas al basalto en distintas profundidades (Hausen, 1919); mientras que una efectuada hace poco tiempo en dicha ciudad logró detectar la presencia de estas areniscas entre 445 y 628 metros de profundidad (Mársico (com. personal)).

Afloramientos en Corrientes: En la región centro-oriental de la provincia se exponen diversos y discontinuos afloramientos de areniscas y cuarcitas, masivas de grano fino y cemento silíceo que configuran elevaciones de baja altura en la zona de Loma Alta, Ea. Dos Hermanos, Ea. Santa Isabel y al sur de Alem Cue. Son notables los de la zona de Tres Cerros, al oeste de La Cruz, donde adquieren una morfología serrana de orientación SE-NW. Ellos constituyen los cerros Capara, Pelón y Nazareno cuya cota mayor en éste último llega a 178 m.s.n.m.. Allí la secuencia es de unos 90 metros de espesor, buza al nor-noreste y se caracteriza, en la base, por areniscas rojas y rosadas que hacia el techo pasan a cuarcitas rojas y amarillentas (Hausen 1919; Herbst y Santa Cruz, 1999). En una perforación realizada en Yapeyú, esta arenisca tiene 447 metros de espesor (Mársico, com.personal)

En la Hoja Pozo Cuadrado (Comando de Ingenieros del Ejército) y particularmente en la intersección de las rutas provinciales 114 y 40 las lomadas están constituidas por areniscas finas anaranjadas y rojizas con estratificación diagonal y leve buzamiento al norte. También hay asomos similares en las estancias San Dionisio, Itacurubi, San José, San Severo, puesto Caragatá-Cué, Pto. Isla y Pto. Moulin. Estos sobre el Río Miriñay. Hay otro afloramiento al SW e inmediaciones de San Gabriel, también cerca de ruta 114.

Sobre el Río Aguapey, al noreste de Yurucú hay una serie de pequeños afloramientos de areniscas rojizas y moradas que son afectadas por los basaltos en el Paso Margaraty, Ea. Las Mercedes y al sur de Ea. Santa Juana. Más al sur, en la zona de Alvear, sobre ruta nacional 14, hay un par de afloramientos de areniscas color ladrillo, de grano fino bien estratificadas, presentando sectores con estratificación diagonal. Areniscas rojas o pardo-rojizas que son intruídas por basalto se encuentran en la zona de Arroyo Irupé.

La sucesión de areniscas rojas se observa con gran continuidad al oeste de Paso Rosario sobre ruta nacional 123 desde el kilómetro 167 hasta la zona de Mercedes. En general son areniscas rosadas a rojas, de grano fino, parcialmente silicificadas y buzantes al NNE con valores entre 20° y 30°. También en Mercedes, en la ruta a Itá Pucú, los afloramientos tienen las mismas características y adoptan igual posición estructural.

Las areniscas que bordean la margen derecha del Miriñay, frente al Pto Pindó, hasta frente a la desembocadura del arroyo Quiyatí, se encuentran alteradas superficialmente formán-



Figura 32: Zona de Tres Cerros, Corrientes con afloramientos de Formación Botucatu. Esteros Guaviraví

dose grandes ollas, similar a lo que se observa en el Ea Rosario. En el Arroyo Yuquery (Yaguary), las areniscas se encuentran inclinadas 45° al NW y con desniveles de más de dos metros. Al W del Arroyo Sarandí la arenisca está cubierta por suelo vegetal. En los sectores donde predominan las areniscas, los arroyos elaboran cursos de agua de paredes abruptas.

Entre Mercedes y Mariano Loza (Estación Justino Solari), la ruta nacional 119 se desarrolla sobre afloramientos de areniscas en partes silicificadas, de color rojo, amarillento, violado y gris. Hay areniscas cuarcíticas muy duras con estratificación normal o entrecruzada de colores rojo violeta o morados separables en lajas con buzamiento al NO con valores que van desde 20° a 40° . En esta región también hay sectores donde las areniscas buzaban al sur ($29^\circ 22'$ y $58^\circ 11'$).

Al este de Mariano Loza se desarrollaron explotaciones de lajas aprovechando la característica estratificación paralela de la arenisca roja. Esto ocurrió en la zona de Cerro Pajarito (124 m.s.n.m.) donde estuvo la cantera Itá Pucú. También las hubo algo más al norte, en los parajes Zoilo Cue y Latorre Cue.

Perforaciones hechas en Mercedes (Tablada) y Solari señalan la presencia de escasos niveles de basalto, y de poco espesor, que se intercalan a las areniscas y cuarcitas de esta formación (Hausen, 1919).

Afloramientos y datos de perforaciones en Entre Ríos: Los afloramientos de esta formación en el noreste de Entre Ríos son de escasa relevancia y generalmente se encuentran afectados por las coladas de basalto. Ellos han sido considerados en distintos trabajos que se llevaron a cabo en inmediaciones de la ciudad de Concordia destacándose que se las encuentra

desde Salto Grande a la zona de Paso Hervidero al sur de Concordia (Frenguelli, 1939; De Alba y Serra, 1959). Allí el basalto es de color gris oscuro a pardusco y hasta rosado, afanítico, con niveles vesiculares generalmente rellenos de calcita. En esta zona es frecuente que el basalto intruya a la arenisca de la Formación Botucatu, generando fenómenos de cristalización por cocimiento en el contacto. El mayor espesor es del orden de los 300 metros en la zona de Federación (Mársico com. personal)

De allí hacia el sur y oeste solo se encuentra en distintas perforaciones profundas las han detectado intercaladas o por debajo del basalto como son los casos de Nogoyá, El Pueblito Villa Elisa, María Grande, Villaguay y La Paz.

En el caso de la perforación de Nogoyá se asigna a esta unidad a las limonitas y arcilitas de color castaño a rojizo a las que se intercalan areniscas finas grises claras hasta verdosas que se ubican entre 1440 y 1650 mbbp y que hacia abajo, hasta los 1810 mbbp son areniscas medianas y finas, algo limosas de color rojizo o gris rojizo. Debe señalarse que a los 1440 mbbp se ubica el piso del basalto de la Formación Serra Geral.

La perforación de Villa Elisa puso de manifiesto la existencia de areniscas finas de color gris claro finas a muy finas con niveles de limoarcilitas castaños rojizas dispuestas intercaladas a capas basálticas de color gris violáceo entre los 942-1032 metros, terminando el pozo en las areniscas (Benitez, 1997). En cambio el pozo de Villaguay, por debajo del basalto a 1294 mbbp y hasta el fondo del pozo sigue un espesor de 59 metros de areniscas rojizas.

La perforación de La Paz descubre las areniscas rojas entre los 820 y 1001 mbbp que se corresponde con el fondo del pozo; mientras que en María Grande son seis los niveles de arenisca reintercalan al basalto entre 1164 y 1206 mbbp y entre 1302 y 1310 mbbp.

En la perforación desarrollada por YPF en El Pueblito, Nogoyá, se reconoce que debajo del basalto se desarrolla una sucesión de arcilitas, limonitas y areniscas de colores rojizas, castaño, moradas hasta gris verdosas que se atribuyen a esta unidad y cuyo espesor es de unos 370 metros (Fernández Garrasino, 1989)

Edad: Esta unidad presenta algunas dificultades para definir su antigüedad con exactitud en razón a la extensión y variaciones que tienen sus afloramientos. En Brasil se la asigna al Jurásico superior teniendo en cuenta su posición estratigráfica (Schobbenhaus et al, 1984). Para el pozo de Nogoyá Herbst y Zabert (1990) mencionan la presencia de restos fósiles (ostrácodos) que se asignaron al Triásico superior-Jurásico que se encuentran en dos niveles: unos a -1500 y otros en profundidad -1850/1942 metros. En ellos se reconocieron formas de amplio rango, aunque algunas de ellas presentes en el Jurásico-Cretácico de Brasil tales como, *Cypridea* y *Pachecoia*; mientras que otros como *Darwinula* y *Bisulcoocypris* tienen un rango cronológico mayor.

Otros datos para tener en cuenta son los valores que se han obtenido aplicando métodos radimétricos para determinar la antigüedad de los basaltos a las que se intercalan las areniscas de Formación Botucatu en el pozo Nogoyá. Ellos, que fueron estudiados según el método K/Ar, determinaron que su derrame ocurrió en el lapso 141-117 Ma, o sea del Cretácico inferior (Linares y González 1987).

Para autores brasileños, como Scherer et al. (2000) la edad mínima de la Formación Botucatu en el extremo sur de la cuenca de Paraná se corresponde con el inicio del proceso efusivo, lo que sería coincidente con una edad aproximada de 132 Ma, (Eocretácico). De generalizarse este concepto podríamos señalar que nuestros afloramientos pudieran ser más antiguos que los brasileños ya que los datos de fragmentos profundos del basalto en Nogoyá (Entre Ríos), al igual que en la meseta de Mercedes (Corrientes) superan los 140 Ma.

Por último debe señalarse que diversos autores, siguiendo a Almeida (1973), señalan a esta unidad como propia de un gran desierto o "mar de arenas" con dunas eólicas que migraban



Figura 33: Afloramientos de la Formación Botucatu en el Peñón de la Reina Victoria, parque provincial de Teyú-Cuaré, en cercanías de San Ignacio, Misiones.

y que se conservaron al ser recubierto por las coladas basálticas. Estas dunas se habrían formado vinculadas a una circulación de vientos desde el oeste y sudoeste; y dentro de ellas, habrían permitido la existencia de temporarios cursos de agua y lagunas o pantanos efímeros (Schobbenhaus et al 1984, Scherer et al, 2000).

Formación Serra Geral (White, 1908)

Sinónimos: Se consideran términos equivalentes: Serie Saobentina (Bonarelli y Longobardi, 1929); Formación Solari; Miembro Serra Geral (Herbst, 1971); Formación Curuzú Cuatiá, Miembro Posadas (Gentili y Rimoldi, 1976); Formación Alto Paraguay (varios autores en Paraguay); Formación Arapey (varios autores en Uruguay).

Antecedentes: El nombre de "Diabasas de Serra Geral" fue creado por White (1908) quien describe la geología de la Serra Geral, en el estado de Sao Paulo, señalando que son grandes derrames de lavas que hay por sobre el "Gres de Botucatu" con espesores mayores a 600 metros. Con posterioridad Leinz (1949) amplía datos sobre la petrografía y distribución de los basaltos en el sur de Brasil siguiendo la nomenclatura mencionada.

Definición: Con este nombre se designan las rocas productos de un acontecimiento eruptivo basáltico predominantemente toleítico de magnitud regional que llegó a cubrir una superficie de aproximadamente 1.200.000 km² ocupando partes del territorio de Argentina, Brasil, Paraguay y Uruguay.

Litología y distribución: Estos basaltos cubren la mayor parte del territorio de la provincia

de Misiones y tiene importantes afloramientos en la Meseta de Mercedes y sobre el Río Uruguay hasta la zona de Concordia, provincia de Entre Ríos. Asimismo forman parte del sustrato geológico de la región mesopotámica, habiendo sido detectada mediante numerosas perforaciones profundas llevadas a cabo en la provincia de Entre Ríos.

La roca dominante es basalto de tipo toleítico el cual se dispone en forma de coladas, filones capa y diques. En general su color varía entre pardo-rojizo a grisáceo y negro. Tiene abundante labradorita y andesina y algo de feldespato potásico. Muy escaso son la pigeonita que aparece normalmente cloritizada y el olivino que aparece reemplazado por iddingsita. Las coladas normalmente son horizontales y tienen espesor variable entre pocos y varias decenas de metros. En ellas es posible encontrar vesículas y amígdalas que están rellenas de calcedonia, ópalo o cristal de roca (amatista, citrino y rosado) que en ciertos casos tienen un gran tamaño y se explotan como yacimientos de piedras semipreciosas. También hay rellenos de carbonatos, zeolitas y a veces por cobre nativo. Los bancos masivos generalmente están muy diaclasados con sistemas de fractura subhorizontales y subverticales que le dan un aspecto lajoso mientras que cerca de la superficie, y por meteorización, ofrecen un aspecto esférico. Los diques cortan las coladas y tienen un espesor variable entre 1 y 6 metros.

Afloramientos en Misiones: Puede afirmarse que las rocas de esta formación constituyen casi el 90 % del territorio provincial. Estas normalmente se presentan como coladas, aunque hay menciones que también lo hacen como diques que cortan las primeras. En los afloramientos de Cataratas de Iguazú, que se exponen con una altura de casi 70 metros, se menciona la existencia de tres coladas de notable espesor con sus respectivos niveles de vesículas y cavidades.

Si bien no alcanzaron gran profundidad los sondeos con extracción de testigos realizados para la construcción de la presa del Urugua-í, al sur de Cataratas, permitieron detectar entre cuatro y seis coladas en un espesor de 80 metros. Allí el basalto masivo es gris oscuro o rojizo, de grano fino, que en su techo normalmente culmina con niveles amigdaloides generalmente rellenos por material silíceo o carbonático. En sus inmediaciones, en la localidad Wanda, estas amígdalas han desarrollado un tamaño mayor configurando oquedades que en algunos casos se han rellenado con material silíceo como amatista (Selva Irupé y Tierra Colorada) y ágatas (Urugua-í y Santa Catalina), lo que ha permitido su explotación económica. En los yacimientos se reconoce que, en general, se da una secuencia en la superficie alveolar de pequeño tamaño, mientras que las de mayor dimensión se encuentran en los niveles inferiores, llegando tener un diámetro variable entre 30 y 60 centímetros (Brodtkorb, 1999).

Los estudios geológicos llevados a cabo por el Ministerio de Obras y Servicios Públicos (1973) en la zona de San Ignacio-Corpus para una proyectada presa sobre el Río Paraná puso de manifiesto diferentes intercalaciones de los basaltos de Serra Geral en las areniscas Botucatu. Estos se llevaron a cabo mediante sondeos transversales al Río Paraná en posiciones tales como San Ignacio, Puerto Doce, Punta Pitá Ingá e Isla Pindo Í.

El perfil resultante de la perforación en la isla Pindo í y en el subsuelo fluvial puso de manifiesto la existencia de dos importantes coladas, cada una con un paquete alveolar en el techo. Estas se intercalan a la arenisca roja de Botucatu cuyo mayor desarrollo en el subsuelo ocurre hacia territorio paraguayo mientras que hacia la costa argentina se transforma en una sucesión de coladas menores que se intercalan a las areniscas cretácicas. (El perfil de la perforación de isla Pindo í presenta por debajo de los primeros 3 metros de composición limo-arenosa se encuentra 13 metros de la arenisca roja que a su vez se apoya sobre 4 metros de basalto alveolar que hacia abajo es seguido por una colada de 40 metros de espesor de basalto compacto. Por debajo de éste hay unos 4 metros de areniscas rojas que a su vez se apoyan en unos 3 metros de basalto alveolar que se sobreponen a 9 metros de basalto compacto que continuaba hasta el



Figura 34: Afloramientos de la Formación Botucatu en cercanías de Alvear (arriba) y Mariano Loza (abajo) provincia de Corrientes.

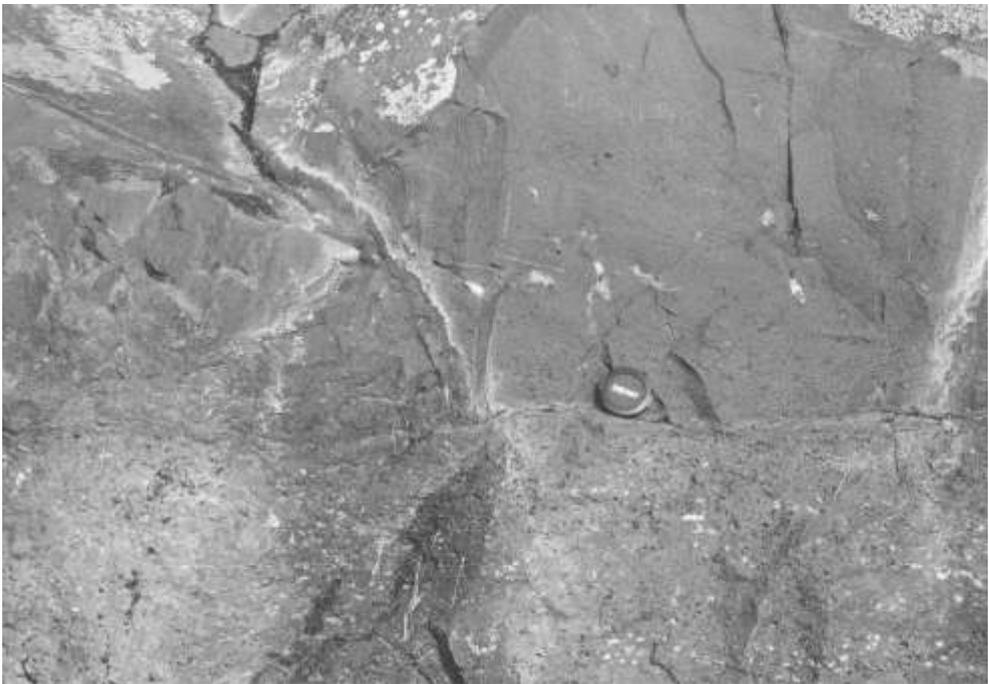
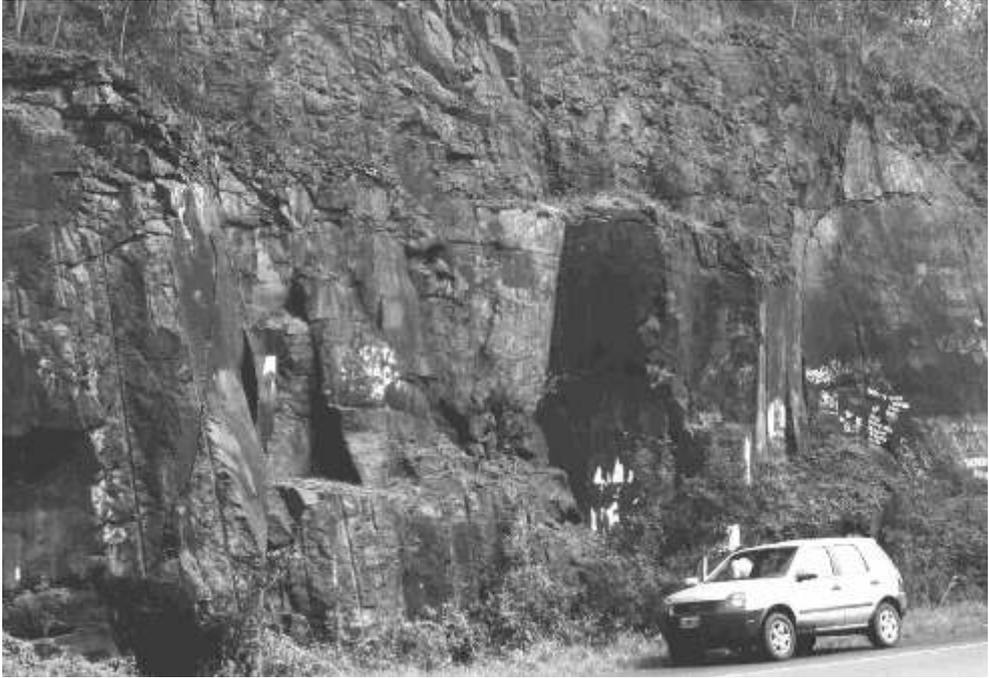


Figura35: Coladas de basalto en ruta nacional 14. Misiones y detalle de dos coladas : en el nivel inferior de características alveolar y el superior masivo.

fondo de la perforación). En cambio sobre la costa argentina las perforaciones allí desarrolladas descubren una serie de coladas menores intercaladas a las areniscas.

Hay otros sectores de la provincia de Misiones donde se contabilizan hasta 11 derrames superpuestos cuyo espesor individual varía entre 3 y 80 metros, lo que hace suponer que el espesor máximo de los derrames superaría los 1.100 metros de espesor (Gentili y Rimoldi, 1979).

La existencia de varias coladas de basalto, algunas de hasta 3 metros de espesor, se encuentran en la ruta provincial nº 2, que va desde San Javier a Panambí. Al igual que en otras localidades, en la base de la colada el basalto es masivo presentando un sistema de diaclasamiento horizontal que posiblemente acompañó el sentido del flujo lávico; mientras que en el techo se vuelve alveolar.

El río Uruguay labra su cauce en el basalto en todo el límite con Brasil, exponiendo sus características en sus barrancas o en las correderas y rápidos que se aprecian en su cauce. Un punto destacable lo constituye el Gran Salto del Moconá donde el río aprovecha una fractura lineal en el basalto de unos 3 kilómetros de largo para generar un muy especial paisaje donde la caída del agua alcanza los 10 metros de altura.

Afloramientos en la provincia de Corrientes: Los basaltos de esta unidad son puestos en evidencia en el curso del Río Aguapey en distintos puntos de su recorrido. Particularmente dicho arroyo en sus nacientes discurre sobre material laterítico (Formación Apóstoles) desarrollado sobre el basalto y configurando el escalón que al este se conecta con los afloramientos de la provincia de Misiones.

Aguas abajo, en la zona de Yurucú se lo observa atravesando niveles arenosos cretácicos en el Paso Margaraty, Ea. Las Mercedes y al sur de la Ea. Santa Juana.

De igual manera acontece con el Río Miriñay que en distintas localidades se observan afloramientos como es en la zona de Paso del Rosario, sobre ruta nacional 123 donde el basalto de color oscuro a violáceo oscuro, con gran cantidad de amígdalas que le dan aspecto escoriáceo. Generalmente estas cavidades se encuentran rellenas de calcita y sílice.

También se lo observa en la zona del arroyo Yaguarí; en el arroyo Curuzú Paso o Montiel donde el basalto se presenta como una masa mas compacta con manchas verdosas, debido a la clorita que rellena las cavidades, a la vez que presenta bolsones de areniscas. En la zona de Arroyo Irupé, al oeste del Paso del Rosario, en algunos sectores se observa como el basalto alveolar afecta las areniscas de la Formación Solari.

Los afloramientos del Río Miriñay son de basalto amigdaloide de color violáceo muy oscuro, fracturado, que en ciertos sectores intruye areniscas cuarcíticas rojas. El arroyo Irupé, en el cruce de Ruta Nacional 126, y sus afluentes Arroyos San Juan e Itá, presentan afloramientos sin relieve pronunciado. De igual manera ocurren los afluentes del Arroyo Curuzú Cuatiá, Capibara, Vizcacha, Perú y Salobre.

Al sur de Paso del Rosario, hay basaltos amigdaloideos, violáceos, con nódulos verde azulados que rellenan las amígdalas y areniscas silíceas pardo-violáceas a pardo rojizas. Se extienden desde el Río Miriñay hasta el borde W de la Hoja, aflorando aisladamente en los valles labrados por los cursos de agua.

En el Río Miriñay, margen derecha, en el Pto. Cejado, el río labra su cauce sobre el basalto que en de estancia Miriñay da lugar escarpas que llegan a tener más de 10 metros. En estancia El Carmen caen hacia el río con desniveles superiores a 10 metros mientras que en la zona de estancia. La Primavera y Paso Ramírez la escarpa de basalto tiene entre 5 y 7 metros.

En la desembocadura del Arroyo El Sauce, afluente del Miriñay, el basalto forma paredes de 10 metros sobre el nivel de las aguas. Los restantes afloramientos sobre el Río Miriñay

da lugar a la formación de restingas y correderas. En la margen derecha del arroyo Yaguary, Puesto Itá existe un afloramiento de basalto en el lugar conocido como El Salto fruto de un desnivel local en el curso de agua.

En la zona de Curuzú Cuatiá el principal afloramiento del basalto ocurre al NNW de la ciudad homónima y en la misma ciudad. Es un basalto compacto de color rojo a violáceo con manchas verdes y aspecto escoriáceo.

Se destaca que muchos de los afloramientos se encuentran los cursos superiores de los arroyos que van hacia el Río Mocoetá o sobre el arroyo María Grande que lleva a la zona de Perugorría. También debe señalarse que en Curuzú Cuatiá se llevó adelante una perforación que alcanzó la profundidad de 334 metros desarrollada totalmente en basalto (Martínez, 1957).

Al este de Mariano Loza el basalto forma parte de los cauces de los principales arroyos y es gris oscuro violado o pardo, masivo o alveolar con amígdalas rellenas de calcita sílice y minerales opacos presentando alteración a un color rojizo o morado

Estudios realizados para el proyecto hidroeléctrico Garabí, en el Río Uruguay (Corrientes), mediante sondeos que alcanzaron unos 80 metros de profundidad permitieron descubrir que hay una sucesión de coladas basálticas, que van entre una y cinco, cada una de las cuales presenta una estructura masiva que hacia el techo se vuelve amigdaloide. En general los basaltos son de color castaño rojizo a gris, densos en el caso de la colada masiva y hay algunos niveles de tipo brechoso (AyE-Electrobras, 1975).

Otra zona con importantes afloramientos se encuentra en la región de Ituzaingó-Yacyretá. Allí, antes de la construcción de la presa existían saltos y correderas desarrolladas en el Río Paraná sobre los basaltos. Hoy, al quedar cubiertos por las aguas de la represa, a los afloramientos se los reconoce por la costa del embalse de Yacyretá entre el Rincón del Salto y el límite con Misiones donde se exponen por los arroyos que tributan al Paraná en Rincón Ombú y Rincón Yacarey

Al sur de Corrientes, en la zona de Pedro Díaz Colodrero, en el arroyo Lobo Cué o Gómez y en las nacientes del arroyo Esterito, afloran basaltos de color morado o gris y hay areniscas rojas compactas que cubren el basalto (IGM, 1944).

En el tramo inferior del Arroyo Yatay, en cercanías a Paso de los Libres y sobre el Río Uruguay hay basaltos de tonalidad rojiza a violácea que se intercalan a las areniscas. También en la zona de Juan Pujol, al sur de Monte Caseros y en las barrancas hay afloramientos de basalto con características similares.

Afloramientos y registros de perforaciones en Entre Ríos: En la provincia de Entre Ríos el basalto constituía el Salto Grande previo a la construcción de la represa del mismo nombre. El Salto Chico en las inmediaciones de la ciudad de Concordia, en Corralito y en Paso Hervidero, en la zona de Puerto Yerúa constituyen correderas y restingas desarrolladas sobre el basalto que se ponen de manifiesto cuando el nivel del Río Uruguay está bajo. El Paso Hervidero es el último punto de afloramientos de esta unidad hacia el sur (Frenguelli, 1927, 1939).

Debe señalarse que la represa de Salto Grande inundó una serie de afloramientos que se sucedían aguas arriba del Río Uruguay, desde lo que fue la antigua ciudad de Federación hasta la zona de Monte Caseros, en Corrientes.

A partir de una serie de perforaciones en busca de aguas termales se atravesó el basalto en distintas localidades de la provincia de Entre Ríos a saber: En Federación el basalto fue localizado pocos metros por debajo de la superficie hasta una profundidad de 870 mbbp, mientras que en Concordia, el piso del basalto está cercano a 970 mbbp (Silva Busso y Fernández Garrasino, 2004).

En Villa Elisa la perforación alcanzó la profundidad de 1032 metros tocando el techo



Figuras 37 : Cascada sobre coladas de basalto, en Profundidad, Sierra del Imán (Arriba) y en cercanías de San Javier, (Abajo), provincia de Misiones.



Figuras 38: Cantera de basalto en Yofre (Arriba) y correderas sobre basalto en Paso Rosario, Río Miriñay (Abajo), Corrientes.

del basalto a los 348mbbp y el piso a 982 mbbp. De allí y hasta el fondo del pozo se da una secuencia de coladas que se intercalan a las areniscas rojas de Formación Botucatuí totalizando, el conjunto, un espesor de 678 metros (Benitez, 1997). A pocos kilómetros, en Colón (Colón 1) se denota un salto de profundidad ya que allí el techo del basalto se tocó a los 228 mbbp, correspondiendo su base con 886 mbbp. Debe señalarse que en ambos hay una notable surgencia natural posiblemente debido a la presión hidrostática resultante de estos desniveles que posiblemente estén relacionados a fracturas profundas ocurridas en tiempos del pre-cenozoico.

Al sur, en Gualeguaychú 1 el techo del basalto está en 473 mbbp y el piso se encuentra en 720 mbbp. (Silva Busso y Fernández Garrasino, 2004); mientras que en el Gualeguaychú 2 el techo está en 450 mbbp y el piso a 635 mbbp (Mársico, com. personal)

La perforación Nogoyá 1 realizada por YPF en los años 60, identifica el techo del basalto a 660 mbbp y el piso a los 1450, con un espesor del orden de los 790 metros. Está constituido por una serie de coladas de basalto oscuro con tonalidades verdosas y moradas, en general es masivo aunque también hay niveles alveolares y tufáceos. El original estudio petrográfico y geocronológico de estas rocas hecho por Cortelezzi y Cazenueve (1967) quienes las caracterizaron como basaltos toleíticos que son asignados al Cretácico inferior.

Otras perforaciones y sondeos realizados en Entre Ríos han permitido determinar que el techo del basalto varía entre 450 mbbp y el piso en 1294 mbbp en Villaguay; el techo cercano a 500 mbbp y el piso en 820 mbbp en La Paz y valores cercanos a los 600 mbbp en María Grande, mientras que allí el piso está en 1376 mbbp. En Villa Urquiza si bien no se realizó perforación los datos que proveyeron los estudios geoelectrónicos son similares a los de María Grande.

En todos estos casos el espesor de la capa basáltica varía, en términos generales, entre 300 metros (La Paz), 750 metros (María Grande) y 850 metros (Villaguay). Debe señalarse que en la mayoría de ellas, hacia la base, se intercalan niveles de areniscas rojas que normalmente disponen de agua cuya temperatura varía entre 37° C y 45° C y que contienen alto contenido salino (ver recursos termales).

En Concepción del Uruguay se realizaron dos perforaciones que definieron que el techo del basalto se encuentra entre 282 y 250 mbbp; mientras que el piso varía entre 886 y 802 mbbp (Mársico, com. personal).

Recientemente un pozo efectuado en Santa Rosa de Calchines, en la margen derecha del Río Paraná, al noreste de la ciudad de Santa Fe se reconoció la presencia del basalto entre 584 mbbp y 1448 mbbp conteniendo una intercalación de areniscas en su base (Mársico, com personal).

Si bien los siguientes datos pertenecen a perforaciones realizadas en Uruguay, por su cercanía a Entre Ríos es bueno considerarlos para tener en cuenta el comportamiento de la efusión en el vecino país y su relación con el subsuelo de esta provincia.

Así por ejemplo a pocos kilómetros al norte de Paysandú, en Pozo Quebracho, una perforación determinó que el basalto tiene su techo a una profundidad cercana a los 100 metros y que se desarrolla con intercalaciones de areniscas y cuarcitas hasta los 478 metros de profundidad.

En la zona de Salto, frente a Concordia, el basalto tiene 995 metros de espesor presentando siempre intercalaciones de areniscas rojas y cuarcitas rojas y gris verdosas; mientras que en Gaspar, al norte de Salto, estas se encuentran desde superficie hasta una profundidad de 518 metros (Padula y Mingramm, 1968).

Edad: Dataciones radimétricas efectuadas sobre estas rocas en Corrientes (Río Aguapey, Ea. El Ombú-Virasoro y Yofre) arrojan una antigüedad de 148 /153 Ma. correspondiendo una edad

Jurásico superior (Linares y González, 1990). En cambio las hechas sobre testigos de la perforación YPF Nogoyá 1, se alcanzaron los basaltos a una profundidad de 748/749 mbbp, se obtuvo 117,40 Ma ; de 1331/ 33 mbbp , 123,70 M.a. y 2.052-2.054 mbbp, se determinó una antigüedad de 141/131 Ma (Linares y González, 1990) lo que corresponde a una antigüedad cretácica inferior..

Observaciones: Haciendo un simple análisis se comprueba que las dataciones obtenidas en la provincia de Corrientes son de una antigüedad mayor que las de Entre Ríos. Lamentablemente el número es muy reducido para sacar conclusiones cronológicas más ajustadas.

Puede destacarse que las que provienen del pozo de Nogoyá tienen una relación más cercana con las dataciones que se han hecho en Uruguay y Brasil en las mismas rocas. Para autores que han investigado esta secuencia magmática en Brasil los derrames basálticos ocurrieron entre 128 Ma y 138 Ma (Stewart et al 1996 y Roisenberg y Viero, 2000). En lo que se denomina la Cuenca Meridional de Brasil, que incluye los estados australes (Rio Grande do Sul y Paraná) se señala que si bien la efusividad es esencialmente básica, hay algunos sectores que esta es de tipo ácida a mesosilícica (ignimbritas, riolitas y andesitas) que en la parte media o superior aparecen interdigitadas con los basaltos. Se señala a la región de Nonoai, cercano al límite con Misiones como uno de los sectores caracterizados por la existencia de vulcanitas ácidas (Roisenberg y Viero, 2000).

También se conoce que los espesores son notablemente inferiores a los que se reconocen en territorio argentino, llegando a los 400 metros de potencia. Una diferencia se da en la región de Presidente Epitasio Pessoa donde se considera que la potencia de las vulcanitas llega a los 1.500 de espesor (Sanford y Lange 1960).

La emisión magmática, como se dijo, cubrió una amplia extensión en Brasil, Paraguay, Uruguay y Argentina y fue fruto de un derrame de corteza profunda a medida que se producía la apertura del Océano Atlántico a partir del período Jurásico.

Estos derrames se produjeron, según Padula y Mingramm, (1968) siguiendo zonas de fracturación dispuestas grandes líneas interfirientes que tuvieron tres direcciones principales a saber: Norte- Sur; Sudeste-Noroeste y Suroeste-Noreste que en definitiva constituyeron las directrices que no solo favorecieron los derrames lávicos sino que conformaron el diseño de las cuencas sedimentarias de Mesopotamia y Pampasia.

Teniendo en cuenta la variación de espesores puede suponerse que las mayores acumulaciones se dieron en los puntos donde se localizaban los centros emisores y que de alguna manera ellos podrían disponer en profundidad de un punto caliente subcortical ("hot spot") que favorecerían la licuefacción de los basaltos que habrían de emerger en toda la región.

Formación Guichón (Lambert, 1939) Bossi, 1966 (= Puerto Yeruá , De Alba y Serra, 1959)

Sinónimos: "Areniscas de Baurú" (Frenguelli, 1927), "Areniscas de Guichón" (Lambert, 1939); "Conglomerado brechoso y areniscas bastas" (Coco, 1951); Formación Puerto Yeruá (De Alba y Serra, 1959); Formación Guichon (Bossi,1966); Formación Yeruá (Herbst, 1971); Formación Guichón , varios autores uruguayos); Formación Arroyo Castillo (Herbst, 1971); Formación Yeruá y Puerto Unzué (Gentili y Rimoldi, 1979), Formación Puerto Yeruá (Tofalo, 1986).

Definición: Se la define constituida por areniscas finas a medianas de color rojo y pardo rojizo con matriz pelítica rojo intenso que pueden definirse como wackes feldespáticas. Subordinadamente hay conglomerados polimícticos de color rojo y rojizo con intercalaciones políticas. Hay abundantes estructuras diagonales, planares, con estructuras primarias.

Distribución en la Mesopotamia: Los afloramientos de Formación Guichón (=Yerúa) se extienden en la margen derecha del Río Uruguay desde la zona de Colón y Parque Nacional El Palmar hasta las inmediaciones de Concordia.

Constituyen la continuación lateral de los afloramientos que se observan en la margen izquierda entre el arroyo Dayman-Meseta Artigas y el arroyo Queguay (Uruguay) (Goso y Perea 2004). En Corrientes Herbst y Santa Cruz (1999) citan la existencia de afloramientos aislados en Puesto Las Ruinas, a unos 20 km al este de Mercedes y en la zona de Santo Tomé.

Litología: En el caso de la Formación Guichón se describe como una sucesión siliciclástica de color rojizo o rosada, predominantemente arenosa con estratos limosos y arcillosos pardo-rojizos y con intercalaciones de conglomerados polimícticos con clastos de cuarzo, basalto y de areniscas con abundante material carbonático y disponiendo de sectores afectados por una silicificación.

Es particularmente notable su composición en bancos de cuarcitas de hasta 1,5 metros que se acuñan rápidamente y en cuya estructura interna es frecuente la estratificación diagonal, mientras que en los bancos arenosos que se intercalan a limonitas son comunes ondulitas. Es común la presencia de paleocanales que son rellenados por arenas o gravas. Tofalo (1990) y Tofalo y Pazos (2002) efectuaron detallados estudios sobre los niveles caracterizados señalando que por su micromorfología pudo determinarse un origen vadoso de agua dulce y otro generado por movimientos verticales de la capa freática. Todo se interpreta como producto de un régimen fluvial cuya potencia de flujo es baja y mediana desarrollado en una planicie aluvial de cursos migrantes con baja a moderada simiosidad.

Gentili y Rimoldi (1979) describen la que entienden constituye la sección tipo en las barrancas de Puerto Yerúa en un acantilado de inmediaciones del embarcadero donde, en una sección de unos 14 metros, de arriba abajo, se observa:

Techo: Formación Salto

- 4,00 metros de arenisca arcillosa, grano fino, rojo claro con lentes de arenisca sílicea de color rojo oscuro.
- 2,50 metros de arcilita roja con abundante carbonato pulverulento o en forma de tosquilla que en su base presenta un banco de arenisca calcárea gris clara.
- 2,50 metros de arenisca arcillosa finamente estratificada de color rojo oscuro, grano grueso y contiene rodados de arcilla.
- 2,00 metros de arena calcárea de grano grueso de color rosado con rodados de arcilla y síliceos que hacia arriba se hacen más abundantes, teniendo clastos de hasta 8 cm de diámetro.
- 2,50 metros de arenisca arcillosa friable, de grano fino y de color rojo claro.

Piso: No observado

Estos autores señalan que secciones parecidas se reconocen en Cueva del Tigre, en Nueva Escocia, Paso Hervidero y Colón. También se las localiza en perforaciones realizadas en la zona, llegando a tener una sección de 25 metros en la zona de Ayuí.

En la zona de Colón, Gentili y Rimoldi (1979), donde se han efectuado perforaciones, señalan que la cementación calcárea es más frecuente en el tercio superior donde también hay niveles conglomerádicos con clastos angulosos; mientras que en niveles inferiores es notoria la

silicificación de las areniscas que hacia abajo dan lugar a arenas de grano mediano y sin diagénesis

A esta unidad se refieren areniscas rojas y moradas que fueron encontradas en las perforaciones llevadas a cabo en Entre Ríos, cuyos espesores estimados son los siguientes: Federación 140 metros, Villa Elisa, 118 metros y Nogoyá 80 metros.

Estas rocas se apoyan en discordancia por sobre los basaltos Serra Geral y conforme a los estudios regionales que incluyen los afloramientos de Uruguay, esta cuenca se profundiza y adquiere mayores espesores en el subsuelo de la Mesopotamia.

En el caso de la perforación de Nogoyá se destaca que por sobre el basalto, entre 514 y 659 mbbp existe una secuencia integrada areniscas finas castaño claro rojizas con impresiones ferruginosas a las que se intercalan limos y arcillas rojizas y de color castaño rojizo (50 metros) que hacia abajo siguen areniscas gruesas con intercalaciones pelíticas de color castaño-rojizo (90 metros). Los niveles basales están integrados areniscas gruesas, parcialmente conglomerádicas, de color rojizo.

Edad: En los afloramientos del Parque Nacional El Palmar (antigua Calera Barquín) von Huene (1929) reconoció la presencia de fragmentos óseos del dinosaurio *Argyrosaurus superbus* cuya asignación cronológica correspondería al Cretácico superior.

En conglomerados pertenecientes a Formación Salto que afloran en cercanías de Colón se han encontrado fragmentos de huesos, dientes y huevos de dinosaurios que se interpretan provienen de la erosión de Formación Guichón (= Puerto Yerúa).

Ellos, según de Valais et al. 2003, pertenecen a fragmentos del escudo torácico de un dinosaurio ankylosaurio, un fragmento dental de un terópodo y un fragmento de cáscara de huevo posiblemente de un faveoolithido perteneciente al género *Sphaerovum*. Este tipo de huevos ha sido normalmente asignado a dinosaurios titanosauridos.

Debe destacarse que en Uruguay esta formación tiene restos del cocodrilo *Uruguaysuchus* (*U. aznarezi* y *U. terrai*) que representaría una antigüedad Aptiense-Albiense (Cretácico superior). En cambio en la Formación Mercedes se han encontrado restos de titanosauridos y también nidadas y huevos sueltos cuyo origen es asignados a este grupo de dinosaurios.

Observaciones: No es simple caracterizar a esta unidad en cuanto sus afloramientos se encuentran geográficamente dispersos y en general son de dimensiones reducidas. Si se tiene en cuenta la geología del occidente de Uruguay, en principio, es posible correlacionar los afloramientos de Puerto Yerúa-Colón con los de la Formación Guichón cuyas características litoestratigráficas son muy parecidas.

Más aún, la Formación Guichón constituye el margen izquierdo del río Uruguay en frente de los afloramientos argentinos sin que pudiere observarse alguna discontinuidad entre ambas orillas. De allí que no es desahogado identificar a ambos afloramientos o al menos parte de ellos con el mismo nombre formacional que, sin dudas, tiene prioridad.

En Uruguay la Formación Guichón es recubierta por la Formación Mercedes que son areniscas blanco grisáceas con intercalaciones de carbonatos ("calcretas"), en partes silicificados o ferruginizados, y de lentes conglomerádicos. En este aspecto hay que señalar la existencia de carbonatos calcretizados en el Parque Nacional El Palmar donde se han encontrado nidos de insectos ferruginizados al igual de los existentes en el perfil de Reyles, en Uruguay (Gooso y Perea, 2004).

Sirvan estas observaciones para señalar que si bien, en la Mesopotamia no está clara la



Figura 39 : Afloramientos de la Formación Guichón (= Puerto Yeruá) en la bajada al embarcadero de Puerto Yeruá, Entre Ríos.

presencia de la Formación Mercedes por sobre la Formación Guichón es necesario destacar

que hay niveles calcretizados por sobre la secuencia fluvial post-basáltica cretácica en la zona de Parque Nacional El Palmar. También es interesante vincular esta formación con los niveles basales de las que en Brasil constituyen el grupo Baurú (Milani, 1997)

La Transición Cretácico/Terciario

No está suficientemente claro cuales unidades de la Mesopotamia representan la transición Cretácico/ Terciario ya que es necesario compatibilizar los datos de superficie del Uruguay con los que resultan de las perforaciones profundas y estudios geofísicos realizados en el subsuelo de Entre Ríos. En Uruguay, como se mencionó, se interpreta que la Formación Mercedes representa el Campaniano-Maestrichtiano en razón a los restos fósiles allí presente, pero no está lo suficientemente probado que a ella pertenezcan los niveles de calcretes que afloran en el Parque Nacional El Palmar.

Si bien Herbst (1971) asignó el nombre de Formación Pay Ubre a calizas y calcretes que afloran en las inmediaciones de la ciudad de Mercedes (Corrientes), también es posible que ellos formen parte del mismo acontecimiento sedimentario Oligoceno cuyos afloramientos se encuentran en varias localidades cercanas a Curuzú Cuatía. En ese caso es posible interpretar que las variaciones en el material lítico que contiene, a modo de rodados y/o brecha, deben a que representan distintos sectores de la cuenca en la que se depositaron y no a unidades estratigráficas diferentes.

Donde mayores problemas interpretativos se dan es en las secciones obtenidas mediante perforaciones del subsuelo de Entre Ríos. Así por ejemplo en la perforación de Nogoyá, en

el tramo 514- 390 mbbp, por sobre la Formación Guichón (= Puerto Yerúa) se reconoce la presencia de areniscas finas calcáreas rosadas con intercalaciones de calizas blanquecinas, castaño claro y pardo-rojizas que fueron asignadas a la **Formación Mariano Boedo** (Padula y Mingramm, 1968, Fernández Garrasino, 1989) con amplia representación en el subsuelo de la Pampasia.

La presencia de calcáreos en profundidad similar también fue detectada en la perforación de la Dirección Nacional de Geología y Minas de Villa General Ramírez. También en estos niveles, según Stappenbeck (1926), se destaca la presencia de niveles de arcilitas con bancos de yeso..

En el noroeste argentino, la transición cretácico-terciaria, se identifica en el tramo superior de la **Formación Yacoraite** donde las características litológicas son semejantes a las

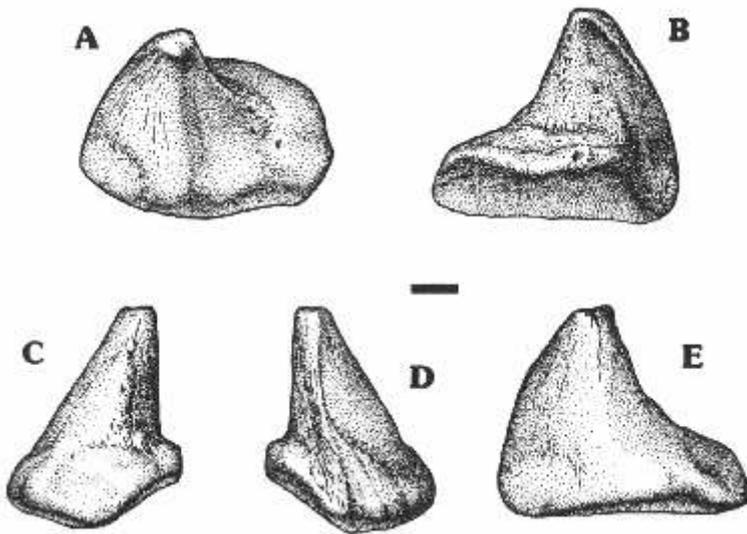


Figura 41: Osteodermo torácico de Ankilosaurio, CICYTTP R - 1-3 / Ankilosau thoracic osteoderm. A, vista dorsal/dorsal view; lateral/lateral view; C, vista posterior/posterior view; D, vista anterior/anterior view; E, vista medial/medial view. Escala: *escale bar*: 1 cm

que se describen en el subsuelo de Entre Ríos y, en general, en la Pampasia (Sial, et al. 2001).

Vale la pena referirnos al marco regional mayor para interpretar cuales han sido las condiciones ambientales generales durante la transición entre el Mesozoico y Cenozoico durante la cual la cuenca pampásica recibió un cúmulo de sedimentos propios de pantanos, lagos amargos o, en determinados sectores, de ambientes marinos restringidos.

En este caso no solo hay que fijar la atención en lo ocurrido en el norte de Argentina (Mariano Boedo es una localidad de la provincia de Formosa), sino también en la zona norte de la provincia de Buenos Aires donde se depositaron limolitas marinas de color gris verdoso, rojizas y castaño claras que se intercalan con arcilitas rojas y gris oscuras, yeso y calizas las que se denominan **Formación Las Chilcas** (Zambrano, 1971). También en perforaciones hechas en el borde atlántico de la Cuenca del Colorado se define la **Formación Pedro Luro**, de litología y posición estratigráfica equivalente de la anterior.

Se estima que dentro de ambas unidades, está la transición Cretácico/Terciario en razón a que en su porción inferior se encontraron foraminíferos maestrichtianos de la especie *Rugoglobigerina rugosa*; mientras que al tramo superior, por su posición estratigráfica, se lo asigna del piso Daniano (Paleoceno) (Yrigoyen, 1975).



Figura 40: Bosquejo geológico de la zona de Puerto Yerúa, Entre Ríos, basado en De Alba y Serra (1959)

Si consideramos posible la equivalencia lateral de las formaciones Mariano Boedo/Las Chilcas/Pedro Luro entendemos que las condiciones ambientales en las rocas del subsuelo mesopotámico en la transición Cretácico/Terciario son comunes. El conjunto representa sedimentación ocurrida en ambientes marinos someros, litorales a lacustres marginales, palustres con sectores donde también es posible identificar sedimentos representativos de planicies aluviales. Ello incluiría una sedimentación continua que va desde el Cretácico superior hasta, por lo menos, el Eoceno (Yrigoyen, 1975).

Debe señalarse que en una perforación de Laguna Paiva (Santa Fé) Stappenbeck (1926) reconoce la presencia de niveles de carbonatos y limolitas pardas y rojizas que llamó "Estratos de Paiva" y que supuso se extendían en el subsuelo pampásico. Braccini (1980) interpreta que el pozo que mejor los representa se encuentra en el noroeste de Buenos Aires, en Conesa, y propone que sería conveniente mantener el nombre de **Formación Paiva** como equivalente de Formación Mariano Boedo.

Con este objeto propuso que se identifique con dicho nombre a una sucesión de unos

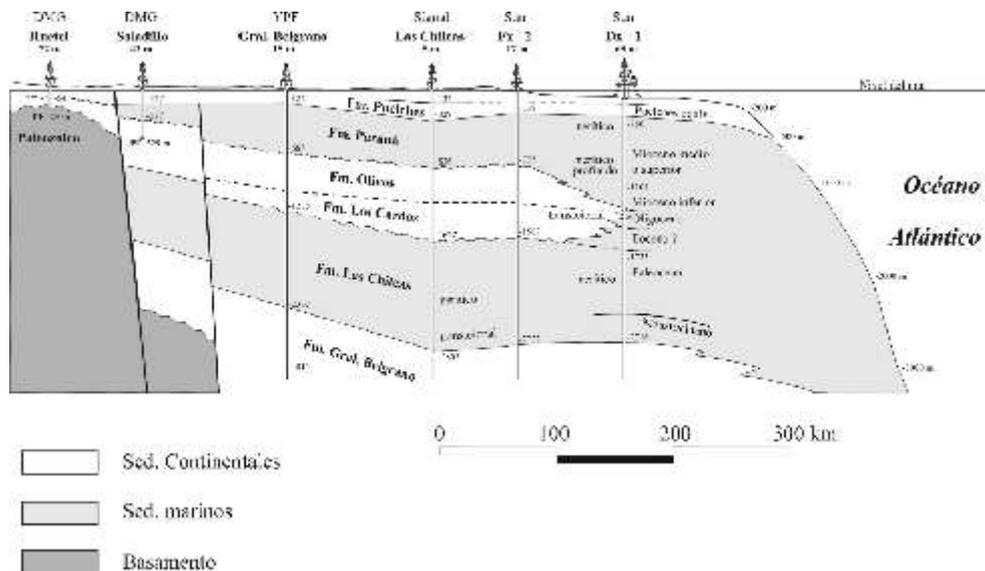


Figura 42: Perfil demostrativo de la Cuenca del Salado, en provincia de Buenos Aires, según Irigoyen, 1975

110-120 metros constituidos por un miembro superior de areniscas calcáreas, cuarzosas de grano fino, con intercalaciones de calizas rosadas y yeso (45-50 metros) que hacia abajo pasan a unos 30 metros de arcilitas y limolitas rojo herrumbre y en su base se compone de bancos de yeso y sal e intercalaciones de arcilitas gris oscuro. Este último nivel tiene un espesor entre 35 y 40 metros.

Este conjunto es sobrepuesto en discordancia por limolitas pardas y rojizas y arenas gruesas, escasamente conglomerádicas, predominantemente cuarzosas que en el norte de la provincia de Buenos Aires se conocen con el nombre de Formación Olivos, la que sería equivalente lateral de la Formación Fray Bentos del Oligoceno.

Recientemente Marengo (2006) invalida la interpretación que asigna a la Formación Mariano Boedo a la Formación Laguna Paiva señalando que en la región pampeana no encuentra sedimentos marinos previos al Mioceno temprano. En ese aspecto incorpora a la estratigrafía regional lo que llama **Grupo Litoral** y que estaría integrado por las formaciones Chaco, Laguna Paiva y Paraná. Estratigráficamente no está suficientemente claro el hecho de que interpreta que la Formación Laguna Paiva estaría intercalada a dos miembros de la Formación Chaco, que llama **Miembro Palermo** en la base y **Miembro San Francisco** en el techo, situación que no es congruente con lo normado en el Código de Nomenclatura Estratigráfica. Los foraminíferos que reconoce Marengo (2006) representan el Oligoceno o Mioceno inferior, tales como *Triquetrorhabdulus carinatus* que es propia de la transición mencionada.

Esta unidad, en la cuenca del Salado, se sobrepone a un nivel de arenas rosadas y blanquecinas que se identifican como **Formación Los Cardos** (Groeber, 1961). Tanto esta última como la **Formación Olivos** son interpretadas como pertenecientes a un ciclo continental dominado por sedimentación fluvial que en conjunto habría ocurrido en el lapso Eoceno superior- Mioceno inferior a medio (Yrigoyen, 1975).

Cenozoico - Terciario

Generalidades

En la escala geológica internacional el período Terciario constituye el inicio de la Era Cenozoica siendo el Paleoceno el punto inicial del mismo. Con métodos bioestratigráficos y cronológicos se determinó que el límite inferior del período ocurrió hace 65.5 millones de años; mientras que su límite superior está determinado por el Cuaternario cuyo inicio tuvo lugar hace 1.8 millones de años.

En los últimos años existió un debate acerca de la conveniencia de usar el nombre Terciario y Cuaternario reemplazándolo por los nombres de Paleógeno (Paleoceno-Eoceno-Oligoceno) y Neógeno (Mioceno-Plioceno-Pleistoceno-Holoceno-Actual) (Gradstein, 2004), pero más recientemente se ha desechado esta proposición, retornando a la clásica división en Terciario (Paleoceno – Eoceno – Oligoceno – Mioceno y Plioceno) y Cuaternario (Pleistoceno – Holoceno y Actual)

El Terciario fue un momento muy especial de la historia de la Tierra en el cual desaparecen importantes grupos de organismos que hasta el Cretácico se caracterizaban por su abundancia, tal el caso, entre otros, como los dinosaurios en los continentes o los ammonites y belemnites en los mares.

Asimismo al Terciario se asocia el rápido crecimiento, en número de especies, de los mamíferos cuyos elementos más primitivos, si bien ya se encontraban en el Mesozoico, no tuvieron expansión hasta este período con desarrollo de numerosos linajes que prácticamente ocuparon el planeta.

Debe destacarse que para entonces Sudamérica se encontraba aislada de los otros continentes motivo por el cual en su territorio se desarrolló una fauna propia entre cuyos elementos se destacaban marsupiales, edentados, notoungulados, etc.

Algo parecido ocurre con la flora fanerogámica (plantas con flores) que tuvo sus inicios en el período Cretácico y su mayor expansión a partir del Terciario hasta nuestros días. En este aspecto debe resaltarse el hecho de que muchas de los órdenes tienen directa relación con África, Antártida y Australia, continentes con los que antiguamente integraban partes del Gondwana.

Otro detalle digno de mencionar es el hecho que durante el Terciario se formaron las grandes cordilleras actuales, como resultados de colisiones continentales (Alpes e Himalayas) o del choque de la corteza oceánica del Pacífico contra el continente americano (Andes-Rocallosas).

Debe señalarse que la conformación de las mencionadas cordilleras de alguna manera alteró la circulación atmosférica y de las corrientes marinas, afectando las condiciones climáticas generales. Ello significó que durante este período hubo grandes fluctuaciones con momentos cálidos y otros fríos. Esto dio lugar a tiempos en los que se desarrollaron englazamientos continentales a expensas de las aguas marinas lo que generó amplias plataformas emergidas (regresiones); y también épocas cálidas que produjeron el desglazamiento con el avance de las aguas de los océanos sobre los continentes (transgresiones).

Debemos recordar que en general el Cretácico fue un período en el cual la temperatura planetaria fue relativamente cálida, situación que comienza a cambiar a partir del Terciario. Hay diversas ideas acerca de la razón de este cambio: unos la vinculan a la formación de las grandes cordilleras y al volcanismo que en ellas se desarrolló; mientras que otros lo vinculan con un gran impacto meteorítico, cuya destrucción habría generado una capa de polvo global que dio inicio al enfriamiento del planeta. Sea cual fuera el hecho la realidad es que la temperatura global descendió y se produjeron profundos cambios en la composición de la biodiversidad.

El Terciario en la Mesopotamia

Los sedimentos que en la Mesopotamia se asignan al Terciario tienen una destacada expresión regional en la cuenca del Río Paraná y, fundamentalmente, en el subsuelo. Ello no quiere decir que no los haya habido en la cuenca del Río Uruguay, pero en términos comparativos sus afloramientos son significativamente menores.

Ya se señalaron las características de las unidades estratigráficas que constituyen el límite Cretácico/Terciario de la Mesopotamia y región contigua de la Pampasia; destacando que éste se ubicaría en un punto aún no determinado de la Formación Mariano Boedo/Las Chilcas. Estas representan un acontecimiento marino a marino restringido con facies litorales, lagunares y palustres dependiendo ello de su posición geográfica.

Por sobre dichas unidades, en el subsuelo del norte de la Provincia de Buenos Aires, se identifica la presencia de una sección compuesta por limos abigarrados y arenas que tienen un espesor variable entre 100 y 200 metros que se conocen con el nombre de Formación Los Cardos. Esta unidad representa facies continentales posiblemente del Eoceno superior-Oligoceno y no sólo tendría desarrollo en el norte de Buenos Aires sino también en la llamada Subcuenca de Rosario cuya extensión hacia el subsuelo de Entre Ríos ha sido identificada por debajo de las areniscas rojas a la que algunos geólogos identifican como Formación Chaco (Fernández Garrasino, 1998; Fernández Garrasino y Vrba, 2000); mientras que en Buenos Aires lo hacen con el nombre de Formación Olivos (Groeber, 1961).

Cuando Stappenbeck (1926) describe el subsuelo de Pampasia a partir de varios pozos realizados en localidades de Córdoba y Santa Fe reconoce la presencia de arcillas pardas y abigarradas con margas grises y gris verdosas entre 414 y 480 mbbp a las que les asigna el nombre de "Estratos de Paiva" e interpreta intercalados entre una innominada secuencia de arcillas gris verdosas y pardo grisáceas con yeso que se apoyan sobre las areniscas cretácicas y lo que denomina "Arcillas pardas" que subyacen a la Formación Paraná.

Por la posición estratigráfica podría interpretarse que los "Estratos de Paiva" representarían al Eoceno-Oligoceno, mientras que parte de éstos y las "Arcillas Pardas" que se le superponen tendrían correspondencia lateral con la Formación Olivos y la Formación Fray Bentos del Oligoceno-Mioceno que aflora en la Cuenca del Río Uruguay y que describimos a continuación.

Como ya se mencionó precedentemente, para Marengo (2006) la Formación Laguna Paiva constituye una unidad estratigráfica intercalada entre la que llama Formación Chaco, particularmente entre sus Miembros Palermo y San Francisco. Este planteo no resuelve definitivamente la estratigrafía del subsuelo mesopotámico donde, al menos con los datos disponibles, se comprueba que la secuencia infrayacente a la Formación Fray Bentos tiene variaciones litológicas notables. En el futuro estas variaciones posiblemente permitirán establecer con mayor claridad establecer la existencia de una o más formaciones geológicas en la región.

Los datos de varias perforaciones profundas ejecutadas en diferentes localidades de Entre Ríos señalan que entre el piso de las "arcillas pardas" que se interpretan equivalentes a la Formación Fray Bentos y el techo del basalto de Formación Sao Bentos hay no menos de 650 metros de arenas pardas, rojizas, arcilitas y limolitas cuya identificación estratigráfica aún es objeto de discusión. Hay sectores del sur de la provincia donde, debajo de las que representarían a la Formación Fray Bentos, hay un paquete de arenas, no consolidadas, cuya potencia es del orden de los 150 metros, que merecerían una identificación estratigráfica.

Dadas las dificultades mencionadas continuamos con el estudio de las unidades estratigráficas a partir de la Formación Fray Bentos cuya expresión en superficie es observable en diferentes localidades de la cuenca del Río Uruguay.

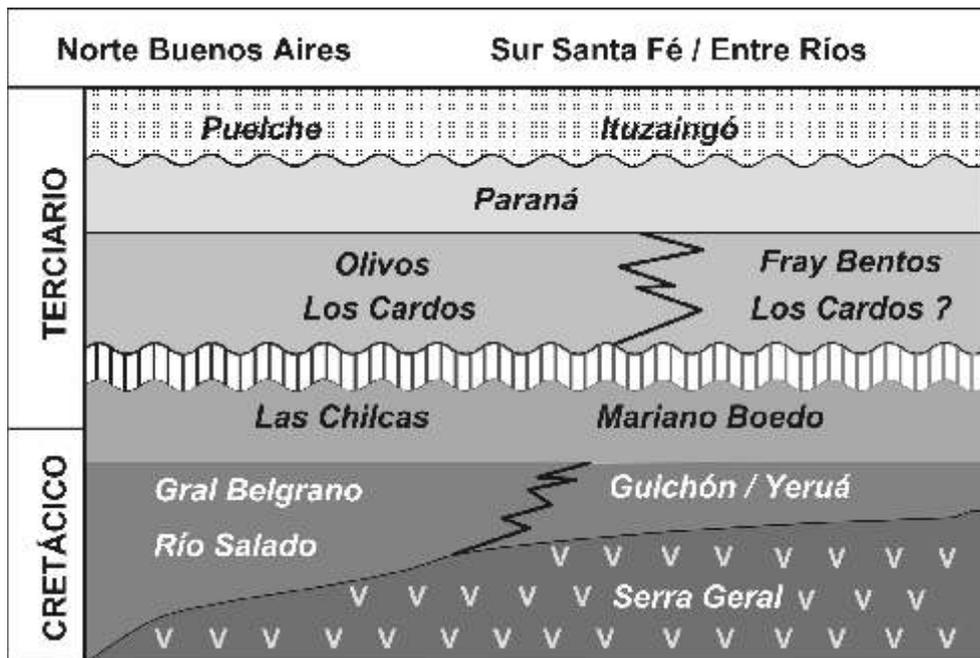


Figura 43: Esquema Estratigráfico para el lapso Cretácico/Terciario del sur de Mesopotamia y provincias de Buenos Aires y Santa Fe.

Oligoceno-Mioceno

Formación Fray Bentos (Lambert, 1939) Bossi 1966

Sinónimos: "Calcáreos brechosos de Curuzú Cuatía", "Terciario antiguo" (Comando de Ingenieros del Ejército), "Capas de Fray Bentos" Lambert (1939); "Capas de Fray Bentos" (Martínez, 1950), Formación Pay Ubre (Herbst, 1980); Formación Fray Bentos (Herbst, 1971); Formación Arroyo Castillo y Formación Arroyo Avalos (Gentili y Rimoldi, 1979).

Definición: Se define esta unidad como una secuencia de limolitas arenosas y limo-arcilitas de color castaño claro a rosado, cementadas por carbonato de calcio y en menor proporción silicificadas. Hay niveles brechosos y conglomerádicos, teniendo localidad tipo en la ciudad de Fray Bentos (Uruguay) y una amplia distribución en el occidente de Uruguay y el este de la provincia de Entre Ríos.

Distribución en la Mesopotamia: En la provincia de Entre Ríos tiene expresión superficial desde el norte de Concepción del Uruguay, Colón, Ubajay y hasta las inmediaciones de Paso de los Libres. Desde allí se reconoce en algunos puntos sobre el arroyo Mocoretá hasta cercanías de Curuzú Cuatía (cantera Tellechea y Arroyo Castillo) y en diversos sectores aledaños a ruta nacional 14 entre Monte Caseros y Alvear.

En la cuenca del Río Corrientes, en la bajada occidental de la meseta de Mercedes, hay varios afloramientos donde se exponen sus características litológicas. Ellos son al este del Paso

Lucero, en los arroyos Castillo, Avalos, María Grande (Perugorría) y cuenca superior del Arroyo Barrancas.

Litología: Limolitas arenosas y limoarcilitas de color castaño a rosado con cemento carbonático que en algunos puntos llega a tener características de caliza y también hay sectores se observan fenómenos de silicificación. Hay niveles brechosos y conglomerádicos soportados en una matriz limosa, siendo los clastos material de rocas precedentes, más o menos redondeados y también rodados silíceos (calcedonia) y del mismo material limoso..

El espesor máximo de esta unidad en Corrientes es del orden de los 23 metros, aunque la media es entre 10 y 15 metros; mientras que en Entre Ríos el mayor espesor se reconoció en la zona de Concepción del Uruguay con unos 55 metros (Gentili y Rimoldi, 1979).

En Entre Ríos estas rocas se disponen en discordancia, sobre la Formación Guichón mientras que en Corrientes, en la Meseta de Mercedes, lo hacen indistintamente sobre la Formación Botucatú o Serra Geral.

En cercanías a Curuzú Cuatiá, a un costado de las rutas nacional 119 y provincial 126, se observan afloramientos de esta unidad presentándose en posición casi horizontal. Están representados por un calcáreo blanquecino algo brechoso con clastos angulosos de basalto que hacia arriba están son reemplazados por un limo calcáreo, parcialmente silicificado. Hacia el sureste se reconocen pequeños afloramientos en la zona de Ea. La Herminia y arroyo El Ceibo. Hay afloramientos menores en el Arroyo Manguita, Ea. Gramillar, Puesto La Blanqueada y Ea. La Violeta .

En la zona de Itá Caabó, al noreste de Mercedes, se observan a areniscas finas ligeramente calcáreas, parcialmente silicificadas, visibles en el Pto La Florentina, al sur del Pto Lacour y en menor proporción en algunos sectores sobre el Río Miriñay.

En la zona de Perugorría aflora la Formación Fray Bentos constituida por limos de color pardo rosado claro, con abundantes concentraciones calcáreas o de areniscas cuarcíticas pardo rosadas. El calcáreo suele tener fragmentos de basalto incluidos. Aflora en los Arroyos Sauce, María Grande y Avalos. Tiene unos 36 m de espesor máximo, observado en la Ea. Virgen de Luján.



Figura 44: Afloramientos de la Formación Fray Bentos en cercanías de Curuzú Cuatiá (Abajo.) y Mercedes, Corrientes (Arriba.).

Formación Paraná (Bravard, 1858)

Sinónimos: "Gres Tertiaire marin D, Grès Ostreen H, Calcaire arenifere, I" (D'Orbigny 1842); "Terrenos marinos del Paraná, Formación marina del Paraná Bravard (1858); Paraná Formation (Borcher, 1901), Formación Entrerriana (Ameghino, 1906), Paranense, Entrerriense y Rionegrense marino (Frenguelli, 1920, 1947); Formación Paraná y Formación Entre Ríos (Camacho, 1967); Formación Pueblo Brugo (Gentili y Rimoldi, 1979); Formación Paraná (Irigoyen, 1969; Aceñolaza 1976, 2000, Herbst, 1971, 1999, Sprechmann et al, 2000).

Definición: Se define como una sucesión de arenas, limolitas, arcilitas gris verdosas a las que se le superponen arenas arcillosas y calizas organógenas. Este conjunto tiene abundantes fósiles marinos, llegando en algunos sectores a constituir bancos de gran continuidad lateral y de un espesor notable (Aceñolaza, 2000).

Distribución en la Mesopotamia: El área tipo se encuentra en la ciudad de Paraná en la zona del Puerto Nuevo (quebrada La Santiagueña), aunque sus afloramientos son continuos desde allí hasta Bajada Grande. Otros afloramientos notables al norte de la zona tipo se encuentran en la región de Villa Urquiza, El Cerro, Brugo hasta las inmediaciones de Hernandarias.

Al sur de Paraná los afloramientos tienen expresión superficial en varios sectores de los departamentos Diamante y Victoria. En el subsuelo se localiza en perforaciones en el centro-oeste de Entre Ríos, oeste de Corrientes, Chaco-Formosa, Santa Fé, este de Córdoba y norte de Buenos Aires con espesores variables que varían entre 100 y 200 metros.

Litología: Las perforaciones realizadas en la zona tipo (Paraná) señalan que se dispone en con-



Figura 44.-a: Cascada de Ander eg cercana a Puiggari, Entre Ríos, labrada sobre calcáreos de la Formación Paraná

cordancia sobre arcillas pardas y pardo-rojizas, probablemente equivalentes a Formación Fray Bentos que hacia arriba siguen arcillas verdes plásticas (65 m), luego dos bancos de arenas finas blanquecinas de unos 8 -10 m. cada uno que son recubiertas por arcillas verdes. Estas se localizan desde el subsuelo hasta el nivel del río y siguen hacia arriba siendo una arena arcillosa gris verdosa que a su vez es recubierta por el banco de carbonatos y carbonatos organógenas que llegan a tener un máximo de unos 6 metros de potencia. En esta zona el espesor de la unidad es de unos 100-110 metros.

Los bancos de carbonatos organógenos también tienen expresión en la zona de Pueblo Brugo, El Cerro, Villa Urquiza, Molino Doll e inmediaciones de Victoria. Los afloramientos de esta unidad se observan a lo largo de las barrancas del Río Paraná manifestándose desde la línea media del río hasta cerca de la cota 40. Esta variación se debe a la discordancia que labró sobre estos sedimentos el antiguo río que depositó a la Formación Ituzaingó.

El afloramiento de Pueblo Brugo, a unos 70 km al noreste de Paraná, solo es visible cuando el nivel del río se encuentra bajo y pone de manifiesto un nivel de arcillas verdosas al que se intercalan bancos con restos fósiles (*Ostrea patagónica*, *O. brugoi*, etc).

Más al sur, en El Cerro, se expone una sección de unos 18 metros de espesor integra-

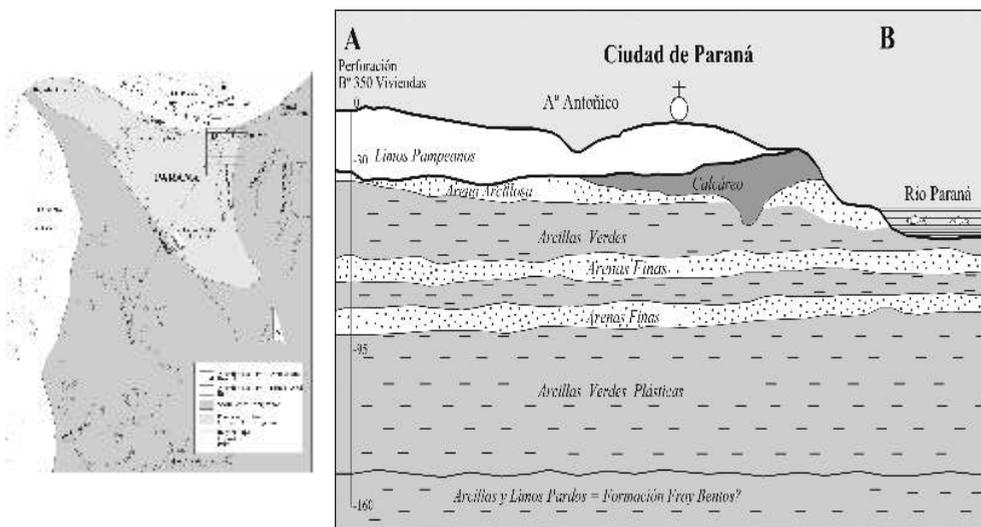


Figura 45: Distribución de la Formación Paraná en su sección y área tipo (basado en Scartascini, 1959 y Aceñolaza 2000). El cuadrículado indica ubicación de sección tipo

do, de abajo a arriba, de arcillas verdosas que pasan a arenas blancas, medanosas y siguen arenas arcillosas gris verdosas donde se intercalan niveles fosilíferos con moluscos (*Ostrea patagónica*, *O. alvarezii*, *Placunanomia papyracea*, etc) y equinodermos (*Monophoraster darwini*). Culmina la sección con un banco de caliza gris blanquecina con abundantes restos y trazas fósiles (Aceñolaza y Aceñolaza, 2000).

En Villa Urquiza la sección tiene unos 12 metros y está integrada de arcillas arenosas que tienen en la base un banco de moluscos (*O. adglutinans*, *Pecten*, etc.) y en el techo otro de idénticas características con restos de moluscos (*O. patagónica*, *O. alvarezii*, *Pecten*, etc). En la cuenca del Arroyo Las Conchas hay asomos de las arcillas verdes y bancos carbonáticos con moluscos.

Los afloramientos de Paraná tienen una expresión regional pudiendo observarse que la secuencia tiene abajo arcillas verdes que son recubiertas por arenas arcillosas, margosas, que cul-



Figura 46: Afloramientos del nivel de arcillas con *Ostrea* y de los niveles arenosos/medanosos en Cantera Cristamine, departamento Diamante, Entre Ríos.



Figura 47: Caliza con marcada estratificación diagonal, calle San Juan, Paraná (Arriba) y caliza masiva con marcas de estratificación diagonal en Molino Doll, Entre Ríos (Abajo).

minan en un banco de hasta 9 metros de espesor de calizas oolíticas, masivas y fosilíferas (Frenguelli, 1920, Scartascini, 1959; Aceñolaza y Aceñolaza, 2000, Aceñolaza, 2000).

La sección estratigráfica que se observó durante los estudios de fundación del Túnel subfluvial (Gentili y Arce, 1972) permitió comprobar que los estratos correspondientes a la Formación Paraná tienen un mayor desarrollo en la costa entrerriana. Allí, en la zona del dique seco y por debajo de niveles arenosos de la Formación Ituzaingó la sección está constituida por arenas finas con intercalaciones limosas hasta una profundidad que varía entre 40 y 46 metros bbp. A partir de allí se disponen arcillas verdes compactas cuyo techo tiene continuidad hasta el lado santafecino.

Al oeste de Aldea Brasileira y Colonia Ensayo, por debajo de los niveles arcillosos con *Ostrea* patagónica hay un potente banco de arenas blancas, medianosas con notable estratificación diagonal que es explotado por su calidad para la industria del vidrio (Aceñolaza y Aceñolaza, 2000). Sobre el arroyo de Molino Doll, se desarrolla una sucesión de unos 10 metros de espesor que en su base tiene arcillas verdes que pasan a arenas margosas verdosas con trazas fósiles que arriba son recubiertas por un banco de caliza gris y blanquecina, homogénea, estratificada, con restos fósiles (Aceñolaza y Aceñolaza, 2000); mientras que en cercanías de Victoria, arroyos Quebrachitos y Malo, la columna estratigráfica culmina con bancos de calizas homogéneas y con abundantes restos fósiles.

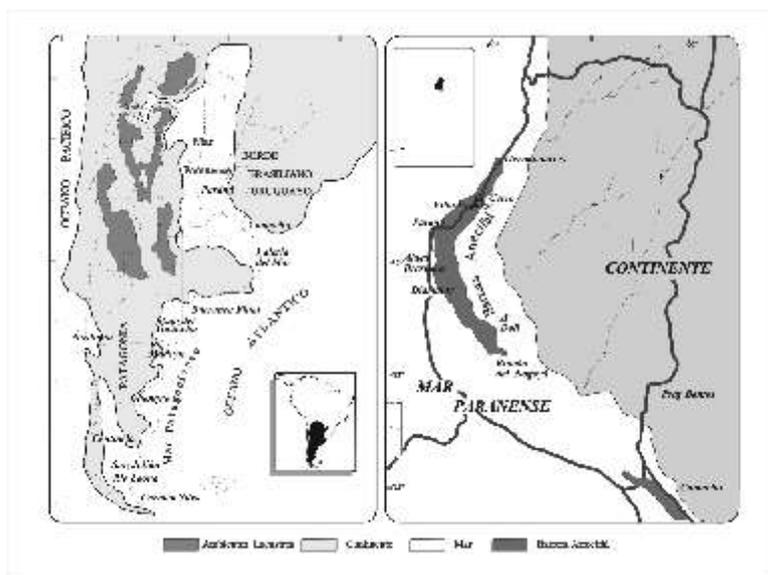


Figura 48: Mapa paleogeográfico con indicación de la transgresión marina miocena en territorio argentino y detalle sobre lo ocurrido en Entre Ríos (según Aceñolaza, 2000)

Los afloramientos mencionados se interpretan como partícipe de una barrera arrecifal que se habría extendido desde la zona de Rincón del Nogoyá hasta las inmediaciones de Pueblo Brugo. Esta habría limitado, por el oeste el mar interior abierto mientras que al este lo constituiría un ámbito más restringido. Este conocimiento surge de los datos de perforaciones que han identificado que la formación marina, hacia el eje del Río Gualeguay, tiende a tener espesores menores hasta prácticamente desaparecer en el este de Entre Ríos y oeste de Corrientes. Esto lleva a suponer que la línea de costa seguía un rumbo SSE-NNW desde el borde uruguayo de Camacho hacia el Chaco donde, en el subsuelo, aún se localizan arcillas verdes con foraminífe-

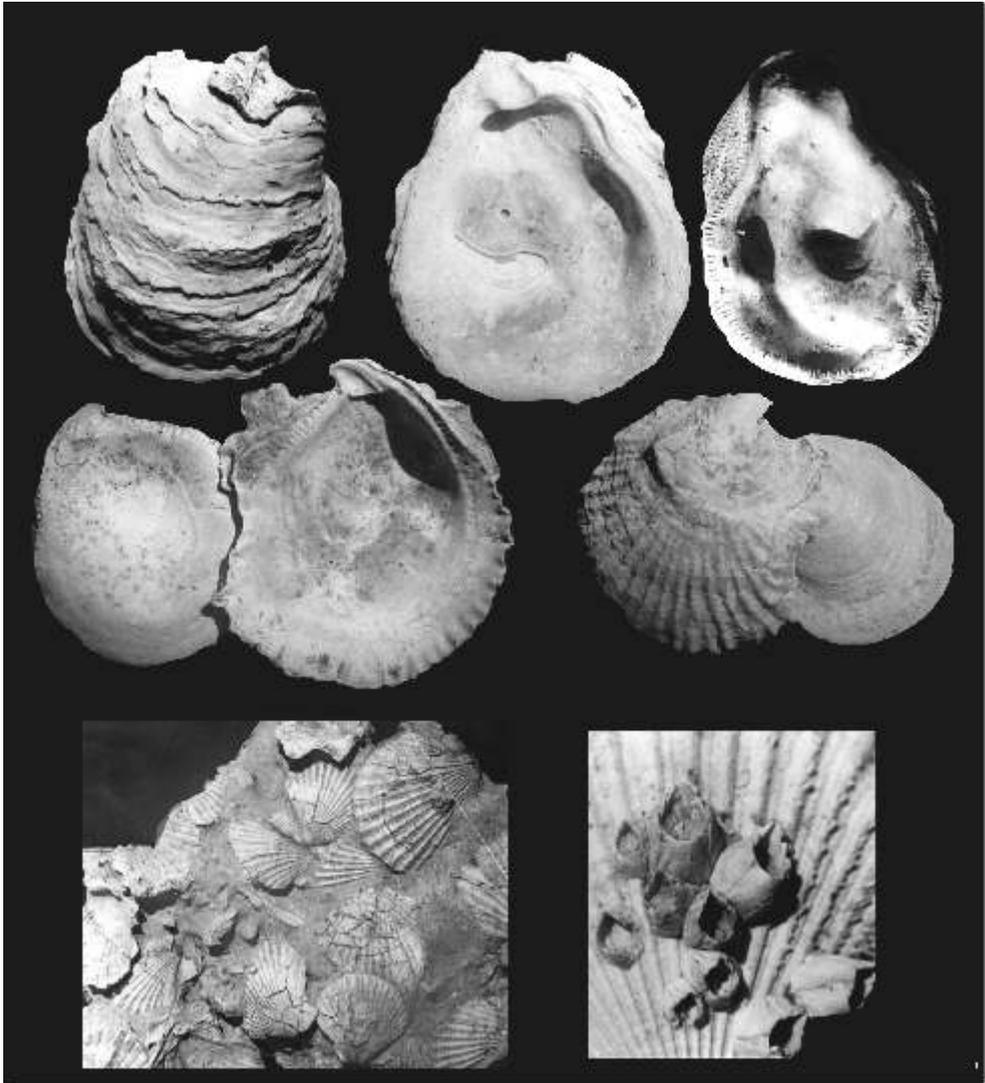


Figura 49: Moluscos fósiles de la Formación Paraná: valvas de *Ostrea patagónica*, *Ostrea Alvarezii*, *Pecten paranensis* y *Balanus* sp.

ros. La extensión de la cuenca fue amplia, aunque las condiciones de agua de mar no hayan superado los límites de Corrientes (Sprechmann et al .1999; Aceñolaza, 2000; Aceñolaza y Sprechmann, 2002)

Entre los datos tomados en cuenta en esta apreciación son los obtenidos en la perforación de Gualaguay donde Groeber(1961) señala su presencia en una profundidad de 85 metros, reconociendo la existencia de niveles fosilíferos entre 91 y 92 metros.

En el subsuelo de Villaguay los bancos de arcillas atribuidas a esta unidad tienen unos 30 metros de espesor y se localizan entre 30 y 60 metros; mientras que en localidades cercanas, como Domínguez, Altamirano y Maciá, la profundidad en la que se detecta está entre 27,5 y 115 metros (Aceñolaza, 2000).

En perforaciones realizadas en La Paz, Santa Elena y Brugo el techo de los estratos

marinos se registran en una profundidad que va entre +10 msnm y + 20 msnm, llegando a perforarse hasta 90 metros siempre dentro de las arcillas de esta unidad (Agua y Energía Eléctrica SE, 1981).

En Corrientes la profundidad del techo de la Formación Paraná va entre - 25 en Romang (Santa Fé) -45 metros en la zona de Esquina a -170 metros por debajo de la ciudad de Corrientes (Agua y Energía Eléctrica, 1979; Herbst y Santa Cruz, 1999). Esta situación que refleja una profundización hacia el norte más que por efectos tectónicos probablemente esté vinculada con el intenso proceso erosivo que desarrolló la Formación Ituzaingó sobre las capas arcillosas del Mioceno marino.

Edad: Se considera que la edad de esta unidad corresponde al Mioceno medio-alto (Serravaliano) en razón a la antigüedad del abundante material paleontológico que contiene. Entre otros, los trabajos de D'Orbigny(1842), von Ihering (1907), Borchert (1901), Herbst y Zabert (1987), Del Río (2004, 2005), Cione et al (2000), etc, han provisto abundante información sobre la fauna de invertebrados (*Ostrea patagónica*, *O. alvarezii*, *O. puelchana*, *Archaeopecten*, etc.) microfósiles (*Pyrgo*, *Quinqueloculina*, *Bolivina*, *Callistocytere*, *Henryyowella*, etc), vertebrados (*Carcharichnus*, *Carcharocles*, *Silurus*, *Raja*, *Gryphosuchus*, *Pontistes*, *Cetacea* etc).

También son frecuentes restos de vegetales dentro de los bancos arcillosos que se intercalan a niveles medanosos que han sido reconocidos como troncos de *Entrerrioxylon victoriensis*, *Astroniumxylon portmanni* y *Anadenadantheroxylon villaurquisensis* (Zuccol et al 2004) y hojas de lauráceas.

Plioceno

Formación Ituzaingó (De Alba, 1953)

Sinónimos: " Horizonte A del Tertiaire Guaranien o grès ferrugineux", D'Orbigny, "Serie Mesopotámica, Bonarelli y Longobardi (1929); "Mesopotamiense, Rionegrense terrestre" (Frenguelli, 1920) Formación Ituzaingó, DeAlba, (1953)), Formación Entre Ríos Reig, (1957), Puelchense , Groeber, (1961), Formación Ituzaingó, Aceñolaza, 1976, Iriondo, 197, Herbst, 1999, 2000)

Definición: Corresponde a una secuencia predominantemente arenosa de colores blanquecinos, amarillos y rojizos con abundante estratificación diagonal ("arenas fluviales multicolores" sensu Frenguelli, 1920), que se presentan parcialmente silicificadas o con cemento ferruginoso ("aspeiron") y que en su base suelen contener niveles conglomerádicos con abundancia de restos fósiles ("conglomerado osífero del mesopotámico").

Distribución en la Mesopotamia: El área tipo se corresponde con la localidad Ituzaingó, en el norte de la provincia de Corrientes y sus sedimentos se localizan en una estructura deltáica que cubre una amplia región que va desde la zona de Ituzaingó, la cuenca del Iberá y el oeste de Corrientes, penetra en el subsuelo de Entre Ríos y parcialmente en el del Chaco y Santa Fé (Herbst, 2000)

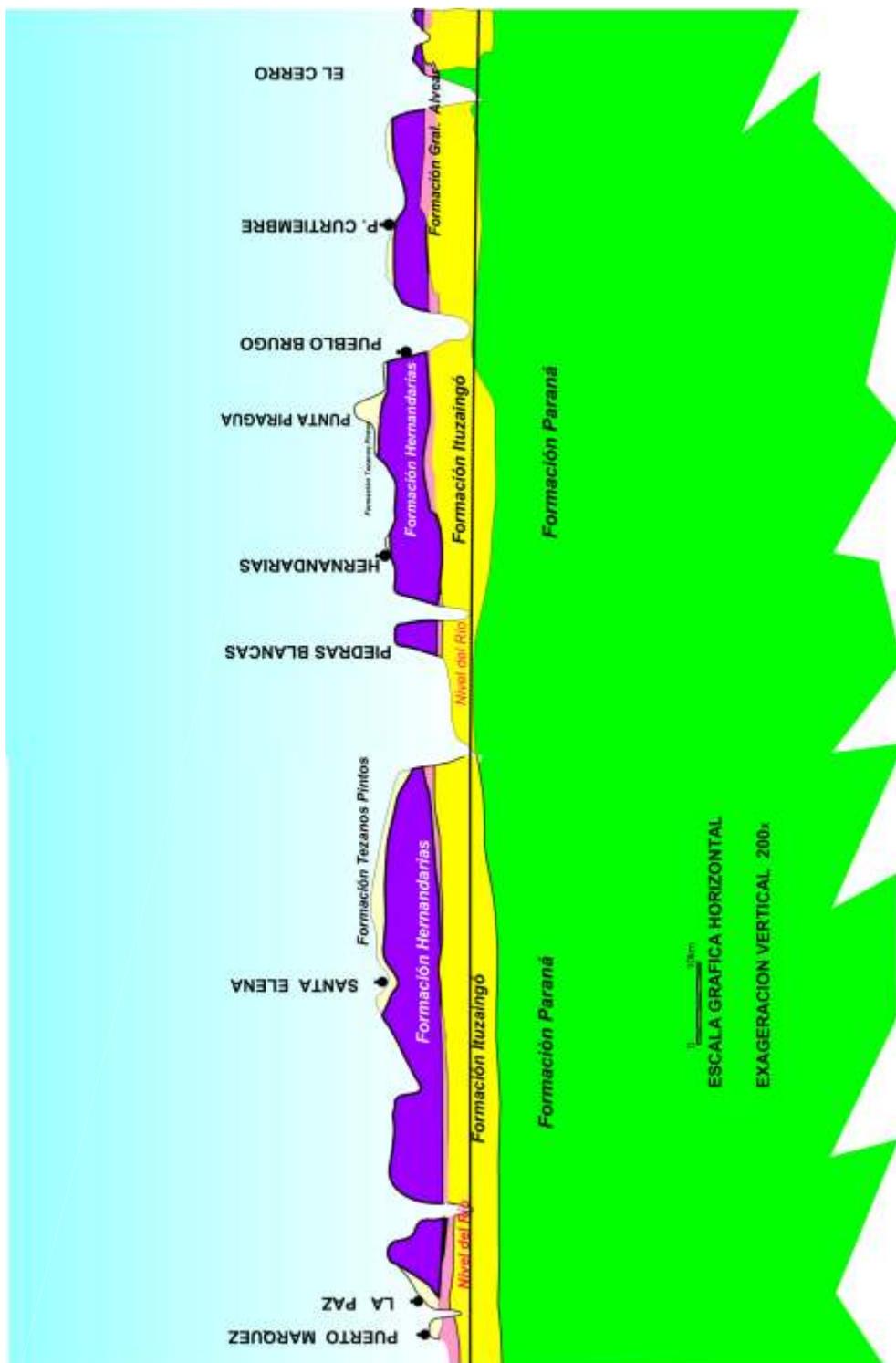


Figura 50: Sección estratigráfica esquemática, entre La Paz y El Cerro Entre Ríos. Modificada del Informe Paraná Medio (A y E).

Litología: Arenas cuarzosas de colores variables entre blanquecino- amarillentas a rojizas y pardo-rojizas. En general se presentan sueltas, aunque es frecuente observar una cementación parcial tanto de carácter silíceo como ferruginoso. Las estructuras entrecruzadas, indicadoras de una sedimentación fluvial, tienen un carácter dominante en todas los afloramientos donde es posible observar esta unidad. También son frecuentes intercalaciones de bancos de arcillas verdosas o grises; como asimismo niveles conglomerádicos o de gravas en la que los clastos dominantes son cuarzo, calcedonia y ópalo.

En la provincia de Entre Ríos el conglomerado que se desarrolla en su base tiene la particularidad de contener restos fósiles de invertebrados (cangrejos, moluscos etc.) y vertebrados que provienen tanto de la remoción de los provenientes de la Formación Paraná, marina, (peces, cetáceos, sirenios, etc.) como otros de origen continental (roedores, ungulados, marsupiales, xenartros, etc). A estos niveles, que pueden ser más de uno, en la bibliografía geológica se los identificó con el nombre de "Conglomerado osífero del Piso Mesopotámico".

Según estudios sedimentológicos de Jalfin (1988) esta unidad representa un "paleorío entrelazado de baja sinuosidad" desarrollado en una época de temperatura templada a cálida con abundante pluviosidad y que naturalmente debió relacionarse con la evolución del Paraná en tiempos pliocénicos ("río Ituzaingó" sensu Herbst et al, 2000). El aporte detrítico fundamentalmente dado por arenas proviene del área cratónica brasileña que desde tiempos precámbricos han sido reciclados en la región.

Los estudios sedimentológicos y geomorfológicos llevan a interpretar que el cauce fluvial que dio origen al actual río Paraná primeramente corría desde la zona de Posadas a la de La Paz

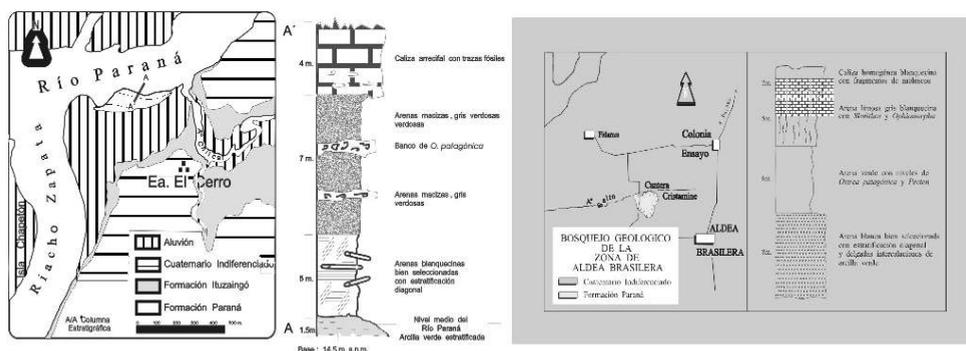


Figura 51: Mapa geológico de El Cerro y sección estratigráfica y de Cantera Cristamine y sección estratigráfica (según Aceñolaza, 2000)

y que luego fue migrando al norte hasta que se une al río Paraguay y adopta el actual diseño (sensu Popolizio en Herbst et al 2000).

El espesor de esta unidad es variable entre 4 y 10 metros en las barrancas del Río

Paraná, donde aflora por sobre la formación marina, mientras que hacia el este éstos se incrementan notablemente con valores que en Hasenkamp llega a tener 94 metros de espesor (Bertolini/1988).

En una perforación de Corrientes hecha por el INCYTH permitió conocer que el espesor máximo es del orden de los 160 metros; mientras que perforaciones hecho en el interior de la provincia, en la zona de Santa Rosa, la potencia de las arenas de esta unidad es mayor a 40 metros (Agua y Energía Eléctrica, 19).

Edad y fósiles: Para Herbst et al (2000) esta unidad puede corresponder al Plioceno medio-

superior, pudiendo evaluarse que en algunas localidades, y basado en la fauna fósil de vertebrados, el inicio de su depositación pudo haberse iniciado en el Mioceno superior (Tortoniano-Messiniano; Chasiquense sensu Cione et al, 2000). Moluscos fósiles hallados por Herbst y Camacho (1970) son descritos por Morton (2004) en la región de Empedrado (*Mycetopoda*, *Anodontites*, *Diplododon*, etc). Asimismo en la región de Ituzaingó, Morton y Sequeira (1991) describieron de las especies *Diplodon itapuensis* y *D. ituzaingoensis* provenientes de niveles equivalentes a los de Empedrado. En esta unidad también son frecuentes troncos silicificados determinados como *Schinopsixylon herbstii*, *Mimosoxylon* sp., etc.(Zuccol et al 2004)

Comentarios: En el subsuelo de la cuenca del Gualeguay y especialmente en la región norte de la provincia de Buenos Aires se desarrolla un importante paquete arenoso que, especialmente los hidrogeólogos, reconocen con el nombre de Formación Puelche. Esta unidad se interpreta que lateralmente es equivalente a la Formación Ituzaingó (Groeber, 1961, Santa Cruz, 1972, Braccacini, 1980).

Formación Salto (Goso, 1965 = Salto Chico, Rimoldi, 1963)

Sinónimos: "Cuarcitas opalinas fluviogénicas de Salto" Walter (1931) , Arenas rojas y areniscas conglomerádicas de Salto", (Lambert, 1940) Formación Salto (Goso, 1965) Formación Salto Chico Rimoldi (1963), Gentili y Rimoldi, (1979), Formación Salto (autores uruguayos: Bossi et al 1998).; Formación Ituzaingó, (Herbst y Santa Cruz, (1999). Formación San Salvador (Iriondo y Krohling, 2007)

Definición: Unidad predominantemente conglomerádica de color pardo-rojizo, con intercalaciones de arenas y algunos bancos de arcillas de tonalidad parda a verdosa que en superficie se extienden a lo largo del río Uruguay hasta la zona de Concepción del Uruguay y en el subsuelo hasta la cuenca del Río Gualeguay. Esta unidad por varios autores es considerada equivalente temporal a la Formación Ituzaingó, representando un antiguo acontecimiento fluvial de un antiguo Río Uruguay (Herbst, et al, 2000).

Distribución en la Mesopotamia: Tomando en cuenta la distribución de estos niveles conglomerádicos puede señalarse que ellos tienen buena expresión regional desde algo más al norte de Paso de los Libres (Corrientes) hasta la región de Concepción del Uruguay. Constituyen una importante fuente de gravas para la construcción ("ripio"), especialmente en canteras ubicadas en la provincia de Entre Ríos, en los departamentos Concordia, Colón y Concepción del Uruguay.

Litología: Está dominada por la fracción gruesa, conglomerados y gravas que generalmente tienen una matriz arenosa de color pardo rojiza e intercalaciones de arcillas verdosas. También en parte la matriz es de naturaleza ferruginosa lo que le otorga una mayor consistencia a dichos niveles. En su composición los rodados son de ópalo y calcedonia y en menor proporción de fragmentos de basalto o rodados de arcillas. Tienen buena redondez y llegan a tener hasta 10 cm de diámetro. Estos son los rellenos de las oquedades del basalto de Serra Geral que han sido liberados por la erosión y transportados por un importante sistema fluvial. En muchos casos son notables algunos donde se conservan las características de geodas silíceas. En la fracción arena los clastos dominantes son de naturaleza cuarzosa. También se intercalan bancos de areniscas silicificadas de carácter lenticular visibles en el Parque Nacional El Palmar, en la zona de Ubajay y en la de Concordia como asimismo bancos de arcillas verdosas.

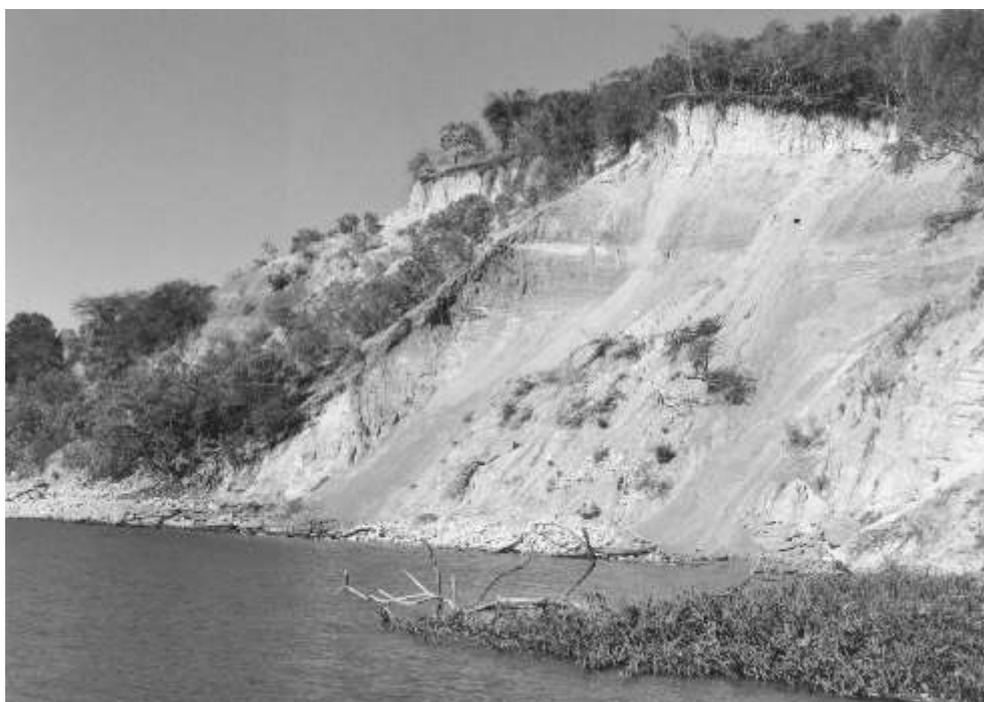
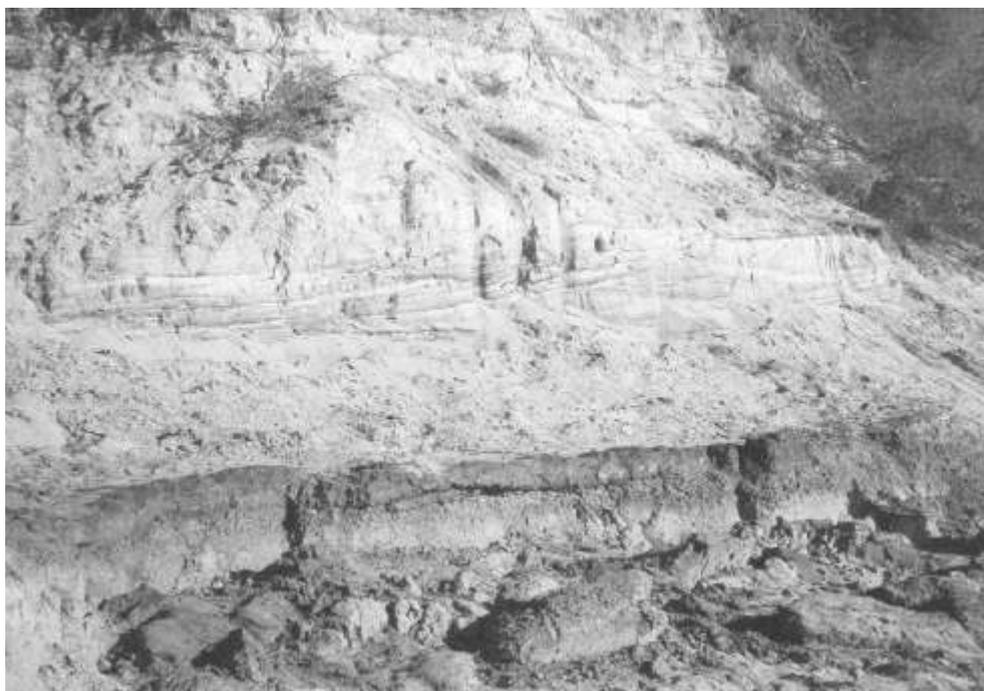


Figura 52: Discordancia entre Formación Ituzaiingó y Formación Paraná, en La Celina, Entre Ríos. La costra corresponde al "Mesopotámico.(arriba) y Afloramientos de la Formación Ituzaiingó en la misma localidad.

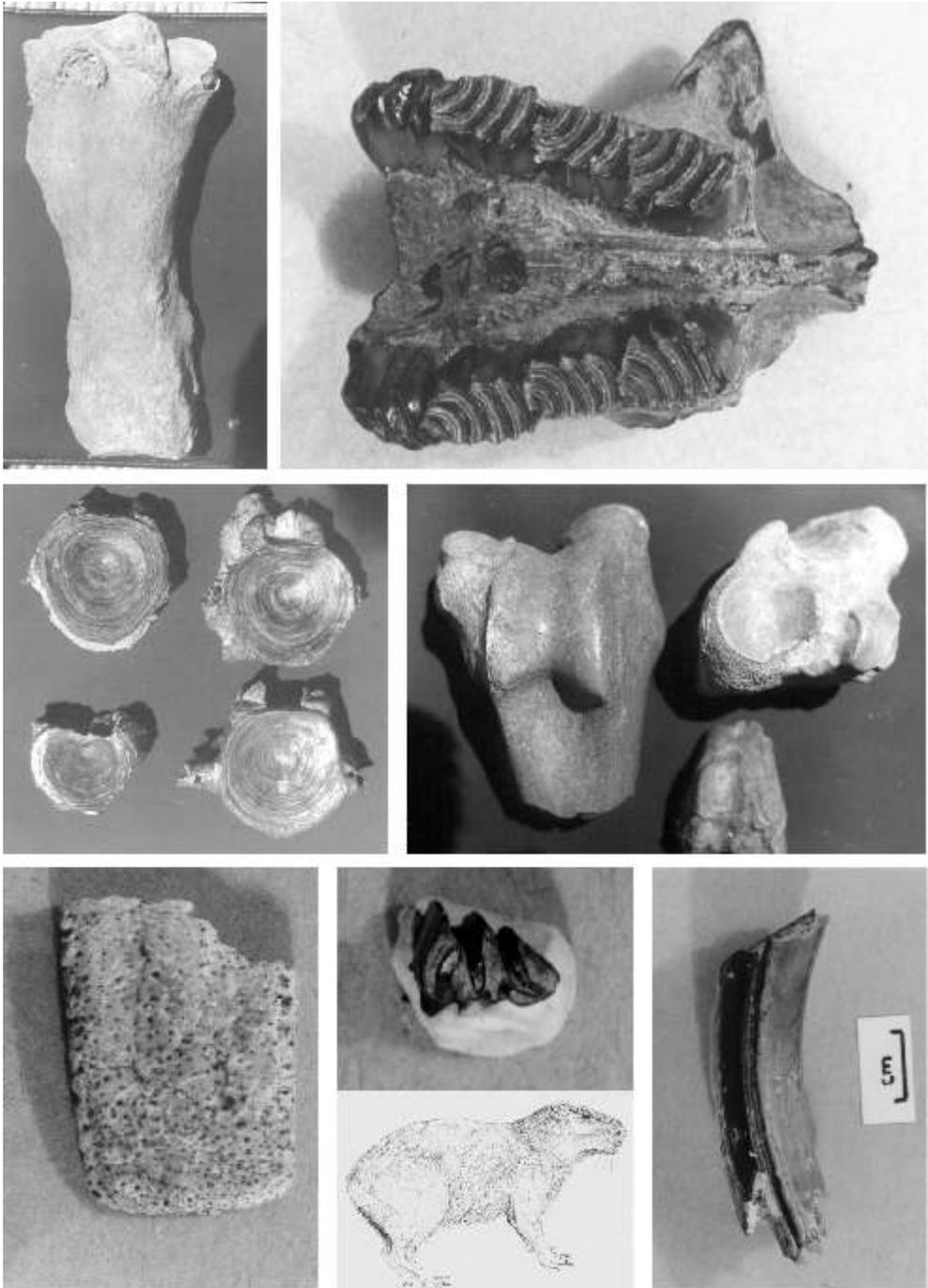


Figura 53: Fragmentos de vertebrados fósiles presentes en el "horizonte mesopotamiense", base de la Formación Ituzzaingó en distintos puntos de la provincia de Entre Ríos. :fragmento craneal, huesos largos y molares de mamíferos y vertebras de peces que probablemente hayan sido remividos de la Formación Paraná.



Figura 54 : Formación Salto en San Javier, Misiones (abajo) y en la zona de Santo Tomé, Corrientes (arriba.)

fondo de la perforación). En cambio sobre la costa argentina las perforaciones allí desarrolladas descubren una serie de coladas menores intercaladas a las areniscas.

Hay otros sectores de la provincia de Misiones donde se contabilizan hasta 11 derrames superpuestos cuyo espesor individual varía entre 3 y 80 metros, lo que hace suponer que el espesor máximo de los derrames superaría los 1.100 metros de espesor (Gentili y Rimoldi, 1979).

La existencia de varias coladas de basalto, algunas de hasta 3 metros de espesor, se encuentran en la ruta provincial nº 2, que va desde San Javier a Panambí. Al igual que en otras localidades, en la base de la colada el basalto es masivo presentando un sistema de diaclasamiento horizontal que posiblemente acompañó el sentido del flujo lávico; mientras que en el techo se vuelve alveolar.

El río Uruguay labra su cauce en el basalto en todo el límite con Brasil, exponiendo sus características en sus barrancas o en las correderas y rápidos que se aprecian en su cauce. Un punto destacable lo constituye el Gran Salto del Moconá donde el río aprovecha una fractura lineal en el basalto de unos 3 kilómetros de largo para generar un muy especial paisaje donde la caída del agua alcanza los 10 metros de altura.

Afloramientos en la provincia de Corrientes: Los basaltos de esta unidad son puestos en evidencia en el curso del Río Aguapey en distintos puntos de su recorrido. Particularmente dicho arroyo en sus nacientes discurre sobre material laterítico (Formación Apóstoles) desarrollado sobre el basalto y configurando el escalón que al este se conecta con los afloramientos de la provincia de Misiones.

Aguas abajo, en la zona de Yurucú se lo observa atravesando niveles arenosos cretácicos en el Paso Margaraty, Ea. Las Mercedes y al sur de la Ea. Santa Juana.

De igual manera acontece con el Río Miriñay que en distintas localidades se observan afloramientos como es en la zona de Paso del Rosario, sobre ruta nacional 123 donde el basalto de color oscuro a violáceo oscuro, con gran cantidad de amígdalas que le dan aspecto escoriáceo. Generalmente estas cavidades se encuentran rellenas de calcita y sílice.

También se lo observa en la zona del arroyo Yaguari; en el arroyo Curuzú Paso o Montiel donde el basalto se presenta como una masa mas compacta con manchas verdosas, debido a la clorita que rellena las cavidades, a la vez que presenta bolsones de areniscas. En la zona de Arroyo Irupé, al oeste del Paso del Rosario, en algunos sectores se observa como el basalto alveolar afecta las areniscas de la Formación Solari.

Los afloramientos del Río Miriñay son de basalto amigdaloides de color violáceo muy oscuro, fracturado, que en ciertos sectores intruye areniscas cuarcíticas rojas. El arroyo Irupé, en el cruce de Ruta Nacional 126, y sus afluentes Arroyos San Juan e Itá, presentan afloramientos sin relieve pronunciado. De igual manera ocurren los afluentes del Arroyo Curuzú Cuatiá, Capibara, Vizcacha, Perú y Salobre.

Al sur de Paso del Rosario, hay basaltos amigdaloides, violáceos, con nódulos verde azulados que rellenan las amígdalas y areniscas silíceas pardo-violáceas a pardo rojizas. Se extienden desde el Río Miriñay hasta el borde W de la Hoja, aflorando aisladamente en los valles labrados por los cursos de agua.

En el Río Miriñay, margen derecha, en el Pto. Cejado, el río labra su cauce sobre el basalto que en de estancia Miriñay da lugar escarpas que llegan a tener más de 10 metros. En estancia El Carmen caen hacia el río con desniveles superiores a 10 metros mientras que en la zona de estancia. La Primavera y Paso Ramírez la escarpa de basalto tiene entre 5 y 7 metros.

En la desembocadura del Arroyo El Sauce, afluente del Miriñay, el basalto forma paredes de 10 metros sobre el nivel de las aguas. Los restantes afloramientos sobre el Río Miriñay

da lugar a la formación de restingas y correderas. En la margen derecha del arroyo Yaguary, Puesto Itá existe un afloramiento de basalto en el lugar conocido como El Salto fruto de un desnivel local en el curso de agua.

En la zona de Curuzú Cuatiá el principal afloramiento del basalto ocurre al NNW de la ciudad homónima y en la misma ciudad. Es un basalto compacto de color rojo a violáceo con manchas verdes y aspecto escoriáceo.

Se destaca que muchos de los afloramientos se encuentran los cursos superiores de los arroyos que van hacia el Río Mocoetá o sobre el arroyo María Grande que lleva a la zona de Perugorría. También debe señalarse que en Curuzú Cuatiá se llevó adelante una perforación que alcanzó la profundidad de 334 metros desarrollada totalmente en basalto (Martínez, 1957).

Al este de Mariano Loza el basalto forma parte de los cauces de los principales arroyos y es gris oscuro violado o pardo, masivo o alveolar con amígdalas rellenas de calcita sílice y minerales opacos presentando alteración a un color rojizo o morado

Estudios realizados para el proyecto hidroeléctrico Garabí, en el Río Uruguay (Corrientes), mediante sondeos que alcanzaron unos 80 metros de profundidad permitieron descubrir que hay una sucesión de coladas basálticas, que van entre una y cinco, cada una de las cuales presenta una estructura masiva que hacia el techo se vuelve amigdaloides. En general los basaltos son de color castaño rojizo a gris, densos en el caso de la colada masiva y hay algunos niveles de tipo brechoso (AyE-Electrobras, 1975).

Otra zona con importantes afloramientos se encuentra en la región de Ituzaingó-Yacyretá. Allí, antes de la construcción de la presa existían saltos y correderas desarrolladas en el Río Paraná sobre los basaltos. Hoy, al quedar cubiertos por las aguas de la represa, a los afloramientos se los reconoce por la costa del embalse de Yacyretá entre el Rincón del Salto y el límite con Misiones donde se exponen por los arroyos que tributan al Paraná en Rincón Ombú y Rincón Yacarey

Al sur de Corrientes, en la zona de Pedro Díaz Colodrero, en el arroyo Lobo Cué o Gómez y en las nacientes del arroyo Esterito, afloran basaltos de color morado o gris y hay areniscas rojas compactas que cubren el basalto (IGM, 1944).

En el tramo inferior del Arroyo Yatay, en cercanías a Paso de los Libres y sobre el Río Uruguay hay basaltos de tonalidad rojiza a violácea que se intercalan a las areniscas. También en la zona de Juan Pujol, al sur de Monte Caseros y en las barrancas hay afloramientos de basalto con características similares.

Afloramientos y registros de perforaciones en Entre Ríos: En la provincia de Entre Ríos el basalto constituía el Salto Grande previo a la construcción de la represa del mismo nombre. El Salto Chico en las inmediaciones de la ciudad de Concordia, en Corralito y en Paso Hervidero, en la zona de Puerto Yerúa constituyen correderas y restingas desarrolladas sobre el basalto que se ponen de manifiesto cuando el nivel del Río Uruguay está bajo. El Paso Hervidero es el último punto de afloramientos de esta unidad hacia el sur (Frenguelli, 1927, 1939).

Debe señalarse que la represa de Salto Grande inundó una serie de afloramientos que se sucedían aguas arriba del Río Uruguay, desde lo que fue la antigua ciudad de Federación hasta la zona de Monte Caseros, en Corrientes.

A partir de una serie de perforaciones en busca de aguas termales se atravesó el basalto en distintas localidades de la provincia de Entre Ríos a saber: En Federación el basalto fue localizado pocos metros por debajo de la superficie hasta una profundidad de 870 mbbp, mientras que en Concordia, el piso del basalto está cercano a 970 mbbp (Silva Busso y Fernández Garrasino, 2004).

En Villa Elisa la perforación alcanzó la profundidad de 1032 metros tocando el techo



Figuras 37 : Cascada sobre coladas de basalto, en Profundidad, Sierra del Imán (Arriba) y en cercanías de San Javier, (Abajo), provincia de Misiones.



Figuras 38: Cantera de basalto en Yofre (Arriba) y correderas sobre basalto en Paso Rosario, Río Miriñay (Abajo), Corrientes.

del basalto a los 348mbbp y el piso a 982 mbbp. De allí y hasta el fondo del pozo se da una secuencia de coladas que se intercalan a las areniscas rojas de Formación Botucatuí totalizando, el conjunto, un espesor de 678 metros (Benitez, 1997). A pocos kilómetros, en Colón (Colón 1) se denota un salto de profundidad ya que allí el techo del basalto se tocó a los 228 mbbp, correspondiendo su base con 886 mbbp. Debe señalarse que en ambos hay una notable surgencia natural posiblemente debido a la presión hidrostática resultante de estos desniveles que posiblemente estén relacionados a fracturas profundas ocurridas en tiempos del pre-cenozoico.

Al sur, en Gualeguaychú 1 el techo del basalto está en 473 mbbp y el piso se encuentra en 720 mbbp. (Silva Busso y Fernández Garrasino, 2004); mientras que en el Gualeguaychú 2 el techo está en 450 mbbp y el piso a 635 mbbp (Mársico, com. personal)

La perforación Nogoyá 1 realizada por YPF en los años 60, identifica el techo del basalto a 660 mbbp y el piso a los 1450, con un espesor del orden de los 790 metros. Está constituido por una serie de coladas de basalto oscuro con tonalidades verdosas y moradas, en general es masivo aunque también hay niveles alveolares y tufáceos. El original estudio petrográfico y geocronológico de estas rocas hecho por Cortezzi y Cazenueve (1967) quienes las caracterizaron como basaltos toleíticos que son asignados al Cretácico inferior.

Otras perforaciones y sondeos realizados en Entre Ríos han permitido determinar que el techo del basalto varía entre 450 mbbp y el piso en 1294 mbbp en Villaguay; el techo cercano a 500 mbbp y el piso en 820 mbbp en La Paz y valores cercanos a los 600 mbbp en María Grande, mientras que allí el piso está en 1376 mbbp. En Villa Urquiza si bien no se realizó perforación los datos que proveyeron los estudios geoelectrónicos son similares a los de María Grande.

En todos estos casos el espesor de la capa basáltica varía, en términos generales, entre 300 metros (La Paz), 750 metros (María Grande) y 850 metros (Villaguay). Debe señalarse que en la mayoría de ellas, hacia la base, se intercalan niveles de areniscas rojas que normalmente disponen de agua cuya temperatura varía entre 37° C y 45° C y que contienen alto contenido salino (ver recursos termales).

En Concepción del Uruguay se realizaron dos perforaciones que definieron que el techo del basalto se encuentra entre 282 y 250 mbbp; mientras que el piso varía entre 886 y 802 mbbp (Mársico, com. personal).

Recientemente un pozo efectuado en Santa Rosa de Calchines, en la margen derecha del Río Paraná, al noreste de la ciudad de Santa Fe se reconoció la presencia del basalto entre 584 mbbp y 1448 mbbp conteniendo una intercalación de areniscas en su base (Mársico, com personal).

Si bien los siguientes datos pertenecen a perforaciones realizadas en Uruguay, por su cercanía a Entre Ríos es bueno considerarlos para tener en cuenta el comportamiento de la efusión en el vecino país y su relación con el subsuelo de esta provincia.

Así por ejemplo a pocos kilómetros al norte de Paysandú, en Pozo Quebracho, una perforación determinó que el basalto tiene su techo a una profundidad cercana a los 100 metros y que se desarrolla con intercalaciones de areniscas y cuarcitas hasta los 478 metros de profundidad.

En la zona de Salto, frente a Concordia, el basalto tiene 995 metros de espesor presentando siempre intercalaciones de areniscas rojas y cuarcitas rojas y gris verdosas; mientras que en Gaspar, al norte de Salto, estas se encuentran desde superficie hasta una profundidad de 518 metros (Padula y Mingramm, 1968).

Edad: Dataciones radimétricas efectuadas sobre estas rocas en Corrientes (Río Aguapey, Ea. El Ombú-Virasoro y Yofre) arrojan una antigüedad de 148 /153 Ma. correspondiendo una edad

Jurásico superior (Linares y González, 1990). En cambio las hechas sobre testigos de la perforación YPF Nogoyá 1, se alcanzaron los basaltos a una profundidad de 748/749 mbbp, se obtuvo 117,40 Ma ; de 1331/ 33 mbbp , 123,70 M.a. y 2.052-2.054 mbbp, se determinó una antigüedad de 141/131 Ma (Linares y González, 1990) lo que corresponde a una antigüedad cretácica inferior..

Observaciones: Haciendo un simple análisis se comprueba que las dataciones obtenidas en la provincia de Corrientes son de una antigüedad mayor que las de Entre Ríos. Lamentablemente el número es muy reducido para sacar conclusiones cronológicas más ajustadas.

Puede destacarse que las que provienen del pozo de Nogoyá tienen una relación más cercana con las dataciones que se han hecho en Uruguay y Brasil en las mismas rocas. Para autores que han investigado esta secuencia magmática en Brasil los derrames basálticos ocurrieron entre 128 Ma y 138 Ma (Stewart et al 1996 y Roisenberg y Viero, 2000). En lo que se denomina la Cuenca Meridional de Brasil, que incluye los estados australes (Rio Grande do Sul y Paraná) se señala que si bien la efusividad es esencialmente básica, hay algunos sectores que esta es de tipo ácida a mesosilícica (ignimbritas, riolitas y andesitas) que en la parte media o superior aparecen interdigitadas con los basaltos. Se señala a la región de Nonoai, cercano al límite con Misiones como uno de los sectores caracterizados por la existencia de vulcanitas ácidas (Roisenberg y Viero, 2000).

También se conoce que los espesores son notablemente inferiores a los que se reconocen en territorio argentino, llegando a los 400 metros de potencia. Una diferencia se da en la región de Presidente Epitasio Pessoa donde se considera que la potencia de las vulcanitas llega a los 1.500 de espesor (Sanford y Lange 1960).

La emisión magmática, como se dijo, cubrió una amplia extensión en Brasil, Paraguay, Uruguay y Argentina y fue fruto de un derrame de corteza profunda a medida que se producía la apertura del Océano Atlántico a partir del período Jurásico.

Estos derrames se produjeron, según Padula y Mingramm, (1968) siguiendo zonas de fracturación dispuestas grandes líneas interfirientes que tuvieron tres direcciones principales a saber: Norte- Sur; Sudeste-Noroeste y Suroeste-Noreste que en definitiva constituyeron las directrices que no solo favorecieron los derrames lávicos sino que conformaron el diseño de las cuencas sedimentarias de Mesopotamia y Pampasia.

Teniendo en cuenta la variación de espesores puede suponerse que las mayores acumulaciones se dieron en los puntos donde se localizaban los centros emisores y que de alguna manera ellos podrían disponer en profundidad de un punto caliente subcortical ("hot spot") que favorecerían la licuefacción de los basaltos que habrían de emerger en toda la región.

Formación Guichón (Lambert, 1939) Bossi, 1966 (= Puerto Yeruá , De Alba y Serra, 1959)

Sinónimos: "Areniscas de Baurú" (Frenguelli, 1927), "Areniscas de Guichón" (Lambert, 1939); "Conglomerado brechoso y areniscas bastas" (Coco, 1951); Formación Puerto Yeruá (De Alba y Serra, 1959); Formación Guichon (Bossi,1966); Formación Yeruá (Herbst, 1971); Formación Guichón , varios autores uruguayos); Formación Arroyo Castillo (Herbst, 1971); Formación Yeruá y Puerto Unzué (Gentili y Rimoldi, 1979), Formación Puerto Yeruá (Tofalo, 1986).

Definición: Se la define constituida por areniscas finas a medianas de color rojo y pardo rojizo con matriz pelítica rojo intenso que pueden definirse como wackes feldespáticas. Subordinadamente hay conglomerados polimícticos de color rojo y rojizo con intercalaciones políticas. Hay abundantes estructuras diagonales, planares, con estructuras primarias.

Distribución en la Mesopotamia: Los afloramientos de Formación Guichón (=Yerúa) se extienden en la margen derecha del Río Uruguay desde la zona de Colón y Parque Nacional El Palmar hasta las inmediaciones de Concordia.

Constituyen la continuación lateral de los afloramientos que se observan en la margen izquierda entre el arroyo Dayman-Meseta Artigas y el arroyo Queguay (Uruguay) (Goso y Perea 2004). En Corrientes Herbst y Santa Cruz (1999) citan la existencia de afloramientos aislados en Puesto Las Ruinas, a unos 20 km al este de Mercedes y en la zona de Santo Tomé.

Litología: En el caso de la Formación Guichón se describe como una sucesión siliciclástica de color rojizo o rosada, predominantemente arenosa con estratos limosos y arcillosos pardo-rojizos y con intercalaciones de conglomerados polimícticos con clastos de cuarzo, basalto y de areniscas con abundante material carbonático y disponiendo de sectores afectados por una silicificación.

Es particularmente notable su composición en bancos de cuarcitas de hasta 1,5 metros que se acuñan rápidamente y en cuya estructura interna es frecuente la estratificación diagonal, mientras que en los bancos arenosos que se intercalan a limonitas son comunes ondulitas. Es común la presencia de paleocanales que son rellenados por arenas o gravas. Tofalo (1990) y Tofalo y Pazos (2002) efectuaron detallados estudios sobre los niveles caracterizados señalando que por su micromorfología pudo determinarse un origen vadoso de agua dulce y otro generado por movimientos verticales de la capa freática. Todo se interpreta como producto de un régimen fluvial cuya potencia de flujo es baja y mediana desarrollado en una planicie aluvial de cursos migrantes con baja a moderada simiosidad.

Gentili y Rimoldi (1979) describen la que entienden constituye la sección tipo en las barrancas de Puerto Yerúa en un acantilado de inmediaciones del embarcadero donde, en una sección de unos 14 metros, de arriba abajo, se observa:

Techo: Formación Salto

- 4,00 metros de arenisca arcillosa, grano fino, rojo claro con lentes de arenisca sílicea de color rojo oscuro.
- 2,50 metros de arcilita roja con abundante carbonato pulverulento o en forma de tosquilla que en su base presenta un banco de arenisca calcárea gris clara.
- 2,50 metros de arenisca arcillosa finamente estratificada de color rojo oscuro, grano grueso y contiene rodados de arcilla.
- 2,00 metros de arena calcárea de grano grueso de color rosado con rodados de arcilla y síliceos que hacia arriba se hacen más abundantes, teniendo clastos de hasta 8 cm de diámetro.
- 2,50 metros de arenisca arcillosa friable, de grano fino y de color rojo claro.

Piso: No observado

Estos autores señalan que secciones parecidas se reconocen en Cueva del Tigre, en Nueva Escocia, Paso Hervidero y Colón. También se las localiza en perforaciones realizadas en la zona, llegando a tener una sección de 25 metros en la zona de Ayuí.

En la zona de Colón, Gentili y Rimoldi (1979), donde se han efectuado perforaciones, señalan que la cementación calcárea es más frecuente en el tercio superior donde también hay niveles conglomerádicos con clastos angulosos; mientras que en niveles inferiores es notoria la

silicificación de las areniscas que hacia abajo dan lugar a arenas de grano mediano y sin diagénesis

A esta unidad se refieren areniscas rojas y moradas que fueron encontradas en las perforaciones llevadas a cabo en Entre Ríos, cuyos espesores estimados son los siguientes: Federación 140 metros, Villa Elisa, 118 metros y Nogoyá 80 metros.

Estas rocas se apoyan en discordancia por sobre los basaltos Serra Geral y conforme a los estudios regionales que incluyen los afloramientos de Uruguay, esta cuenca se profundiza y adquiere mayores espesores en el subsuelo de la Mesopotamia.

En el caso de la perforación de Nogoyá se destaca que por sobre el basalto, entre 514 y 659 mbbp existe una secuencia integrada areniscas finas castaño claro rojizas con impresiones ferruginosas a las que se intercalan limos y arcillas rojizas y de color castaño rojizo (50 metros) que hacia abajo siguen areniscas gruesas con intercalaciones pelíticas de color castaño-rojizo (90 metros). Los niveles basales están integrados areniscas gruesas, parcialmente conglomerádicas, de color rojizo.

Edad: En los afloramientos del Parque Nacional El Palmar (antigua Calera Barquín) von Huene (1929) reconoció la presencia de fragmentos óseos del dinosaurio *Argyrosaurus superbus* cuya asignación cronológica correspondería al Cretácico superior.

En conglomerados pertenecientes a Formación Salto que afloran en cercanías de Colón se han encontrado fragmentos de huesos, dientes y huevos de dinosaurios que se interpretan provienen de la erosión de Formación Guichón (= Puerto Yerúa).

Ellos, según de Valais et al. 2003, pertenecen a fragmentos del escudo torácico de un dinosaurio ankylosaurio, un fragmento dental de un terópodo y un fragmento de cáscara de huevo posiblemente de un faveoolithido perteneciente al género *Sphaerovum*. Este tipo de huevos ha sido normalmente asignado a dinosaurios titanosauridos.

Debe destacarse que en Uruguay esta formación tiene restos del cocodrilo *Uruguaysuchus* (*U. aznarezi* y *U. terrai*) que representaría una antigüedad Aptiense-Albiense (Cretácico superior). En cambio en la Formación Mercedes se han encontrado restos de titanosauridos y también nidadas y huevos sueltos cuyo origen es asignados a este grupo de dinosaurios.

Observaciones: No es simple caracterizar a esta unidad en cuanto sus afloramientos se encuentran geográficamente dispersos y en general son de dimensiones reducidas. Si se tiene en cuenta la geología del occidente de Uruguay, en principio, es posible correlacionar los afloramientos de Puerto Yerúa-Colón con los de la Formación Guichón cuyas características litoestratigráficas son muy parecidas.

Más aún, la Formación Guichón constituye el margen izquierdo del río Uruguay en frente de los afloramientos argentinos sin que pudiere observarse alguna discontinuidad entre ambas orillas. De allí que no es desahogado identificar a ambos afloramientos o al menos parte de ellos con el mismo nombre formacional que, sin dudas, tiene prioridad.

En Uruguay la Formación Guichón es recubierta por la Formación Mercedes que son areniscas blanco grisáceas con intercalaciones de carbonatos ("calcretas"), en partes silicificados o ferruginizados, y de lentes conglomerádicos. En este aspecto hay que señalar la existencia de carbonatos calcretizados en el Parque Nacional El Palmar donde se han encontrado nidos de insectos ferruginizados al igual de los existentes en el perfil de Reyles, en Uruguay (Gooso y Perea, 2004).

Sirvan estas observaciones para señalar que si bien, en la Mesopotamia no está clara la

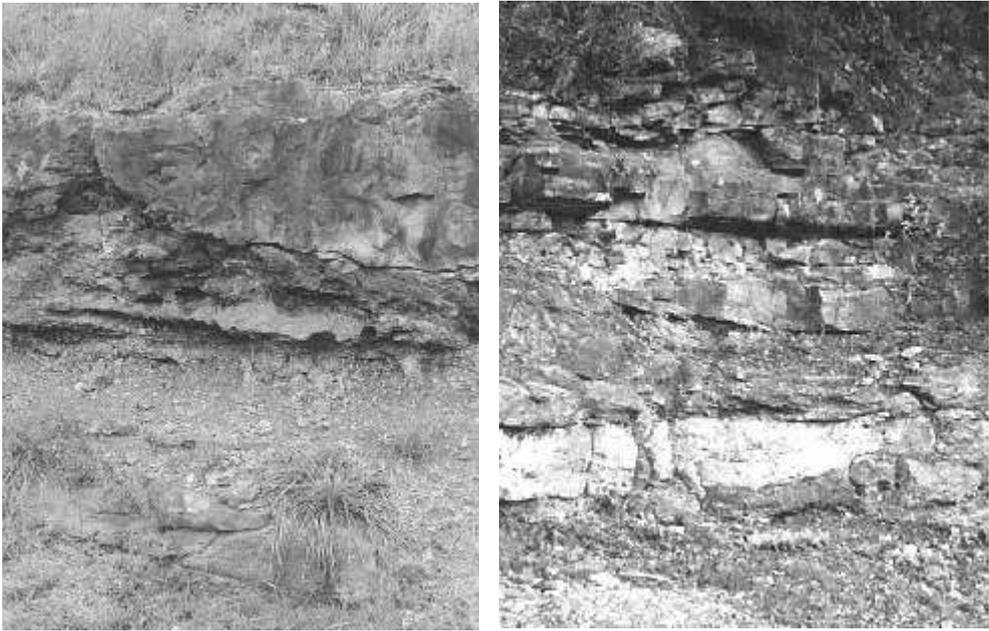


Figura 39 : Afloramientos de la Formación Guichón (= Puerto Yeruá) en la bajada al embarcadero de Puerto Yeruá, Entre Ríos.

presencia de la Formación Mercedes por sobre la Formación Guichón es necesario destacar

que hay niveles calcetizados por sobre la secuencia fluvial post-basáltica cretácica en la zona de Parque Nacional El Palmar. También es interesante vincular esta formación con los niveles basales de las que en Brasil constituyen el grupo Baurú (Milani, 1997)

La Transición Cretácico/Terciario

No está suficientemente claro cuales unidades de la Mesopotamia representan la transición Cretácico/ Terciario ya que es necesario compatibilizar los datos de superficie del Uruguay con los que resultan de las perforaciones profundas y estudios geofísicos realizados en el subsuelo de Entre Ríos. En Uruguay, como se mencionó, se interpreta que la Formación Mercedes representa el Campaniano-Maestrichtiano en razón a los restos fósiles allí presente, pero no está lo suficientemente probado que a ella pertenezcan los niveles de calcretes que afloran en el Parque Nacional El Palmar.

Si bien Herbst (1971) asignó el nombre de Formación Pay Ubre a calizas y calcretes que afloran en las inmediaciones de la ciudad de Mercedes (Corrientes), también es posible que ellos formen parte del mismo acontecimiento sedimentario Oligoceno cuyos afloramientos se encuentran en varias localidades cercanas a Curuzú Cuatíá. En ese caso es posible interpretar que las variaciones en el material lítico que contiene, a modo de rodados y/o brecha, deben a que representan distintos sectores de la cuenca en la que se depositaron y no a unidades estratigráficas diferentes.

Donde mayores problemas interpretativos se dan es en las secciones obtenidas mediante perforaciones del subsuelo de Entre Ríos. Así por ejemplo en la perforación de Nogoyá, en

el tramo 514- 390 mbbp, por sobre la Formación Guichón (= Puerto Yerúa) se reconoce la presencia de areniscas finas calcáreas rosadas con intercalaciones de calizas blanquecinas, castaño claro y pardo-rojizas que fueron asignadas a la **Formación Mariano Boedo** (Padula y Mingramm, 1968, Fernández Garrasino, 1989) con amplia representación en el subsuelo de la Pampasia.

La presencia de calcáreos en profundidad similar también fue detectada en la perforación de la Dirección Nacional de Geología y Minas de Villa General Ramírez. También en estos niveles, según Stappenbeck (1926), se destaca la presencia de niveles de arcilitas con bancos de yeso..

En el noroeste argentino, la transición cretácico-terciaria, se identifica en el tramo superior de la **Formación Yacoraite** donde las características litológicas son semejantes a las

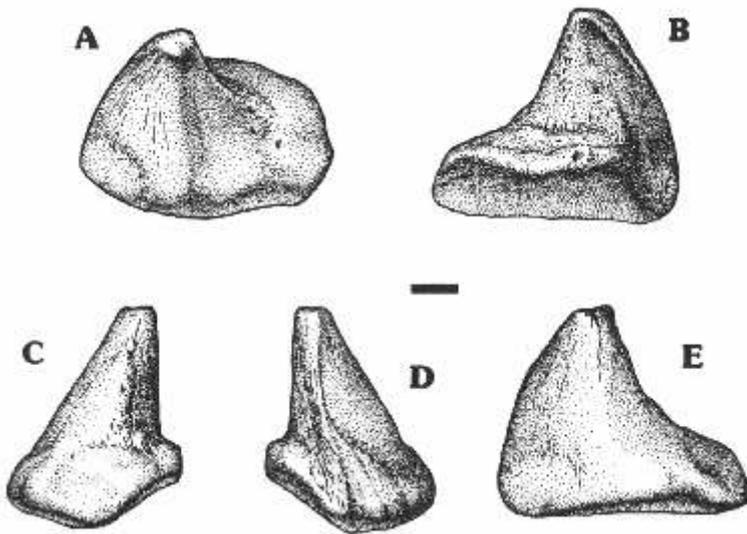


Figura 41: Osteodermo torácico de Ankilosaurio, CICYTTP R - 1-3 / Ankilosau thoracic osteoderm. A, vista dorsal/dorsal view; lateral/lateral view; C, vista posterior/posterior view; D, vista anterior/anterior view; E, vista medial/medial view. Escala: *escale bar*: 1 cm

que se describen en el subsuelo de Entre Ríos y, en general, en la Pampasia (Sial, et al. 2001).

Vale la pena referirnos al marco regional mayor para interpretar cuales han sido las condiciones ambientales generales durante la transición entre el Mesozoico y Cenozoico durante la cual la cuenca pampásica recibió un cúmulo de sedimentos propios de pantanos, lagos amargos o, en determinados sectores, de ambientes marinos restringidos.

En este caso no solo hay que fijar la atención en lo ocurrido en el norte de Argentina (Mariano Boedo es una localidad de la provincia de Formosa), sino también en la zona norte de la provincia de Buenos Aires donde se depositaron limolitas marinas de color gris verdoso, rojizas y castaño claras que se intercalan con arcilitas rojas y gris oscuras, yeso y calizas las que se denominan **Formación Las Chilcas** (Zambrano, 1971). También en perforaciones hechas en el borde atlántico de la Cuenca del Colorado se define la **Formación Pedro Luro**, de litología y posición estratigráfica equivalente de la anterior.

Se estima que dentro de ambas unidades, está la transición Cretácico/Terciario en razón a que en su porción inferior se encontraron foraminíferos maestrichtianos de la especie *Rugoglobigerina rugosa*; mientras que al tramo superior, por su posición estratigráfica, se lo asigna del piso Daniano (Paleoceno) (Yrigoyen, 1975).



Figura 40: Bosquejo geológico de la zona de Puerto Yerúa, Entre Ríos, basado en De Alba y Serra (1959)

Si consideramos posible la equivalencia lateral de las formaciones Mariano Boedo/Las Chilcas/Pedro Luro entendemos que las condiciones ambientales en las rocas del subsuelo mesopotámico en la transición Cretácico/Terciario son comunes. El conjunto representa sedimentación ocurrida en ambientes marinos someros, litorales a lacustres marginales, palustres con sectores donde también es posible identificar sedimentos representativos de planicies aluviales. Ello incluiría una sedimentación continua que va desde el Cretácico superior hasta, por lo menos, el Eoceno (Yrigoyen, 1975).

Debe señalarse que en una perforación de Laguna Paiva (Santa Fé) Stappenbeck (1926) reconoce la presencia de niveles de carbonatos y limolitas pardas y rojizas que llamó "Estratos de Paiva" y que supuso se extendían en el subsuelo pampásico. Braccini (1980) interpreta que el pozo que mejor los representa se encuentra en el noroeste de Buenos Aires, en Conesa, y propone que sería conveniente mantener el nombre de **Formación Paiva** como equivalente de Formación Mariano Boedo.

Con este objeto propuso que se identifique con dicho nombre a una sucesión de unos

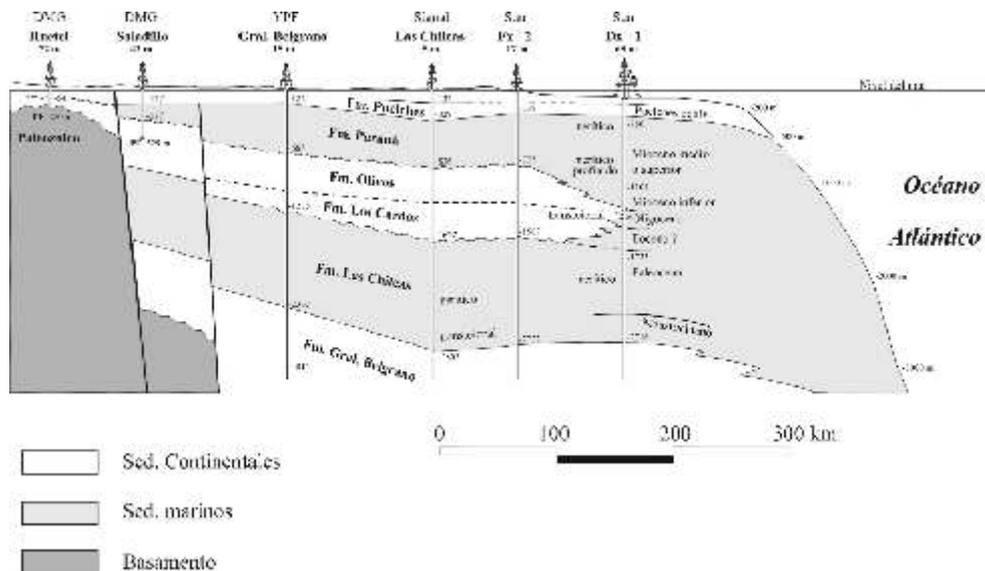


Figura 42: Perfil demostrativo de la Cuenca del Salado, en provincia de Buenos Aires, según Irigoyen, 1975

110-120 metros constituidos por un miembro superior de areniscas calcáreas, cuarzosas de grano fino, con intercalaciones de calizas rosadas y yeso (45-50 metros) que hacia abajo pasan a unos 30 metros de arcilitas y limolitas rojo herrumbre y en su base se compone de bancos de yeso y sal e intercalaciones de arcilitas gris oscuro. Este último nivel tiene un espesor entre 35 y 40 metros.

Este conjunto es sobrepuesto en discordancia por limolitas pardas y rojizas y arenas gruesas, escasamente conglomerádicas, predominantemente cuarzosas que en el norte de la provincia de Buenos Aires se conocen con el nombre de Formación Olivos, la que sería equivalente lateral de la Formación Fray Bentos del Oligoceno.

Recientemente Marengo (2006) invalida la interpretación que asigna a la Formación Mariano Boedo a la Formación Laguna Paiva señalando que en la región pampeana no encuentra sedimentos marinos previos al Mioceno temprano. En ese aspecto incorpora a la estratigrafía regional lo que llama **Grupo Litoral** y que estaría integrado por las formaciones Chaco, Laguna Paiva y Paraná. Estratigráficamente no está suficientemente claro el hecho de que interpreta que la Formación Laguna Paiva estaría intercalada a dos miembros de la Formación Chaco, que llama **Miembro Palermo** en la base y **Miembro San Francisco** en el techo, situación que no es congruente con lo normado en el Código de Nomenclatura Estratigráfica. Los foraminíferos que reconoce Marengo (2006) representan el Oligoceno o Mioceno inferior, tales como *Triquetrorhabdulus carinatus* que es propia de la transición mencionada.

Esta unidad, en la cuenca del Salado, se sobrepone a un nivel de arenas rosadas y blanquecinas que se identifican como **Formación Los Cardos** (Groeber, 1961). Tanto esta última como la **Formación Olivos** son interpretadas como pertenecientes a un ciclo continental dominado por sedimentación fluvial que en conjunto habría ocurrido en el lapso Eoceno superior- Mioceno inferior a medio (Yrigoyen, 1975).

Cenozoico - Terciario

Generalidades

En la escala geológica internacional el período Terciario constituye el inicio de la Era Cenozoica siendo el Paleoceno el punto inicial del mismo. Con métodos bioestratigráficos y cronológicos se determinó que el límite inferior del período ocurrió hace 65.5 millones de años; mientras que su límite superior está determinado por el Cuaternario cuyo inicio tuvo lugar hace 1.8 millones de años.

En los últimos años existió un debate acerca de la conveniencia de usar el nombre Terciario y Cuaternario reemplazándolo por los nombres de Paleógeno (Paleoceno-Eoceno-Oligoceno) y Neógeno (Mioceno-Plioceno-Pleistoceno-Holoceno-Actual) (Gradstein, 2004), pero más recientemente se ha desechado esta proposición, retornando a la clásica división en Terciario (Paleoceno – Eoceno – Oligoceno – Mioceno y Plioceno) y Cuaternario (Pleistoceno – Holoceno y Actual)

El Terciario fue un momento muy especial de la historia de la Tierra en el cual desaparecen importantes grupos de organismos que hasta el Cretácico se caracterizaban por su abundancia, tal el caso, entre otros, como los dinosaurios en los continentes o los ammonites y belemnites en los mares.

Asimismo al Terciario se asocia el rápido crecimiento, en número de especies, de los mamíferos cuyos elementos más primitivos, si bien ya se encontraban en el Mesozoico, no tuvieron expansión hasta este período con desarrollo de numerosos linajes que prácticamente ocuparon el planeta.

Debe destacarse que para entonces Sudamérica se encontraba aislada de los otros continentes motivo por el cual en su territorio se desarrolló una fauna propia entre cuyos elementos se destacaban marsupiales, edentados, notoungulados, etc.

Algo parecido ocurre con la flora fanerogámica (plantas con flores) que tuvo sus inicios en el período Cretácico y su mayor expansión a partir del Terciario hasta nuestros días. En este aspecto debe resaltarse el hecho de que muchas de los órdenes tienen directa relación con África, Antártida y Australia, continentes con los que antiguamente integraban partes del Gondwana.

Otro detalle digno de mencionar es el hecho que durante el Terciario se formaron las grandes cordilleras actuales, como resultados de colisiones continentales (Alpes e Himalayas) o del choque de la corteza oceánica del Pacífico contra el continente americano (Andes-Rocallosas).

Debe señalarse que la conformación de las mencionadas cordilleras de alguna manera alteró la circulación atmosférica y de las corrientes marinas, afectando las condiciones climáticas generales. Ello significó que durante este período hubo grandes fluctuaciones con momentos cálidos y otros fríos. Esto dio lugar a tiempos en los que se desarrollaron englazamientos continentales a expensas de las aguas marinas lo que generó amplias plataformas emergidas (regresiones); y también épocas cálidas que produjeron el desglazamiento con el avance de las aguas de los océanos sobre los continentes (transgresiones).

Debemos recordar que en general el Cretácico fue un período en el cual la temperatura planetaria fue relativamente cálida, situación que comienza a cambiar a partir del Terciario. Hay diversas ideas acerca de la razón de este cambio: unos la vinculan a la formación de las grandes cordilleras y al volcanismo que en ellas se desarrolló; mientras que otros lo vinculan con un gran impacto meteorítico, cuya destrucción habría generado una capa de polvo global que dio inicio al enfriamiento del planeta. Sea cual fuera el hecho la realidad es que la temperatura global descendió y se produjeron profundos cambios en la composición de la biodiversidad.

El Terciario en la Mesopotamia

Los sedimentos que en la Mesopotamia se asignan al Terciario tienen una destacada expresión regional en la cuenca del Río Paraná y, fundamentalmente, en el subsuelo. Ello no quiere decir que no los haya habido en la cuenca del Río Uruguay, pero en términos comparativos sus afloramientos son significativamente menores.

Ya se señalaron las características de las unidades estratigráficas que constituyen el límite Cretácico/Terciario de la Mesopotamia y región contigua de la Pampasia; destacando que éste se ubicaría en un punto aún no determinado de la Formación Mariano Boedo/Las Chilcas. Estas representan un acontecimiento marino a marino restringido con facies litorales, lagunares y palustres dependiendo ello de su posición geográfica.

Por sobre dichas unidades, en el subsuelo del norte de la Provincia de Buenos Aires, se identifica la presencia de una sección compuesta por limos abigarrados y arenas que tienen un espesor variable entre 100 y 200 metros que se conocen con el nombre de Formación Los Cardos. Esta unidad representa facies continentales posiblemente del Eoceno superior-Oligoceno y no sólo tendría desarrollo en el norte de Buenos Aires sino también en la llamada Subcuenca de Rosario cuya extensión hacia el subsuelo de Entre Ríos ha sido identificada por debajo de las areniscas rojas a la que algunos geólogos identifican como Formación Chaco (Fernández Garrasino, 1998; Fernández Garrasino y Vrba, 2000); mientras que en Buenos Aires lo hacen con el nombre de Formación Olivos (Groeber, 1961).

Cuando Stappenbeck (1926) describe el subsuelo de Pampasia a partir de varios pozos realizados en localidades de Córdoba y Santa Fe reconoce la presencia de arcillas pardas y abigarradas con margas grises y gris verdosas entre 414 y 480 mbbp a las que les asigna el nombre de "Estratos de Paiva" e interpreta intercalados entre una innominada secuencia de arcillas gris verdosas y pardo grisáceas con yeso que se apoyan sobre las areniscas cretácicas y lo que denomina "Arcillas pardas" que subyacen a la Formación Paraná.

Por la posición estratigráfica podría interpretarse que los "Estratos de Paiva" representarían al Eoceno-Oligoceno, mientras que parte de éstos y las "Arcillas Pardas" que se le superponen tendrían correspondencia lateral con la Formación Olivos y la Formación Fray Bentos del Oligoceno-Mioceno que aflora en la Cuenca del Río Uruguay y que describimos a continuación.

Como ya se mencionó precedentemente, para Marengo (2006) la Formación Laguna Paiva constituye una unidad estratigráfica intercalada entre la que llama Formación Chaco, particularmente entre sus Miembros Palermo y San Francisco. Este planteo no resuelve definitivamente la estratigrafía del subsuelo mesopotámico donde, al menos con los datos disponibles, se comprueba que la secuencia infrayacente a la Formación Fray Bentos tiene variaciones litológicas notables. En el futuro estas variaciones posiblemente permitirán establecer con mayor claridad establecer la existencia de una o más formaciones geológicas en la región.

Los datos de varias perforaciones profundas ejecutadas en diferentes localidades de Entre Ríos señalan que entre el piso de las "arcillas pardas" que se interpretan equivalentes a la Formación Fray Bentos y el techo del basalto de Formación Sao Bentos hay no menos de 650 metros de arenas pardas, rojizas, arcilitas y limolitas cuya identificación estratigráfica aún es objeto de discusión. Hay sectores del sur de la provincia donde, debajo de las que representarían a la Formación Fray Bentos, hay un paquete de arenas, no consolidadas, cuya potencia es del orden de los 150 metros, que merecerían una identificación estratigráfica.

Dadas las dificultades mencionadas continuamos con el estudio de las unidades estratigráficas a partir de la Formación Fray Bentos cuya expresión en superficie es observable en diferentes localidades de la cuenca del Río Uruguay.

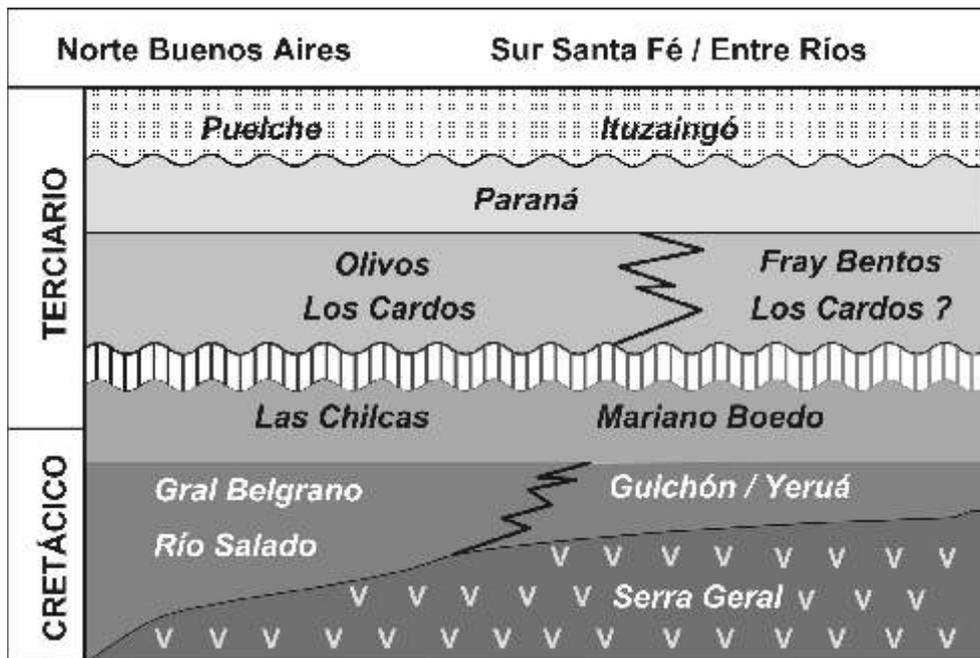


Figura 43: Esquema Estratigráfico para el lapso Cretácico/Terciario del sur de Mesopotamia y provincias de Buenos Aires y Santa Fe.

Oligoceno-Mioceno

Formación Fray Bentos (Lambert, 1939) Bossi 1966

Sinónimos: "Calcáreos brechosos de Curuzú Cuatía", "Terciario antiguo" (Comando de Ingenieros del Ejército), "Capas de Fray Bentos" Lambert (1939); "Capas de Fray Bentos" (Martínez, 1950), Formación Pay Ubre (Herbst, 1980); Formación Fray Bentos (Herbst, 1971); Formación Arroyo Castillo y Formación Arroyo Avalos (Gentili y Rimoldi, 1979).

Definición: Se define esta unidad como una secuencia de limolitas arenosas y limo-arcilitas de color castaño claro a rosado, cementadas por carbonato de calcio y en menor proporción silicificadas. Hay niveles brechosos y conglomerádicos, teniendo localidad tipo en la ciudad de Fray Bentos (Uruguay) y una amplia distribución en el occidente de Uruguay y el este de la provincia de Entre Ríos.

Distribución en la Mesopotamia: En la provincia de Entre Ríos tiene expresión superficial desde el norte de Concepción del Uruguay, Colón, Ubajay y hasta las inmediaciones de Paso de los Libres. Desde allí se reconoce en algunos puntos sobre el arroyo Mocoretá hasta cercanías de Curuzú Cuatía (cantera Tellechea y Arroyo Castillo) y en diversos sectores aledaños a ruta nacional 14 entre Monte Caseros y Alvear.

En la cuenca del Río Corrientes, en la bajada occidental de la meseta de Mercedes, hay varios afloramientos donde se exponen sus características litológicas. Ellos son al este del Paso



Figura 44: Afloramientos de la Formación Fray Bentos en cercanías de Curuzú Cuatiá (Abajo.) y Mercedes, Corrientes (Arriba.).

Formación Paraná (Bravard, 1858)

Sinónimos: "Gres Tertiaire marin D, Grès Ostreen H, Calcaire arenifere, I" (D'Orbigny 1842); "Terrenos marinos del Paraná, Formación marina del Paraná Bravard (1858); Paraná Formation (Borcher, 1901), Formación Entrerriana (Ameghino, 1906), Paranense, Entrerriense y Rionegrense marino (Frenguelli, 1920, 1947); Formación Paraná y Formación Entre Ríos (Camacho, 1967); Formación Pueblo Brugo (Gentili y Rimoldi, 1979); Formación Paraná (Irigoyen, 1969; Aceñolaza 1976, 2000, Herbst, 1971, 1999, Sprechmann et al, 2000).

Definición: Se define como una sucesión de arenas, limolitas, arcilitas gris verdosas a las que se le superponen arenas arcillosas y calizas organógenas. Este conjunto tiene abundantes fósiles marinos, llegando en algunos sectores a constituir bancos de gran continuidad lateral y de un espesor notable (Aceñolaza, 2000).

Distribución en la Mesopotamia: El área tipo se encuentra en la ciudad de Paraná en la zona del Puerto Nuevo (quebrada La Santiagueña), aunque sus afloramientos son continuos desde allí hasta Bajada Grande. Otros afloramientos notables al norte de la zona tipo se encuentran en la región de Villa Urquiza, El Cerro, Brugo hasta las inmediaciones de Hernandarias.

Al sur de Paraná los afloramientos tienen expresión superficial en varios sectores de los departamentos Diamante y Victoria. En el subsuelo se localiza en perforaciones en el centro-oeste de Entre Ríos, oeste de Corrientes, Chaco-Formosa, Santa Fé, este de Córdoba y norte de Buenos Aires con espesores variables que varían entre 100 y 200 metros.

Litología: Las perforaciones realizadas en la zona tipo (Paraná) señalan que se dispone en con-



Figura 44.-a: Cascada de Ander eg cercana a Puiggari, Entre Ríos, labrada sobre calcáreos de la Formación Paraná

cordancia sobre arcillas pardas y pardo-rojizas, probablemente equivalentes a Formación Fray Bentos que hacia arriba siguen arcillas verdes plásticas (65 m), luego dos bancos de arenas finas blanquecinas de unos 8 -10 m. cada uno que son recubiertas por arcillas verdes. Estas se localizan desde el subsuelo hasta el nivel del río y siguen hacia arriba siendo una arena arcillosa gris verdosa que a su vez es recubierta por el banco de carbonatos y carbonatos organógenas que llegan a tener un máximo de unos 6 metros de potencia. En esta zona el espesor de la unidad es de unos 100-110 metros.

Los bancos de carbonatos organógenos también tienen expresión en la zona de Pueblo Brugo, El Cerro, Villa Urquiza, Molino Doll e inmediaciones de Victoria. Los afloramientos de esta unidad se observan a lo largo de las barrancas del Río Paraná manifestándose desde la línea media del río hasta cerca de la cota 40. Esta variación se debe a la discordancia que labró sobre estos sedimentos el antiguo río que depositó a la Formación Ituzaingó.

El afloramiento de Pueblo Brugo, a unos 70 km al noreste de Paraná, solo es visible cuando el nivel del río se encuentra bajo y pone de manifiesto un nivel de arcillas verdosas al que se intercalan bancos con restos fósiles (*Ostrea patagónica*, *O. brugoi*, etc).

Más al sur, en El Cerro, se expone una sección de unos 18 metros de espesor integra-

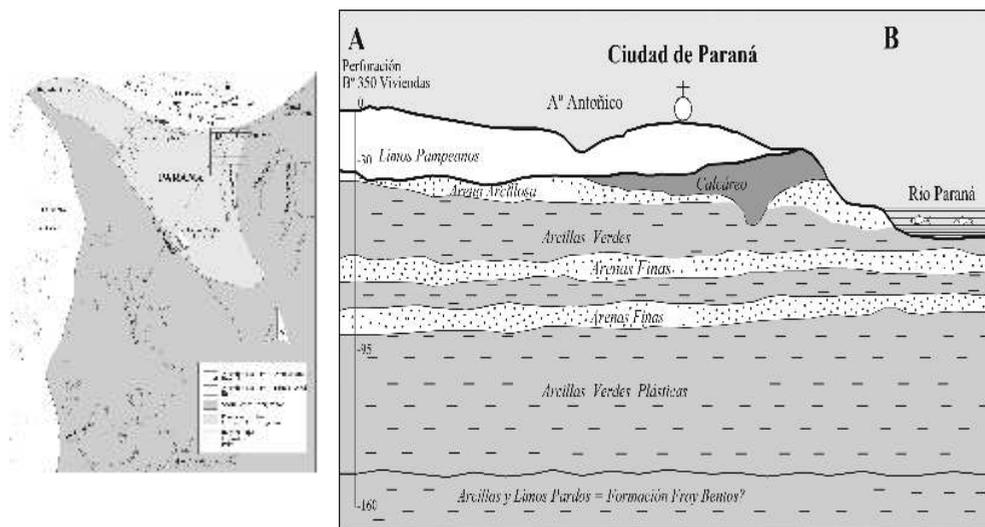


Figura 45: Distribución de la Formación Paraná en su sección y área tipo (basado en Scartascini, 1959 y Aceñolaza 2000). El cuadrículado indica ubicación de sección tipo

do, de abajo a arriba, de arcillas verdosas que pasan a arenas blancas, medanosas y siguen arenas arcillosas gris verdosas donde se intercalan niveles fosilíferos con moluscos (*Ostrea patagónica*, *O. alvarezii*, *Placunanomia papyracea*, etc) y equinodermos (*Monophoraster darwini*). Culmina la sección con un banco de caliza gris blanquecina con abundantes restos y trazas fósiles (Aceñolaza y Aceñolaza, 2000).

En Villa Urquiza la sección tiene unos 12 metros y está integrada de arcillas arenosas que tienen en la base un banco de moluscos (*O. adglutinans*, *Pecten*, etc.) y en el techo otro de idénticas características con restos de moluscos (*O. patagónica*, *O. alvarezii*, *Pecten*, etc). En la cuenca del Arroyo Las Conchas hay asomos de las arcillas verdes y bancos carbonáticos con moluscos.

Los afloramientos de Paraná tienen una expresión regional pudiendo observarse que la secuencia tiene abajo arcillas verdes que son recubiertas por arenas arcillosas, margosas, que cul-



Figura 46: Afloramientos del nivel de arcillas con *Ostrea* y de los niveles arenosos/medanosos en Cantera Cristamine, departamento Diamante, Entre Ríos.



Figura 47: Caliza con marcada estratificación diagonal, calle San Juan, Paraná (Arriba) y caliza masiva con marcas de estratificación diagonal en Molino Doll, Entre Ríos (Abajo).

minan en un banco de hasta 9 metros de espesor de calizas oolíticas, masivas y fosilíferas (Frenguelli, 1920, Scartascini, 1959; Aceñolaza y Aceñolaza, 2000, Aceñolaza, 2000).

La sección estratigráfica que se observó durante los estudios de fundación del Túnel subfluvial (Gentili y Arce, 1972) permitió comprobar que los estratos correspondientes a la Formación Paraná tienen un mayor desarrollo en la costa entrerriana. Allí, en la zona del dique seco y por debajo de niveles arenosos de la Formación Ituzaingó la sección está constituida por arenas finas con intercalaciones limosas hasta una profundidad que varía entre 40 y 46 metros bbp. A partir de allí se disponen arcillas verdes compactas cuyo techo tiene continuidad hasta el lado santafecino.

Al oeste de Aldea Brasileira y Colonia Ensayo, por debajo de los niveles arcillosos con *Ostrea* patagónica hay un potente banco de arenas blancas, medianosas con notable estratificación diagonal que es explotado por su calidad para la industria del vidrio (Aceñolaza y Aceñolaza, 2000). Sobre el arroyo de Molino Doll, se desarrolla una sucesión de unos 10 metros de espesor que en su base tiene arcillas verdes que pasan a arenas margosas verdosas con trazas fósiles que arriba son recubiertas por un banco de caliza gris y blanquecina, homogénea, estratificada, con restos fósiles (Aceñolaza y Aceñolaza, 2000); mientras que en cercanías de Victoria, arroyos Quebrachitos y Malo, la columna estratigráfica culmina con bancos de calizas homogéneas y con abundantes restos fósiles.

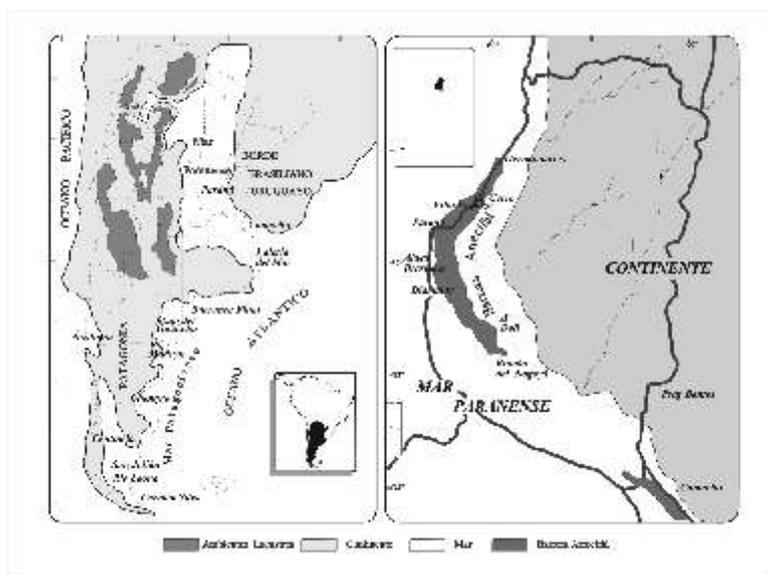


Figura 48: Mapa paleogeográfico con indicación de la transgresión marina miocena en territorio argentino y detalle sobre lo ocurrido en Entre Ríos (según Aceñolaza, 2000)

Los afloramientos mencionados se interpretan como partícipe de una barrera arrecifal que se habría extendido desde la zona de Rincón del Nogoyá hasta las inmediaciones de Pueblo Brugo. Esta habría limitado, por el oeste el mar interior abierto mientras que al este lo constituiría un ámbito más restringido. Este conocimiento surge de los datos de perforaciones que han identificado que la formación marina, hacia el eje del Río Gualeguay, tiende a tener espesores menores hasta prácticamente desaparecer en el este de Entre Ríos y oeste de Corrientes. Esto lleva a suponer que la línea de costa seguía un rumbo SSE-NNW desde el borde uruguayo de Camacho hacia el Chaco donde, en el subsuelo, aún se localizan arcillas verdes con foraminífe-

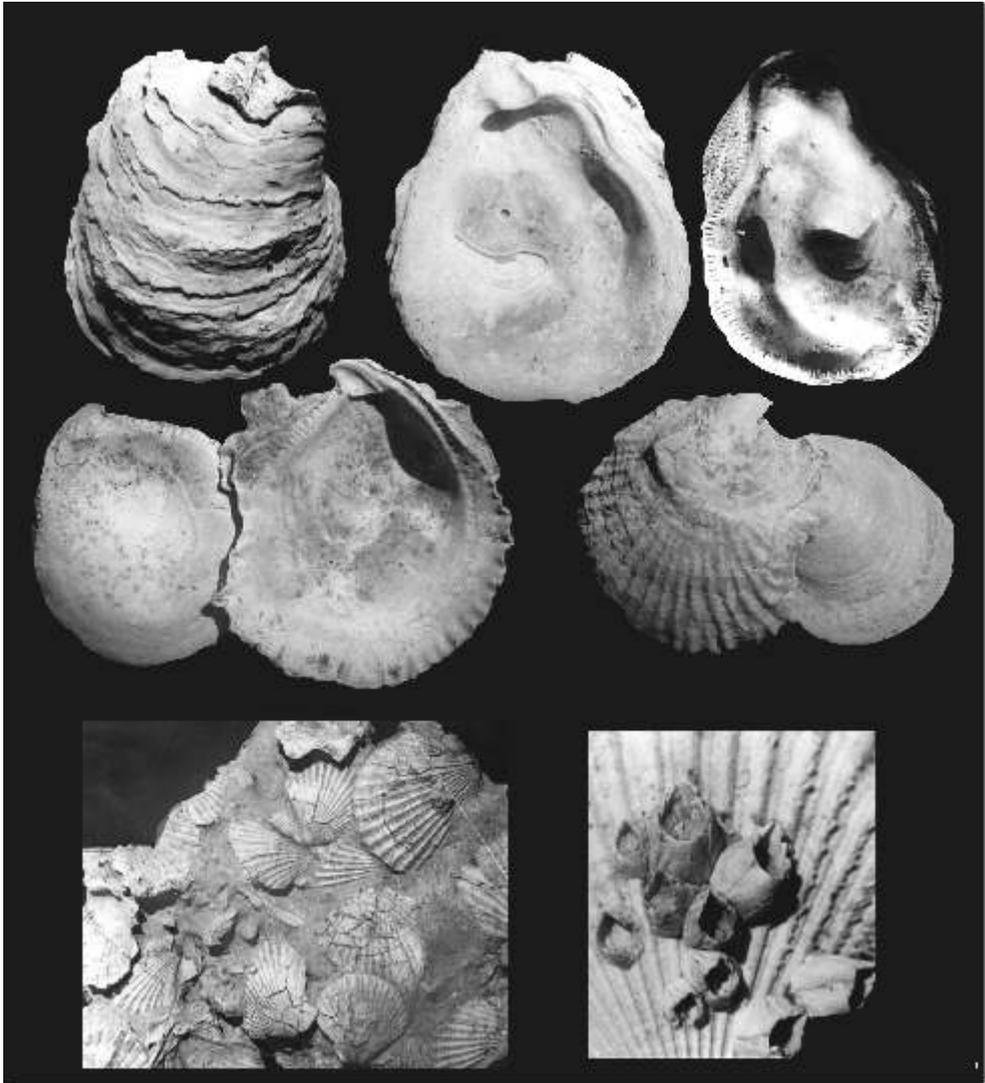


Figura 49: Moluscos fósiles de la Formación Paraná: valvas de *Ostrea patagónica*, *Ostrea Alvarezii*, *Pecten paranensis* y *Balanus sp.*

ros. La extensión de la cuenca fue amplia, aunque las condiciones de agua de mar no hayan superado los límites de Corrientes (Sprechmann et al .1999; Aceñolaza, 2000; Aceñolaza y Sprechmann, 2002)

Entre los datos tomados en cuenta en esta apreciación son los obtenidos en la perforación de Gualaguay donde Groeber(1961) señala su presencia en una profundidad de 85 metros, reconociendo la existencia de niveles fosilíferos entre 91 y 92 metros.

En el subsuelo de Villaguay los bancos de arcillas atribuidas a esta unidad tienen unos 30 metros de espesor y se localizan entre 30 y 60 metros; mientras que en localidades cercanas, como Domínguez, Altamirano y Maciá, la profundidad en la que se detecta está entre 27,5 y 115 metros (Aceñolaza, 2000).

En perforaciones realizadas en La Paz, Santa Elena y Brugo el techo de los estratos

marinos se registran en una profundidad que va entre +10 msnm y + 20 msnm, llegando a perforarse hasta 90 metros siempre dentro de las arcillas de esta unidad (Agua y Energía Eléctrica SE, 1981).

En Corrientes la profundidad del techo de la Formación Paraná va entre - 25 en Romang (Santa Fé) -45 metros en la zona de Esquina a -170 metros por debajo de la ciudad de Corrientes (Agua y Energía Eléctrica, 1979; Herbst y Santa Cruz, 1999). Esta situación que refleja una profundización hacia el norte más que por efectos tectónicos probablemente esté vinculada con el intenso proceso erosivo que desarrolló la Formación Ituzaingó sobre las capas arcillosas del Mioceno marino.

Edad: Se considera que la edad de esta unidad corresponde al Mioceno medio-alto (Serravaliano) en razón a la antigüedad del abundante material paleontológico que contiene. Entre otros, los trabajos de D'Orbigny(1842), von Ihering (1907), Borchert (1901), Herbst y Zabert (1987), Del Río (2004, 2005), Cione et al (2000), etc, han provisto abundante información sobre la fauna de invertebrados (*Ostrea patagónica*, *O. alvarezii*, *O. puelchana*, *Archaeopecten*, etc.) microfósiles (*Pyrgo*, *Quinqueloculina*, *Bolivina*, *Callistocytere*, *Henryyowella*, etc), vertebrados (*Carcharichnus*, *Carcharocles*, *Silurus*, *Raja*, *Gryphosuchus*, *Pontistes*, *Cetacea* etc).

También son frecuentes restos de vegetales dentro de los bancos arcillosos que se intercalan a niveles medanosos que han sido reconocidos como troncos de *Entrerrioxylon victoriensis*, *Astroniumxylon portmanni* y *Anadenadanthroxylon villaurquisensis* (Zuccol et al 2004) y hojas de lauráceas.

Plioceno

Formación Ituzaingó (De Alba, 1953)

Sinónimos: " Horizonte A del Tertiaire Guaranien o grès ferrugineux", D'Orbigny, "Serie Mesopotámica, Bonarelli y Longobardi (1929); "Mesopotamiense, Rionegrense terrestre" (Frenguelli, 1920) Formación Ituzaingó, DeAlba, (1953)), Formación Entre Ríos Reig, (1957), Puelchense , Groeber, (1961), Formación Ituzaingó, Aceñolaza, 1976, Iriondo, 197, Herbst, 1999, 2000)

Definición: Corresponde a una secuencia predominantemente arenosa de colores blanquecinos, amarillos y rojizos con abundante estratificación diagonal ("arenas fluviales multicolores" sensu Frenguelli, 1920), que se presentan parcialmente silicificadas o con cemento ferruginoso ("aspeiron") y que en su base suelen contener niveles conglomerádicos con abundancia de restos fósiles ("conglomerado osífero del mesopotámico").

Distribución en la Mesopotamia: El área tipo se corresponde con la localidad Ituzaingó, en el norte de la provincia de Corrientes y sus sedimentos se localizan en una estructura deltáica que cubre una amplia región que va desde la zona de Ituzaingó, la cuenca del Iberá y el oeste de Corrientes, penetra en el subsuelo de Entre Ríos y parcialmente en el del Chaco y Santa Fé (Herbst, 2000)

Litología: Arenas cuarzosas de colores variables entre blanquecino- amarillentas a rojizas y pardo-rojizas. En general se presentan sueltas, aunque es frecuente observar una cementación parcial tanto de carácter silíceo como ferruginoso. Las estructuras entrecruzadas, indicadoras de una sedimentación fluvial, tienen un carácter dominante en todas los afloramientos donde es posible observar esta unidad. También son frecuentes intercalaciones de bancos de arcillas verdosas o grises; como asimismo niveles conglomerádicos o de gravas en la que los clastos dominantes son cuarzo, calcedonia y ópalo.

En la provincia de Entre Ríos el conglomerado que se desarrolla en su base tiene la particularidad de contener restos fósiles de invertebrados (cangrejos, moluscos etc.) y vertebrados que provienen tanto de la remoción de los provenientes de la Formación Paraná, marina, (peces, cetáceos, sirenios, etc.) como otros de origen continental (roedores, ungulados, marsupiales, xenartros, etc). A estos niveles, que pueden ser más de uno, en la bibliografía geológica se los identificó con el nombre de "Conglomerado osífero del Piso Mesopotámico".

Según estudios sedimentológicos de Jalfin (1988) esta unidad representa un "paleorío entrelazado de baja sinuosidad" desarrollado en una época de temperatura templada a cálida con abundante pluviosidad y que naturalmente debió relacionarse con la evolución del Paraná en tiempos pliocénicos ("río Ituzaingó" sensu Herbst et al, 2000). El aporte detrítico fundamentalmente dado por arenas proviene del área cratónica brasileña que desde tiempos precámbricos han sido reciclados en la región.

Los estudios sedimentológicos y geomorfológicos llevan a interpretar que el cauce fluvial que dio origen al actual río Paraná primeramente corría desde la zona de Posadas a la de La Paz

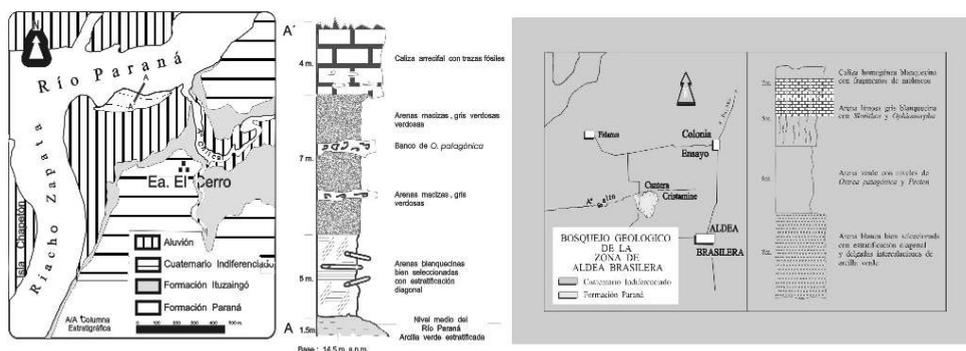


Figura 51: Mapa geológico de El Cerro y sección estratigráfica y de Cantera Cristamine y sección estratigráfica (según Aceñolaza, 2000)

y que luego fue migrando al norte hasta que se une al río Paraguay y adopta el actual diseño (sensu Popolizio en Herbst et al 2000).

El espesor de esta unidad es variable entre 4 y 10 metros en las barrancas del Río

Paraná, donde aflora por sobre la formación marina, mientras que hacia el este éstos se incrementan notablemente con valores que en Hasenkamp llega a tener 94 metros de espesor (Bertolini/1988).

En una perforación de Corrientes hecha por el INCYTH permitió conocer que el espesor máximo es del orden de los 160 metros; mientras que perforaciones hecho en el interior de la provincia, en la zona de Santa Rosa, la potencia de las arenas de esta unidad es mayor a 40 metros (Agua y Energía Eléctrica, 19).

Edad y fósiles: Para Herbst et al (2000) esta unidad puede corresponder al Plioceno medio-

superior, pudiendo evaluarse que en algunas localidades, y basado en la fauna fósil de vertebrados, el inicio de su depositación pudo haberse iniciado en el Mioceno superior (Tortoniano-Messiniano; Chasiquense sensu Cione et al, 2000). Moluscos fósiles hallados por Herbst y Camacho (1970) son descritos por Morton (2004) en la región de Empedrado (*Mycetopoda*, *Anodontites*, *Diplododon*, etc). Asimismo en la región de Ituzaingó, Morton y Sequeira (1991) describieron de las especies *Diplodon itapuensis* y *D. ituzaingoensis* provenientes de niveles equivalentes a los de Empedrado. En esta unidad también son frecuentes troncos silicificados determinados como *Schinopsixylon herbstii*, *Mimosoxylon* sp., etc.(Zuccol et al 2004)

Comentarios: En el subsuelo de la cuenca del Gualeguay y especialmente en la región norte de la provincia de Buenos Aires se desarrolla un importante paquete arenoso que, especialmente los hidrogeólogos, reconocen con el nombre de Formación Puelche. Esta unidad se interpreta que lateralmente es equivalente a la Formación Ituzaingó (Groeber, 1961, Santa Cruz, 1972, Braccacini, 1980).

Formación Salto (Goso, 1965 = Salto Chico, Rimoldi, 1963)

Sinónimos: "Cuarcitas opalinas fluviogénicas de Salto" Walter (1931) , Arenas rojas y areniscas conglomerádicas de Salto", (Lambert, 1940) Formación Salto (Goso, 1965) Formación Salto Chico Rimoldi (1963), Gentili y Rimoldi, (1979), Formación Salto (autores uruguayos: Bossi et al 1998).; Formación Ituzaingó, (Herbst y Santa Cruz, (1999). Formación San Salvador (Iriondo y Krohling, 2007)

Definición: Unidad predominantemente conglomerádica de color pardo-rojizo, con intercalaciones de arenas y algunos bancos de arcillas de tonalidad parda a verdosa que en superficie se extienden a lo largo del río Uruguay hasta la zona de Concepción del Uruguay y en el subsuelo hasta la cuenca del Río Gualeguay. Esta unidad por varios autores es considerada equivalente temporal a la Formación Ituzaingó, representando un antiguo acontecimiento fluvial de un antiguo Río Uruguay (Herbst, et al, 2000).

Distribución en la Mesopotamia: Tomando en cuenta la distribución de estos niveles conglomerádicos puede señalarse que ellos tienen buena expresión regional desde algo más al norte de Paso de los Libres (Corrientes) hasta la región de Concepción del Uruguay. Constituyen una importante fuente de gravas para la construcción ("ripio"), especialmente en canteras ubicadas en la provincia de Entre Ríos, en los departamentos Concordia, Colón y Concepción del Uruguay.

Litología: Está dominada por la fracción gruesa, conglomerados y gravas que generalmente tienen una matriz arenosa de color pardo rojiza e intercalaciones de arcillas verdosas. También en parte la matriz es de naturaleza ferruginosa lo que le otorga una mayor consistencia a dichos niveles. En su composición los rodados son de ópalo y calcedonia y en menor proporción de fragmentos de basalto o rodados de arcillas. Tienen buena redondez y llegan a tener hasta 10 cm de diámetro. Estos son los rellenos de las oquedades del basalto de Serra Geral que han sido liberados por la erosión y transportados por un importante sistema fluvial. En muchos casos son notables algunos donde se conservan las características de geodas silíceas. En la fracción arena los clastos dominantes son de naturaleza cuarzosa. También se intercalan bancos de areniscas silicificadas de carácter lenticular visibles en el Parque Nacional El Palmar, en la zona de Ubajay y en la de Concordia como asimismo bancos de arcillas verdosas.

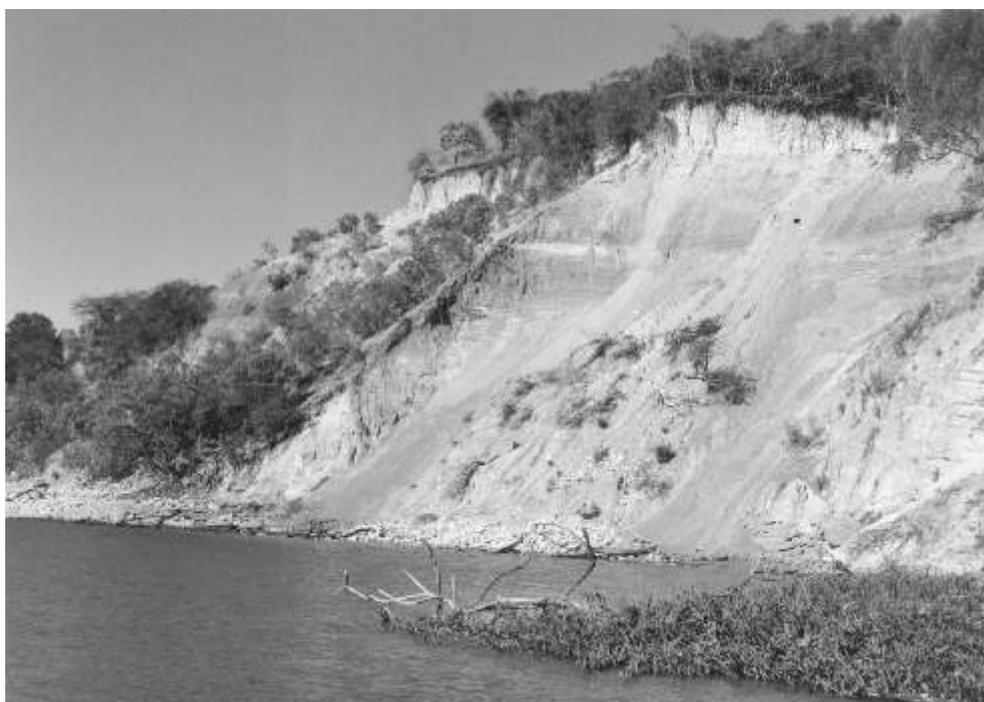
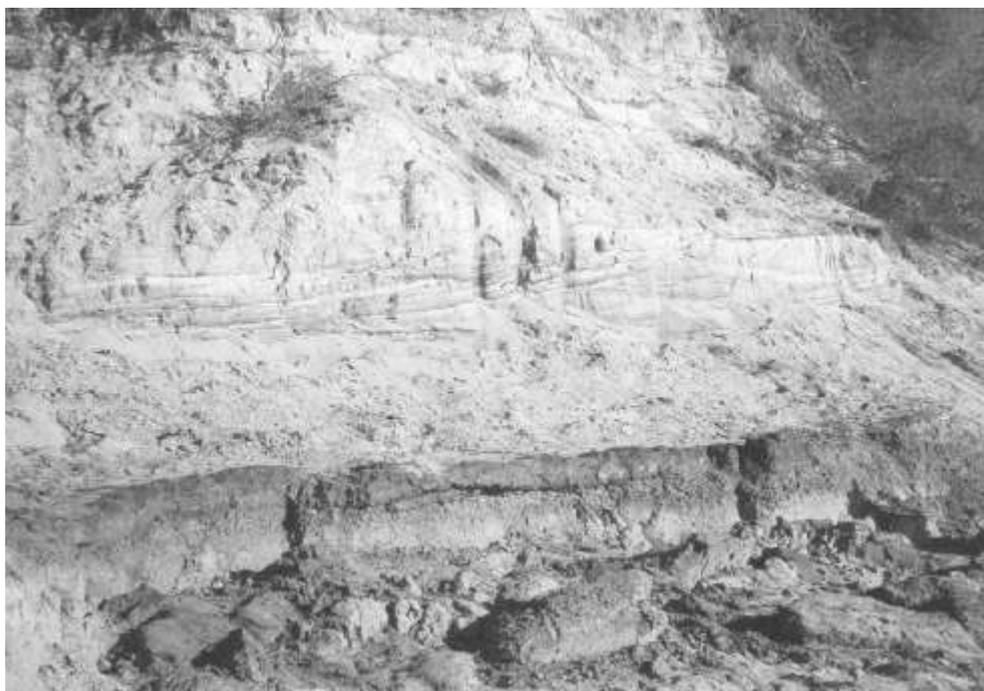


Figura 52: Discordancia entre Formación Ituzaiingó y Formación Paraná, en La Celina, Entre Ríos. La costra corresponde al "Mesopotámico.(arriba) y Afloramientos de la Formación Ituzaiingó en la misma localidad.

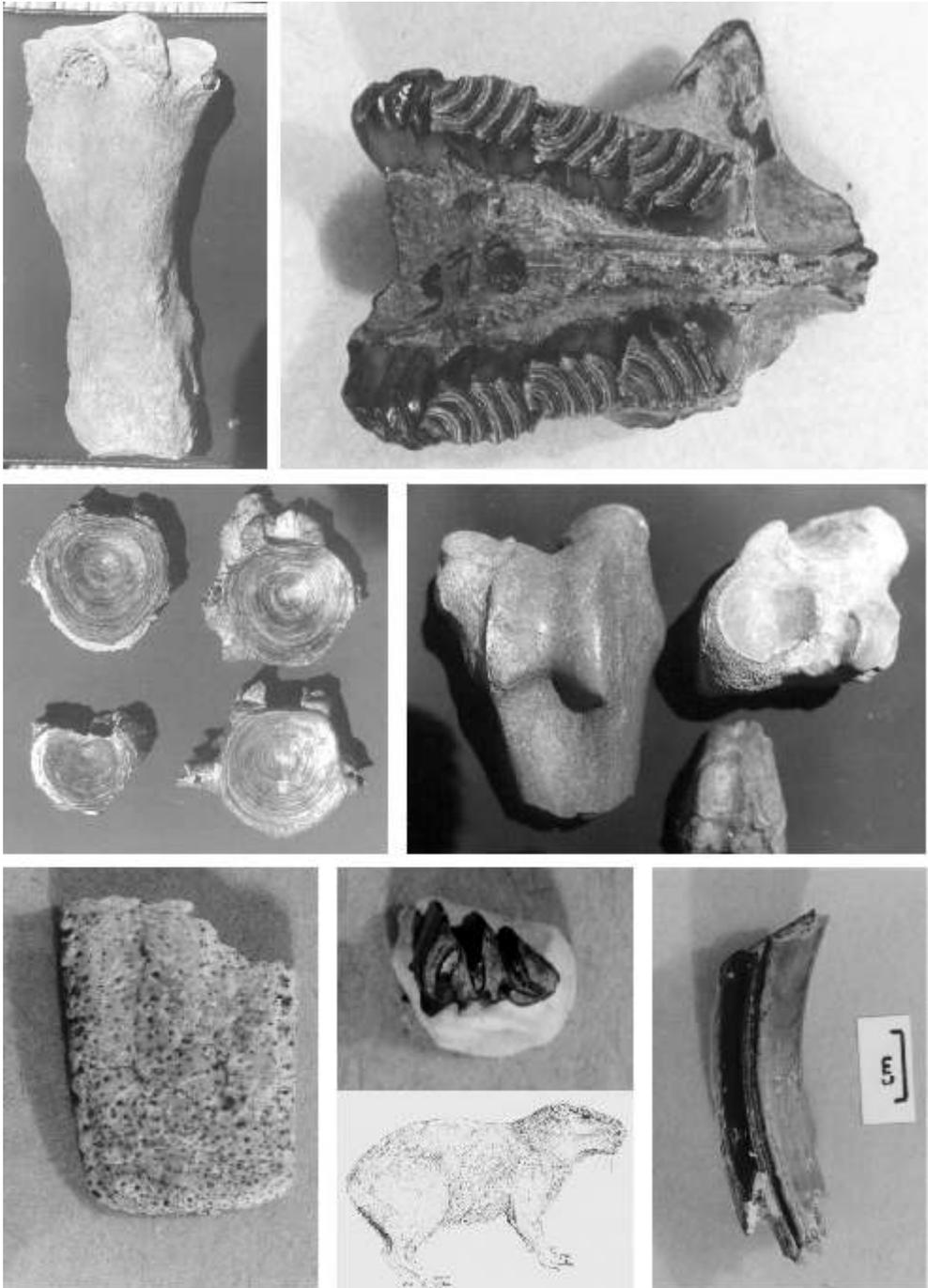


Figura 53: Fragmentos de vertebrados fósiles presentes en el "horizonte mesopotamiense", base de la Formación Ituzzaingó en distintos puntos de la provincia de Entre Ríos. :fragmento craneal, huesos largos y molares de mamíferos y vertebras de peces que probablemente hayan sido remividos de la Formación Paraná.



Figura 54 : Formación Salto en San Javier, Misiones (abajo) y en la zona de Santo Tomé, Corrientes (arriba.)

En Misiones, en la zona de San Javier, son notables los conglomerados pardo-rojizos con algunas intercalaciones de gravas y arcillas que conforman la terraza superior.

En la zona de Santo Tomé los niveles conglomerádicos son visibles conformando la terraza alta, por lo menos hasta la zona de Quay Grande. En el área del Arroyo Yatay, inmediaciones de Paso de los Libres, Riggi (1936) describió la presencia de rodados de color rojizo y arenas de igual color que son recubiertas por arcillas arenosas grises, asignándolas al Plioceno.

Desde el sur de Corrientes y fundamentalmente en Entre Ríos esta unidad se extiende con afloramientos visibles en la cuenca del Río Uruguay y se desarrolla en el subsuelo hasta la cuenca del Gualaguay, en la zona de Villaguay. En el área de Monte Caseros, Corrientes, sus afloramientos son visibles en las inmediaciones de la ciudad y hasta el Arroyo Timboy donde se reconocen unos 4,50 m de arenas cuarzosas blanco amarillentas y amarillo rojizas ligeramente cementadas, estratificadas, con intercalaciones lenticulares de arcilla de color gris claro

La distribución en el subsuelo es lo suficientemente amplia como para proveer del agua que demanda la producción arrocerá de Entre Ríos. Para Santi (2006) se reconoce integrada por arenas cuarzosas medias a gruesas amarillentas que contienen intercalaciones de conglomerados, situación que ya fuera señalada por Bertolini (1988) al describir una serie de perforaciones hechas en toda la región. Se estima que en ella hay no menos de 3000 perforaciones en un área de 140.000 hectáreas, circunstancia que permite evaluar la extensión y características geológicas de esta unidad en el subsuelo entrerriano.

Edad: Hay estudios sobre restos fósiles encontrados en diferentes localidades, siendo destacado la presencia de troncos fósiles en la zona (*Palmaxylon concordiense*, *P. yuqueriensis*, *Caesalpinium nathorsti*). También se reconoce la presencia de troncos fósiles de palmeras en la cuenca del Uruguay (Lutz, 1979, 1980).

Observaciones: En muchos lugares de la cuenca del Uruguay no se ha logrado diferenciar con claridad una discontinuidad entre esta unidad y las formaciones Ubajay y Bompland que se le superponen. Tanto una como las otras representan un ambiente fluvial en el que el material detrítico tiene un mismo origen dando lugar a sedimentos de una granulometría parecida. Tal vez la única diferencia radique en el tipo de cementación ferruginosa que es más notable en la Formación Salto que en las que se le sobreponen. En un trabajo reciente Iriondo y Krohling (2007) proponen reemplazar el nombre de "Salto Chico" en sus facies conglomerádicas arenosas y arcillosas por el nombre de Formación San Salvador. Si bien las describen basados en datos de subsuelo, señalan que la misma se refleja en imágenes satelitarias como paleocauces. Es obvio que conforme a las reglas de prioridad del Código de Nomenclatura Estratigráfica no son válidos los argumentos usados para fundarla siendo conveniente el respeto del nombre de Salto.

Cuaternario

Pleistoceno

Formación General Alvear (Iriondo, 1980)

Sinónimos: "Calcaire cloisoné" (D'Orbigny, 1842), "Hermosense" (Frenguelli 1920, 1947), "Formación Yupoi", (Aceñolaza, 1976, Aceñolaza y Sayago 1980), Formación Alvear, Iriondo (1980), Formación Villa Urquiza, (Bertolini 1987); Formación Puerto Alvear, Formación La

Juanita y Formación Punta Gorda, Iriondo et al (2000); Formación Villa Urquiza (Bertolini et al. 2003); "Brosa" en la nomenclatura vial de Entre Ríos.

Definición: Limos y arcillas pardas, pardo-rojizas y pardo-amarillentas, con alto contenido de cenizas volcánicas y carbonatos que desarrollan un particular tabicado bajo la influencia de las variaciones de la capa freática.

Litología y distribución: Iriondo (1980) señala como localidad tipo de esta unidad a General Alvear, departamento Diamante de la provincia de Entre Ríos señalando que esta unidad tiene representación, sobre la costa del río Paraná, desde el sur de La Paz hasta cercanías del Arroyo Nogoyá; mientras que en subsuelo se detecta mediante perforaciones hasta la vertiente occidental del río Gualeguay.

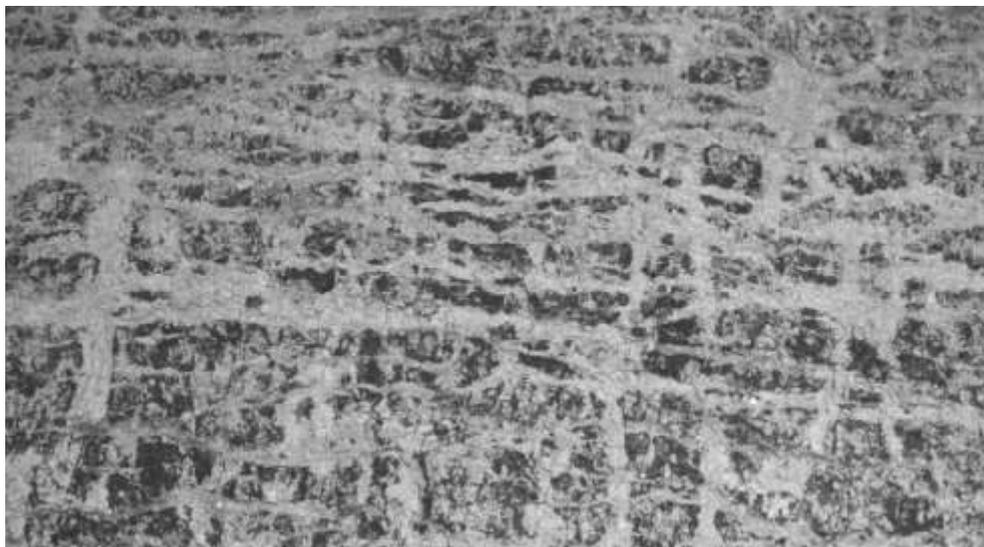


Figura 55: Detalle mostrando la típica estructura tabicada de la Formación General Alvear . Las capas blancas horizontales son carbonatos acumulados por la fluctuación de la capa freática.

Iriondo (1980) la define integrada una tosca dispuesta en capas horizontales de hasta 5 cm de espesor y cerrada por otras verticales que le da un aspecto tabicado. En los tabiques

se reconoce un limo pardo-rojizo a rosado, en gran parte de origen volcánico que presenta triazas de vidrio. En partes tiene la característica de una ceniza pardo-amarillenta, áspera al tacto.

En su base normalmente hay una concentración de carbonatos que llegan a conformar una tosca de hasta 50 cm de espesor. También son notable pátinas de manganeso y concentraciones oscuras de vivianita. Al tabicado se lo interpreta originado por variaciones de la capa freática que normalmente se encuentra dentro de esta unidad. El espesor es variable entre 1 y 9 metros siendo particularmente notable en las barrancas del Río Paraná donde su presencia da lugar a un resalto de paredes normalmente verticales. En general esta unidad se encuentra en la cota 35, pudiendo ser identificada por tener una compacidad mayor a las unidades infra y superpuestas.

La Formación General Alvear se apoya en discordancia sobre un banco arcillas gris verdosas y/o arenas de la Formación Ituzaingó marcando la discontinuidad con una concentración de tosca carbonática que en ciertos sectores llega a constituir un banco de hasta 70 cm de espe-

sor. Este banco es de naturaleza supérgénica en razón a que constituye un acontecimiento post-sedimentario que tuvo origen en el lixiviado de carbonatos y concentrado sobre las referidas arcillas de la Ituzaingó. Se destaca que este nivel alberga el primer acuífero (freático) en amplios sectores de la región occidental de Entre Ríos.

El techo está dado por una discordancia erosiva que da lugar a una superficie irregular y que, de alguna manera, determina el espesor y extensión de sus afloramientos.

Edad y fósiles: No es una unidad que contenga demasiados fósiles lo que dificulta una mejor determinación de su edad aunque ha sido común seguir los criterios de Frenguelli (1920) que la asigna al Pleistoceno medio-superior (Ensenadense). Recientes trabajos llevados a cabo por Noriega *et al* (2006, Candela *et al* 2007) reconocen la presencia de roedores caviomorfos tales como *Cavia galileoi*, *Phugatherium*, *Paramyocastor*, *Eumysops*, *Lagostomus*, etc. que asignarían una antigüedad mayor a esta unidad (Plioceno). Estos fueron obtenidos en afloramientos del departamento Diamante que dichos autores asignan a los niveles basales del "Grupo Punta Gorda" (sic).

Observaciones: Originalmente Aceñolaza (1976) identificó este nivel estratigráfico con la Formación Yupoí aunque luego, este nombre, fue descartado dado a su no correspondencia lito-estratigráfica con la unidad homónima del oeste de Corrientes.

Con posterioridad Iriondo (1980) la describe esta unidad con el nombre de Formación Alvear, nombre que ya había sido usado por Caminos (1979) al redefinir la secuencia volcánico-sedimentaria del Jurásico superior-Cretácico inferior que aflora en la Sierra de Alvear, en Tierra del Fuego y que había sido nominada por Petersen (1949) como "Serie de Alvear". Si bien Bertolini (1983) introdujo en nombre de Formación Villa Urquiza en virtud a que en la zona mencionada tiene una expresión vertical y horizontal de mayor magnitud. Se entiende que es conveniente continuar usando el de "Alvear" anteponiendo el de "General" en atención al nombre de la localidad tipo de Entre Ríos y que a su vez no colisiona con la definición de Caminos para las metamorfitas cretácicas de Tierra del Fuego.

Formación Hernandarias (Reig, 1957)

Sinónimos: Argile gypseuse del Tertiaire guaranien y G Argile trise avec amas de gypse fibreux ou lamellaire del Tertiaire patagonien (D'Orbigny, 1842), Mesopotámico superior en facies correntinas (partim. Bonarelli y Nájera, 1913), Arcilla palustre preensadense+loess pardo rojizo ensadense+loess pardo belgranense, (Frenguelli 1920), "Limos y loesoides", Frenguelli (1947), Formación Hernandarias, Reig (1957), Formación Hernandarias (Aceñolaza, 1976, Aceñolaza y Sayago, 1980, Iriondo 1980); Formación Bonpland (Gentili y Rimoldi, 1979)

Definición: Arcillas pardo rojizas y verdosas con intercalaciones de limos loesicos, con bancos de yeso y conteniendo en su estructura pátinas manganésíferas y concreciones esféricas y rizoconcreciones carbonáticas.

Distribución en la Mesopotamia: Su localidad tipo se encuentra en la zona de Hernandarias (Entre Ríos) y corresponden con facies lacustres que se desarrollan desde la cuenca del arroyo Las Conchas (Espinillo) hasta la del Guayquiraró (Entre Ríos). Pueden correlacionarse con esta unidad las arcillas y limos pardo-rojizos con tosquilla de la cuenca del río Gualeguay y del Gualeguaychú. Asimismo se la localiza mediante perforaciones en la provincia

de Entre Ríos con un espesor máximo del orden de 65 metros en la perforación de Cerrito (Cordini, 1949). Se dispone en discordancia indistintamente sobre las arenas de la Formación Ituzaingó como sobre las arenas tobáceas de la Formación Alvear.

Litología: Arcillas pardas, verdosas y rojizas con intercalaciones de niveles de alabastro y "bochones de yeso". En sus niveles basales tienen mayor frecuencia arcillas verdosas y grises, encontrándose en ellas niveles con yeso. Hacia arriba pasa a arcillas pardo-rojizas que contienen abundantes concreciones esferoidales de tosca, a veces de poca consistencia, lo que le otorga un aspecto moteado.

El perfil tipo, relevado una centena de metros al norte del puerto de Hernandarias, ofrece una sección cercana a 20 metros integrada, de abajo a arriba, por arcillas verdes con concreciones carbonáticas que se disponen sobre una acumulación de "toscas" que se ubica entre el piso de esta formación y el techo de la Formación Ituzaingó. El banco de "tosca" es fruto del lixiviado de carbonatos en la Formación Hernandarias y concentrado tanto en el piso de las arcillas como en las arenas que sirven de base. Generalmente tienen un espesor del orden de 3 metros presentándose como una sucesión de tosca carácter lenticular con espesores individuales variables entre 20 y 50 centímetros.

Las arcillas verdes grisáceas (5 Y 6/1) de la base tienen unos 5 metros de espesor son muy adhesivas reconociéndose en ellas un moteado debido a la existencia de óxidos de Mn y Fe. Hacia arriba son seguidas por 2,30 metros de un material arenoso limoso que contiene delgadas intercalaciones de arcilla blanco amarillenta. A ésta se le superponen unos 2 metros de un material franco arcilloso con abundantes concreciones de carbonato de calcio y motas de óxido de manganeso de color 7,5YR 4/4.

Por sobre éste sigue 0,80 metros de loess pardo amarillento a grisáceo (2,5 Y 5/2) que es recubierto por 1,50 metros de arcillas verdes con núcleos de yeso. Culmina la sección con unos 3 metros de una arcilla rojiza que contiene dispersa nódulos carbonáticos.

El caso particular de las toscas basales se destaca que hay un nivel inferior compuesta por un material más duro y tenaz que es seguido por otro más blando y hasta pulverulento. Un estudio de su quimismo en la zona de Hernandarias realizado por Battaglia (1948), señala para la primera un contenido de 61% de CO₃ Ca, y para la segunda un 44,80 % de CO₃Ca.

Dentro de las arcillas verde-grisáceas y verdes son frecuentes dendritas de manganeso o forman pequeños gránulos de pirolusita distribuidos irregularmente en la masa. En general no es posible observar una estratificación interna, son muy plásticas, untuosas al tacto y humedecidas dan una sensación "jabonosa".

La presencia de yeso se nota de manera de "bochas", drusas y tabiques de alabastro siendo abundante en los niveles verdosos aunque también se los encuentra en el limo arcilloso rojizo superior donde adquieren un particular color rojizo. Estudios hecho por Battaglia (1948) sobre muestras de yeso proveniente de la zona de Hernandarias señalan un contenido del 81,17% de SO₄Ca.

En la zona de La Celina y Villa Urquiza, departamento Paraná, el banco de arcilla tiene un espesor variable entre 4 y 13 metros disponiéndose en discordancia sobre el calcáreo tabicado de Formación General Alvear. Generalmente el tercio inferior está compuesto por una arcilla plástica de color gris verdosa con dendritas de manganeso, que es recubierto por otra arcilla que paulatinamente va tomando coloración pardo rojiza y en la que es frecuente la presencia de nódulos carbonáticos y pedotúbulos. En esta última suelen aparecer niveles limosos o limo-arenosos de igual color que indican un posible aporte eólico.

En la zona de Arroyo Sauce, en el departamento Paraná, Cordini (1949) describe una sección de unos 6,50 metros espesor de un limo pardo-rojizo que contiene yeso en concrecio-

nes, llegando las mayores a 200 kg. Por metro cúbico que excepcionalmente ha llegado a tener hasta 600 kg

Asimismo debe señalarse que se ha detectado, en distintos afloramientos de esta región, la presencia de algunos niveles de material volcánico. Particularmente en una perforación realizada en Sauce de Luna, se reconoció la existencia de una intercalación de una capa de 6 metros de espesor de cenizas volcánicas (Bertolini et al. 1988).

Edad: Hay una datación que establece que su depositación ocurrió en el lapso 1.3 a 0.8 M.a (Iriando, 1996). En Arroyo Alcaraz Reig (1956) menciona el hallazgo de vertebrados del Ensenadense entre los que cita *Scelidotherium*, *Toxodon*, *Pseudoartotherium*, *Megatherium*, *Stegomastodon*, *Smilodon*, *Neochocerus* y *Mesotherium*.

Observaciones: Los diferentes trabajos que se han referido a la Formación Hernandarias señalan que ella representa depósitos de origen palustre y lacustre ocurridos en una amplia región de Mesopotamia y Pampasia en el Pleistoceno medio.

En la interpretación de Tapia (1935) es en tiempos "ensenadenses" cuando se formó una amplia planicie recubierta de lagos y pantanos en toda la región. A ese momento lo denominó "**Época de los Grandes Lagos del Cuaternario**". Estos lagos se habrían formado bajo condiciones ambientales húmedas y fundamentalmente templadas a frías, en una planicie de escaso relieve al cual llegaban aportes detríticos eólicos (loésicos) con abundante aporte volcánico. Es posible que por las características de este aporte muchos de estos lagos hayan sido amargos dando, como resultado, los niveles con abundancia de yeso.

La amplia planicie -"superficie estructural" en el sentido de Aceñolaza y Sayago (1980)-, ocupa una gran extensión entre Corrientes y Entre Ríos, teniendo una cota máxima cercana a los 90 metros. El espesor máximo de Formación Hernandarias es de unos 65 metros en la perforación de Cerrito (Cordini, 1949, Aceñolaza y Sayago, 1980), debiéndose señalar que sus máximos espesores están vinculados con un paleorelieve generado por la erosión de los estratos que le sirven de base (formaciones Ituzaingó/General Alvear).

Es importante anotar que las formaciones que se describen a continuación (formaciones Toropí, Yupoi y Bompland) de alguna manera tienen relación con la Formación Hernandarias en cuanto representan facies fluviales y/o palustres ocurridas en el mismo tiempo geológico.

Formación Toropí (Herbst y Alvarez, 1974)

Sinónimos: "Horizons B calcaire a fer hydraté", D'Orbigny (1846); "Serie gredosa" (pp. Bonarelli y Longobardi, 1929); Formación Yupoi, sección inferior (Herbst, 1971, Formación Toropí (Herbst y Alvarez, 1974), Formación Bonpland (Gentili y Rimoldi, 1979)

Definición: Según Herbst y Alvarez, (1974) se compone de "arenas arcillosas, limos arenosos y en parte de arcillas arenosas de color predominantemente gris en partes amarillentos y en parte verdosas".

Distribución en la Mesopotamia: Tiene su localidad tipo en el arroyo Toropí al sur de Bella Vista, donde el espesor es del orden de 6-8 metros. Para Herbst y Santa Cruz (1999) a esta unidad es posible observarla a lo largo del río Paraná entre Ituzaingó y el límite con Entre

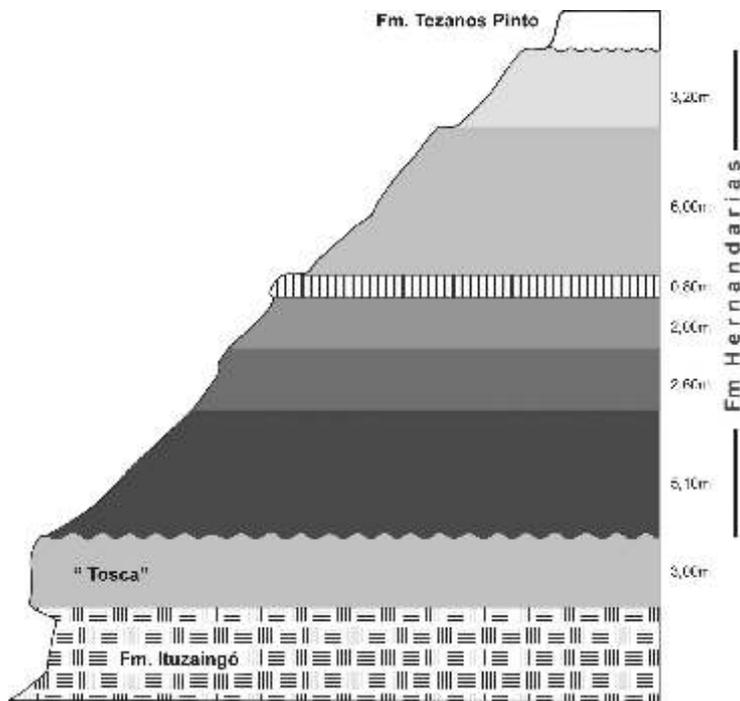


Figura 56: Vista parcial del perfil tipo a unos 200 metros al norte del Puerto de Hermandarias y sección esquemática de la secuencia estratigráfica.

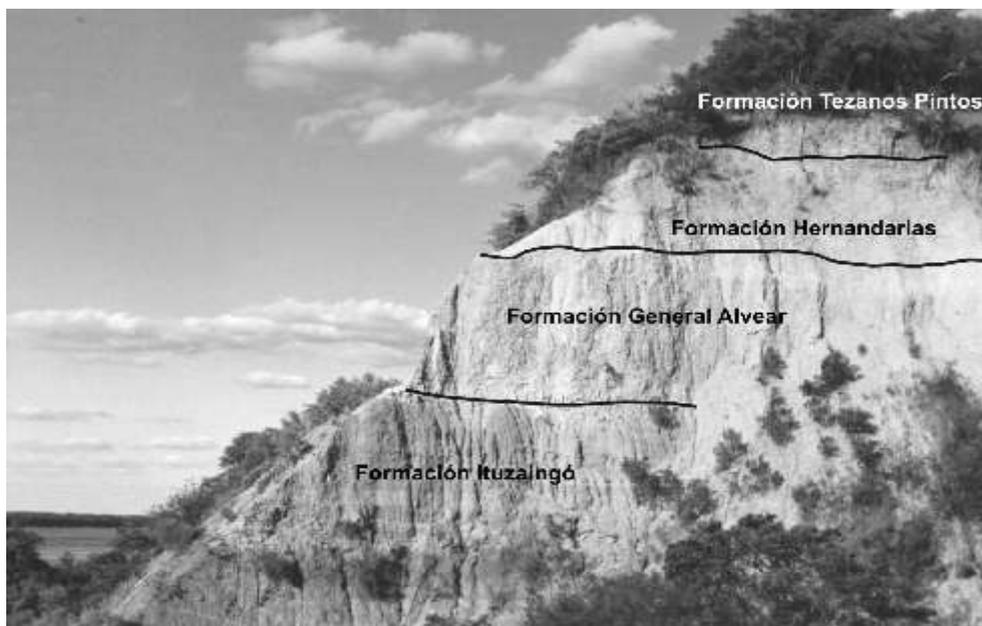


Figura57: Fotografía de la barranca del Paraná con indicación de la secuencia estratigráfica que involucra, de abajo a arriba, a las formaciones Ituzaiingó, General Alvear, Hernandarias y Tezanos Pintos, Villa Urquiza, Entre Ríos..

Ríos, recubriendo los niveles de Formación Ituzaiingó. En un sentido más estricto podría identificarse como sección tipo la del arroyo homónimo y zona tipo la que va entre en Arroyo Riachuelo, al sur de Corrientes hasta Santa Lucía.

Litología: Son arenas grises hasta ligeramente amarillentas, bastante consolidadas por su matriz arcillosa estratificadas en bancos que van entre 20 y 100 cm, en el cual la fracción arena es predominantemente cuarzosa. Su posición es discordante sobre la Formación Ituzaiingó

Edad: Conforme a los datos aportados por restos fósiles de vertebrados entre los que se ha reconocido *Scelidodon*, *Sclerocalyptus*, *Toxodon* sp., *Stegomastodon* sp., etc (Alvarez, 1974) esta unidad se ubica en el Pleistoceno medio-alto (Ensenadense) y por su posición estratigráfica sería una unidad equivalente a la Formación Hernandarias y representativa de una etapa deltaica en el lago en el que se originó esta última. En ese aspecto puede decirse que esta unidad representa una facie fluvial que se desarrolló sobre los sedimentos de Formación Ituzaiingó en la amplia planicie que hoy ocupa el centro-oeste de Corrientes donde circularon sus antiguos cauces del Río Paraná. La unidad que sirvió de base (Formación Ituzaiingó) proveyó el material arenoso que constituye el mayor porcentaje de sus componentes.

Formación Yupoí (Herbst, 1969)

Sinónimos: Formación Yupoí (Herbst, 1969), Horizons C, argille gypseuse (D'Orbigny, 1846), Formación La Paz (Gentili y Rimoldi, 1979).

Definición: Se define integrada por areniscas arcillosas y pelitas arenosas de color gris, verdo-

so hasta rojizas, con intercalaciones de arenas ocráceas. Da lugar al desarrollo de "tubos de órgano".

Distribución en la Mesopotamia: Sus mejores afloramientos se localizan en la zona que va entre Empedrado y Santa Lucía.

Litología: Yupoí, según Herbst (1972) se reconoce por una particular erosión en tubos de órgano es la que le brinda el nombre yu (o jhu)= aguja y poí = delgada y alta. Se extiende desde Corrientes a algo más al sur de Esquina. Corresponde a arenas limosas y en menor proporción arenas arcillosas de colores grisáceos a verdosos y a veces rosado claro.

La estratificación es maciza, algo deleznable al estado seco lo que al ser sometida a la erosión da lugar a la particular morfología de "tubos de órgano". La fracción arena está representada por granos de cuarzo y en menor proporción feldespatos; mientras que en las arcillas predominan las montmorillonitas. En su base se reconoce la existencia de un banco de unos 0.5-1.5 metros de una arenisca algo consolidada de color pardo rojiza. El espesor es variable entre 2-3 metros, siendo los valores máximos en las barrancas del Paraná entre 8-10 metros (Herbst y Santa Cruz, 1999)

Edad: Se han reconocido vertebrados tales como *Euphractus sp.*, *Pampatherium sp.*, *Equus (Amerhippus) sp.*, *Stegomastodon sp.*, *Megatherium sp.*, etc. (Alvarez, 1974) Atribuyéndose al Pleistoceno alto-Holoceno 780.000 a 8.500 años Se menciona que esta unidad se depositó bajo condiciones menos húmedas que las actuales, posiblemente vinculado a ambiente fluvial y pantanoso.

Formación Bonpland (Gentili y Rimoldi, 1979)

Sinónimos: "Sedimentos Terciarios modernos" Varias Cartas Geológico-Militares (IGM, 1942-1944); Formación Toropí (Herbst y Santa Cruz 1999)

Definición: Gentili y Rimoldi (1979) definen con este nombre a arenas arcillosas, limos arenosos y arcillas arenosas, plásticas y cohesivas, cuyo color varía entre el gris blanquecino, verdoso hasta rosado y rojizo que principalmente afloran en la cuenca del Río Miriñay, en Corrientes.

Litología y distribución: En términos generales es un material arenoso en el que varían las proporciones de limo y arcilla contenido que le otorga cohesión y cierta plasticidad conforme sean los porcentajes del material fino. En éste suelen ser frecuente concreciones de carbonatos, nódulos manganésíferos y, en algunos sectores, pequeñas rosetas de yeso.

Afloramientos de esta unidad se dan en diferentes puntos de la cuenca del Río Miriñay, especialmente configurando una terraza alta. En la ruta que va de Uruguayana a Curuzú Cuatiá tiene buenos afloramientos desde la zona de Arroyo Irupé hasta Bompland. También se registran afloramientos en la parte oriental de la Hoja Itá Caabó entre el Arroyo Ayuú Grande y el Río Miriñay, en la del arroyo Curupicay como asimismo en la zona de San Roquito y San Salvador sobre ruta provincial 136. También hay afloramientos en las hojas Pirití Guazú y Pozo Cuadrado donde estos niveles conforman restos de una terraza sobre el actual cauce del Miriñay. También a esta unidad pueden asignarse sedimentos de igual característica que se encuentran en la cuenca de los arroyos Aguapey, tramo medio e inferior, Guaviraví y Mocoretá



Figura 58 : Vista de afloramientos de las formaciones Ituzaingó, Toropí y Yupóí en cercanías de Empedrado, Corrientes.. La base de la secuencia es Formación Ituzaingó a la que se le superponen en discordancia las formaciones Toropí y Yupóí. Las paredes verticales “en órgano” corresponden a esta última.



Figura 59: Afloramientos de la Formación Bonpland en ruta provincial 23, en cercanías a Paso Ledesma, Corrientes

Observaciones: A Gentili y Rimoldi (1979) les llamó la atención la distribución de un material arenoso de origen fluvial en una amplia región del valle del Miriñay cuyo mapeo anterior por el Cuerpo de Ingenieros del Ejército las había asignado al Terciario *sensu lato*. Por la posición estratigráfica en la que se encuentran Herbst y Alvarez (1974) y Herbst y Santa Cruz, (1999) las reasignaron al Pleistoceno e hicieron equivalentes a la Formación Toropí de los afloramientos de la costa del Paraná.

Si bien es posible que haya correspondencia temporal entre ambas, conforme a nuestras observaciones debe mantenerse el concepto de Formación Bonpland para describir el Pleistoceno fluvial, palustre y hasta lacustre que se desarrolló entre la cuenca del Aguapey, Miriñay y cuenca del Mocoretá. Corresponde a una etapa de divagación fluvial de cursos de agua que probablemente procedían desde el Paraná cuando éste volcaba sus aguas en la zona del Iberá. En general estos afloramientos se encuentran en cotas inferiores a los 70 metros sobre el nivel del mar.

Formación Apóstoles (Gentili y Rimoldi, 1979)

Sinónimos: Formación Apóstoles (Gentili y Rimoldi, 1979) Formación Oberá (Iriundo, 1996); Formación Apóstoles (Avila y Portaneri, 1999); "Lateritas y "suelos lateríticos" (Tchilingurián, et al 2005)

Distribución en la Mesopotamia: Esta unidad tiene una amplia distribución en la provincia de Misiones y en el oriente de Corrientes hasta la zona de Yapeyú.

Litología: Son limos arcillas y arenas de color pardo rojizo a rojo que se desarrollaron indistintamente sobre el basalto de Serra Geral, las areniscas de Botucatu, las arenas arcillosas de Bonpland o sobre los conglomerados de la Formación Salto. Representa un proceso de meteorización laterítica ocurrido bajo condiciones climáticas cálidas y húmedas en el Pleistoceno.

En general tiene un espesor no mayor de 10 metros pudiendo observarse que la parte superior es limo-arcillosa y, en algunos sectores, contiene niveles arenosos o de gravas que denotan una participación fluvial. En su base hay restos de la roca que le sirve de sustrato, principalmente un basalto alterado, que llega a tener hasta 2 metros de potencia. Esta unidad tiene una continuidad lateral variable, siendo más extensos sus afloramientos en la zona norte, al sur de Iguazú, siguiendo la costa del Paraná hasta la zona oriental de Corrientes. Otro sector con amplios afloramientos están en el área de Oberá- Leandro Alem continuando a lo largo de ruta nacional 14 hasta la zona de San Pedro y Bernardo de Irigoyen. La zona que incluye Apóstoles hasta inmediaciones a Itacaruaré por el este y Azara al oeste es donde se aprecian las características que la distinguen. En la provincia de Corrientes, los afloramientos se encuentran conformando una amplia zona que va desde San Borjita a Virasoro de manera continua, y con una expresión más reducida llega hasta la zona de Yapeyú-Tapebicúa.

También, dentro de esta unidad en algunos sectores de la provincia de Misiones y noroeste de Corrientes hay bancos ferríferos que son conocidos como "**tacurú**" cuyo origen se encuentra en un proceso de lixiviado y concentración por aguas meteóricas descendentes (ver Recursos Naturales).

Edad: No hay registros paleontológicos que permitan asignar una edad al proceso laterítico que dio lugar a esta unidad aunque, considerando el marco regional y la posición estratigráfica pueda suponerse originada en el Pleistoceno alto. Sin perjuicio de ello para Gentili y Rimoldi (1979)

ella se habría formado en el Holoceno; mientras que para Iriondo (1996) se correspondería con el Estadio Isotópico 4 ocurrido entre 60.000 y 77.000 años.

El acontecimiento que dio lugar a la laterización del substrato tiene una amplia representación tanto en Argentina como en Brasil y Paraguay. Así por ejemplo en gran parte del estado de Rio Grande do Sul (Brasil) se designa con el nombre de Laterita Serra do Tapes (Delaney, 1965) al material resultante del proceso pedogenético regional que ocurre tanto sobre rocas cristalinas y metamórficas en dicha localidad como asimismo en las regiones limítrofes con la provincia de Misiones probablemente ocurrido durante el Pleistoceno. También como una laterita y sirviendo de base a Serra do Tapes, se desarrolla la Formación Itapoá se habría formado en un ambiente de arenas de emersión y dunas luego de la regresión pleistocena de la Formación Chui (Pleistoceno).

Holoceno

Formación Tezanos Pintos (Iriondo, 1980)

Sinónimos: Formación Córdoba, Aceñolaza (1976), Formación Tezanos Pintos (Iriondo 1980), Formación Tezanos Pintos (Kröhling y Orfeo, 2002).

Definición: Loess y limos de color castaño claro con bajo contenido de arenas muy finas y arcillas cuya sección tipo se definió en la localidad homónima, provincia de Entre Ríos (Iriondo, 1980).

Distribución en la Mesopotamia: Iriondo (1980) describe como localidad tipo al afloramiento visible en el arroyo El Salto, a unos 5 km al sur de la Escuela Alberdi e inmediaciones de la localidad Tezanos Pinto (Entre Ríos). Estos sedimentos loésicos tienen una amplia distribución en el centro-oeste de la provincia de Entre Ríos pudiendo ser observados desde la cuenca del Gualeguay hasta algo más al norte de la ciudad de La Paz. Para Kröhling y Orfeo (2002) puede identificarse con sus características en distintas localidades de la provincia de Santa Fe.

Litología: Esta unidad está constituida fundamentalmente por loess, aunque también en su composición forman parte conglomerados de toscas, arenas finas limos y arcillas cuyo color varía entre pardo-rojizo a castaño claro, y amarillento. En algunos sectores, son frecuentes concreciones esferoidales y rizoconcreciones de carbonato de calcio de naturaleza secundaria. En determinados lugares (departamento Paraná) se intercalan niveles con ceniza volcánica de color blanco a gris verdoso.

Esta unidad se apoya en discordancia por sobre la Formación Hernandarias recubriendo un paleorelieve de diseño irregular en el cual también participan niveles fluviales que generalmente acompañan el diseño del actual sistema de drenaje.

En algunos sectores y formando parte de los niveles inferiores se desarrollan niveles conglomerádicos, el tamaño de cuyos clastos varía entre grava y gravilla; son de poco espesor y escasa continuidad lateral. Los clastos corresponden a toscas y tosquillas que provienen de la remoción de la formación precedente y normalmente están incluidos en una matriz limosa pardo rojiza o pardo-amarillento. En algunos puntos se observa estratificación diagonal correspondiendo estos niveles conglomerádicos a cortos paleocanales desarrollados en el limo o limo-loésico basal.

Normalmente recubriendo estos niveles está un loess pardo-amarillento, friable, masi-



Figura 59: Formación Apóstoles en cercanías a Apóstoles y Oberá, provincia de Misiones. El material limoso se apoya en sobre los basaltos de la Formación Serra Geral

vo que presenta disyunción prismática dando lugar a taludes verticales a subverticales. El espesor es variable entre 1 y 4 metros y su mayor desarrollo está vinculado con el paleorelieve que recubrió.

Edad: Dataciones siguiendo el método termoluminiscente indican que su depositación habría tenido lugar entre los 36.000 y 8.000 años representando condiciones paleoambientales de aridez (Iriando y Kröhling 1995, Kröhling, 1999). Asimismo estos niveles han proporcionado restos de vertebrados fósiles, especialmente de *Glyptodon* spp., *Stegomastodon*, *Tapirus*, etc. (Tonni, 2004) y *Scelidodon* sp. (Ferrero 2008).

Formación Isla Talavera ("Querandinense"- "Platense") (Gentili y Rimoldi, 1979)

Sinónimos: "Piso Querandino" Doering (1882); "Samborombonense" partim. Groeber (1949), "Querandinense" y "Platense" Frenguelli (1957), Tricart, (1973); Formación Isla Talavera, Gentili y Rimoldi (1979); "Depósitos del Arroyo Ñancay", Bertolini, (1995).

Definición: Depósitos arcillosos, arenosos y bancos de conchillas de moluscos correspondientes a un par de avances del mar a cota +10 en el Pleistoceno superior y +5 durante el Holoceno que ocuparon el estuario del Río de La Plata y sur de Entre Ríos.

Distribución en la Mesopotamia: Los depósitos de transgresión holocénica y sus expresiones morfológicas se encuentran desde un eje aproximado Victoria (Entre Ríos) -Rosario (Santa Fé) en el noroeste, hasta la confluencia de los ríos Uruguay y Paraná en el Río de La Plata. Está representado por una amplia llanura costera de la cual emerge la "Isla Ibicuy" (Groeber 1961) protegida por cordones de médanos como asimismo los que se encuentran en la línea Ceibas-Médanos-Puerto Ruiz. Para Tricart (1973) el "Querandinense" se corresponde con el máximo +10 metros de la transgresión holocena; mientras que la fluctuación correspondiente a + 5-6 metros la asigna al "Platense".

Litología: La planicie resultante de los avances y retrocesos del mar de fines del Pleistoceno y el Holoceno, fundamentalmente está integrada por limos arcillosos, arenas y bancos de conchillas que en general tienen una representación geomorfológica, aunque el espesor máximo observado en el subsuelo de Isla Talavera es de unos 20 metros (Gentili y Rimoldi, 1979). Para Toledo (2005) el material que caracteriza al "Piso Platense" son limos negros, grises y margas gris claras a blancas de los cuales, los más oscuros contienen *Heleobia parchappii* las que han sido datadas en 10.730 AP.

Cavalloto et al (2005) describen los elementos morfológicos, litológicos y espesores de la siguiente manera: (1) Facies de estuario abierto, corresponde a la fase transgresiva y se caracteriza por ser arcillas limosas verde-oliva con fragmentos de conchilla con un espesor máximo de unos 20 metros. Dataciones hechas determinan una antigüedad de 8.620 AP. Sería equivalente a la Formación Atalaya. Sirve de base para (2) Facies de llanura de mareas, caracterizada por limos de color castaño su espesor máximo llega a 25 metros (3) Facies de llanura con cordones de playas caracterizada por arenas finas de color castaño pálido su espesor no supera los 2 metros. Contiene restos de *Erodona mactroides* cuyos valores isotópicos van entre 6.440 y 5.40 años AP. Sigue la (4) Facies de médanos que se presenta de manera de cordones medanosos dis-

puestos por sobre la anterior y que está representada por arenas finas castañas bien seleccionadas que caracterizan la "Isla Ibicuy" y el alineamiento Ceibas-Puerto Ruiz. Mediante estudios OSL que señalan antigüedad entre 2.820 y 1.690 años AP. Siguen (5) Facies de llanura de mareas. Corresponden a las playas de regresión de Iriondo (1980) compuesta por arenas finas a muy finas con un espesor máximo del orden de los 6 metros. Tiene niveles de conchillas con *Erodona mactroides* y *Littoridina pascium* cuyas edades radiocarbónicas van entre 2.530 y 1.770 años AP. Por último describen las (6) Facies de llanura de mareas predeltaicas caracterizado por fangos de estuario en los que se encontraron restos arqueológicos cuya datación va entre 2.700 y 2.500 años AP.

Consideraciones.: Estudios geológicos-estratigráficos interpretan que en el estuario del Río de La Plata y valle del Paraná hubieron dos ingresiones del mar en el Cuaternario y que en conjunto se las asigna al "Querandino". Este es un término ambiguo que en muchos casos engloba una transgresión ocurrida en el Pleistoceno superior, entre 36.000 y 26.000 años AP que corresponde a un nivel del mar cercano a +10 y otra que está relacionado con un avance marino que llegó hasta la cota +5 que ha ocurrido en el Holoceno (Tricart, 1973; Guida y González, 1984). Hay abundante registro de dataciones radiométricas sobre material carbonático de conchillas fósiles cuyo rango varía entre 6.400 y 1.600 años (Cavalloto et al, 2005). En ambas se reconoce a *Erodona mactroides*, *Mactra isabellana* y *Tagelus gibbus* como fósiles comunes en ambas fluctuaciones del mar (Aguirre, 1990, 1993; Aguirre y Farinatti, 2000; Aguirre y Fucks, 2004). Los valores arriba mencionados posiblemente representan fluctuaciones de un mar alto que entre el Pleistoceno superior y Holoceno no terminó de retirarse del estuario del Río de La Plata

Edad: La fauna fósil es similar a la que actualmente vive en la costa atlántica motivo por el cual no facilita una interpretación cronológica basada en los fósiles. Como ya se mencionó hay un importante número de dataciones basadas en isótopos sobre conchillas de estos moluscos las que han permitido diferenciar dos ciclos transgresivo-regresivos en el lapso Pleistoceno superior-Holoceno. Sería equivalente sensu lato de la Formación Las Escobas y Atalaya de la costa atlántica de Buenos Aires.

Observaciones: La facies de cordones litorales del "Querandino" proveen arena silíceas de buena calidad para la industria del vidrio plano y el silicato de sodio. Estos cordones tienen una forma de medialuna alargada que rodea el "Alto del Ibicuy" entre Mazzaruca, Puerto Perazzo y Holt. Se trata de arenas blanco-amarillentas, muy bien seleccionadas, cuarzosas con alto contenido en SiO₂ (98,9%) pocas impurezas, generalmente pátinas ferruginosas y escasa proporción de minerales pesados. El espesor llega a 4 metros, teniendo en su base niveles arcillosos. Se señala que la producción es del orden de las 10.000 a 12.000 tn/mes (Arrospide, 1999)

Formación Ubajay (Gentili y Rimoldi, 1979)

Sinónimos: Formación Ubajay, Gentili y Rimoldi (1979); Formación El Palmar, Iriondo (1980).

Definición: Se define a una sucesión de pefitas gruesas constituida principalmente por rodados de calcedonia y ópalo con tamaño variable entre 2 y 10 cm de longitud, bien redondeados

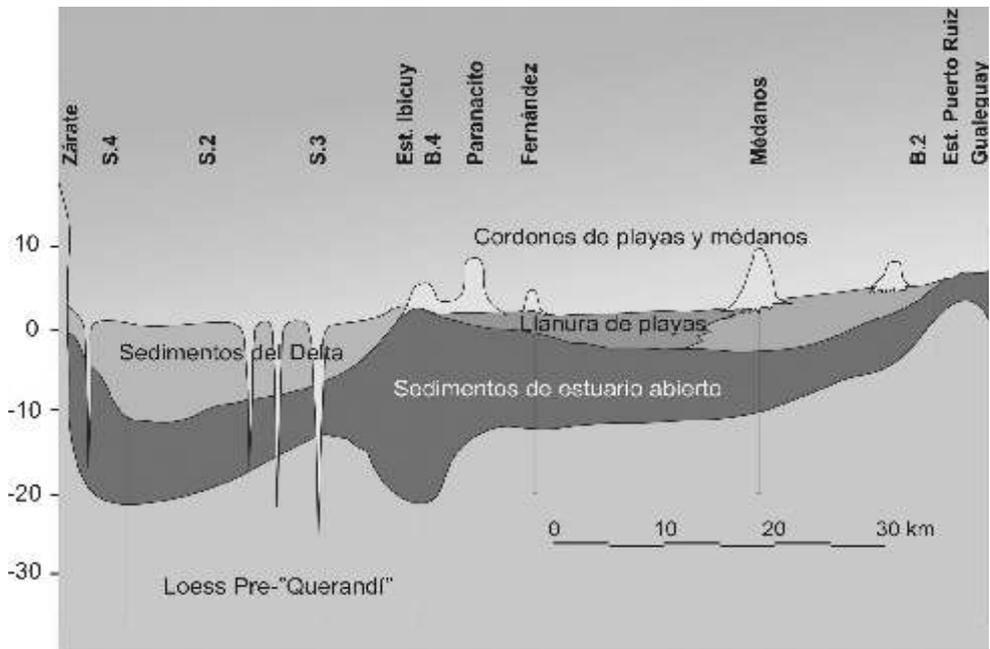


Figura 61: Perfil geológico según perforaciones de una sección entre Gualeguay (Entre Ríos) y Zárate (Buenos Aires) en el cual se indican tipos litológicos acumulados durante la transgresión "Querandí". negro: cordones de playa y médanos; rayas : sedimentos de estuario abierto; punteado fino: llanura de playas; redondeles: sedimentos del delta (Según Cavallotto et al 2005)

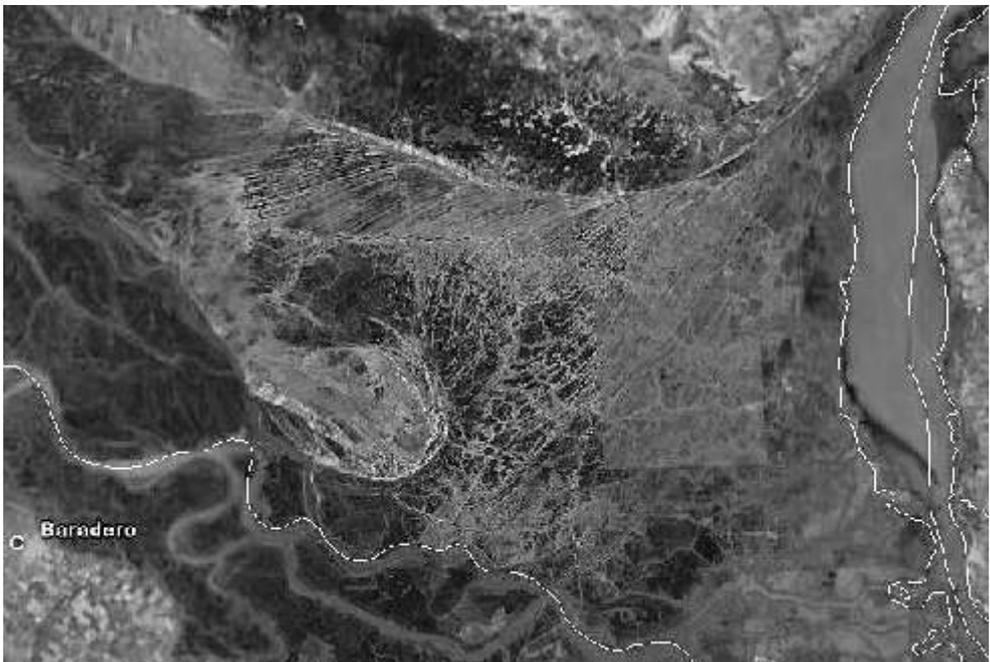


Figura 62: Imagen satelital del sur de Entre Ríos donde se aprecian las barras de marea, la "isla" Ibicuy y las barreras de arena medanosas. Arriba de la localidad Médanos, algo más oscuro, se aprecia lo que fuera una laguna marginal

con mediana y baja esfericidad dispuestos en una matriz arcillo arenosa de color rojizo y amarillento.

Distribución en la Mesopotamia: Se localizan desde la zona del arroyo Mocoretá hasta cercanías a Gualaguaychú constituyendo una importante fuente de gravas para la construcción ("ripio", "piedra china"), especialmente en canteras ubicadas en la provincia de Entre Ríos, en los departamentos Concordia, Colón y Concepción del Uruguay. Constituyen terrazas antiguas del Río Uruguay. Gentili y Rimoldi (1979) asignan esta unidad a terrazas con conglomerados depositados por el Río Paraná entre Candelaria y Posadas.

Litología: Al sur del arroyo El Palmar, Iriondo (1980) identifica una sucesión que de abajo a arriba está integrada por una arena cuarzosa amarillenta mediana de 50 cm de espesor a la que se le superponen unos 6 metros de conglomerados de rodados de ópalo, calcedonia y cuarzo blanco con una matriz arenosa mediana de color rojizo a la que le siguen 60 cm de conglomerados con escasa matriz arenosa. Hay intercalaciones limosas y arcillosas pardas, reconociéndose estructuras diagonal y planar. Gentili y Rimoldi (1979) señalan que el valor promedio de la granulometría varía entre el 60-70% en gravas, el 20-30% de arenas y los finos no llegan al 10%.

Edad: De estos niveles provienen los restos asignados a *Stegomastodon platensis* por Tonni (1987) y que tienen repositorio en el Museo Regional de San José (Entre Ríos). Según este autor el material corresponde a una edad Pleistoceno superior (Lujanense). Asimismo Brea (1999) describió la presencia de leños silicificados de anacardiáceas y mimosáceas en afloramientos de esta unidad al norte de Concordia en las costas del lago de Salto Grande en los puntos conocidos como Punta Viracho y Península Gregorio Soler. Este material fue asignado a la especie *Schinopsisylon heckii* y *Menendoxylon piptadiensis* que en este caso considera de edad pleistocena superior.



Figura 63: Afloramientos de Formación Ubajay en el Palmar de Colón, Entre Ríos.

Rellenos de valles fluviales (="Unidades litológicas sin nominar" Aceñolaza y Sayago, 1980).

Los valles fluviales formados por la erosión de la plataforma estructural del Pleistoceno (Aceñolaza y Sayago, 1980) dio lugar a una serie de paquetes sedimentarios que se ubican en distinta posición topográfica y que generalmente expresan niveles de terrazas que representan fluctuaciones climáticas. Es obvio que ellas se constituyeron acompañando diferentes etapas de aridez y/o pluviosidad que se vio afectada la región en tiempos que van desde el Lujanense a la actualidad.

Hay autores como Iriondo (1980, 1991), Iriondo y Kröhling (19) que han preferido asignar como formaciones a las variaciones de litología y suelos que allí ocurren. El problema surge al estudiar cada una de ellas a la luz del Código de Nomenclatura Estratigráfica que tiene en vigencia la Asociación Geológica Argentina (19)

Sin criticar la intención de ofrecer una sistematización de los diferentes tipos de geoformas, suelos o cronología, vemos inconveniente usar para ello el concepto de Formación ya que el mismo es restrictivo para las unidades litoestratigráficas. En el caso de suelos existen las unidades pedogenéticas y para aspectos temporales las cronoestratigráficas que habría que aplicar en cada caso produciendo una taxonomía adecuada a los criterios de la estratigrafía.

En el caso particular del relleno de los valles fluviales del ámbito mesopotámico, ocurrido a partir del Pleistoceno superior, es posible definir geoformas (Terraza alta, media o inferior), acumulación de sedimentos siliciclásticos (arenas, limos, arcillas) y paleosuelos conforme al lugar en el que se encuentran.

Previo a ello debe reconocerse que existió una "superficie estructural" desarrollada durante la depositación de la Formación Hernandarias que alcanzó una cota cercana a los 100 msnm. Esta misma quedó expuesta a los procesos erosivos que ocurrieron a partir del Pleistoceno superior al comenzar a diseñarse el sistema fluvial de los ríos Paraná y Uruguay con sus tributarios. Especialmente en estos últimos se desarrollaron terrazas y acumulación de sedimentos cuyas características no siempre son equivalentes entre sí.

Si bien, en términos litoestratigráficos, es posible identificar una "unidad" composicional donde arenas-limo y arcillas son el común denominador, no es fácil determinar sus límites tal como lo demanda el Código Estratigráfico para cada caso. De allí que se han reconocido unidades informales tales como "Formación" Arroyo Feliciano, "Formación" La Picada, etc. (Iriondo, 1980) cuya valoración solo debe darse en cuanto representen un concepto litoestratigráfico mapeable

Edad: Los sedimentos de valles fluviales han provisto en algunas localidades material paleontológico que sirve para tener una idea acerca del momentos en el cual comienza a desarrollarse el sistema fluvial y llega hasta la actualidad. Así por ejemplo, procedente de distintas localidades de la cuenca del Arroyo Las Conchas, se ha obtenido restos de vertebrados tales como *Stegomastodon*, *Glyptodon*, *Sclerocalyptus*, *Toxodon*, etc (Depositados en el Museo de Villa Urquiza). En la cuenca del Arroyo La Ensenada se han reconocido restos de *Equus*, *Pteronura*, *Holmesina*, *Antifer*, etc (Tonni, 2004, Alcaraz et al 2005).

En la zona de La Palmera, cuenca del arroyo Feliciano al norte de Hernandarias, se encontraron elementos de la fauna actual como *Blastoceras*, *Mazama*, *Pantera*, *Rhea*, etc con edad radimétrica entre 1200 y 1400 años AP (Tonni, 2004). En la Cuenca del Arroyo Perucho Verna se han obtenido restos de *Hydrochoerus* y *Tapirus* (Tonni, 2004)

Unidades informales definidas por sus características geomorfológicas y/o edafológicas

En la literatura geológica sobre la Mesopotamia diversos autores han inscripto con nombres locales una serie de geofomas o suelos que si bien son reconocibles temporal y regionalmente, no se ajustan a lo que establecen las normas de la nomenclatura estratigráfica para unidades litoestratigráficas a las que les es propio el término "Formación".

Además, se agregan otras unidades sobre las que merece se debatan los alcances que tienen bajo el punto de vista geomorfológico, pedogenético o cronoestratigráfico. Sin perjuicio de ello creemos conveniente referirnos a este tipo de unidades por cuanto integran el marco conceptual de la evolución geológica regional.

"Facies de Paleodeltas" (Cavalloto et al 2005)

Cavalloto et al (2005) utiliza el nombre "Facies de Paleodelta" para señalar estructuras deltaicas desarrolladas por los cauces fluviales de los arroyos Nogoyá, Cle y Río Gualaguay que se sobreponen a las que denomina "facies de llanura de mareas" del "Querandí". Estas ya habían sido registradas por Bertolini (1995) con el nombre de "Depósitos deltaicos, parcialmente cubiertos del Holoceno", aunque agrega un sector entre Diamante y Costa Grande.

El ámbito en el que se desarrollan cada una de ellas tiene un frente de 22 km en el caso del Nogoyá, en el Clé 25 km y unos 40 km en el Gualaguay, mientras que sus ápices no superan los 10 km. Litológicamente están caracterizadas por arenas finas aportadas por los cursos de agua mencionados que en algunos casos aparecen cerrados por cordones medanosos. Su carácter tabular no está bien definido, aunque en si representan un acontecimiento sedimentario independiente de la transgresión marina proveniente el material de la erosión a que estuvieron sometidas las respectivas cuencas fluviales.

"Loess retransportado Itapebí"(Iriondo, 1996)

Iriondo (1996) llama con este nombre una sucesión de algo más de 2 metros de espesor de un limo arcilloso pardo oscuro con concreciones carbonáticas y una costra calcárea que aflora a unos 15 km al este de Salto, Uruguay, en el arroyo Itapebí.

Según Iriondo (1996) el perfil tipo tiene unos 2,20 metros y está representado de abajo hacia arriba por limos arcillosos pardo oscuros que pasan a una costra carbonática de 65 cm de espesor para luego seguir con limos arcillosos pardo oscuros que en su parte superior tienen concentraciones carbonáticas.

Para el autor este nivel debería tener ubicación cronológica en el Ensenadense aunque no aporta ningún dato que permita una definición en este sentido. Menciona que en este nivel se localiza la presencia de "colonia de almejas" fósil sin aportar datos taxonómicos ni cronológicos.

"Formación" Arroyo Feliciano (Iriondo et al, 1985)

Esta unidad fue descripta por Iriondo et al (1985) para nominar a los sedimentos que integran la terraza alta de los principales colectores fluviales y de sus afluentes en la provincia de Entre Ríos. Para Iriondo (1996) es el "relleno aluvial acumulado en los valles durante la época húmeda que siguió al episodio desértico correspondiente al Estadio Isotópico 3".

Son sedimentos loesoides de color castaño claro con niveles de concreciones carboná-

ticas e intercalaciones de gravilla con idéntica composición. Suelen contener niveles de paleosuelos e intercalaciones de gravas. Estos son visibles en los paleovalles de los principales tributarios del Río Paraná (arroyos Feliciano, Antonio Tomás, Las Conchas, Ensenada), el Gualeguay y del Uruguay (Yuquerí Grande, Artala, de la Leche, etc). Estima que su espesor varía entre 2 y 5 metros.

En el arroyo La Ensenada, en inmediaciones a Diamante, Alcaraz et al (2005) reconocen la presencia restos del ciervo *Antifer ultra* del Bonaerense y *Pantera onca* (Ferrero, 2008) (Pleistoceno medio-Holoceno inferior). Conforme a Iriondo (1996) pertenece al Período Isotópico 3 que se corresponde con una antigüedad entre 60.000 y 36.000 años A.P., considerando que se corresponde con el Piso Lujanense

Observaciones: Conforme a las disposiciones del Código de Nomenclatura Estratigráfica constituye una unidad informal en el sentido que conforma una geoforma con una determinada posición topográfica, partícipe del relleno fluvial de cursos de agua secundarios en la provincia de Entre Ríos. En términos geológicos y cronológicos sería equivalente a la Formación La Picada (Iriondo, 1980).

"Formación" Yapeyú (Iriondo, 1996)

Este nombre es aplicado por Iriondo (1996) para describir un sedimento arenoso a franco arcilloso que se encuentra en las partes bajas entre Santo Tomé y Monte Caseros, estando su perfil tipo en cercanías a Yapeyú en la margen derecha del arroyo Guaviraví. Se presenta con un espesor de unos 5,50 metros y comprende a arenas finas de color rojo oscuro, en algunos sectores decoloradas, que supone se formaron por erosión de la Formación Oberá. Lo interpreta como un proceso pedogenético debido a un cambio climático. Para su autor en Santo Tomé hay tres niveles de acumulación de los cuales la "Formación Yapeyú" es la intermedia.

"Formación" San Guillermo (Iriondo, 1990)

Fue definida por Iriondo (1990) como un horizonte compuesto de un limo-loésico de color grisáceo estructurado de aspecto prismático y arenas dunarias muy friables de color amarillo claro sin motas ni carbonatos. Según su autor este loess se depositó en el Holoceno superior, entre 3.500 y 1.400 AP, y su espesor varía entre 25 y 35 centímetros (Iriondo 1998).

Observaciones : Originalmente esta unidad informal fue mencionada por Iriondo (1987) para identificar un delgado manto limo-loésico de color grisáceo que se dispone por sobre el horizonte del suelo que se desarrolló en el techo de la Formación Tezanos Pintos en la provincia de Santa Fé (Kröhling y Orfeo, 2002). Para Iriondo a esta unidad también es posible identificarla en el oeste de Entre Ríos, algo que no es adecuadamente comprobable ni mineralógicamente diferenciable de la Formación Tezanos Pintos. Podría asimilarse al "Piso Aymarense de Frenguelli (1920).

"Superficie" Los Conquistadores (Iriondo 1980)

En esta definición Iriondo (1980) involucra a " un suelo bien desarrollado y lixiviado que ocupa una meseta muy plana con morfología eólica " que se localiza en la cuenca superior de los ríos Feliciano y Gualeguay. En este nombre se incluyen los llamados "bañados de altura" que da lugar a suelos hidromórficos (argiacuoles vérticos) que se constituyen en sectores de escasa pendiente como los que se encuentran en la región mencionada. Es una definición de natu-



Figura 64: Rellenos holocénicos en valles de cauces fluviales. Valle del Río Mocoretá, Corrientes (abajo.) y del Arroyo Antonio Tomás, Entre Ríos (arriba.)

raleza geomorfológico, no adecuada para términos litoestratigráficos.

"Estadio isotópico 4 "

Bajo este nombre Iriondo (1996) incluye a un período de tiempo que va entre los 60.000 y 77.000 años AP que, según este autor, habría sido el período más árido de la última glaciación sudamericana. En este tiempo se desarrolló el que llama el "Mar de Arenas" cuya cobertura había alcanzado la región pampeana, Entre Ríos, partes de Corrientes y del estado de Rio Grande do Sul en Brasil.

"Formación Concordia" (Iriondo y Kröhling, 2004)

Esta denominación fue establecida por Iriondo y Kröhling (2004) quienes reconocen la existencia de dos miembros: uno basal integrado por gravas con arenas y arenas arcillosas marrones y grisáceas, representativas de facies de canal y otro, superior depositado discordantemente e integrado por arcillas arenosas, arenas y limos propias de una facie de planicie aluvial. Dataciones hechas en piso y techo dan 4.950 años AP y 2.170 años AP. Esta unidad es representativa de la terraza inferior del Río Uruguay y se observa desde Chapecó (Brasil) hasta Concepción del Uruguay (Argentina). Constituye la base del suelo Alfisol I. Estos autores no indican ubicación de la localidad tipo.

Tal como fue definida esta es una geoforma a la que no es posible aplicar lo que determina el Código de Nomenclatura Estratigráfica para las unidades litoestratigráficas.

"Formación Oberá" (Iriondo, 1996)

Iriondo (1996) designa con este nombre a un paquete sedimentario arenoso a franco arcilloso, pulverulento de color rojo oscuro que cubre en forma de manto la meseta misionera. Para este autor en partes representa un acontecimiento sedimentario de tipo loésico acontecido en un área tropical bajo condiciones húmedas. En tal sentido lo denomina como "loess tropical".

Esta unidad se corresponde con la definición de la Formación Apóstoles (Gentili y Rimoldi, 1979) de la que es su sinónimo. Para la mayoría de quienes han estudiado los afloramientos, esta unidad es resultado de un fenómeno de laterización del substrato ocurrido en una época cálida y húmeda del Pleistoceno.

"Formación Pujol" (Gentili y Rimoldi, 1979)

Con este nombre Gentili y Rimoldi, (1979) denominan a una secuencia integrada por limos pardo oscuro con intercalaciones tobáceas ("tabatinga") que constituyen la terraza inferior del Río Uruguay. Estos limos en la zona de Monte Caseros indistintamente recubren a las formaciones Salto y Bonpland.

Si bien tiene una definición litológica, se destaca que corresponde a una geoforma y no a una entidad litoestratigráfica como determina el Código de Nomenclatura Estratigráfica.

"Formación Tapebicuá" (Iriondo y Kröhling, 2004)

Al describir los suelos Plinthosol, Iriondo y Kröhling, (2004) describen para la zona

del este de Corrientes una sección de 3,50 metros de espesor compuesta de arenas, en parte conglomerádicas y arcillosas de color pardo-amarillentas con abundantes concreciones ferromanganesíferas

“Grupo Punta Gorda” (Iriondo, 1980; Iriondo et al 2000).

Originalmente Iriondo (1980) define con este nombre a una secuencia de limos y loess con abundante material carbonático aflorante en la zona de Diamante. Con posterioridad (Iriondo et al 2000) interpretan que en este grupo pueden definirse tres unidades: Formación Puerto Alvear, Formación La Juanita y Formación Punta Gorda, la que en conjunto representan parte del Pleistoceno (edad paleomagnética Matuyama: 0,78 Ma). En ellas se desarrollaron diferentes niveles de paleosuelos.

Marco Geológico Estructural

Mucho se ha escrito acerca del diseño estructural de la Mesopotamia, especialmente teniendo en cuenta algunos aspectos de su geomorfología, especialmente de aquellos lineamientos que condicionan su sistema hídrico. Ya a principios del siglo 20 hubieron autores que, como Frenguelli (1920), postulaban abiertamente que el diseño del Río Paraná se correspondía con el rechazo o resalto producida por una importante fractura de rumbo submeridional.

Incluso se llegó a estimar cuantos metros representaba dicho rechazo. Pero era una época en que el paradigma geosinclinal donde los esfuerzos corticales de naturaleza horizontal no solo daban lugar a este tipo de fracturas sino también generaban pliegues y otros aspectos deformativos que podían reconocerse en los estratos de la secuencia sedimentaria. Ello signó de tal manera el pensamiento geológico "frenguéliano" que no solo él sino también sus discípulos llegaron a interpretar que bancos con estratificación diagonal o bloques inclinados debido a deslizamientos, constituían el ejemplo más contundente acerca de los fenómenos de plegamientos acontecidos en la región durante el Cenozoico.

Siguiendo criterios geomorfológicos Cordini (1959), al estudiar las rocas y sedimentos de Entre Ríos, concluye que los lineamientos determinantes de los cauces fluviales mayores se debe a fracturas profundas. En este sentido advierte, siguiendo opinión de Lambert, que Entre Ríos habría sufrido una fracturación en bloques de rumbo meridional de los cuales los que se ubicarían al sur de una hipotética línea Paraná-Jubileo habría basculado hundiéndose hacia el sur. De todas maneras hace la salvedad que todo ello está sujeto a futuras comprobaciones.

Sin pretender descalificar los datos precedentes, que en algunos casos pueden ajustarse a la realidad, puede decirse que recién luego del estudio del subsuelo profundo mediante perforaciones y líneas sísmicas es cuando comienza a diseñarse el marco estructural general del ámbito mesopotámico (Padula y Mingramm, 1968, Padula, 1969).

Estructuras en Entre Ríos

Gracias a la disponibilidad de información provista por los estudios encarados por YPF en la década de 1960, Padula y Mingramm (1968) señalan la presencia de importantes fracturas de rumbo sureste-noroeste y plantean cual sería el diseño de las cuencas sedimentarias del subsuelo mesopotámico que, desde el Paleozoico inferior, condicionó los acontecimientos sedimentarios que se verificaron en la región.

Así fue, por ejemplo, que dieron identidad al que llaman "Umbral de Martín García" que eleva rocas del basamento cristalino en un lineamiento que en términos generales es coincidente con el curso del Paraná entre Rosario y el Río de la Plata. Este alto estructural es posteriormente reconocido y conceptualmente mejor definido durante exploraciones petroleras llevadas a cabo entre 1960 y 1970 por empresas privadas (Zambrano, 1974, Yrigoyen, 1975). Estos trabajos permiten reconocer la apertura de una "Subcuenca de Rosario" al sudoeste del Umbral de Martín García, como asimismo establecer con más detalle el diseño de la llamada "Cuenca de Paraná".

También hay que tener en cuenta las variaciones de profundidad del basamento cristalino entre las perforaciones de Gualeguaychí y Colón que habrían permitido reconocer un alto estructural en la zona de Concepción del Uruguay. A este Pesce (2002) lo habría identificado como el "Horst de Colón-Concepción del Uruguay" y por la variación de profundidad, puede estimarse un resalto no inferior a la centena de metros. Lo que aún no puede determinarse es el arribamiento general de las líneas de fractura mencionadas.

La actuales perforaciones profundas en busca de aguas termales en Entre Ríos están permitiendo observar ciertas variaciones en la ubicación del techo del basalto cretácico, como es el caso de Villaguay donde éste tiene una posición topográfica más profunda que en Villa Elisa que precisamente no reflejaría una inclinación natural del terreno.

Otro tema que durante muchos años ocupó la atención de los geólogos fue el de confirmar que las barrancas del Río Paraná se correspondían con una fractura. Así fue que en trabajos de Frenguelli (1920, 1947) y Kantor (1924), entre otros, se llegó a estimar que la "Falla del Paraná" era la responsable del resalto topográfico y del alineamiento meridional del cauce fluvial. Esta idea fue perdiendo adeptos a partir del trabajo de Padula y Mingramm (1968) y Padula (1969) donde plantean una serie de secciones a partir de datos sísmicos. Especialmente la línea Calchaquí (Santa Fe)-Guauguay (Entre Ríos) en ningún momento impone la existencia de una fractura en la posición del Río Paraná. Solo interpreta la presencia de una fractura en el "basamento" entre Nogoyá y Guauguay donde esta última localidad es posible se encuentre en el borde del "Umbral de Martín García". Asimismo debería considerarse que el límite norte de dicho "umbral" debió haberse correspondido con una fractura del basamento de rumbo sureste-noroeste.

Merece señalarse que los estudios geológicos llevados a cabo para el asentamiento de la presa Paraná Medio, tanto en el Cierre Chapetón como en el Cierre Patí, en ningún momento detectaron la presencia de una fractura que afectara niveles de la Formación Paraná por debajo del río homónimo. El resalto de la barranca que define por el este al cauce fluvial es, en consecuencia, un elemento morfológico y no uno de carácter estructural.

Algo parecido sucede con el lineamiento Guauguay (Entre Ríos)-Gaspar (Uruguay) que no registra variación en la ubicación del Río Uruguay, aunque si una prolongación de la "Falla Canelones" y un gran resalto entre Quebracho y Salto (Uruguay).

Las líneas sísmicas llevaron a marcar varias fracturas de rumbo con desplazamiento horizontal: una entre Guauguaychú/ Paraná; otra entre Quebracho-La Paz y una tercera entre Chajarí-Esquina. A todas estas les asigna un labio bajo hacia el norte; mientras que la ubicada en Yapeyú-Corrientes la interpreta con un labio bajo hacia el suroeste.

Este marco estructural es concordante con el que establecen las isopacas de sedimentos paleozoicos-mesozoicos en el oeste de Uruguay que, como ya hemos mencionado anteriormente, aumentan de espesor hacia el subsuelo de la Mesopotamia generando una cuenca profunda con espesores mayores, que se ubica en el centro-norte de Entre Ríos y sur de Corrientes.

Sin perjuicio de considerar que los datos que aportaron Padula y Mingramm (1968) y Padula (1969) y los de los resultantes de las perforaciones profundas que se han ejecutado en Entre Ríos no puede descartarse la existencia de fracturas de importancia regional que, de alguna manera, influyen sobre el trazado de algunos cursos fluviales o en expresiones morfológicas notables.

Lineamientos en Misiones

En primer lugar, y tomando un tipo de roca determinado se destaca que el basalto dio lugar a lo que se llama la "Meseta Misionera" cuya cota máxima está en el orden de los 800 metros en Bernardo de Irigoyen, en el este y 130 metros en la "Meseta de Mercedes (Corrientes).

La observación satelital del territorio de la provincia de Misiones permite conocer la existencia de una serie de lineamientos de rumbo NE-SW, NW-SE y E-W que para Avila y Portaneri (1999) representan un sistema estructural que de alguna manera da una explicación a los desniveles topográficos que se observan en la provincia. Así por ejemplo la cota máxima en

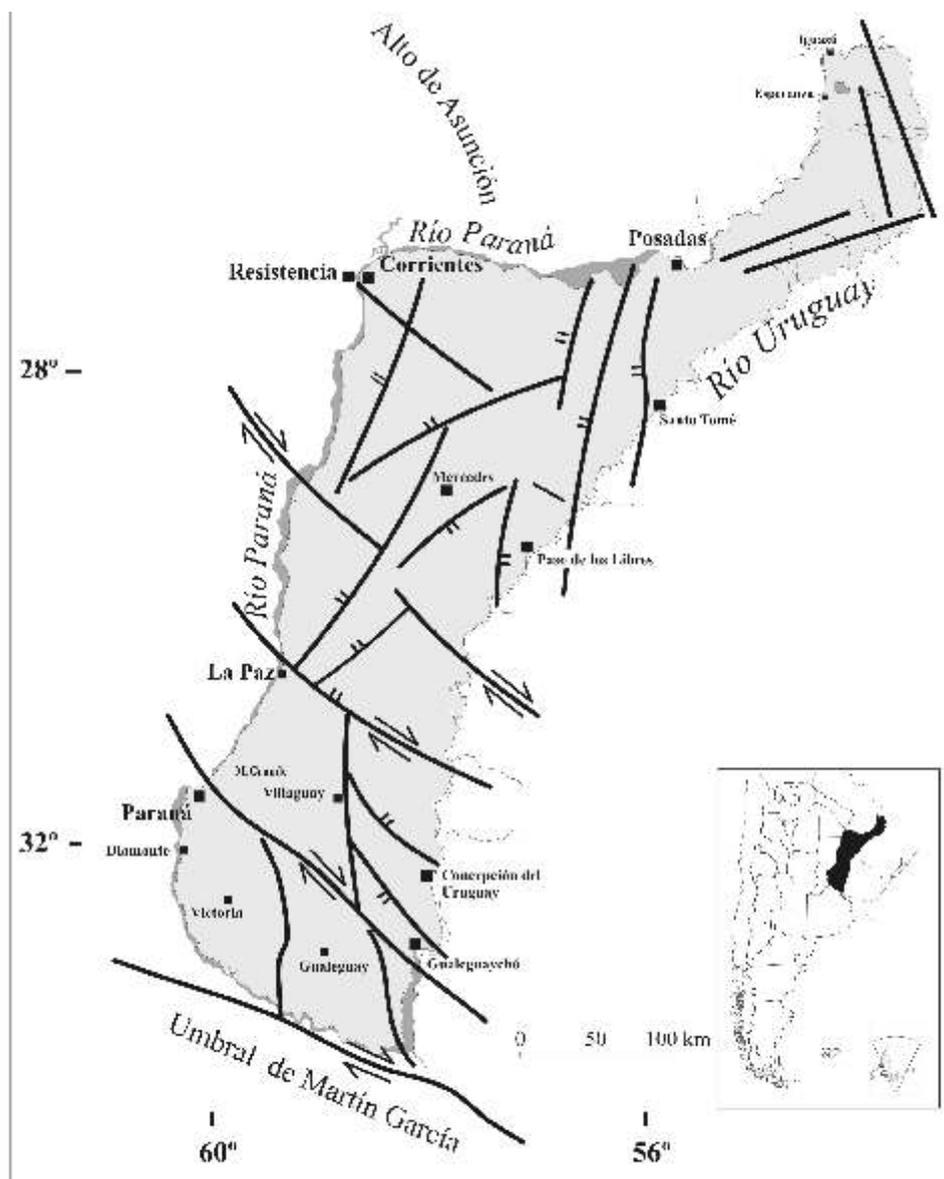


Figura : Esquema estructural de la Mesopotamia basado en datos de superficie y subsuelo reconocidos por Padilla y Mingramm (1958), Padula, (1969), Herbst y Santa Cruz (1999), Avila y Portaneri (1999), Pesce (2002) y los que aportan las perforaciones termales de Entre Ríos.

Bernardo de Irigoyen contrastada con la cota que el basalto tiene en Posadas da la impresión de una pendiente escalonada por fracturas. A estas habría que identificarlas con elementos que permitan una mayor precisión, para diferenciarla de los posibles "líneamientos de flujo" que puede contener el basalto y que más bien pueden responder al proceso de derrame lávico.

Lineamientos en Corrientes

Un resalto morfológico es notable al oeste de Gobernador Virasoro-Rincón del Ombú y que es coincidente con la depresión que determina la rama del Arroyo Aguapey que va al sur y el codo homónimo del Río Paraná. Este lineamiento representa una profundización del basalto desde una cota aproximada de 170 metros a 80 metros en una distancia que varía entre 25 y 40 kilómetros en el sentido E-W. Esta línea en la zona de Alvear eleva las areniscas de Botucatu cuyos afloramientos se encuentran a la vera de la ruta nacional 14.

Un lineamiento paralelo a éste, y posiblemente relacionado, sigue el eje del Arroyo Guaviraví entre Yurucú y Yapeyú. Lo interesante del mismo es que al oeste de esta posible fractura se eleva un conjunto serrano conocido como Tres Cerros constituido por el Cerro Capara (159 m.), el Cerro Nazareno (179 m.) y el Cerro Pelón (131 m.). Debe señalarse que el resalto topográfico desde el curso del arroyo supera los 100 metros, pudiendo suponerse que este contorno se ubica en la conjugación de dos fracturas: una meridional y una de rumbo SE-NW que se ubica en un punto no determinado al suroeste de los mencionados cerros.

Otro lineamiento, subparalelo a los anteriores, es el que sigue el curso del Río Miriñay desde la zona de Laguna Iberá (Carlos Pellegrini) hasta su desembocadura en el Uruguay en la zona de Monte Caseros. Este configura un amplio valle fluvial que en su lecho principal y en la margen derecha permite observar afloramientos de los basaltos de Serra Geral y de las areniscas que lo acompañan. Si bien no hay a la vista elementos que permitan reconocer la existencia de una extensa fractura, se deduce su presencia, en una posición aún no determinada, en razón a que al oeste se levanta la "Meseta de Mercedes" que se eleva desde 60 m.s.n.m. en el eje fluvial a 138 m.s.n.m. en el núcleo mesetiforme de referencia.

El borde occidental de la Meseta de Misiones está determinado por el amplio valle del Río Corrientes y las vertientes que sobre esta planicie llegan a través de los arroyos Pay Ubre, María Grande, Avalos y Barrancas. Lo notable está en que las rocas cretácicas (basaltos-areniscas) que afloran hasta Felipe Yofre caen abruptamente para encontrarse en una profundidad superior a 300 metros en una línea SW-NE que va desde La Paz (Entre Ríos) a la zona de Perogorria. Desde allí los afloramientos cambian rápidamente de rumbo girando al este-noreste hasta inmediaciones de Colonia Pellegrini (Zona de Itacumbí en la junta de las rutas provinciales 40 y 114). En este caso es necesario comprobar cuanto de estos lineamientos responden a fracturas y cuanto al intenso proceso erosivo del Plioceno que dio lugar a la amplia región conocida como "Esteros del Iberá".

En este aspecto debemos recordar que los estudios de Padula y Mingramm (1968) y Padula (1969) postularon la presencia de un alto estructural que incluye rocas del basamento y del Paleozoico inferior penetrando desde el Paraguay hasta el norte de Corrientes. Al mismo lo denominan "Umbral Mesopotámico-Central Paraguayo" o también "Alto de Asunción". No está del todo claro cual ha sido la influencia de este "Alto" en la elevación de la "Meseta de Mercedes" en tiempos pre y post-cretácicos. De hecho la variación de alturas que dispone el basalto en un perfil este-oeste, desde ya es significativo que su acomodamiento final ocurrió durante el Cenozoico.

Sirvan las presentes consideraciones para marcar cuanto de hipótesis hay respecto al fracturamiento del subsuelo mesopotámico por las razones expuestas. Es necesario que, para definir mejor la geometría estructural, no solo se aumente el conocimiento de la columna estratigráfica en cada una de las perforaciones profundas que se llevan a cabo en la región, sino también contar con datos geofísicos fidedignos que permitan determinar con mayor claridad las características de las cuencas, potencialmente hidrocarbúferas, que hay en la Mesopotamia.

Recursos Geológicos

La existencia de una serie de recursos geológicos en el área mesopotámica son fuente de actividad económica en las provincias que la integran. Los hay no-renovables, como lo constituyen los de naturaleza pétrea o minera, como también los renovables como es el caso de las aguas subterráneas cuyo aprovechamiento por sus cualidades termales hoy se encuentra en pleno desarrollo.



Figura 67 : Acuífero Guaraní: la trama oscura oscura corresponde a los afloramientos que determinan el borde de la cuenca del acuífero. Isopiezas están representadas por las líneas curvas y las flechas el sentido de circulación del SAG .Modelo elaborado por la Comisión del SAG

Cuando hablamos de recursos geológicos obviamente nos referimos a aquellos que forman parte de la configuración del terreno y que por sus características tecnológicas o de aprovechamiento humano constituyen elementos que cubren las demandas de la sociedad. Sin lugar a dudas ellos integran el quehacer económico de la región y su mejor uso llevan a mejorar las condiciones de vida de quienes hacen uso de ellos.

1.- Recurso Agua

1.1.- Sistema Acuífero Guaraní

Con el nombre "Sistema Acuífero Guaraní" (SAG) se reconocen los niveles arenosos permeables con agua que se intercalan o subyacen al basalto de Serra Geral en Brasil, Paraguay, Argentina y Uruguay (Araujo et al, 1995; Rebouças, 1976; Santa Cruz, 199, Montañó, 2006; Dapeña, 2006). Este nombre fue acuñado por el geólogo uruguayo Danilo Antón quien señaló que la extensión del mismo es aproximadamente equivalente al que ocupara la nación Guaraní en épocas prehispánicas.

Este acuífero se instala en una serie de formaciones pre-basálticas de origen eólico y fluvial de las cuales la más importante es Botucatú, aunque no dejan de ser consideradas como reservorios otras tales como Piramboia, Rosario do Sul y Bella Vista, en Brasil o Rivera y Tacuarembó en Uruguay.

Si bien ha sido descripto como uno de los mayores reservorios de agua dulce del Mercosur se sabe que en el ámbito mesopotámico, particularmente en la provincia de Entre Ríos, hay una notable abundancia de aguas salobres que no la hacen potable.

En su definición original a este acuífero se le asigna una extensión de aproximadamente 1.200.000 km² del cual el 70 % se ubica en Brasil (840.000 km²) y el resto en Argentina (225.500 km²), Uruguay (58.500 km²) y Paraguay (71.700 km²). En términos generales se menciona que tiene un espesor promedio de 250 metros, y que la profundidad de alumbramiento de las aguas es variable entre los 50 metros y los 1.500 metros, dependiendo ello de la que tiene el techo de la Formación Botucatú.

Esta unidad estratigráfica tiene una inclinación regional que en términos generales profundiza de este a oeste, pudiendo considerarse que el área de recarga del acuífero se encuentra tanto en Brasil como en Argentina y Uruguay. En este sentido se destaca que la recarga no solo proviene del excedente de lluvias que normalmente se infiltra en las formaciones geológicas que alberga al Acuífero Guaraní, sino también en aquellos lugares que éstas son atravesadas por parte del sistema fluvial regional.

El hecho de que se considera que el sentido del flujo subterráneo está controlado por la profundización hacia el oeste de las formaciones geológicas, hace que en muchos sectores el SAG acumule presión de surgencia provocando una elevación natural del nivel hidrostático que, en algunos casos, supera el nivel del suelo (artésiana).

Se estimó que en Brasil el rango de porosidad es variable 17 y 30 % disponiendo de una conductividad hidráulica de 8 metros/día con una transmisibilidad de 2,4 a 552 m²/día (Araujo et al. 1999). Para Silva Busso (1999) en nuestro caso la porosidad varía entre 17 y 24 %, la conductividad de 6,2 a 13,7 metros/día y la transmisividad entre 367,1 y 555,2 m²/día. Se estima que la capacidad de reserva del SAG es del orden de los 40.000 km³, estimándose que actualmente la explotación del mismo varía entre 40 y 80 km³/año mientras que la recarga llega a valores de 50 a 160 km³/año.

Si bien el fenómeno de calentamiento aún no es claramente conocido, se supone que

en gran parte es debido al gradiente geotérmico que determina la profundidad del alumbramiento. Se sabe que los valores varían entre los 33° C y 65° C de temperatura. Hoy se interpreta que un importante número de pozos extraen agua en caudales que rondan los 1000 m³ por bombeo y menos de 500 m³ por presión artesiana.. El 80% se extrae en Brasil para suministro público urbano estimándose que la producción ronda entre 1000 y 3000 Mm³/año (Forster et al, 2001).

Mientras que en Brasil el abastecimiento con agua proveniente de este acuífero abastece alrededor de 500 ciudades, en Uruguay hay unos 135 pozos, en Paraguay en unos 200; mientras que en Argentina ocurre en una decena de localidades de la provincia de Entre Ríos.

1.2.-Aguas temales

Lo precedentemente señalado sirva como introducción a la explotación de aguas provenientes del SAG que se viene desarrollando en Entre Ríos desde las últimas décadas. El hecho de que en localidades de Uruguay, como Dayman, se pusiera en marcha la explotación comercial de las aguas termales provenientes de la Formación Botucatu-Tacuarembó, incentivó a

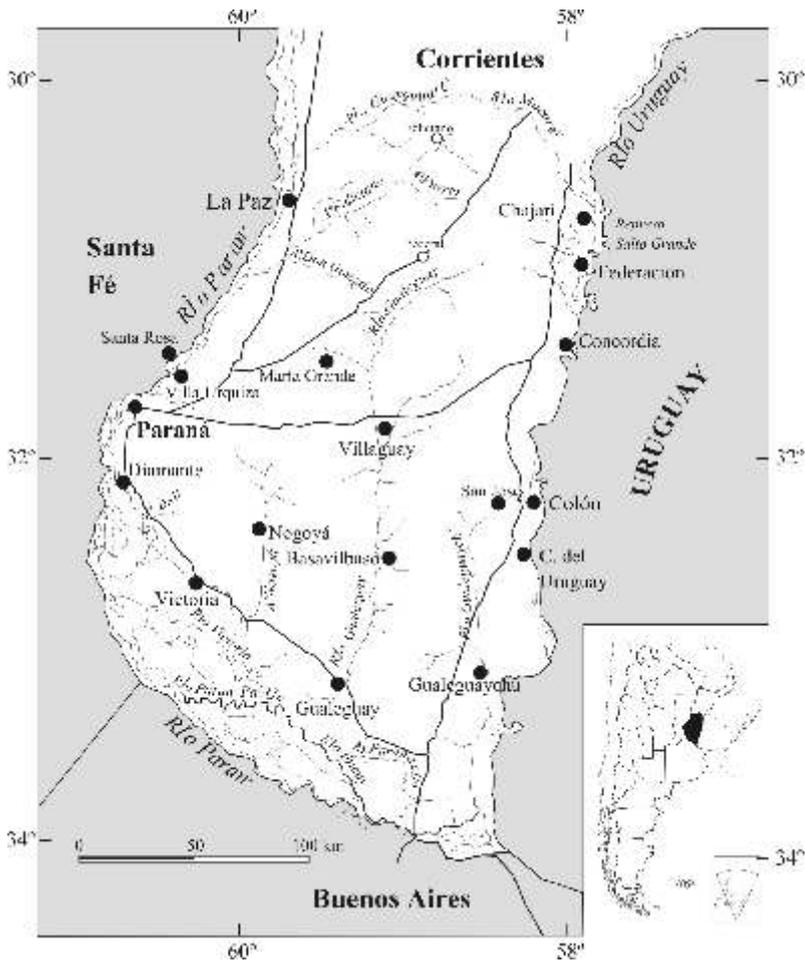


Figura 68: Ubicación de perforaciones y proyectos para aguas termales. Localidades en círculos negros.

inversores de Entre Ríos a llevar adelante perforaciones profundas que permitieron alumbrar aguas con temperatura.

Así fue que casi simultáneamente se llevaron a cabo en localidades como San José, Federación, Colón y Chajarí una serie de pozos que alcanzaron los niveles de las areniscas intra e infrabasálticas con resultados positivos en cuanto a caudales y nivel geotérmico. A éstas, con posterioridad, se le agregaron perforaciones en Chajarí, Concepción del Uruguay, Gualaguaychú, María Grande, Villaguay, Basavilbaso y La Paz (Díaz et al 2003) y nuevos proyectos de alumbramiento, algunos ya ejecutados como Diamante, Santa Rosa de Calchines (Santa Fé) y Victoria y otro a realizar en Villa Urquiza.

Debe destacarse que la línea de perforaciones que sigue el borde del Río Uruguay provee aguas termales dulces o ligeramente saladas; mientras que las que se ubican al oeste de Villa Elisa, inclusive, son salobres a saladas. Esta situación hace notar que hay una fuerte contaminación en cloruros y sulfatos, fundamentalmente de sodio en prácticamente el 80 % del territorio de la provincia de Entre Ríos. Dicho de otra manera debe reconocerse que en la Mesopotamia no todo el SAG es reservorio de agua dulce.

Si analizamos las perforaciones de norte a sur vemos que la perforación de Chajarí alcanzó la profundidad de 811 mbbp, finalizando en lo que Pesce et al (2002) identifican como Formación Tacuarembó. Allí el espesor del basalto Serra Geral fue de 554 metros, estando localizado entre las profundidades de 112 mbbp y 666 mbbp. Sus aguas se califican como meso-termales con un valor de 39.5° C.; el caudal es del orden de 300 m³/hora y su calidad es dulce, bicarbonatada-clorurada sódica y de mineralización media (SDT 569 mg/l.). Pesce et al (2002) señalan que es neutra, suavemente alcalina con bajo contenido de Ca CO₃.

En Federación el acuífero se reconoce a una profundidad de 870 mbbp en niveles que se asignan a la Formación Tacuarembó. Silva Busso (1999) realizó ensayos hidrogeológicos en los pozos siendo el agua calificada de bicarbonatada clorurada sódica con valores térmicos entre 39° C. y 43° C. Allí el basalto fue localizado desde pocos metros por debajo de la superficie hasta una profundidad de 870 mbbp, siendo el agua obtenida de niveles asignadas a la Formación Tacuarembó.

En Concordia son aguas bicarbonatadas alcalinas que le permitieron comprobar que el acuífero es surgente con valores de hasta 300 m³/hora, con temperatura variable entre 36°C y 47° C mientras que en Concordia, bajo condiciones de profundidad similares, el piso del basalto está cercano a 970 mbbp siguiendo hacia abajo areniscas hasta el fondo del pozo a 1.170 mbbp (Silva Busso y Fernández Garrasino, 2004).

En el pozo de Colón (Cl 1) el techo del basalto se encuentra a los 228 metros con un espesor de unos 658 metros, A los 780 metros toca basamento cristalino penetrando hasta los 1.502 mbbp. Provee aguas de baja mineralización, sulfatadas, bicarbonatadas-sódicas con temperatura de 33° C.

En Villa Elisa (VE 1) el pozo alcanzó la profundidad de 1032 mbbp, determinando que el techo del basalto se encuentra a 348 metros y su espesor es del orden de 658 metros. El techo de la formación arenosa está a los 942 mbbp a la que Pesce et al (2002 b) identifican como pertenecientes a sedimentos glaciáricos del Pérmico inferior. El agua es artesiana con escurrimiento del orden de 12 m³/hora; dispone de una temperatura de 40,2° C, siendo un agua salada, clorurada-sulfatada sódica con valores SDT de 14,4 g/l.

En cercanías a Concepción del Uruguay (CU 1) se efectuó una perforación que alcanzó 1.250 mbbp. Allí el techo del basalto se encuentra a 287 metros, estimándose que el espesor es de 364 metros. A los 460 mbbp se penetra en rocas cristalinas del basamento.

El pozo que se realizó en Gualaguaychú 1 tocó fondo en rocas graníticas entre los 978 y 1.000 mbbp. A éstas se le sobreponen 250 m de areniscas castañas y rojizas que son asignadas

a las formaciones Tacuarembó y Rivera las que a su vez son recubiertas por 255 metros de basalto con intercalaciones arenosas. Estos niveles proveyeron aguas surgentes con un caudal de 10m³/hora, ligeramente saladas y con temperatura del orden de 29°C. (Benitez y Mársico, 2002, Favetto et al, 2005)).

En el caso de la perforación de Villaguay se alcanzaron 1.356,5 metros de profundidad alumbrando aguas saladas, ligeramente alcalinas, cloruro-bicarbonatadas sódicas y alto contenido en CaCO₃, las que se obtienen entre el piso del basalto, a 1294 mbbp, y en 60 metros de areniscas que le subyacen y se asignan a las formaciones Botucatu-Tacuarembó. Es semisurgente y la temperatura del agua es del orden de los 41°C (Stöckli, et al 2006)

En María Grande el acuífero principal es semisurgente y ocurre en niveles arenosos atribuidos a las formaciones Botucatu-Tacuarembó que se encuentran intercalados al basalto Serra Geral, entre los 1.174 mbbp y 1.375 mbbp. La temperatura es del orden de los 43° C. siendo las aguas saladas de alto contenido en CaCO₃ (126.151 mg/litro).

La perforación ejecutada para las Termas de La Paz alcanzó la profundidad de 1.005 mbbp alcanzando areniscas asignadas a Botucatu-Tacuarembó. En ésta el basalto se presenta entre 500 mbbp y 820 mbbp lo que totalizan 320 metros de espesor. Sus aguas tienen una temperatura que oscila entre 41°C y 43°C, saladas de tipo cloruro-bicarbonatadas sódicas, ligeramente alcalinas. El CaCO₃ se presenta con valores de 74.844 mg/litro.

1.3.- Sistema Acuífero Ituzaingó-Puelches

Con este nombre se designa al acuífero de aguas dulces que está incluido en la formación geológica de igual nombre y que ocupa gran parte del territorio de Corrientes, Entre Ríos y partes de la provincia de Buenos Aires. El reservorio está constituido por las arenas fluviales que depositó un antiguo, y amplio cauce, del Pre-Paraná durante el Plioceno. La recarga del mismo tiene su origen principal en el actual sistema hídrico del Río Paraná, sus humedales y tributarios.

Es un acuífero libre o semiconfinado por lentes de arcillas con caudales medios estimados entre 4 y 5 m³/h/m, pudiendo llegar en algunos puntos hasta 10 m³/h/m (SEGEMAR, 2006).

En el oeste y suroeste de la provincia de Corrientes inmediatamente por debajo de las formaciones areno-arcillosas Toropí/Yupoí se desarrolla un importante espesor de arenas finas blanquecinas y pardo amarillentas, que puede asignarse a la Formación Ituzaingó, se comportan como acuífero principal regional. Estudios llevados adelante mediante perforaciones en el área de Santa Rosa, entre los esteros del Batel y Batelito, reconocieron que el acuífero se desarrolla en estas arenas en profundidades mayores de 30 metros disponiendo de aguas de buena calidad. Los niveles arcillosos que suelen intercalarse tienen mucha importancia en cuanto a la hidráulica confinante que se observa en algunos sectores (Agua y Energía Eléctrica, 1978).

La recarga del acuífero Ituzaingó en la provincia de Corrientes no solo es provista por el sistema fluvial actual que involucra ríos, lagunas y pantanos, sino también por la infiltración pluvial en la zona de planicies del norte y del oeste.

Los estudios llevados adelante por Agua y Energía Eléctrica (1978, 1981) para el proyecto Paraná Medio, desde Goya a Paraná, que tanto las formaciones Paraná e Ituzaingó se comportan como acuíferos en todo el oeste entrerriano. De ellos las perforaciones hechas en la zona de la capital entrerriana penetran en la unidad marina a profundidades del orden de 70 a 100 metros detectando la existencia niveles de arenas finas de color gris claro o pardo-amarillentas que constituyen el principal acuífero profundo (Aceñolaza, 2000). Para Filí et al (1993) los

niveles con agua dulce solo se presentan en la parte alta de la Formación Paraná.

Una revisión de pozos de los departamentos Paraná, Diamante y Nogoyá hecha por Tomás et al (1999) señala que los acuíferos confinados de la Formación Ituzaingó tiene un rendimiento que va entre 1,3 y 7,35 m³/h.m, siendo en general aguas bicarbonatadas sódicas de bajo contenido salino el cual oscila entre 500 y 1200 ppm. En el caso de la Formación Paraná mencionan que los caudales son mayores, de hasta 15 m³/h.m y el contenido salino variable entre 700 y 3.500 ppm). En ambos casos son aguas aptas para el consumo humano y para riego.

La recarga de las formaciones Paraná-Ituzaingó tiene un componente importante en el sistema fluvial actual el cual no sólo es alimentado por el Río Paraná sino por los arroyos que en su recorrido las exponen. También hay un aporte de aguas saladas provenientes de la margen santafesina, especialmente formada a partir de la infiltración que se produce en sedimentos cuaternarios de la zona de los Saladillos (Tujchneider, 2000).

Bertolini et al (1987) también destacan el hecho que para el resto de la provincia el agua de este sistema es apto para el consumo humano, señalando que sólo en sectores limitados se presenta con excesos de sulfatos y cloruros (área San José de Feliciano Alcaraz, Conscripto Bernardi y Bovril).

1.4.- Sistema Acuífero Salto-Salto Chico

Montaño (2004) asigna el nombre de Acuífero Salto a los sedimentos arenosos y conglomerádicos que constituyen la formación homónima y que se disponen en una faja de unos 15 a 20 km en territorio uruguayo paralelo al Río Uruguay, desde la ciudad de Bella Unión hasta inmediaciones de Paysandú. Para dicho autor el acuífero se encuentra en una sucesión fluvial de entre 20 y 30 metros de potencia, atribuida al Plioceno-Pleistoceno (?) originado en un sistema de cauces entrelazados que se apoya sobre pelitas verdosas de baja permeabilidad. En Uruguay se estima que tiene un caudal de 1750 m³/día y que su recarga se debe fundamentalmente a las aguas meteóricas de la región, sin invalidar el aporte que le otorgan el sistema fluvial de la zona. Las aguas son bicarbonatadas cálcicas (duras) sin restricciones para el consumo humano.

Las perforaciones de Guaviraví y Yapeyú (Corrientes) proveen importantes caudales provenientes de este acuífero. En el primer caso la explotación del primer nivel se realiza desde acuíferos a 6 y 31 metros de profundidad cuyos rendimientos van entre 6100 y 14.200 l/h de agua de buena calidad. En el caso de Yapeyú, hasta profundidad de 80 metros se determinó la existencia de cuatro niveles con agua de buena calidad, cuyo rendimiento varía ente 4.500 y 5.500 l/h (Dirección Nacional de Geología y Minería, 1970).

En el este de Entre Ríos, directamente vinculado con el anterior se desarrolla el Acuífero Salto Chico, denominación local para describir a la unidad arenoso-conglomerádica Plio-pleistocena que se localiza en los departamentos Colón, Uruguay, Gualaguaychú y, parcialmente, los de Concordia y Villaguay (Filí et al, 1987; Bertolini et al 1988, Iriondo y Santi, 2000; Santi 2006). Este acuífero se extiende entre 20 y 40 km al oeste del Río Uruguay, desde la zona de Concordia hasta Gualaguaychú, estimándose que los paleocaudales pueden variar entre 15.000 y 45.000 m³/seg. (Iriondo y Santi, 2000.) Esta agua se clasifican como bicarbonatadas sódicas de mediana salinidad, potables para el consumo humano y aptitud para riego, aunque posean un contenido medio de sodio (Santi, 2006). Son las que normalmente se utilizan en el riego de plantaciones de arroz en el este de Entre Ríos.

Desarrollos llevados a cabo en pozos donde la granulometría general es mediana a gruesa, los valores de transmisividad puede variar entre 200 y 400 m²/d. Si bien en partes éste es un paleoacuífero originado en antiguos cauces del Río Uruguay, se interpreta que tiene una recarga adicional de origen meteórica especialmente alimentada por la amplia red fluvial



Figura 69: Sistemas Acuíferos de la Mesopotamia

que cubre la región. Asimismo es posible que esta unidad se relacione con el acuífero Ituzaingó en los tramos medios e inferior del Río Gualeguay donde éste tiene un espesor mayor y se presenta con surgencia natural (Groeber, 1961). Debe considerarse que al sur de Villaguay es posible que confluyan aguas de ambos acuíferos aumentando la potencialidad de los mismos. En Rosario del Tala la sección arenosa que lo contiene tiene una potencia de 118 metros; mientras que en su margen derecha, en Hasenkamp es de 94 metros y en Estación Urquiza lo es de 80 metros (Bertolini, et al 1988).

Esta confluencia de ambos acuíferos alimentaría el que normalmente se conoce como Puelches en el norte y subsuelo de la provincia de Buenos Aires.

1.5.-Sistema hidrogeológico controlado en basaltos y areniscas.

Este sistema se da en lugares donde afloran los basaltos Serra Geral y sus intercalaciones arenosas. Básicamente ocurre en la Meseta Misionera y en sectores de la Meseta de Mercedes hasta el noreste de Entre Ríos. Este ambiente hidrogeológico incluye reservorios que disponen de agua gracias a la permeabilidad secundaria generada por fisuración de las rocas basálticas o en las areniscas cretácicas. Generalmente son perforaciones para uso local o domiciliario que llegan a profundidades medias de unos 120 metros, con caudales erráticos y volúmenes máximos de hasta 100 m³/h. En general el agua es de buena calidad.

Perforaciones llevadas a cabo para el abastecimiento de San Ignacio (Misiones) han provisto caudales entre 400 y 600 l/h de agua apta, de composición bicarbonatadas cálcicas y magnésico-cálcicas, aunque con un alto contenido del catión aluminio. Estas perforaciones varían entre 50 y 70 metros y el acuífero están en basalto y areniscas cretácicas (Tchilingurián, et al 2005).

La perforación hecha en Guaviraví (Corrientes) determina la existencia de dos niveles con aguas de buena calidad en el basalto a 111 y a 147 metros de profundidad. Allí los caudales son de 750 y 161 l/h de agua aptas para consumo humano (Dirección Nacional de Geología y Minería, 1970).

2.- Recursos Hidro-energéticos.

La gran disponibilidad hídrica de la Mesopotamia como asimismo las condiciones geológicas que existen en la región han concitado la atención pública nacional y provincial para la construcción de obras con finalidad hidro-energética.

Los estudios llevados adelante por la Secretaría de Energía de la Nación (2002) señalan que el potencial hidroenergético de Argentina es del orden de los 170.000 GW/h/año de los que en producción y proyectos solo se cuenta con 38.000 GWh/a.

Las principales de ellas, que se llevaron a cabo, son las presas Yacyretá, Salto Grande y Urugua-í; mientras que en proyecto quedaron las de Paraná Medio (Cierre Chapetón y Cierre Patí), Paraná inferior (Cierre Rosario-Victoria), Corpus, Paso Hervidero y Garabí.

2.1.- Presa Yacyretá (Argentina/Paraguay).

Es la represa de mayor magnitud asentada sobre el Río Paraná siendo fruto de un acuerdo de Argentina con Paraguay firmado en Estados Unidos en el año 1925. Recién en 1958 se constituyó la Comisión Mixta Técnica Mixta Argentino/Paraguaya que habría de elaborar el proyecto ejecutivo de la misma, el que fue presentado en el año 1973. Diez años más tarde comenzó la construcción y hubieron de pasar otros diez años para que se habilitara la primera esclusa de navegación. Entre los años 1994 y 1998 se pusieron en marcha las 20 turbinas gene-

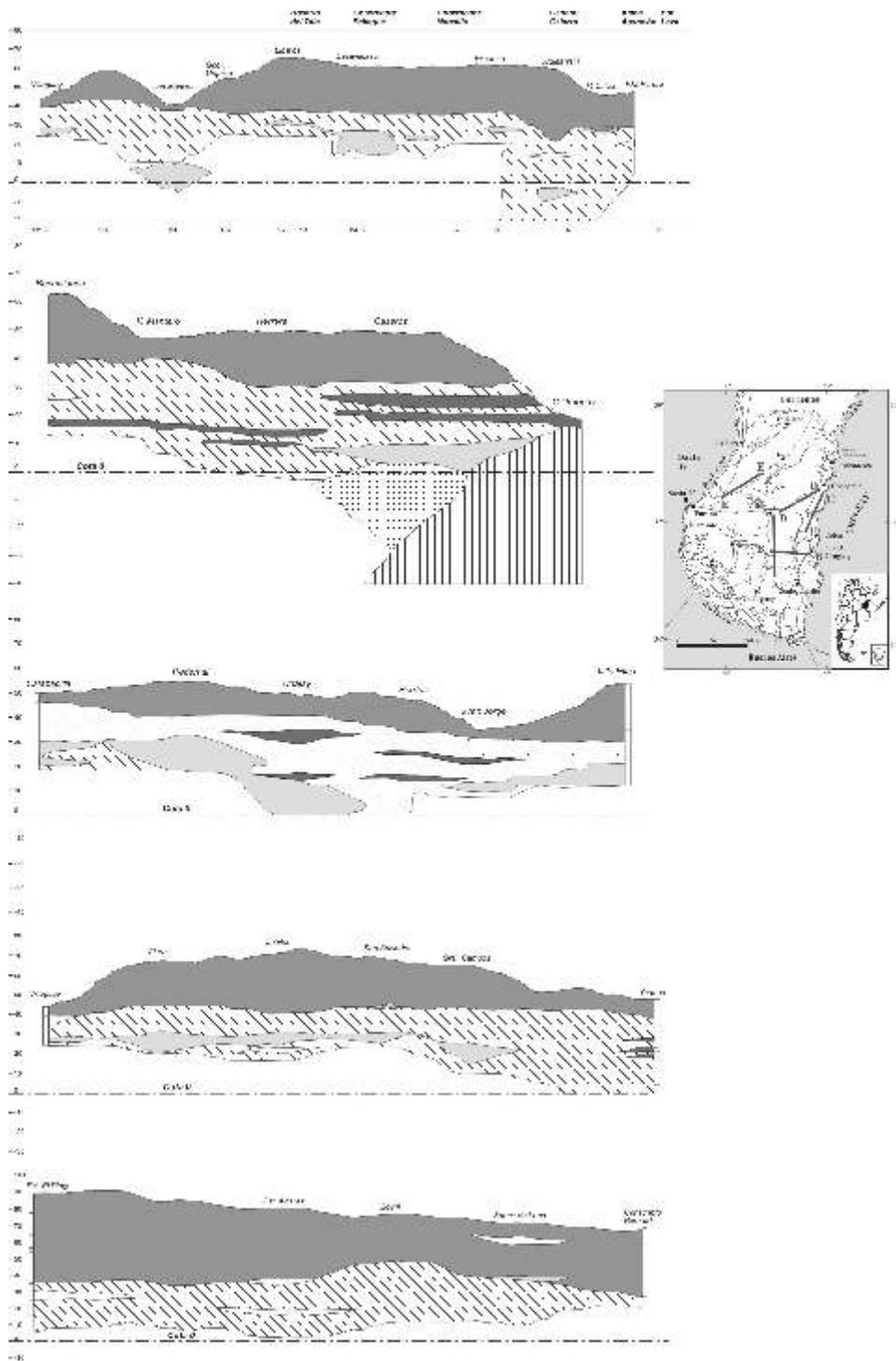


Figura 70 : Secciones estratigráficas en el este de Entre Ríos mostrando la posición de las arenas y conglomerados del Plioceno que sirven de acuífero principal (basado en Bertolini et al. 1988)

radoras de electricidad.

La presa se asienta sobre la isla Yacyretá habiéndose usado como basamento el basalto de la Formación Serra Geral. El cierre, que es una estructura de hormigón, tiene 808 metros de largo mientras que la presa que le sirve de cierre fue construido con materiales sueltos tiene 65 kilómetros.

El lago artificial tiene 25 metros sobre el nivel que previamente tenía el río, cubre una extensión de 1.600 km² y el volumen máximo del embalse se estima en 21.000 hm³. Se estima que el caudal medio anual es de 12.000 m³/segundos. Tiene esclusas de navegación y escala de peces.

Yacyretá tiene 20 turbinas Kaplan, que aprovechan un salto de diseño de 21,30 metros que da lugar a una potencia de 2.100 MW (11.500 GW/año) a cota 76, que es la actual, mientras que la proyectada elevando cota del lago a 83 metros será de 3.100 MW (20.000 GW/año).

El proyecto de ampliación de la presa, elevando su cota 7 metros, ha generado discusión acerca del impacto ambiental que el nuevo espejo de agua produciría sobre el sistema de Esteros del Iberá. Hay sectores de opinión que sostienen que una eventual elevación de la cota contribuirá a una elevación del nivel de aguas en el Iberá, en razón a un trasvasamiento lateral de las aguas desde la represa al sistema lacustre mencionado.

Esta opinión ha sido cuestionada por el Ente Yacyretá señalando que el aumento de nivel de agua en los esteros por un aumento en los niveles de precipitación ocurridos en el sector lo que trajo aparejado un aumento de los caudales de los ríos, del nivel freático, etc.. Una serie de reuniones realizadas a partir de 2003 debatieron estas cuestiones, llegándose a la conclusión que no se conoce con claridad "...la columna estratigráfica pre- cuaternaria y el paleorelieve basáltico y se admite que la complejidad del sistema a las posibles filtraciones y las irregularidades espaciales. Al no tener esta base geológica es imposible intentar un modelo hidrogeológico confiable que pueda responder a las inquietudes de cómo se comporta el escurrimiento subterráneo, sus líneas de flujo, superficies equipotenciales, parámetros hidrogeológicos etc.; e integrarlo al escurrimiento superficial para intentar un balance hidrológico del microsistema " (Posición del Grupo técnico representante del Foro Iberá-Yacyretá, 2003).

Un análisis del sector realizado por el área de ingeniería de la UNNE descarta la posibilidad del trasvase de agua entre el lago de Yacyretá y la cuenca del Iberá en razón a los estudios que allí se llevaron a cabo. Esta apreciación sobre los aspectos hidrogeológicos regionales, en principio, sería correcta ya que si hubiere una filtración importante por los basaltos, también se hubiere verificado un aumento de caudales en la cuenca del Río Aguapey que está inmediatamente al sur de la represa, Una de las posibilidades consiste en dividir el aprovechamiento en dos represas de menor altura y con menor área inundada. hecho que no ha sido comprobado.

2.2.- Presa Salto Grande (Argentina/Uruguay).

Esta presa, compartida con Uruguay, se encuentra aguas arriba de la ciudad de Concordia (Entre Ríos) y se asienta sobre los basaltos de la Formación Serra Geral los que, en su momento conformaron un sistema de correderas y cascadas que fueron utilizadas para el aprovechamiento hidroenergético.

La posibilidad de encarar un proyecto de este tipo parte de los estudios de base que se desarrollaron a partir de 1936 los que una década más tarde permitieron la creación de la Comisión Binacional que constituyó la comisión técnica en la que participó el Dr. E. de Alba por Argentina y el Ing. Serra por Uruguay. La misma dio a conocer los resultados de base algunos años más tarde (De Alba y Serra, 1959) que no solo definió las condiciones técnicas del emplazamiento principal sino que llegó a proponer un embalse compensador en la zona de Paso Hervidero, algo más al sur de Puerto Yerúa.

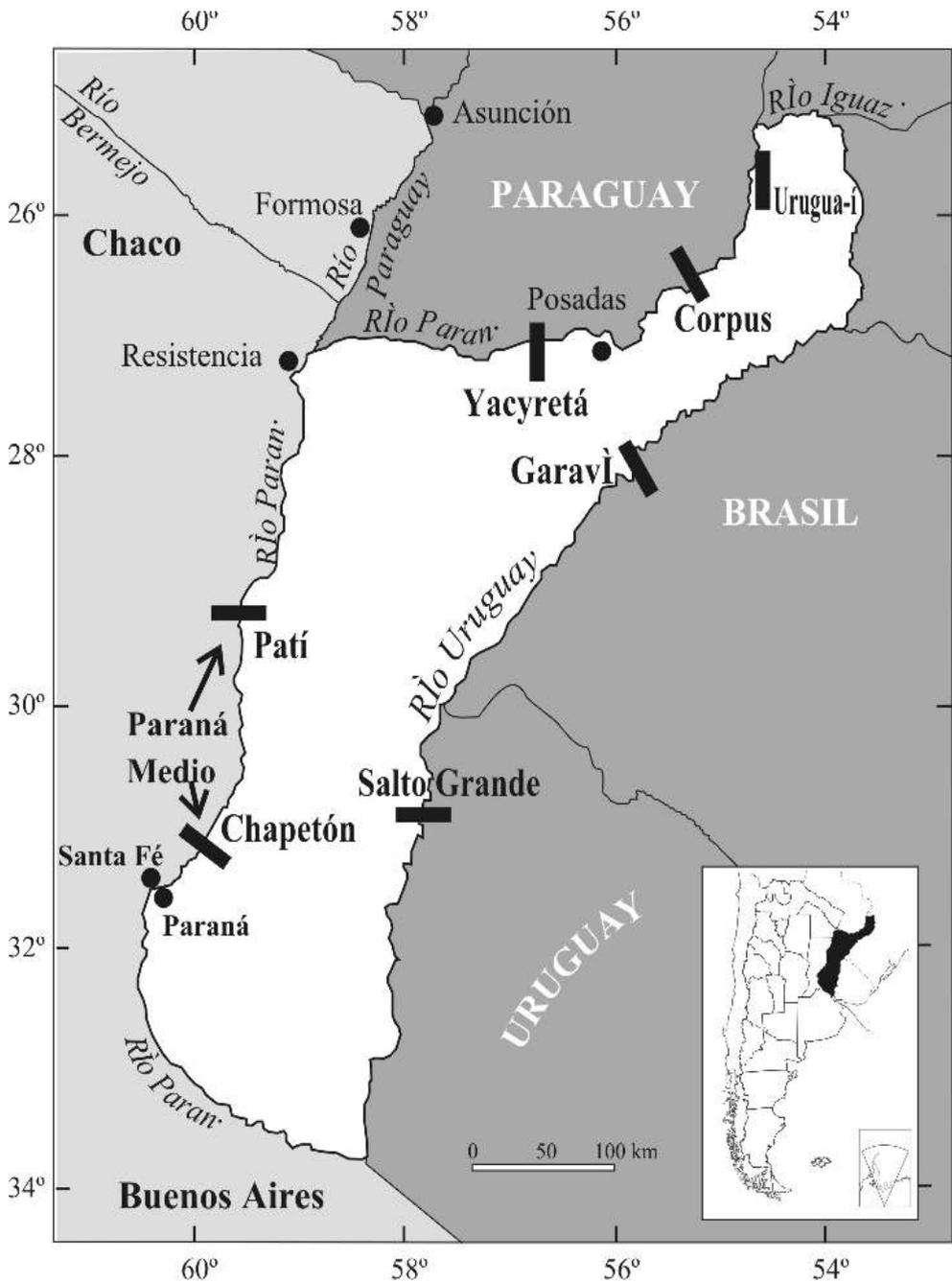


Figura 71: Presas instaladas y proyectadas sobre los ríos Paraná y Uruguay.

La decisión de emprender la obra tuvo lugar en 1974 y un lustro más tarde comenzó a generar electricidad. El cierre se construyó sobre el basalto que constituía las cascadas y correderas del Salto Grande, siendo el largo del coronamiento de 2.412 metros. Ello permitió la formación de un lago de 783 Km² que acumuló un volumen máximo de 5.500 hm³. El Río Uruguay aporta a esta represa un caudal medio anual de 4.600 m³/segundos.

Dispone de 14 turbinas Kaplan, dispuestas 7 a cada lado de un vertedero central con un salto de diseño de 25,30 metros que representa una potencia instalada de 1.890 MW, siendo la generación anual media estimada en 8.484 GW.

9.3.- Presa Urugua-(Provincia de Misiones).

Es una presa construida por la provincia de Misiones en la cuenca baja del río homónimo, a 8 km aguas arriba de su desembocadura en el Río Paraná y puesta en funcionamiento en 1991.

El módulo del río que alimenta la presa es del orden de 54 m³/s y desarrolla un lago de unos 88,4 km² que almacena un volumen estimado de 1193 hm³.

La potencia instalada es de 120 MW estimándose que la producción anual es de 355 GW/h.

2.4.- Proyecto Corpus Christi (Argentina-Paraguay)

Es un proyecto aún no ejecutado que surge de una declaración conjunta entre Argentina y Paraguay suscrito en el año 1971 mediante la cual se iniciaron los estudios de su emplazamiento en la zona de Corpus (Misiones). En el año 1973 se firmó un acuerdo entre ambos países y Brasil a fin de compatibilizar la cota máxima del mismo en 150 m y de esa manera equilibrarla con la salida de la presa de Itaipú.

Dos inconvenientes tiene el proyecto: uno el límite de altura que impone Itaipú a Corpus ya que restringe las posibilidades de su embalse lo que trae como consecuencia el de su caída útil y otro la elevación de cota de Yacyretá a 83 metros que inundaría su nivel de descarga, temas que limitan la potencia hidroeléctrica a generar y que obligan a replantear un proyecto de menor envergadura aguas arriba de Corpus.

De todos modos se destaca que los estudios llevados adelante permitieron seleccionar dos posibles emplazamientos: 1) Isla Pindó-í y 2) Itacurubí.

Cierre Pindó-í: Se emplazaría sobre la isla homónima ubicada en el km 1.656 del Río Paraná donde el cauce tiene 1.500 metros de longitud. En este caso el cierre sería de 2.080 m y presa lateral de 1.400 metros. Todo el conjunto tiene como base a las areniscas de la Formación Botucatu que en el lugar se presenta con intercalaciones del basalto de Serra Geral.

Este proyecto prevé 20 turbinas Kaplan que dispondrían de una potencia instalada de 2.880 MW y proyectarían una producción anual de 19.000 GW. La represa dispondría de escala de peces. Figura: Secciones topográficas y geológicas realizadas en el cierre Corpus (Secretaría de Recursos Hídricos y DIGID, 1973)

Cierre Itacurubí (San Ignacio): Este cierre se prevé llevar adelante a la altura de la ciudad de San Ignacio, en el kilómetro 1.641 del Río Paraná. De igual manera la traza del cierre tiene como fundamento al basalto Serra Geral y las areniscas Botucatu.

En este cierre también se incorporarían 20 turbinas Kaplan lo que daría lugar a una producción eléctrica similar a Pindó-í. La ventaja relativa estaría en dada en que requeriría una



Figura 72: Fotografía de archivo donde se aprecia la caída de agua en Salto Grande entre basaltos. Tomada previo a la construcción de la presa homónima

presa de hormigón de menor tamaño.

2.5.- Proyecto Paraná Medio (Entre Ríos-Chaco-Corrientes-Santa Fe)

Este tal vez sea el mayor proyecto hidroeléctrico desarrollado en Argentina entre los años 1970 y 1980 fue llevado adelante por la entonces empresa estatal Agua y Energía Eléctrica. Ello fue fruto de un acuerdo de ministros firmado en 1974 y creada por decreto 1447 de mayo de 1975 la Comisión Consultora integrada por el Estado Nacional y las provincias ribereñas de Santa Fe, Entre Ríos, Chaco y Corrientes. Ese mismo año fue declarada de "primera prioridad

nacional" del sector energía el aprovechamiento del Paraná Medio.

Como resultado de ello Agua y Energía Eléctrica constituyó un grupo técnico de alto nivel para elaborar la prefactibilidad, y factibilidad del mismo. En 1975 Agua y Energía firmó un convenio con la empresa estatal Soviética Technopromexport para llevar adelante los estudios en razón a que los rusos tenían alta calificación técnica para construir represas de baja altura en grandes ríos. Este convenio se puso en funcionamiento hacia fines de 1978 integrando al equipo técnico de Agua y Energía el de la empresa rusa.

El proyecto, conducido por el Ing. Mario Beretta, avanzó tanto en los aspectos de prefactibilidad como en el factibilidad determinando que su concreción implicaba generar dos cierres al Río Paraná: uno denominado "Sur" o Chapetón, ubicado a unos 30 km aguas arriba de la ciudad capital de Entre Ríos; y otro llamado "Norte" o Patí, con alternativa Machuca-Cué, ubicados en las inmediaciones de la ciudad de Romang, Santa Fé.

Conforme a los resultados de los estudios el conjunto de ambas cierres tendrían una potencia instalada de 5.700 MW y darían como resultado una producción de 33.000 GW/a.

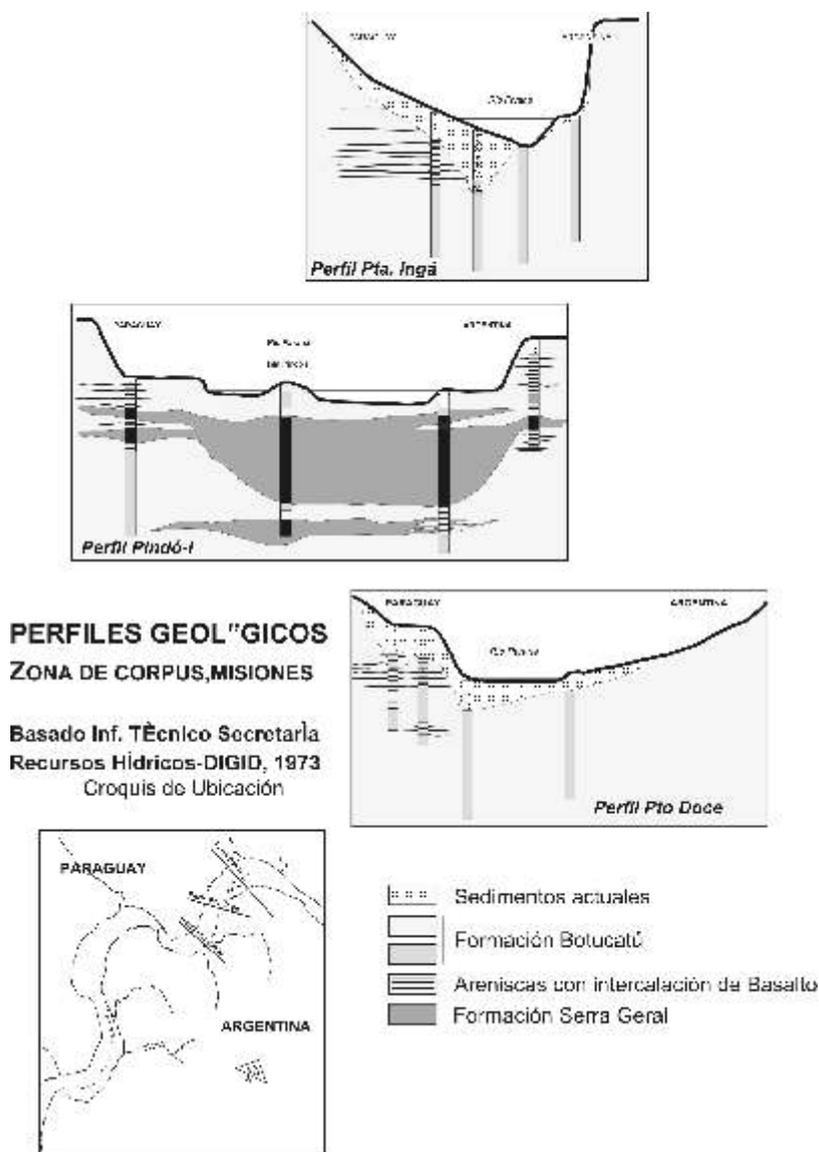


Figura: Secciones topográficas y geológicas realizadas en el cierre Corpus (Secretaría de Recursos Hídricos y DIGID, 1973)

Tanto en uno como en el otro se preveía la construcción de esclusas de navegación y escala de peces (Beretta, 1978; Popelka, 1978). Asimismo su construcción permitiría recuperar unas 500.000 hectáreas de tierras para la agricultura que, en la provincia de Santa Fe, hasta hoy son inundables.

Cierre Chapetón: Ubicado a unos 10 km al norte de Villa Urquiza su eje fue trazado por

sobre la isla homónima apoyándose lateralmente en las barrancas de la margen izquierda del Río Paraná hasta la zona de Santa Rosa en la provincia de Santa Fe.

El cierre frontal tendría unos 6,5 kilómetros de longitud y obliga la construcción de un cierre lateral de materiales sueltos en la margen derecha de unos 200 kilómetros de longitud con un terraplén de protección adicional, en la zona de Alejandra, de unos 30 kilómetros. El cierre frontal se apoyaría sobre las arcillas de la Formación Paraná las que constituyen el "basamento geotécnico" del proyecto tienen el techo entre -29 y -32 metros. Estas, en la parte superior son de color verde con concreciones carbonáticas a las que les siguen arcillas grises y pardas que hacia abajo se continúan con arcillas castañas con yeso (Formación Fray Bentos?).

El embalse cubriría una superficie de 7.500 km²; tendría como coronamiento la cota 28 metros mientras que el salto de agua de agua aprovechable por las turbinas sería de 14,50 metros. Con estas características existía las alternativas de instalar turbinas de Bulbo (horizontales) o Kaplán (verticales), las que, en funcionamiento, permitirían disponer de una potencia instalada de 2.300 MW generando 16.500 GW/año.

Cierre Patí: Se planeó ubicar sobre la isla homónima en cercanías de la ciudad de Romang (Santa Fé), a unos 40 km al sur de Reconquista, habiéndose diseñado su eje transversal al Río Paraná.

El sustrato inferior está constituido por arcillas verdes de la Formación Paraná cuyo espesor allí fue estimado en 70 metros, que hacia arriba le siguen 20 metros de arenas fluviales del curso actual del río. Tanto el cierre lateral de margen derecha como el de margen izquierda fue previsto construir de material arenoso recubierto por un rip-rap de basalto y se extendería por km desde la zona de Alejandra hasta Reconquista.

El nivel máximo normal del embalse estaría en cota 43 metros permitiendo un salto de 14 metros, lo que daría lugar a una potencia instalada de 2.900 MW lo que representaría una producción cercana 20.000 GW/a.

2.6.- Proyecto Garabí (Argentina- Brasil)

Este proyecto surge en el acuerdo argentino-brasileño, firmado en 1972, para utilización hidroenergética del Río Uruguay. Del mismo surge la posibilidad de instalar una presa en cercanías de Garruchos, Corrientes muy cerca del límite con Misiones. Allí el Río Uruguay corre sobre el basalto Serra Geral el cual se presenta escasamente fracturado y recubierto por la serie arenosa-conglomerádica de Formación Salto Chico.

En 1988 finalizó el proyecto el cual prevé la construcción de un aliviadero de 425,50 metros de largo, 20 vanos y una serie de compuertas radiales de 21 metros de alto y 17 metros de ancho.; todo ello apto para evacuar 63.090 m³/seg. El cierre tendría una longitud de 2.820 metros mientras que la cota normal de embalse será de 94 metros. En el mismo se instalarán 6 turbinas Kaplan que operarán con un salto normal de 33,55 metros. Puesto en marcha el conjunto tendría una potencia instalada de 1.800 MW lo que daría la posibilidad de generar 7.500 GW/año. Como en otros proyectos se prevé esclusas y canal de navegación como asimismo escala de peces.

Nuevas discusiones sobre el tema y su impacto ambiental ha llevado a nuevas propuestas como ser el de reemplazar el proyecto original por dos cierres de cota menor y de menor área inundada.



Figura 74 :Esquema del cierre frontal del proyecto hidroenergético en El Chapetón, Entre Ríos, según la concepción de los proyectistas de la entonces empresa Agua y Energía Eléctrica.

2.7.- Represas de tierra

La necesidad de almacenamientos de agua para abastecimiento ganadero o para regadíos ha dado lugar a la construcción de numerosas represas de baja altura y núcleo de arcilla en diferentes puntos de la Mesopotamia, especialmente en la provincia de Entre Ríos. Su diseño se basa en un cierre de un curso de agua con material arcilloso de la zona la que se acumula y compacta siguiendo un perfil asimétrico de menor pendiente aguas abajo. También se construye un diente de impermeabilización para evitar escapes en el contacto suelo-presas. La altura de la presa puede llegar a 6 metros entre su base y coronamiento.

Este tipo de presas son en su mayoría usadas para el regadío de cultivos de arroz, motivo por el cual tienen asociados sistemas de bombeo que permiten la extracción del agua y su derivación, mediante canales, hacia las zonas a regar.

Se registran algo más de medio centenar de este tipo de construcciones en Entre Ríos estando la mayoría de ellas en el Departamento Federación (19 presas) siguiendo el departamento Feliciano y Federal (12 presas cada uno) y en menor proporción en los departamentos Tala, Villaguay, Concordia, La Paz y Uruguay. El conjunto cubre una superficie de 9.181,93 hectáreas (Carñel, et al 2006) entre las que, por su magnitud, se destacan la presa de San José de los Ombúes cuyo volumen de agua es del orden de los 14 millones de metros cúbicos o el sistema de Miraflores y la Floresta con un reservorio de 8 millones de metros cúbicos cada uno (Iturburo, 2007).

3.- Recursos de Rocas y Minerales

La existencia de rocas de aplicación y minerales susceptibles de uso económico se registra en toda la Mesopotamia como un factor que apuntala el desarrollo regional. En ese sentido

debe destacarse el hecho de que la provincia de Entre Ríos, por el volumen de productos mineros, es una de las principales del país. Ello se debe a la abundancia de material para la construcción que no solo es demandada como fuente local sino que también abastece, en gran parte, al voluminoso consumo de Buenos Aires y región metropolitana.

Tomando en cuenta los valores la producción para el año 1997 Entre Ríos, entre rocas de aplicación y minerales no metalíferos tuvo una producción valorada en U\$S 28.642.550, Corrientes en U\$S 9.088.022 y Misiones en U\$S 5.115.202 (SEGEMAR, 2006).

La disponibilidad de diferentes sustancias está directamente relacionada con la geología en cuanto, tanto rocas como minerales, tienen origen en el material aflorante en cada región o en cada ambiente.

Así por ejemplo en la provincia de Misiones y noreste de Corrientes la alteración meteorica de los basaltos de Serra Geral dio lugar, durante el Cuaternario, a la generación de un suelo laterítico (Formación Apóstoles) que dio lugar a concentrados ferruginosos ("Tacurú") alúmina y minerales pesados cuyas características se reseñan más abajo.

No está demás señalar que siendo una región con gran incidencia del ambiente fluvial tanto arenas como gravas y conglomerados se encuentran ampliamente desarrollados en varias formaciones geológicas y en el producto de su destrucción (formaciones Ituzaingó, Salto Chico, Ubajay, etc).

La existencia de sedimentos originados en dos transgresiones marinas (formaciones Paraná e Isla Talavera) aportó no solo material arenoso de gran selección sino también calcáreos inorgánicos y organógenos de importancia económica regional.

A continuación habremos de referirnos a todos ellos señalando sus características y detalles de yacer:

3.1.- Oxidados de Hierro: "Tacurú"

Con el nombre de "Tacurú" se designa en la provincia de Misiones niveles de concentración ferrífera desarrollados en las lateritas de la Formación Apóstoles. Esta concentración ocurre en diferentes localidades y representa un proceso pedogenético de acumulación, generalmente de tipo lenticular, de minerales de hierro hidratados que acompañaron al fenómeno de laterización del substrato basáltico. El nombre hace referencia a la estructura con muchas oquedades que presente esta concentración y que recuerda a la que se genera en los homigueros.

Este tipo de concentración ha creado expectativas mineras vinculadas con su exploración como mena de hierro desde épocas jesuíticas. En la década de 1960 incluso se desarrolló un proyecto industrial a partir de ellas. Según Lurgo Mayón (1999) las (Brodtkorb, 1999). concentraciones principales se encuentran en distintas localidades destacando las siguientes: a) Zona Santa Inés, es la zona donde hay mayor concentración ya en 52 hectáreas donde los bancos llegan a tener una potencia media de 0,80 metros con máximos cercanos a los 4 metros. b) Montecarlos y El Dorado Victoria, donde la potencia media de los bancos varía entre 65 cm y 2 metros. c) Zona Wanda donde el espesor medio varía entre 1,30 y 1,70 metros; d) Zona San Ignacio, Gobernador Roca y Santo Pipó, con bancos cuya potencia variable entre 30 y 50 centímetros y algunos sectores dispersos en el área de Santa Ana, Concepción de la Sierra-San José, Bernardo de Irigoyen y Deseado. Se ha estimado que el conjunto totaliza una reserva del orden de las 13 millones de toneladas cuya ley media es de 30,63 % de hierro (Fernández Lima y De la Iglesia ,1963; Schmid et al (1963).

Se interpreta que estos depósitos se originaron a partir de la alteración de las rocas basálticas, el lixiviado del hierro y su concentración en forma de concreciones nodulares de color marrón parduzco y brillo submetálico. Conforme al nivel de compactación se lo denomina

Sistema Minero	Nº de Empresas	Personal Ocupado	Producción (ton)	Variación Resp. 2005 (%)	Valor Total (M)	Variación Resp. 2005 (%)	Área explotada/ km de caminos	Reservas (M)
ANILAS MEDIANAS/BUCCION	24	766	4.055.651	0	42.277.642	15	139 km	Reservas= 0,1 interprovincial= 100
ARCILLAS SILICEAS	4	76	951.714	0	9.717.882	11	173 ha	interprovincial= 100
ARCILLAS ESPECIAL ES	2	23	42.534	2	744.952	8	9 km	Reservas= 0,1 interprovincial= 4,5 Reservas= 0,1
ARCILLAS	7	8	58.017	-33	472.686	0	10 ha	Reservas= 100
BASALTO	7	15	47.373		1.290.467		14 ha	Reservas= 100
CARBO MOLIDO	10	72	306.338	10	4.230.117	12	365 ha	Reservas= 0,1 interprovincial= 10
APIRO ANGLICOSO	7	97	176.967	7	1.190.228	9	170 ha	Reservas= 100
FILINA FAMILIA	3	6	126.913	+	1.112.000	1	75 ha	Reservas= 100
CONDENSADA	7	5	1.233	1.233	40.621		197 ha	Reservas= 100
GRASA	19	20	304.139	5	2.990.792	32	265 ha	Reservas= 100
SUELO SELECCIONADO	2	4	236.890	100	1.182.000	121	15 ha	Reservas= 100
YESO	11	78	276.169	64	5.392.665	73	654 ha	Reservas= 0,2 interprovincial= 4,5 Reservas= 0,1
SUELO COMON	1	17	22.493	36	202.460	55	4 ha	Reservas= 100
TOTALS	178	1671	6.138.308	9	63.750.070	22	3005 ha 141 km	

Figura 77: Datos de producción minera de Entre Ríos para el año 2006. Fuente: Dirección General de Minería de

YACIMIENTOS DE HIERRO LATERITICO

- 1- Zona Santa Inés
(26 cuerpos 2,5 kms cuadrados)
- 2- Zona Santa Ana (patena)
- 3- Zona San Ignacio (patena)
- 4- Jofre Américo (patena)
- 5- Zona de Ventisquero
(13 cuerpos 2,2 kms cuadrados)
- 6-7- Zona La Dorada - Victoria
(41 cuerpos 1,35 kms cuadrados)
- 8- Zona de Wanda
(5 cuerpos 0,95 kms cuadrados)
- 9- Zona Desercho (T.M.)
- 10- Zona Concordia de la Sierra (patena)
- 11- Zona Bernardo de Irigoyen (patena)

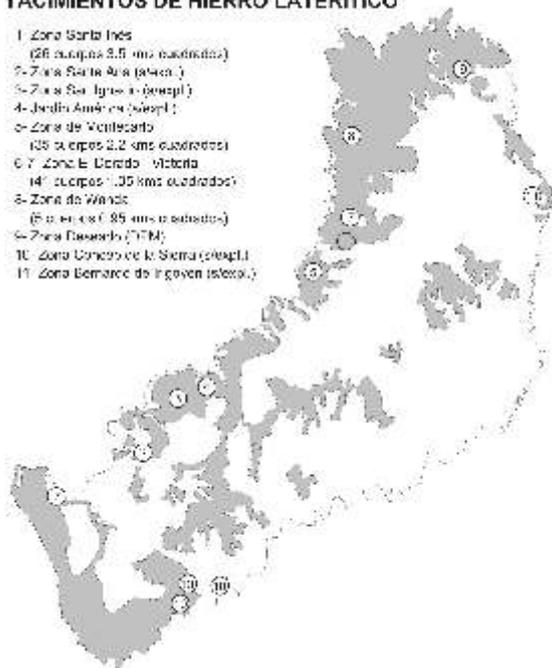


Figura 78: Ubicación de yacimientos ferríferos en la provincia de Misiones.

"tacurú" cuando el contacto entre las concreciones es intenso, mientras que cuando no lo es suele llamárselo "ripio". El modelo genético reconoce que tanto olivinos y minerales máficos del basalto por meteorización dieron lugar a soluciones coloidales ferríferas que al perder el agua se transformarían en goethita y turgita

3.2.- Concentraciones aluminosas.

Un fenómeno parecido ocurriría con los silicatos de aluminio de las plagioclasas y mafitos que darían lugar al ñaú, una concentración de aluminio cuyas características serían cercanas a las de la bauxita (Angelelli, 1937). Con este objeto se exploraron sectores donde hay valores anómalos de aluminio y titanio en la provincia de Corrientes. Resultado de ello se reconoció la existencia de concentraciones en la zona de San Carlos-Colonia Liebig y Garabí-Rincón de Mercedes, habiéndose determinado valores de 20% a 23% de Al_2O_3 y 0,97% a 2,15% de TiO_2 (Viggiano, et al, 1988).

3.3.- Minerales pesados.

En sedimentos fluviales del ámbito de afloramientos basálticos se ha comprobado concentraciones de minerales pesados que originalmente estaban contenidos en estas rocas volcánicas y que luego de quedar liberados por la meteorización se acumulan en los sedimentos fluviales actuales. Una evaluación de estas concentraciones ha determinado la existencia de los siguientes minerales: Ilmenita: 80%; Rutilo: 2%; Zircón: entre 2 y 8%, Magnetita: 0,2 %; Estaurolita :2,2 %, Ferromagnetita: 2,6%; Leucóxeno: 0,5 % y otros pesados inoritarios (SEGEMAR, 2006).

3.4.- Calcáreos organógenos y químicos.

En distintos sectores de Entre Ríos se encuentran rocas de naturaleza carbonática originadas durante la sedimentación marina del Mioceno o en los procesos pedogénicos del Cuaternario. Aunque de menor magnitud, también los hay en la provincia de Corrientes en la Meseta de Mercedes.

Este tipo de calcáreos fue objeto de una intensa explotación en Paraná, en la zona del hoy Parque Nuevo, para ser usado como materia prima de la ya desactivada fábrica de cemento Pórtland "San Martín", ubicada en cercanías de Bajada Grande. Estos calcáreos formaban parte de una barrera arrecifal marina compuesta por calizas oolíticas, masivas y bancos de conchillas de moluscos del Terciario (Formación Paraná) que se extendía desde el departamento Victoria hasta la zona de El Cerro, a unos 30 km al noreste de Paraná.

Los afloramientos de Paraná tenían una potencia máxima de 6 metros y una media de alrededor de 4 metros (Cordini, 1949; Scartascini, 1959; Aceñolaza, 2002). En general está compuesto por calizas masivas, parcialmente oolíticas y bancos de lumachellas constituidos mayormente por ostreidos y en menor proporción por otros moluscos. Hay estratificación diagonal y planar pudiendo reconocerse sectores donde los bancos de moluscos se encuentran en posición de vida. Si bien estos calcáreos han sido objeto de explotación para cal desde la época de la Independencia (D'Orbigny, 1942), hoy solo se reconocen algunos afloramientos que quedan en los cortes de calles de la ciudad, la zona del Parque Urquiza y en lo que es el Parque Nuevo, donde fue explotado por la fábrica de Cemento "San Martín". Para Cordini (1949) en estos bancos el contenido de carbonato de calcio calculado era de 79 % destacando que las impurezas están dadas por sílice, hierro y magnesio. La presencia de arcillas intercaladas a los

niveles carbonáticos también se utilizaban puesto que servían para el proceso de fabricación del cemento.

También este material tiene afloramientos con espesores cercanos a los dos metros en el paraje Molino Doll, donde alguna vez ha sido objeto de extracción para cal. De igual manera han existido canteras en la zona de Victoria, en el área del Arroyo Corrales y región de Centenario, las que durante muchos años proveyeron el carbonato organógeno que demandó la cementera de Paraná como así también para alimentar hornos de cal ubicados en la zona, hasta casi agotar con las reservas de la zona (Cordini, 1949). Hoy, lo que resta de las mismas, se las continúa explotando para atender requerimientos de triturados de carbonatos que normalmente se incorpora a la alimentación de aves de corral.

La existencia de bancos carbonáticos de origen químico, aunque formando parte del acontecimiento marino del Mioceno, fueron mencionados por Cordini (1949) en la Cantera Reggiardo, en Puente Verde, Victoria como así también constituyendo el resalto del Salto Ander-Eg en la zona de Libertador San Martín. En estos casos el banco carbonático tiene unos 2 metros de espesor y el CaCO_3 tiene valores entre 50% y 54%, con un alto contenido de sílice.

En afluentes del Río Uruguay Cordini (1949) describe un "calcáreo brechoso" que posiblemente se corresponda con los presentes en la Formación Fray Bentos. En éstos reconoce el bajo porcentaje de CO_3Ca que no supera el 40%. Estos son los que probablemente se explotaron en la antigua "Calera Barquín" ubicada en el Parque Nacional El Palmar.

En algunos arroyos y tributarios menores de la costa del Paraná se acumulan rodados carbonáticos (gravas) de color gris o gris blanquecinos, que provienen de la destrucción de las formaciones General Alvear, Hernandarias y Tezanos Pintos donde se encontraban como concreciones, pedotúbulos o rizoconcreciones. Este material es requerido en aplicaciones viales para enripiado y en hormigones dado que tienen un nivel de dureza muy particular que favorecen la consistencia de ellas.

Debe señalarse que los carbonatos de la Formación Fray Bentos tienen numerosos afloramientos en la zona de Curuzú Cuatiá, Peruggorría y Mercedes. En esta última se explotó un calcáreo brechoso ubicado al norte de la ciudad, al cual Herbst (1971) llamó Formación Pay Ubre.

3.5.- "Brosa"

Este material tiene buena demanda como estabilizador y subrasante de caminos y en obras de construcción. Corresponde a un sedimento de tipo loésico, con abundante material volcánico, de color pardo rojizo con una particular concentración de carbonato de calcio lo que permite calificarla como una toba calcárea. Esta roca es identificada en la estratigrafía regional con el nombre de Formación General Alvear y está ampliamente distribuida desde la zona de La Paz-Santa Elena hasta el Rincón del Nogoyá.

Este nivel estratigráfico se ubica aproximadamente en la cota 35-40 y constituye un banco horizontal cuyo espesor máximo es cercano a los seis metros; conforma un nivel de mayor competencia a la erosión, lo que es apreciado en las barrancas del Río Paraná y en cortes del camino. La concentración de carbonatos aumenta hacia el piso de esta formación geológica llegando a ser masiva y tener hasta 50 cm de espesor. Por sobre ella se aprecia un denso tabicado cuyo origen debe reconocerse en el lixiviado y concentración producido por fluctuaciones de la capa freática que normalmente está alojada en estos niveles.

Su explotación se realiza a cielo abierto en sectores públicos o en propiedades privadas que lo comercializan en el ámbito local. Hay canteras abiertas en inmediaciones al Pueblo Brugo, en la margen izquierda del arroyo Antonio Tomás, en la zona de Villa Urquiza donde es

explotada por el Municipio y privados, y en la zona de La Juanita y General Alvear.

Si bien las reservas no han sido cubicadas, se estima que ellas son de importancia teniendo en cuenta la extensión y distribución de los afloramientos. En general el factor limitante para su explotación la constituye la carga o cobertura que se le sobrepone que en muchos sectores hace imposible la extracción. Además hay normativas ambientales que regulan este tipo de explotación que normalmente termina dejando un espacio abierto que afecta el paisaje y el suelo.

3.6.- Areniscas cretácicas.

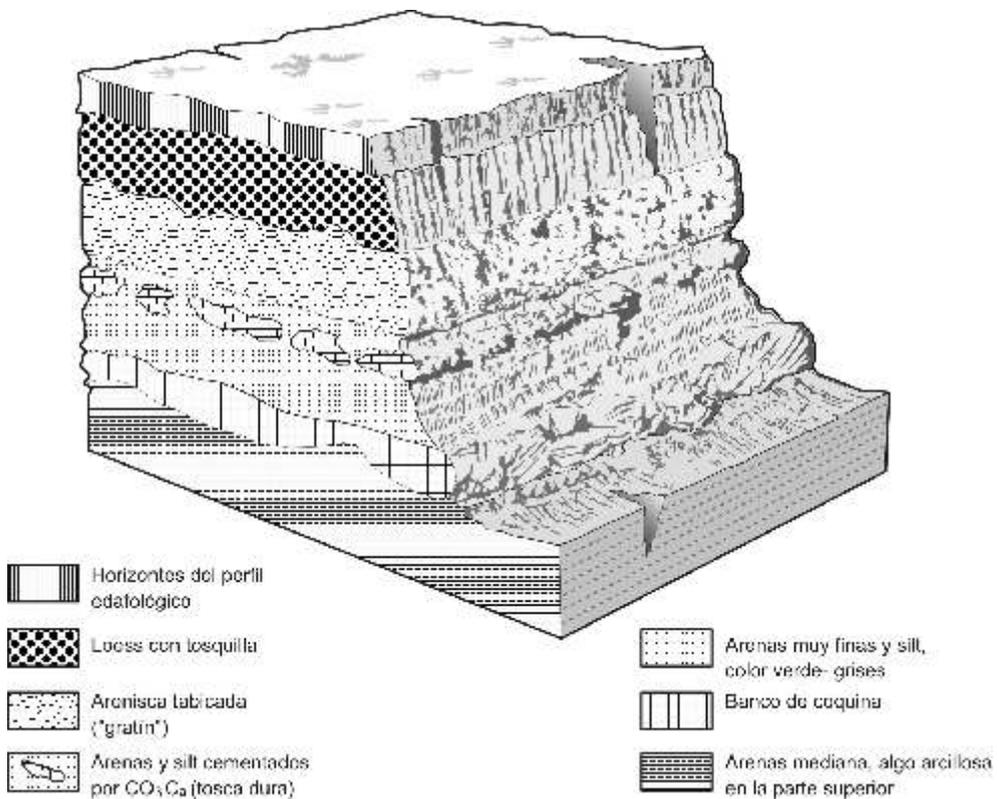


Figura 79: Block-diagrama mostrando la composición de la Cantera Reggiardo en la zona de Victoria, Entre Ríos, según Cordini (1949).

La Formación Botucatú ha sido una de las principales fuentes de provisión de lajas y areniscas que históricamente fueron utilizadas como material de construcción en las provincias de Misiones y Corrientes. Estas constituyen un recurso histórico que fue utilizado ampliamente por los Jesuitas para la construcción tanto de paredes, pisos y columnas en las poblaciones que allí fundaron. Es común encontrarlas tanto en las ruinas de San Ignacio como en las de Santa Ana, Mártires y en Santa María la Mayor, todas en Misiones.

En la zona del Puerto Viejo de San Ignacio se habilitaron canteras para la extracción

de lajas de arenisca para cubrir necesidades locales en la construcción de revestimiento y pisos.

Las lajas extraídas son en general del tamaño 0,5x0,5 m y un espesor variable entre 3 y 6 cm (Tchilingurián et al, 2005). El registro minero nacional (SEGEMAR) señala que hubo explotación de piedra laja en los años 2004/2006. En los 2004 y 2005 se extrajeron 10.875 toneladas/año con valor de 1.000.500 pesos/año; mientras que en el 2006 lo fue de 675 toneladas valuadas en 62.100 pesos.

En la zona de Solari- M. Loza y Mercedes (Corrientes), también se abrieron canteras para la extracción de estas areniscas que se utilizan para pisos y revestimientos, siendo comercializadas en la misma zona.

3.7.- Areniscas del Terciario

En Entre Ríos, también, para atender el consumo local, se ha recurrido a la explotación de areniscas que se encuentran intercaladas en niveles de las formaciones Paraná e Ituzaingó. Las primeras son areniscas calcáreas o calizas arenosas, a veces fosilíferas, que por disponer una discontinuidad en el plano de sedimentación han sido explotadas en la zona de Paraná y en la de Colonia Ensayo. También en algunos sectores, especialmente en arenas medanosas, se intercalan cuerpos de areniscas con cemento silíceo. Estos niveles, especialmente las cementadas por carbonato, han provisto de "lajas" que han sido utilizadas para revestimientos o zócalos en la ciudad de Paraná. Generalmente en su superficie se encuentran moldes e improntas de invertebrados (bivalvos y gasterópodos) que le otorgan un particular atractivo a las mismas.

También, en diversos sectores de afloramientos de la Formación Ituzaingó, en algunas localidades de la costa del Paraná, se encuentran bancos o núcleo de areniscas cementadas por sílice cuya explotación es local y normalmente se han usado como revestimiento o bloques de construcción. Estas areniscas son de colores amarillentos, verdosos y blanquecinos; poseen una particular consistencia y su partición al golpe da lugar a fracturas concoidales.

Areniscas con cemento silíceo: En la Formación Salto hay sectores donde las arenas aparecen silicificadas como en la confluencia de los arroyos Achiras y Urquiza. También las hay en inmediaciones de Colón donde se explotó en la cantera Evecuoz (Cordini, 1949). Los hay en Barranca Colorada, a 20 km al norte de Gualaguaychú y también en el río Gualaguaychú en su confluencia con el arroyo Centella. Asimismo Cordini (1949) menciona este tipo de rocas en el Cerro de los Difuntos; en el Salto Chico a 30 km al norte de Gualaguaychú y en la Cantera Vivanco en Montoya.

Areniscas con cemento ferruginoso: Entre Mocoretá y Santa Ana son de color rojo cementación irregular baja tenacidad En la zona de Estancia Vieyra (Cordini, 1949)

3.8.- Arenas fluviales

En las tres provincias la explotación de arenas fluviales, tanto las de los actuales cursos de agua como las provenientes de niveles de la Formación Ituzaingó, constituyen uno de los más importantes insumos para la construcción de la región, principalmente en la provincia de Entre Ríos cuya explotación se realiza, por concesiones, mediante dragado de bancos de arena en el fondo de los ríos Paraná y Uruguay. Éstas, consideradas en la estadística minera como arenas para la construcción, constituyen el 61,9% de la producción de la provincia de Entre Ríos. El registro estadístico provincial señala que la producción del año 2006 alcanzó el volumen de 4.099.651 toneladas.

En el caso de la provincia de Corrientes para el año 2006 la producción de arenas y materiales para la construcción fue de 359.527 toneladas con un valor de 2.013.351 pesos lo que arroja un total de 11.449.829. En el de Misiones 358.083 toneladas con un valor de 2.005.265 pesos (Fuente: Estadísticas mineras del SEGEMAR).

3.9.- Arenas silíceas- Arenas especiales

Estas arenas tienen un alto contenido en SiO₂ en un porcentaje que varía entre el 97 % y 99% y prácticamente carentes de óxidos de hierro se explotan de niveles marinos del Terciario y Cuaternario. Las primeras se extraen en la zona de Colonia Ensayo, Cantera Cristamine, donde se presentan con una potencia no inferior a 5 metros y constituyen niveles de dunas de la Formación Paraná.

El material es una arena fina, muy bien redondeada, de color blanco y escasas impurezas férricas. El objetivo de su extracción es la industria del vidrio.

De igual manera las arenas dunarias del "Querandinense" en la zona de Mazaruca y Puerto Ibicuy son explotadas para la industria del vidrio y representan, en conjunto, el 5,8% de la producción minera entrerriana (SEGEMAR, 2006). La producción de arenas silíceas durante 2006 fue de 361.714 toneladas.

La llamadas arenas especiales tienen destino la industria petrolera donde son usadas como material de fragmentación y relleno. Estas, durante 2006, registraron una producción de 42.534 toneladas.

3.10.-Canto rodado.

El material detrítico de mayor granulometría que se encuentra en la margen derecha del Río Uruguay desde el sur de la provincia de Misiones hasta la zona de Gualaguaychú constituye uno de los importantes recursos mineros de la región. Estos se los encuentra formando parte de la Formación Salto Chico/Salto y Ubajay. En la provincia de Entre Ríos, principal productora de canto rodado, durante el año 2006 se registró una producción de 300.338 toneladas. A este valor puede agregarse el llamado "ripio arcilloso" cuya explotación en el mismo año produjo 179.967 toneladas.

Denominado como "canto rodado" o "piedra china" en la jerga minera el material está constituido por clastos subredondeados a redondeados de calcedonia, ópalo o basalto, generalmente incluidos en una matriz de gravillas o arenas gruesas. El tamaño de los mismos varía desde pocos centímetros hasta 15/20 cm dependiendo ello de su ubicación regional. Normalmente los conglomerados con clastos mayores se encuentran en la región del Alto Uruguay (San Javier, Misiones).

También los hay en la zona de Candelaria-Posadas donde son identificadas por Avila y Pontanerí (1999) como pertenecientes a la Formación Ubajay. El registro del SEGEMAR para el año 2006 es de 3.541 toneladas que tienen un valor de 21.246 pesos.

En la provincia de Entre Ríos el canto rodado constituye el 9,8% de la producción minera (SEGEMAR, 2006) con canteras en producción en los departamentos Concordia, Colón, Concepción del Uruguay y Gualaguaychú.

Conglomerados cementados: En la zona de Santo Tomé ha sido usado como material de construcción. Están integrados por clastos con un buen nivel de redondez y baja esfericidad integrados en una matriz limo-arcillosa con cementación carbonática. Son de color pardo-ama-

rillento. Tienen buenas condiciones para ser cortadas.

3.11.- Gemas

Bajo esta denominación se incluye ópalos, calcedonias, amatistas, ágatas y cristal de roca que se localizan y tuvieron origen en los basaltos de Serra Geral donde, en su enfriamiento, generaron cavidades a partir de los gases contenidos. Estas cavidades ("alveolos") son frecuentes en la parte superior de la colada o en el contacto con una colada anterior. Estas cavidades fueron posteriormente rellenas por aguas meteóricas que transportaron sílice y otras sustancias que han servido de colorantes naturales.

Cuando la cavidad es grande en el interior de la geoda se forman cristales de cuarzo de un tamaño mediano, pudiendo en algunos casos tener una coloración azulada por impregnación manganesífera (amatista). La producción de amatista en el lapso 1990-1993 fue de 31.415 kg (Brodtkorb, 1999).

Amatistas, ágatas y cristal de roca se explotan en la zona de Wanda, Misiones, donde la producción anual ha llegado a 3.000 kg/año a partir de la producción de diferentes yacimientos conocidos como **Selva Irupé, Tierra Colorada, Urugua-í y Santa Catalina**. El material es removido de la cubierta residual donde ha quedado liberado por la alteración meteórica o descubierta en grietas o en vesículas dentro del basalto. En el caso de las ágatas se observa un bandeamiento que representa el relleno de una vesícula con sílice hidratada. Se han encontrado ejemplares que en el centro mantienen agua fósil ("Enhidros"); en general el bandeamiento tiene coloraciones variables al igual que la microporosidad que permite otorgarle coloración artificial con diferentes sustancias. Las geodas en su contacto con el basalto suelen presentar una superficie irregular recubierta de un hidrosilicato férrico de color verde-azulado (celandonita) (Brodtkorb, 1999).

Hay que destacar que en el "canto rodado" precedentemente descrito hay un notable número de ejemplares de ágatas que conservan el diseño original de la oquedad o vesícula en la que se originaron. Hay que destacar que éstas pueden artesanalmente ser procesadas como piedras ornamentales y/o semipreciosas, lo que generaría una importante fuente de recursos y de mano de obra regional. Hoy a éstas se las sigue utilizando como material para construcción y para obras viales, lo que es sin dudas, un desperdicio.

El registro minero del SEGEMAR da cuenta que entre 2003 y 2005 ha habido un crecimiento sustancial en la producción de gemas. Esta fue: en 2003 41.950 toneladas con valor de 629.250 pesos; en 2004 de 48.469 toneladas valuadas en 727.035; mientras que en 2005 de 71.099 toneladas que valieron 1.066.485 pesos. En 2006 habría una declinación ya que solo se registran 5.018 toneladas con un valor de 75.270 pesos (Fuente: Estadística minera del SEGEMAR).

3.12.- Yeso

En la zona de Hernandarias/Piedras Blancas se desarrollaron canteras que explotaron el yeso que contienen los niveles inferiores y medios de la Formación Hernandarias. Ellas fueron las canteras Tuyango, Carbol, Aebi y "de Agua" donde se realizaron las explotaciones más importantes de la región.

Es precisamente en esta zona donde la secuencia de arcillas tiene un mayor espesor y donde abundan los bancos de yeso (alabastro) que se presenta constituyendo concentraciones de

tipo nodular y en rosetas. El paquete sedimentario está constituido por arcillas pardo-rojizas con pátinas dendríticas y pequeños nódulos manganesíferos; y también arcillas verdes y grisáceas que son las portadoras de los niveles yesíferos.

En general los niveles de yeso se presentan en bancos discontinuos cuya longitud puede llegar a varios centenares de metros y el espesor variable entre 3 y 14 metros. De acuerdo a las características de pureza se lo ha calificado en tres categorías: a) blanco de 1ra, 2) gris y 3) rosado, color este último por su proveniencia de niveles de arcillas pardo-rojizas. Si bien la concentración de estos bancos era variable se calculó que la concentración era de alrededor de 400/600 kilos/metro cúbico (Battaglia, 1946).

En momentos de su máxima explotación, participaron de la misma las empresas Iggam S.A. en Piedras Blancas; la sucesión Aebi, en Hernandarias, Juan Fagnani en Punta Piragua y Germán y Ganeten al sur de Puerto Brugo.

También existieron esporádicas explotaciones de bancos con yeso en la zona de Curtiembre, Arroyo el Sauce y Arroyo Espinillo (Battaglia, 1946, Cordini 1949). La producción de yeso en el año 2006 en la provincia de Entre Ríos alcanzó el valor de 216.169 toneladas de las cuales casi el 40 % se exportó a Paraguay.

3.13.- Basaltos

Normalmente esta roca volcánica se explota para ser usada como triturados pétreos en toda la región. Se estima que es Misiones la provincia donde la explotación ronda los 0,5 Mt/año siendo éstos obtenidos mediante una veintena canteras dispuestas en distintas localidades (Posadas, Apóstoles, San Javier, Concepción de la Sierra, Oberá, etc). La producción para el año 2006 fue de 533.031 toneladas con un valor de pesos 3.198.186 (Fuente: Estadística minera del SEGEMAR)

En la provincia de Corrientes la producción de triturados viales y para la construcción se explotan o explotaron en mayor volumen en la zona de Curuzú Cuatiá (cantera La Milagrosa, Apeadero 405, etc), aunque también ello ha ocurrido en otras ubicadas en la zona de Yofre y en el área de San Borjita. El basalto ha sido uno de los principales materiales requeridos, tanto como triturado o en bloques, para la construcción de la presa de Yaciretá, en Ituzaingó, siendo extraído en la misma zona de emplazamiento.

Una evaluación de reservas de los basaltos perteneciente a varias canteras de Yofre (CMC, Minera TEA, La Dorita, etc) determinaron reservas de unos 31.000.000 de m³, mientras que en la zona de Curuzú Cuatiá (Minera TEA, Vialco, Losi,etc) serían del orden de los 20.000.000 de m³ (Agua y Energía Eléctrica, 1981). Estas cifras son solo orientativas ya que se refieren a canteras abiertas y no a la disponibilidad de basalto en la región.

La producción minera registrada de este tipo de material para el año 2006 fue del orden de 1.258.197 toneladas con un valor estimado en pesos 9.436.478 (Fuente: estadística minera SEGEMAR).

En Entre Ríos la explotación del basalto está restringida a pocas canteras ubicadas sobre la costa del Río Uruguay, representando el 2,7% de la producción minera provincial. Ellas están en el departamento Concordia, en cercanías a Puerto Yerúa (Techint S.A; Losi.). Una evaluación de ellas (Agua y Energía Eléctrica, 1981) señala, en canteras abiertas, reservas del orden de 4.500.000 m³. La producción en el año 2006 registró 47.534 toneladas siendo ellas utilizadas en la red vial de la provincia.

4.- Recurso Suelo

Un panorama general acerca de los tipos de suelos en el ámbito mesopotámico se reseñará a partir de la información producida por el INTA a través del Plan Mapa de Suelos. Con el objeto de tener un panorama general de los mismos se sigue la clasificación a nivel de Orden y por provincia.

Sin perjuicio de la calificación que le corresponde merece señalarse que parte del suelo es usado para la confección de material de la construcción (ladrillos, pisos, tejas etc) cuyo registro oficial, por ejemplo en la Dirección de Minería de Entre Ríos, señala la explotación de casi 700 hectáreas que dan lugar a una producción de aproximadamente 1.400.000 toneladas. No disponemos de los datos oficiales de Corrientes y Misiones aunque podemos suponer que sean casi equivalentes. La localidad San Lorenzo, sobre ruta nacional 12 al sur de la ciudad de Corrientes, es considerada la "Capital del Ladrillo" en razón del extenso aprovechamiento que allí se realiza del recurso suelo para la confección de este producto.

4.1.- Provincia de Entre Ríos

Entre los primeros trabajos que tratan los suelos del Delta están los de Bonfils (1960) quien trata de compatibilizar la relación de éstos con las características geomorfológicas de la región.

Años más tarde el INTA lleva adelante el Plan Mapa de Suelos a escala 1:500.000 Tasi y Bourband (1990) reconocieron la existencia de cuatro grandes órdenes: 1) Vertisoles, 2) Molisoles, 3) Alfisoles y 4) Entisoles; siendo muy limitada la presencia de Inceptisoles.

Vertisoles: Los vertisoles son los que tienen un mayor desarrollo areal, aproximadamente el 34 % del territorio de la provincia; y generalmente están relacionados con las arcillas y limos lacustres y palustres de la Formación Hernandarias o el producto de su erosión. El contenido de arcillas expansivas es alto, motivo por el cual es notable su tendencia a contracción o expansión conforme el nivel de humedad que contengan. Al estar en zonas de escasa pendiente tienden a constituirse en vertisoles hidromórficos. En general tienen un horizonte A bien desarrollado, de color gris oscuro a negro. Los que se encuentran en el oeste de la provincia son los que cuentan con mejor aptitud para cultivos mientras que los más desfavorecidos son los ubicados en el norte.

Molisoles: Son frecuentes en la costa del Paraná en una franja que va desde la zona de La Paz hasta el Arroyo Nogoyá ocupando el 20 % de la superficie provincial, pudiendo distinguirse dos subgrupos: a) Arguidoles típicos (Brunizems) y b) Arguidoles vérticos (Brunizems vertisólicos). Son suelos desarrollados a expensas del material loésico que recubre la zona (Formación Tezanos Pintos); en ellos predomina la morfogénesis por sobre la pedogénesis, disponen de una buena capa arable siendo aptos para el uso agrícola.

Alfisoles: Ocupan aproximadamente el 11 % de la superficie provincial pudiendo distinguirse: a) Ocracalfes típicos (Planosoles) y b) Ocracalfes vérticos (Planosólicos). De ello, los Planosoles se caracterizan por ubicarse en áreas de escasa pendiente, careciendo de una definida red de drenaje, arcillosos muy densos y de colores oscuros, prácticamente impermeables lo que facilita la formación de superficies inundables en épocas de mayor pluviosidad. Los Planosólicos se desarrollan en sectores con pendiente suave. La aptitud para cultivos es muy restringida.

Entisoles: Éstos ocupan aproximadamente el 8 % del territorio y se localizan en la zona lin-

dante al Río Uruguay desarrollándose a partir de los sedimentos de las formaciones Salto Chico y Ubajay. Pueden diferenciarse dos tipos: a) Suelos arenosos rojizos profundos y b) Suelos arenosos pardos. Los primeros se reconocen irregularmente distribuidos, con baja fertilidad y baja capacidad de retención de agua. Por tal motivo son aptos para plantaciones de eucaliptos y cítricos. En el caso de los segundos hay cierto contenido de arcilla que mejora la retención de agua y mejora la aptitud agrícola de los mismos.

Inceptisoles: Se encuentran restringidos a los valles inundables de ríos y arroyos, como asimismo en el delta del Paraná. Son suelos alcalinos sin horizonte argílicos con poca materia orgánica y abundancia de sodio intercambiable. Se ubican en zonas de variación de la capa freática o zonas inundables, desarrollados sobre las terrazas del Pleistoceno superior- Holoceno de arroyos y cauces fluviales. No son aptas para cultivo, si para ganadería extensiva.

4.2.- Provincia de Corrientes

El relevamiento de suelos de esta provincia tuvo como autores a Escobar et al (1990) quienes identificaron las siguientes ordenes de suelos: 1) Alfisoles, 2) Entisoles; 3) Histosoles; 4) Inceptisoles, 5) Molisoles; 6) Ultisoles y 7) Vertisoles.

Alfisoles: Forman parte de sectores de la Meseta de Mercedes, en el borde occidental de la provincia en la zona del Pay Ubre, el Albardón y Planicies del borde del Paraná como asimismo en las colinas y llanuras onduladas del noreste. Tienen buen desarrollo del perfil edáfico, aunque por escasa pendiente tienen un drenaje insuficiente. Son aptas para cultivos de arroz y para ganadería.

Entisoles: Ocupan parte del noroeste de la provincia y parte de los malezales del Iby-bai y depresión iberiana. Con buen desarrollo del horizonte A, suelos ácidos y drenados en campos ondulados y con lagunas circulares. Son aptos para la ganadería extensiva en campos naturales y para forestación.

Histosoles: Representados por capas orgánicas que conforman los "embalsados" de la cuenca del Iberá. Generalmente son de drenaje pobre y fuertemente ácidos debido a la materia orgánica poco descompuesta que los constituye, llegando a tener hasta 100 cm de espesor.

Inceptisoles: Son suelos con un A2 blanquecino, franco arenoso a areno-arcillosos ácidos y con altos tenores de sodio, presentes en la cuenca del Aguapey, Miriñay y del Corrientes en sectores anegables y de bajo escurrimiento.

Molisoles: Tienen buen desarrollo del horizonte A, mólico arcillo-limoso a arcilloso, ácidos, imperfectamente drenados y, en algunos sectores con características vérticas. Presentes en la región centro y sur, especialmente en las planicies que drenan hacia el Guayquiraró, Mocoretá y Miriñay.

Ultisoles: Gran parte de ellos constituyen la "tierra Colorada" que representa la Formación Apóstoles. Son suelos profundos, rojos, bien drenados, en partes arcillosos. Sobre estos se desarrollan plantaciones de té y yerba mate.

Vertisoles: Suelos arcillosos que se desarrollan al sur de la Meseta de Mercedes y se conectan con similares del norte de Entre Ríos. Tienen aptitud para ganadería en campos naturales.

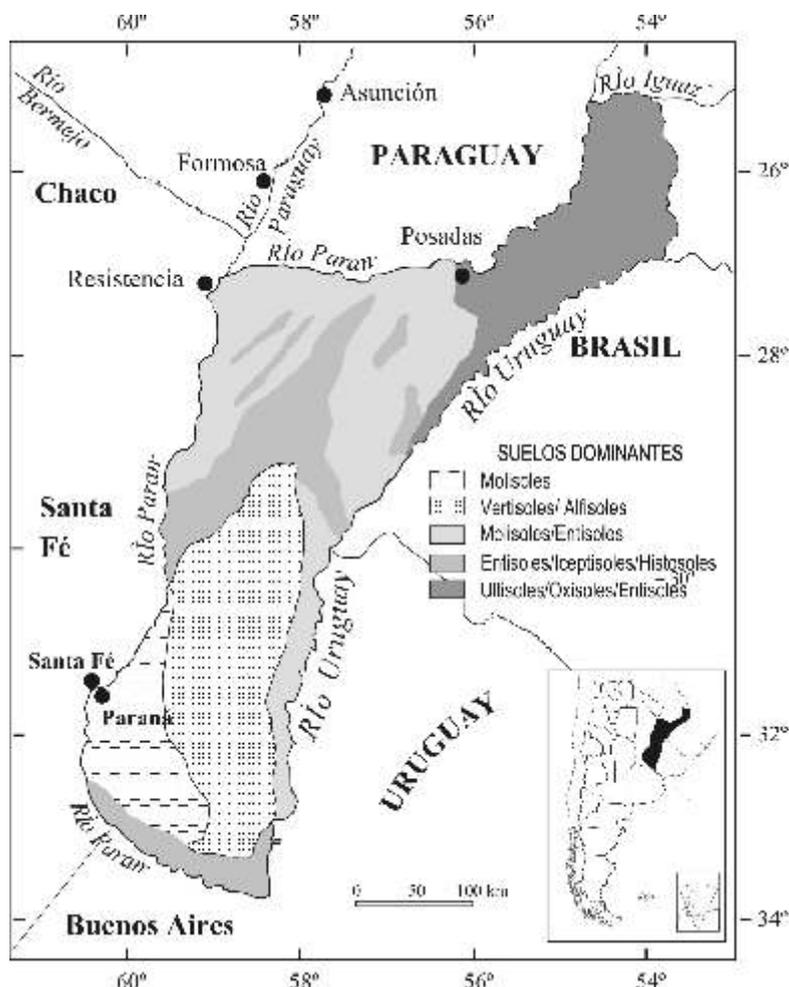


Figura 80: Esquema de distribución de los principales agrupamientos de suelos. Basado en el Atlas de Suelos de la República Argentina del INTA

4.3.- Provincia de Misiones

En este caso el reconocimiento de suelos fue llevado a cabo por Ligier et al (1990), quienes reconocen que en Misiones hay suelos representativos de seis ordenes: 1) Alfisoles, 2) Entisoles, 3) Inceptisoles, 4) Molisoles, 5) Oxisoles y 6) Ultisoles.

Alfisoles: Tienen escasa representatividad geográfica, con un horizonte argílico rojo con drenaje moderado a bueno, se presentan en el pediplano del Paraná, la meseta y la vertiente de ésta hacia el Paraná.

Entisoles: Se ubican en los flancos de la Meseta, con pendientes variable entre 3% y 25%, muestran la relación A/C, son fuertemente ácidos, bien drenados, con pedregosidad moderada en una matriz arcillosa pardo-rojiza.

Inceptisoles: Suelos con drenaje imperfecto, anegables, ácidos, con desarrollo A/B/C. Son suelos oscuros franco-arcillosos y limosos. Se ubican en el sector suroeste de Misiones (Sierra del Imán).

Molisoles: Tienen una extensión restringida al norte de la provincia, generalmente con drenaje pobre y están constituidos por arcillas pardo-rojizas. Se localizan en paleocauces y valles aluviales. En la zona boscosa tiene un buen desarrollo de capa orgánica O/A/C, son someros con alta dotación de nutrientes.

Oxisoles: Suelos bien drenados, friables, arcillosos, de color rojo oscuro y fuertemente ácidos. Se da la secuencia A/B en el cual el B contiene altos tenores de hierro y alúmina. Se extienden en la Meseta y en la región pre-montañosa. Tienen muy baja fertilidad natural, aunque aptos para de yerba mate, té, tung, etc.

Ultisoles: Suelos rojos, bien drenados y con una amplia distribución en toda la provincia. Tienen buen desarrollo A/B, generalmente arcilloso, constituyem la llamada "tierra colorada" coincidente con la extensión de la Formación Apóstoles,

5.- Recursos hidrocarbúferos.

Hasta el presente, salvo la perforación del ER.N-1 Nogoyá, y una serie de sondeos geofísicos hechos por YPF en la década de 1960, no hubo exploración geológica en búsqueda de petróleo o gas en el ámbito mesopotámico. La primer reseña sobre la estratigrafía del subsuelo profundo fue realizada por Padula y Mingramm (1968) que más tarde es continuada por Padula (1969), Pezzi y Mozetic (1989) y en reiterados trabajos de Fernández Garrasino (1989a, 1989b, 1990, 1998). Asimismo Chebli et al (1999) reseñan las características del subsuelo mesopotámico apoyados en nuevos datos provistos por estudios geofísicos.

Estos autores han remarcado la existencia de una importante secuencia sedimentaria que representaría ser la continuidad lateral de otras comprobadas cuencas con afloramientos en Uruguay, Brasil y de la Pampasia argentina.

ANCAP, la empresa petrolera uruguaya, investigó la cuenca neopaleozoica del oeste-noroeste de su país comprobando que el espesor sedimentario adquiriría mayor potencia hacia territorio de la Mesopotamia (Ferrando y Montaña, 1988). Esto coincide con el modelo de Padula y Mingramm (1968) que interpreta que la secuencia sedimentaria de Pampasia (formaciones Sachayoj, Charata, Chacabuco y Buena Vista) también se desarrolla en Entre Ríos y se conecta con la cuenca de Paraná (Brasil-Uruguay, Paraguay).

La perforación YPF-Nogoyá pudo determinar que cercano a los 2.100 metros se reconocen rocas cristalinas que posiblemente formen parte del Umbral de Martín García. Los datos sísmicos permiten suponer que hacia el norte de ese alto estructural y hasta el sur de Corrientes la sucesión estratigráfica paleozoica debe tener una mayor potencia. Se menciona el sur de Corrientes porque, aunque discutido, se supone que desde una latitud de 30° al norte comenzaría a elevarse el llamado "Alto de Asunción" que implica a rocas del basamento y posiblemente del eopaleozoico (Padula y Mingramm, 1968). Este "Alto" según Fonseca Ferreira (1982) constituye una estructura antiformal aflorante en territorio de Paraguay y se hunde hacia el territorio argentino (Corrientes).

Al este de Corrientes y, fundamentalmente, debajo de la provincia de Misiones es posible que la sucesión estratigráfica paleozoica tenga una potencia superior a los 3.000 metros y en ella podrían encontrarse manifestaciones de hidrocarburos. (Fernández Garrasino,

Muchas de estas manifestaciones están vinculadas a la presencia de esquistos bituminosos que están presente en los estados de Paraná y Santa Catharina. En un sector conocido como Sao Matheus do Sul se ha estimado que pueden obtenerse 560 millones de barriles de petróleo, 4 millones de toneladas de gas licuado y 19 billones de metros cúbicos de gas (Moreira, 1981)

Para Artur y Soares (2002) en la Cuenca de Paraná las principales acumulaciones de hidrocarburos están relacionados con cuatro sistemas integrados por las formaciones geológicas: 1) Ponta Grossa-Itararé; 2) Ponta Grossa- Río Bonito; 3) Iratí-Río Bonito y 4) Iratí Piramboia. De ellas las dos primeras son las que, hasta la fecha, han brindado mejores posibilidades de producción de gas/petróleo. En el caso del yacimiento Barra Bonita las rocas generadoras corresponden a esquistos bituminosos de Formación Ponta Grossa los que encuentran su reservorio en areniscas del Grupo Itararé. Este yacimiento produce algo más de 200.000 m³/día de gas (Campos et al, 1998)

Otras perforaciones realizadas en distintos puntos de la cuenca han dado resultados positivos tales como: Río Piquiri (PR), Cándido Abreu (PR), Chapeu do Sol Palmital y en Barra Bonita 1 y 2 (PR), todas ellas con manifestaciones de gas. En el caso de estas perforaciones del Estado de Paraná el conjunto de pozos tiene una producción de alrededor de un millón de metros cúbicos de gas (Chebli et al, 1999).

En Santa Catharina se lograron manifestaciones de hidrocarburos en pozos realizados en Matos Costa, Tres Pinheiros, Taquara Verde y Herval Velho. Todas estas manifestaciones se encuentran por debajo de las coladas basálticas cretácicas, situación de alguna manera comparable a las que existen en la provincia de Misiones. Esta situación de disponibilidad de hidrocarburos en rocas infrapuestas a la Formación Serra Geral abre expectativas positivas en esta provincia.

Bibliografía

- Aceñolaza, F. G. 1976 Consideraciones estratigráficas sobre el Terciario marino de Paraná y alrededores.- *Acta Geológica Lilloana*, 13: 91-118. Tucumán.
- Aceñolaza, F.G. 2000 La Formación Paraná (Mioceno medio): estratigrafía, distribución regional y unidades equivalentes. En Aceñolaza, F. y Herbst, R. (Eds) El Neógeno de Argentina. *Serie Correlación Geológica* 14, 9-28. Tucumán
- Aceñolaza, F.G. y Aceñolaza, G. 2000 Trazas fósiles del terciario marino de Entre Ríos (Formación Paraná, Mioceno Medio) República Argentina. *Boletín de la Academia Nacional de Ciencias* 64: 209-234. Córdoba
- Aceñolaza, F. G. 1987 The Ordovician System in South America. In Aceñolaza, F.G. y Baldi B. 1987 *Special Publication. IUGS* n° 22. 1-8. Ottawa.
- Aceñolaza, F.G. y Ciguel, J.H. 1987 Análisis comparativo entre las formaciones Balcarce (Argentina) y Furnas (Brasil). *10º Congreso Geológico Argentino, Actas*, 1, 299-305. Tucumán.
- Aceñolaza, F.G. y Sayago, J. 1980 Análisis preliminar sobre la estratigrafía, morfodinámica y morfogénesis de la región de Villa Urquiza, provincia de Entre Ríos. *Acta geológica lilloana*, 15 (2) 139-154. Tucumán.
- Aceñolaza, F. y Sprechmann, P. 2002 The Miocene transgression in the meridional Atlantic South America. *Neues Jahrbuch für Geologie und Palaontologie*. 225 (1)
- Agua y Energía Eléctrica S.E. 1978 Estudios de suelos Zona Cuenca del Batel-Batelito, provincia de Corrientes. Comisión geológica "Santa Rosa". 6 pp con perfiles 13 sondeos. Informe inédito.
- Agua y Energía Eléctrica S.E.. 1979. Aprovechamiento integral Paraná Medio. Cierre "Patí". Tomo I.- Estudios. 436 pp. Informe inédito.
- Agua y Energía Eléctrica S.E.. 1981 Proyecto ejecutivo aprovechamiento hidroeléctrico Paraná Medio-

- Chapetón. Tomo 2.- Estudios. 541 pp. Informe inédito.
- Agua y Energía - Electrobras 1975 Proyecto Garabí, Corrientes. Consorcio Hidroservice-Hidrened. Informe n° 5. (Inédito).
- Aguirre, M. 1990 Asociaciones de moluscos bentónicos marinos del Cuaternario tardío en el Noroeste bonaerense. *Ameghiniana* 27: 161-177.
- Aguirre, M. 1993 Caracterización faunística del Cuaternario marino del noreste de la provincia de Buenos Aires. *Revista de la Asociación Geológica Argentina*. 47. 31-54.
- Aguirre, M. y Farinati, E. 2000 Moluscos del Cuaternario marino de la Argentina. *Boletín de la Academia Nacional de Ciencias* 64: 235-334.
- Aguirre, M. y Fucks, E. 2004. Moluscos y paleoambientes del Cuaternario marino en el sur de Entre Ríos. En Aceñolaza, F. G. (Editor) Temas de la Biodiversidad del Litoral Fluvial argentino. *Miscelánea INSUGEO* 12: 55-70.
- Alcaraz, A., Ferrero, B., y Noriega, J. 2005. Primer registro de Antifer ultra Ameghino 1889 (Artiodactyla: Cervidae) en el Pleistoceno de Entre Ríos. En Aceñolaza, F. Temas de la Biodiversidad del Litoral Fluvial Argentino II, *Miscelánea INSUGEO* 14: 65-70.
- Almeida, F. M. de 1953. Botucatu um deserto Triásico da América do Sul. DNPM Division Geología e Mineralogía. *Notas Preliminares e Estudos*. 86. 21 pp. Río de Janeiro.
- Alvarez, B.B. 1974 Los mamíferos fósiles del Cuaternario del Arroyo Toropí, Corrientes, Argentina. *Ameghiniana* 11 (3), 295-311. Buenos Aires.
- Ameghino, F. 1889. Los mamíferos fósiles de la República Argentina.
- Angelelli, V. 1937. Reconocimiento geológico del territorio de Misiones en búsqueda de bauxita. *Boletín de Obras Sanitarias de la Nación*. 2. Buenos Aires.
- Arrospide, M. 1999 Arenas silíceas de Ibicuy, Entre Ríos. En: E.O. Zappettini (editor) Recursos minerales de la República Argentina. *Anales SEGEMAR* 35: 2; 1897-1898 Buenos Aires.
- Araujo, L., Francia, A. y Potter, P. 1995. Acuífero Gigante del MERCOSUR en Argentina, Brasil, Paraguay y Uruguay. Mapas hidrogeológicos de las formaciones Botucatu, Piramboia, Rosario do Sul, Buena Vista, Misiones y Tacuarembó. UFPR y Petrobras. 16 pp. Curitiba.
- Asociación Geológica Argentina. 1991 Código de Nomenclatura Estratigráfica. *Publicación Especial de la Asociación Geológica Argentina*.
- Avila, F. y Portaneri, J. 1999 Mapa geológico de la Provincia de Misiones, República Argentina. Escala 1:500.000. Servicio Geológico Minero Argentino. (SEGEMAR)
- Avila, F. 2004 Misiones. En Lavandaio, E. y Catalano, E. (Editores) Historia de la Minería Argentina. *Anales SEGEMAR* 40 (2). 323-328.
- Battaglia, G. 1946. Contribución al conocimiento geológico de la zona de Hernandarias. Tesis doctoral. Facultad de Ciencias Exactas, Físicas y Naturales de la Universidad Nacional de Córdoba. 140 pp. Inédita.
- Benitez, J.C. 1997. Villa Elisa (VE-1) perforación para captación de Agua Termal. Informe final (inédito).
- Benitez, J. y Mársico, D. 2002 Contribución al conocimiento del subsuelo de Entre Ríos: Pozo Gualaguaychú 1. *Actas del 15º Congreso Geológico Argentino* 2, 581-587. El Calafate.
- Bertolini, J.C. 1983 Provincia de Entre Ríos. Recursos Mineros Entre Ríos (Estratigrafía). En: Guía de la Minería Argentina. Centro Internacional de Información Empresarial. Tomo 1 y 2. Buenos Aires.
- Bertolini, J.C. 1996 Mapa geológico de la Provincia de Entre Ríos, República Argentina. Escala 1:500.000. Servicio Geológico Minero Argentino (SEGEMAR).
- Bertolini, J.C. 1996 Minería no metálica. Área de Recursos Mineros del gobierno de Entre Ríos. 12 pp. Informe inédito.
- Bertolini, J.C. 2004 Entre Ríos. En Lavandaio, E. y Catalano, E. (Editores) Historia de la Minería Argentina. *Anales SEGEMAR* 40 (2). 317-321.
- Bertolini, J.C., Tomas, M. A. y Lell, R. 1988 Inventario del recurso Aguas subterráneas en la Provincia de Entre Ríos. Informe a Secretaría de Estado de Ciencia y Tecnología (SECyT). 54 pp, tablas y láminas. Informe inédito.
- Bertolini, J.; Bahler, G. y Zabalegui, M. 2003. Sitios de interés geológico de Entre Ríos y su relación con el Cuaternario. Toma Vieja SIG G-30, Paraná, Entre Ríos, Argentina. *Actas 2º Congreso*

- Argentino de Cuaternario y Geomorfología*. 29-38. Tucumán.
- Beretta, M. 1978. Descripción general del Proyecto. Primeras Jornadas del Paraná Medio. Publicación especial de la Universidad Nacional del Litoral. 33-38 Santa Fe.
- Bonarelli, G. y Longobardi, E. 1929. Memoria explicativa del Mapa geológico y minero de la provincia de Corrientes. 2 285-346. Imprenta del Estado. Corrientes.
- Bonarelli, G. Nájera, J. 1913 Informe preliminar sobre un viaje de investigación geológica a la provincia de Entre Ríos y Corrientes. *Boletín de la Dirección Nacional de Geología e Hidrología* 5 (B) 1-6. Buenos Aires.
- Bonfils, C. 1962 Rasgos geomorfológicos y suelos del delta del Río Paraná. *Anales de las 1ª Jornadas Geológicas Argentinas*. 2, 25-36. Buenos Aires.
- Borchert, A. 1901 Die Molluskenfauna und das Alter der Paraná-Stufe.- *Neues Jahrbuch für Mineralogie, Geologie und Paläontologie*, 14: 1-78; Stuttgart.
- Bossi, J. 1966. Geología del Uruguay. Publicación del Departamento de Publicaciones de la Universidad de la República. Colección Ciencias. 12.
- Bossi, J. ; Ferrando, L. ; Montaña, J., Campal, N. ; Morales, H. ; Gancio, F. ; Schipilov, A. ; Piñeyro, D. ; y Sprechmann, P. 1998. Carta Geológica del Uruguay- Escala 1 :500.000. Geoditores S.R.L. Montevideo.
- Bossi, J. ; Preciozzi, F. y Campal, N. 1993. Predevoniano del Uruguay. Parte I ; Terreno Piedra Alta. Edición de la Dirección Nacional de Minería y Geología. Montevideo. Uruguay.
- Bravard, A. 1858 Monografía de los terrenos marinos terciarios de las cercanías del Paraná.- Imprenta del Registro Oficial. 107 pp. Paraná. (reimpreso por la Imprenta del Congreso de la Nación, 1995). Buenos Aires
- Bracaccini, O. 1960. Lineamientos principales de la evolución estructural de la Argentina. *Petrotecnia. Revista del Instituto Argentino de Petróleo*. 10::6, 57-69. Buenos Aires.
- Bracaccini, O. 1980 Cuenca del Salado. En Academia Nacional de Ciencias: Geología Regional Argentina. 2: 879-918. Córdoba.
- Brea, M. 1999 Leños fósiles de Anacardiaceae y Momosaceae de la Formación El Palmar (Pleistoceno superior), departamento Concordia, provincia de Entre Ríos, Argentina. *Ameghiniana* 36 (1) 63-70.
- Brodtkorb, A. 1999. Yacimientos de amatistas y ágatas ornamentales de Misiones. En: E.O.Zappettini (editor) Recursos minerales de la República Argentina. *Anales SEGEMAR* 35: 2; 937-939. Buenos Aires.
- Bruniard, E. 1966 Bases fisiográficas para una división regional de la provincia de Corrientes. *Revista de la Facultad de Humanidades UNNE* 8: 7-79. Resistencia
- Burmeister, C. 1876 Description physique de la République Argentine. Traducción del alemán por E. Maupas (1878). Tomos 1: 394 pp.; 2: 412 pp. y 3: 556 pp.
- Caminos, R. 1979. Cordillera Fuegoina. En Academia Nacional de Ciencias (editor). Geología Argentina. 2, 1463-1501.
- Candela, A.; Noriega, J. ; y Reguero, M. 2007 The First Pliocene Mammals from the Northeast (Mesopotamia) of Argentina: Biostratigraphic and Paleoenvironmental significance . *Journal of vertebrate Paleontology*. 27 (2), 476-483
- Carñel, G, Díaz, E., Duarte, O. Wilson, M. y Lenzi, L. 2006 Identificación y cuantificación de las presas para riego en la provincia de Entre Ríos. En: El arroz, su cultivo y sustentabilidad en Entre Ríos. UNER-UNL 2, 379 pp.
- Castellanos, A. 1965 Estudio fisiográfico de la provincia de Corrientes. *Publicación del Instituto de Fisiografía y Geología*. 49. Rosario.
- Cavallotto, J.L. 1996 Estratigrafía del Holoceno de la llanura costera del margen sur del Río de La Plata. *Actas 13º Congreso Geológico Argentino*. 4, 51-68.
- Cavallotto, J. L.; Violante, R. y Ferrán Colombo. 2005 Evolución y cambios ambientales de la llanura costera de la cabecera del Río de La Plata. *Revista de la Asociación Geológica Argentina*. 60 (2), 353-367
- Cordini, I.R. 1949. Contribución al conocimiento de la Geología Económica de Entre Ríos. *Anales de la Dirección General de Industria Minera*. 2, 87; 78 pp, 32 láminas. Buenos Aires.

- Cortelezzi, C. y Cazenueve, H. 1967 Estudio geocronológico de los basaltos de Nogoyá (Prov. de Entre Ríos) y su relación con las rocas efusivas del sur de Brasil y Uruguay. *Revista del Museo de La Plata (nueva serie). Geología* 6 (39): 19-32.
- Chebli, G., Tófaló, O. y Turazzini, G. 1989 Mesopotamia En Chebli, G. y Spalletti, L. (Editores) Cuencas sedimentarias argentinas, *Serie Correlación Geológica* 6, 79-100. Tucumán.
- Chebli, G.; Mozetic, M. ; Rosello, E. y Bühler, M. 1999 Cuencas sedimentarias de la llanura Chacopampeana. En Caminos, R. (Editor) *Geología Argentina. Anales SEGEMAR* 29 (20) 627-644. Buenos Aires.
- Dalla Salda, L. 1981 El basamento de isla Martín García, Río de la Plata. *Revista de la Asociación Geológica Argentina* 26: 1. 29-43
- Dapeña, C.; Favetto, A. y Pomposuelo, C. 2006. Técnicas geofísicas aplicadas a la evaluación de acuíferos profundos en la provincia de Entre Ríos, Argentina. *Actas 8º Congreso Latinoamericano de Hidrología Subterránea*. 22 pp. Versión en CD-room. Asunción del Paraguay.
- Darwin, C. R. 1846 Geological observations on South America, being the third part of the geology of the voyage of the "Beagle" during 1832 to 1836.- 279 pp.; London (Smith Elder).
- Daus, F. 1945 Geografía física de la República Argentina. Editorial Estrada. 395 pp
- 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.
- De Alba, E. 1967. Aprovechamiento del Río Paraná en la zona de los rápidos de Apipé. *Actas Segundas Jornadas Geológicas argentinas*. 3-98-115. Buenos Aires.
- De Alba, E. y Serra, N. 1959. Aprovechamiento del Río Uruguay en la zona de Salto Grande.- Informe sobre las condiciones y características geológicas. *Anales de la Dirección Nacional de Geología y Minería*. 11, 35pp
- De Alba, E. y Vera Morínigo, G. 1964. Aprovechamiento del Río Paraná en la zona de las islas Yaciretá y Apipé. Informe sobre las condiciones y características geológicas. Comisión Técnica Mixta Paraguayo-argentina del Apipé. Informe inédito.
- Delaney, P. 1965 Fisiografía e geología de superficie da Planicie Costeira do Rio Grande do Sul. *Publicación especial da Escola de Geologia UFRGS*, 6:1-105. Porto Alegre.
- Del Río, C. J y Martínez Chiappara, S. A. (1998); El Mioceno marino en la Argentina y en el Uruguay.- In: Del Río, C.J. (Ed.): Moluscos marinos Miocenos de la Argentina y del Uruguay.- *Monografías, Academia Nacional de Ciencias Exactas, Físicas y Naturales de Buenos Aires*, 15: 5–25; Buenos Aires.
- De Moussy, V. M. 1860-64. Descripción geográfica et estadística de la Confederación Argentina. (1873) Atlas.
- De Valais, S. Apesteagua, y y Udrizar Sauthier, D. 2003. Nuevas evidencias de dinosaurios en la Formación Puerto Yerúa (Cretácico), provincia de Entre Ríos, Argentina. *Ameghiniana* 40 (4), 631-635.
- Diaz, E., Dalla Costa, O. y Samanguineti, J. 2003 El Sistema Acuífero Guaraní. Los estudios, la explotación y gestión en Entre Ríos. *Memorias del Tercer Congreso Argentino de Hidrogeología* 1: 81-90.
- Difrieri, H. Las regiones naturales en la Argentina. En: Argentina Suma de Geografía, Editorial Peuser 1: 353-471. Buenos Aires.
- Dirección Nacional de Geología y Minería. 1970. Perfiles de Perforaciones. Período 1936-1945. *Publicación* 153. 485 pp.
- Dirección Provincial de Vialidad de Entre Ríos. 1944 La minería de Entre Ríos. *Actas del Segundo Congreso Industrial Minero Argentino*. 387-400 Buenos Aires
- D'Orbigny, A. (1842):. Voyage dans l'Amérique Meridionale.- Volume 3 Paleontologie; Paris (Pitoislevrautet et Cie).
- Escobar, E.; Ligier, H. y Matteio, H. 1990. Provincia de Corrientes. En : INTA *Atlas de Suelos de la República Argentina*, 1, 513- 590
- Favetto, A. Pomposiello, C.; Sainato, C.; Dapeña, C.; y Guida, N. 2005. Estudio geofísico aplicado a la evolución del recurso geotermal en el sudeste de Entre Ríos. *Revista de la Asociación Geológica Argentina*. 60 (1): 197-206.
- Fernández Garrasino, C. 1989 a Tendencias evolutivas de la Cuenca Chaco-Paranense y posibilidades exploratorias en la Mesopotamia y Tucumán oriental (Argentina). *Actas 1er Congreso Nacional*

- de Exploración de Hidrocarburos*. 433-464. Mar del Plata.
- Fernández Garrasino, C. 1989 b.- Contribución a la estratigrafía de la Mesopotamia central argentina y referencia a la geología de la provincia de Misiones. *Boletín de Informaciones Petroleras* 52- 76. Buenos Aires.
- Fernández Garrasino, C. 1990 La sucesión estratigráfica del poso YPF Nogoyá 1. Provincia de Entre Ríos. *Actas 3º Reunión Argentina de Sedimentología*. 125-129. San Juan.
- Fernández Garrasino, C. 1998 Provincia de Entre Ríos. Prospección de Hidrocarburos. Almacenaje sub terráneo de gas natural. Informe final. Gobierno de la Provincia de Entre Ríos (inédito)
- Fernández Garrasino, C. y Vrba, A, 2000. La Formación Paraná; aspectos estratigráficos y estructurales de la región chaco-paranense. En Aceñolaza, F.G. y Herbst, R. (editores) El Neógeno de Argentina. *Serie Correlación Geológica* 14: 139-145.
- Fernández Lima, J. y De la Iglesia, H. 1963. Informe sobre el mineral de hierro de la provincia de Misiones. Dirección Nacional de Geología y Minería. Inédito.
- Ferrando, L. A. y Montaña, J. 1988. Consideraciones sobre la evolución tectónica del sector uruguayo de la Cuenca de Paraná. *Actas de la 1ra Reunión de Geología del Uruguay y 6º Panel de Geología del Litoral*. 80-85. Salto.
- Ferrando, L. y Andreis, R. 1986 Nueva estratigrafía en el Gondwana en Uruguay. *Actas del Primer Congreso Latinoamericano de Hidrocarburos ARPEL*. 295-323. Buenos Aires.
- Ferrero, B. 2008. *Scelidodon* Ameghino (Xenarthra, Mylodontidae) en el Pleistoceno de la provincia de Entre Ríos, Argentina INSUGEO, Miscelánea, 17. Tucumán.
- Ferrero, B. 2008 . Primer registro de *Panthera onca* Linnaeus 1758 (Carnivora: Felidae) en el Pleistoceno tardío de la provincia de Entre Ríos, Argentina. NSUGEO, Miscelánea, 17. Tucumán
- Fonseca Ferreira, F. 1982 Alinhamentos estruturais-magnéticos de Região Centro Oriental da Bacia do Paraná e seu significado tectónico. En: Geología da Bacia do Paraná. *Publicación Instituto de Pesquisas Tecnológicas do Estado do Sao Paulo*. 143-166. Sao Paulo.
- Frenguelli, J. 1920 Geología de Entre Ríos. *Boletín de la Academia Nacional de Ciencias*, 24: 55-256; Córdoba.
- Frenguelli, J. 1927. Sobre la posición estratigráfica y la edad de los basaltos del Río Uruguay. *Anales de la Sociedad Argentina de Estudios Geográficos "GAEA"* 2 (3): 403-424. Buenos Aires.
- Frenguelli, J. 1924. Apuntes geomorfológicos sobre el interior de la provincia de Corrientes. *Publicación del Instituto de Investigaciones Geográficas de la Facultad de Filosofía y Letras de la UBA*. 7, 1- 41 Buenos Aires.
- Frenguelli, J. 1939 El Río Uruguay entre el Salto Grande y Paso Hervidero (apuntes geológicos y morfológicos). *Anales de la Sociedad Científica Argentina* 128 (6): 342-368.
- Frenguelli, J. 1946 Las grandes unidades físicas del territorio argentino. Geografía de la República Argentina. GAEA 3.1-114. Buenos Aires.
- Frenguelli, J. 1947 Nota de geología entrerriana.- *Revista de la Asociación Geológica Argentina*, 12 (2): 127-140; Buenos Aires.
- Filí, M., Tomas, M.; Tujchneider, O.; Bertolini, J.; Bonessa, C.; Santi, M. y Perez M. 1987. Geohidrología de la hoja 3160-30 San Salvador, Provincia de Entre Ríos. Convenio Provincia de Entre Ríos- Universidad Nacional del Litoral. Publicada por el Consejo de Investigaciones Científicas y Técnicas de Entre Ríos.
- Filí, M.; Tujchneider, O.; Perez, M.; París, M.; y D'Elías, M. 1993. La complejidad hidrogeológica como condicionante para el abastecimiento de agua a la ciudad de Paraná (Entre Ríos, República Argentina). *Memorias del 4º Congreso Colombiano de Hidrogeología y 3ª Conferencia Latinoamericana de Geología Urbana*. 1, 237-238. Bogotá.
- Forster, S., Kemper, K. y Garduño, H. 2001 Brasil, Paraguay, Uruguay, Argentina: Iniciativa para la gestión transfronteriza del Agua Subterránea en el Acuífero Guaraní. GW Mate y Banco Mundial. *Colección de Casos esquemáticos*. 1-16 pp.
- Fourous, Adolfo. 1904 Reconocimiento geológico del territorio de Misiones. *Anales del Ministerio de Agricultura. Sección Geología y Minería*. 1 (1)
- França, A., Milani, E., Schneider, R., López, O., López, J., Suarez, R., Santa Ana, H. Wiens, F., Ferreiro, O., Roselló, E., Bianucci, H., Flores, R., Vistali, M., Fuenzalida, R. y Muñoz, N. 1998.

- Phanerozoic Correlation in Southern South America. En Tankard, A., Suarez, R., y Welsink, R., Petroleum basins of South America. *AAPG Memoir* 62, 129-161.
- Furlong, G. 1948 Naturalistas argentinos durante la dominación hispánica. Editorial Huarpes S.A. 431 pp.
- Gama, Jr., E., Bandeira, A. y Franca, A. 1982. Distribuição espacial e temporal das unidades litoestratigráficas paleozoicas na parte central de Bacia do Paraná. Revaliação da potencialidades e perspectivas em hidrocarbonatos. *Publicação Instituto de pesquisas Tecnológicas da Estado de Sao Paulo*. 19-40. Sao Paulo.
- Gentili, C. y Arce, C. 1972. Descenso de la capa de agua mediante pozos filtrantes profundos para el Túnel Subfluvial Paraná Santa Fe. *Actas 4º jornadas Geológicas Argentinas*. 3: 77-85.
- Gentili, C. y Rimoldi, H. 1980. Mesopotamia. En: Geología Regional Argentina. *Publicación Especial Academia Nacional de Ciencias de Córdoba*. 1, 185-223.
- Gonzaga de Campos, L. F. 1889 Relatorio da Comissao geográfica da provincia de Sao Paulo. Sección Geología 21-34. Sao Paulo
- González Bonorino, F. 1958. Orografía. En: La Argentina Suma de Geografía. 3:1, 45-120. Editorial Peuser. Buenos Aires.
- Goso, H. 1965. El Cenozoico de Uruguay. Instituto Geológico del Uruguay. 36 pp. Montevideo
- Goso, C. y Perea, H. 2004 Cretácico Post-basáltico y el Terciario inferior de la cuenca litoral del Río Uruguay: Geología y paleontología. En: Verovslavsky et al. Cuencas sedimentarias de Uruguay. –Mesozoico. *Publicación especial de la Facultad de Ciencias y Sociedad Uruguaya de Geología, 2da Edición*. 143-171. Montevideo
- Gradstein, F.; Ogg, J.; Smith, A.; Bleeker, W y Lourens. L. 2004. A New Geologic Time Scale, With special reference to Precambrian and Neogene. *Episodes* 27 (2), 83-101
- Groeber, P. 1961 Contribución al conocimiento geológico del Delta del Paraná y alrededores. *Anales de la Comisión de Investigaciones Científicas de la Provincia de Buenos Aires* 2: 9-54
- Guida, G. y González, M.A. 1984. Evidencias paleoestuarías en el sudeste de Entre Ríos. Su evolución con niveles marinos relativamente elevados del Pleistoceno superior y Holoceno. *Actas 9º Congreso Geológico Argentino* 3, 577-594.
- Harrington H. 1950 Geología del Paraguay Oriental. Facultad de Ciencias Exactas, Físicas y Naturales, UBA. *Contribuciones Científicas Serie E Geología* 1: 1-82. Buenos Aires,
- Hausen, J. 1919 Contribución a la petrografía del Territorio Nacional de Misiones. *Boletín de la Dirección General de Minas, Geología e Hidrogeología* 21 (Serie B): 1-39. Buenos Aires.
- Herbst, R. 1971 Esquema estratigráfico de la provincia de Corrientes, República Argentina. *Revista de la Asociación Geológica Argentina* 24: 2, 221-243.
- Herbst, R. 1972 Nota sobre la Estratigrafía de la provincia de Corrientes, Argentina. *Actas 4º Jornadas Geológicas Argentinas*. 3: 87-95.
- Herbst, R. 2000 La Formación Ituzaingó (Plioceno). Estratigrafía y distribución. En Aceñolaza, F. y Herbst, R. (Editores): El Neógeno de Argentina. *Serie Correlación Geológica* 14, 181-190. Tucumán.
- Herbst, R. y Camacho, H. 1970 Sobre el hallazgo de bivalvos de agua dulce (Unionidae y Mictopodidae) en el Terciario Superior de Empedrado, provincia de Corrientes, Argentina. *Ameghiniana* 7:4, 335-336. Buenos Aires..
- Herbst, R., Santa Cruz, J. y Zabert, L. 1976 Avances en el conocimiento de la estratigrafía de la Mesopotamia argentina, con especial referencia a la provincia de Corrientes. *Revista de la Asociación de Ciencias Naturales del Litoral* 7: 101-121.
- Herbst, R. y Santa Cruz, J. 1999 Mapa litoestratigráfico de la provincia de Corrientes. *D'Orbinyana*. 2. 1-69. Corrientes (1985).
- Herbst, R. y Zabert, L. L. 1987: Microfauna de la Formación Paraná (Mioceno Superior) de la Cuenca Chaco-Paranaense (Argentina).- *Facena* 7: 165-206; Corrientes.
- Herbst, R. y Zabert, L. 1990. Sedimentos Triásicos en el subsuelo de la Mesopotamia argentina. *Actas 11º Congreso Geológico Argentino*. 2, 97-100. San Juan.
- IGM.- Instituto Geográfico Militar. 1942. Carta Geológico Militar Paso del Rosario. 2957-26. Publicación IGM. Buenos Aires.

- IGM.- Instituto Geográfico Militar. 1944. Carta Geológico Militar Pozo Cuadrado. Publicación IGM.
- IGM.- Instituto Geográfico Militar. 1944. Carta Geológico Militar Pirití Guazú. Publicación IGM.
- IGM.- Instituto Geográfico Militar. 1944. Carta Geológico Militar Yurucúa. Publicación IGM.
- IGM.- Instituto Geográfico Militar. 1944. Carta Geológico Militar Itá- Caabo. Publicación IGM.
- IGM.- Instituto Geográfico Militar. 1944. Carta Geológico Militar Curuzú Cuatiá. 2957-31. Publicación IGM. Buenos Aires.
- IGM.- Instituto Geográfico Militar 1944 Carta Geológico Militar Diaz Colodrero Publicación IGM. Buenos Aires
- Iriondo, M. 1980. El Cuaternario de Entre Ríos. *Revista de la Asociación de Ciencias Naturales del Litoral*. 11. 125-141. Santa Fe
- Iriondo, M. 1987 Geomorfología y Cuaternario de la provincia de Santa Fe (Argentina) *D'Orbignyana*. 4, 1-54. Corrientes
- Iriondo, M. 1998. Loess in Argentina: Temperate and Tropical. Excursión Guide nº 3, Province of Entre Ríos International Joint Field Meeting. 12 pp.
- Iriondo, M. y Kröhling, D. 1995. El Sistema Eólico Pampeano. *Comunicaciones del Museo Provincial de Ciencias Naturales "Florentino Ameghino"*, 5 (1), 1-68.
- Iriondo, M. y Kröhling, D. 1996 Los sedimentos eólicos del noreste de la llanura pampeana (Cuaternario Superior). *Actas 13º Congreso Geológico Argentino*. 4: 27-48.
- Iriondo, M. y Kröhling, D. 2004. The parent material as the dominant factor in Holocene pedogenesis in the Uruguay River basin. *Revista Mexicana de Ciencias Geológicas*. 21 (1), 175-184.
- Iriondo, M., Krohling, D. y Bidegain, J. 2000 The Quaternary of SW Entre Ríos, Argentina. Poster 31 International Geological Congress. Rio de Janeiro.
- Iriondo, M. y Santi, M. 2000 La Formación Salto Chico en el subsuelo de Entre Ríos. *2º Congreso Latinoamericano de Sedimentología y 8ª Reunión Argentina de Sedimentología*. Resúmenes. 91. Mar del Plata.
- Iturburo, J. 2007 Represas deniego en el norte entrerriano .En Diaz et al. Evaluación agrohidrológica de represas para riego. Su estudio en Entre Ríos. *Publicación UNER*. 35-52
- Jalfin, G.A., 1987. Litofacies y paleocorrientes de la Formación Solari, provincia de Corrientes. *Revista de la Asociación Geológica Argentina*, 42 (1-2): 101-111.
- Jalfin, G.A., 1988. Formación Ituzaingó (Plio-Pleistoceno) en Empedrado, provincia de Corrientes: un paleorío arenoso entrelazado tipo Platte. *Actas de la 2º Reunión Argentina de Sedimentología*,: 130-134. , Buenos Aires
- Kantor, M. 1925. La Formación Entrerriana. *Anales de la Sociedad Científica Argentina*. 50:2, 35-66. Buenos Aires.
- Kröhling, D. 1999 Upper Quaternary geology of the Lower Carcarañá basin, North Pampas, Argentina. *Quaternary International* 57/58, 135-148.
- Kühn, F. 1922 Fundamentos de fisiografía argentina. Biblioteca del Oficial. Buenos Aires.
- Kröhling, D. y Orfeo, O. 2002 Sedimentología de unidades loésicas (Pleistoceno tardío-Holoceno) del centro-sur de Santa Fé. *Revista de la Asociación Argentina de Sedimentología*. 9 (2), 135-154.
- Lambert, R. 1939 Memoria explicativa del mapa geológico de los terrenos sedimentarios y rocas efusivas del departamento Durazno. *Boletín del Instituto Geológico del Uruguay*. 25: 1-37. Montevideo.
- Lambert, R. 1940. Memoria explicativa de un mapa geológico de reconocimiento del departamento de Río Negro. *Boletín del Instituto Geológico del Uruguay*. 28: 1-33. Montevideo.
- Leanza, A. 1958. Geología Regional. En: La Argentina Suma de Geografía. 1: 3, 217-349. Editorial Peuser. Buenos Aires.
- Leinz, V. 1949 Contribução a geología dos derrames basálticos do sul do Brasil. *Boletim da Faculdade de Filosofia, Ciências e Letras: Geologia*. 103 (5): 1-61. Sao Paulo.
- Linares, E. y González, R. 1990 Catálogo de edades radimétricas de la República Argentina :1957-1987. *Publicación Especial. Serie B (Didáctica y Complementaria. Asociación Geológica Argentina*. 19. Buenos Aires.
- Ligier, H. ;Matteio, H.; Polo, H. y Rosso J. 1990 Provincia de Misiones. En : INTA Atlas de Suelos de la República Argentina, 2, 109- 154.
- Lurgo Mayón, C. 1999 Los depósitos ferríferos lateríticos de Misiones. En: E.O.Zappettini (editor)

- Recursos minerales de la República Argentina. *Anales SEGEMAR* 35: 2; 941-944. Buenos Aires.
- Lutz, A. 1980 *Palmoxyylon concordiensis* n. sp. del Plioceno de la provincia de Entre Ríos, República Argentina. *Actas del 2º Congreso Argentino de Paleontología y Bioestratigrafía*. 3: 129-140 Buenos Aires.
- Lutz, A. 1984 *Palmoxyylon yuqueriensis* n. sp. del plioceno de la provincia de Entre Ríos, Argentina. *Actas del 3º Congreso Argentino de Paleontología y Bioestratigrafía*. 197-207. Corrientes.
- Lutz, A. 1985 Descripción morfo-anatómica del estípide de *Palmoxyylon concordiense* Lutz, del Plioceno de la provincia de Entre Ríos. Argentina. *Facena* 6:17-32.
- Marengo, J. 2006 Micropaleontología y estratigrafía del Mioceno marino de Argentina: Las transgresiones de Laguna Paiva y del Entrerriense-Paranense. Tesis doctoral. Facultad de Ciencias Exactas y Naturales, Universidad de Buenos Aires. T.1: 123 pp. (inédito)
- Martinelli, J. 1947. Contribución al conocimiento de las barrancas del Paraná entre Brugo y Bajada Grande. Tesis doctoral Facultad de Ciencias Exactas, Físicas y Naturales de la Universidad Nacional de Córdoba. Inédita.
- Martínez, C. 1957 Observaciones geológicas en Curuzú Cuatiá (provincia de Corrientes). Tesis doctoral Fac.C.N. Univ.Córdoba. inédita.
- Masquelin, H. 2006.El Escudo Uruguayo. En: Veroslavski et al (editores): Cuencas sedimentarias de Uruguay: Paleozoico. *Publicación especial de la Facultad de Ciencias y Sociedad Uruguaya de Geología*, 37-106. Montevideo.
- Masramón, E. 1947. Estudio geológico de las barrancas de la margen entrerriana del Río Paraná entre Pueblo Brugo y Villa Urquiza. Tesis doctoral Instituto-Museo de Ciencias Naturales de la Universidad Nacional de La Plata. Inédita.
- Milani, E. J. 1997 Evolucao tectono - estratigráfica da Bacia da Paraná e seu relacionamento com a dinamica fanerozoica do Gondwana Sul Occidental. Instituto de Geociencias, Universidades Federal do Río Grande do Sul. Tesis doctoral, 2 vol. (Inédita)
- Milani, E.J. 2000 Geodinámica fanerozoica do Gondwana Sul-occidental e a evolucao geológica da bacia do Paraná. En Holz, M. y De Ros, L. (Editores) *Geología do Rio Grande do Sul*. Edicao CIGO/UFRGS.444 paginas.
- Ministerio de Obras y Servicios Públicos. 1973. Grupo de Trabajo Alto Paraná y afluentes misioneros. Estudio del Alto Paraná. 3, (inédito)
- Montaño, J. 2006. Recursos hídricos subterráneos.- El Sistema Acuífero Guaraní (SAG). En: Veroslavsky et al. Cuencas sedimentarias de Uruguay. –Mesozoico. *Publicación especial de la Facultad de Ciencias y Sociedad Uruguaya de Geología, 2da Edición*. 193-214. Montevideo
- Montaño, J. 2004. El Acuífero Salto: Un recurso hídrico Cenozoico. En: Veroslavsky et al. Cuencas sedimentarias de Uruguay. –Cenozoico. *Publicación especial de la Facultad de Ciencias y Sociedad Uruguaya de Geología*, 315-332. Montevideo
- Moreira, H. 1981. Xisto: Contribucao para complementacao da producao de petroleo. *Atualidades CNP*, 13-73 Jan/Feb. 81, 41-47. Brasília.
- Morton, L.S., 2004. Moluscos fósiles de agua dulce de la Formación Ituzaingó, Plioceno de Corrientes. En: Aceñolaza, F.G. (Coordinador-Editor) *Temas de la Biodiversidad del Litoral Fluvial Argentino Instituto Superior de Correlación Geológica,* *Miscelánea* 12, 45-48. Tucumán.
- Morton, L. y Herbst, R. 1993
- Morton, L.S. y Jalfin, G.A., 1987. Análisis de la Formación Ituzaingó en la localidad de Empedrado y alrededores, provincia de Corrientes, Argentina. II. Hallazgo del género *Mycetopoda* (*M.Herbsti* nov.sp.) y revisión de la malacofauna asociada con algunas consideraciones paleoecológicas. *Revista FACENA*, 7: 207-221 Corrientes
- Morton, L. y Sequeira, P. Pelecípodos de agua dulce de la Formación Ituzaingó (Plioceno tardío) de la presa de Yacretá, departamento Itapúa, Paragfauay. *Revista de la Asociación de Ciencias Naturales del Litoral*, 22:1, 25-34. Santa Fe.
- Muñoz, J., Milera, S., Romero, C. y Brizuela, A. 2005. Bosques nativos y selvas ribereñas en la provincia de Entre Ríos. En Aceñolaza, F.G. (Editor) *Temas de la Biodiversidad del Litoral Fluvial Argentino II*. Instituto Superior de Correlación Geológica *Miscelánea*. 14, 100-182. Tucumán.

- Moussy, V.M. de 1860 Description géographique et statistique de la Confédération Argentine. Tomo 1: 582 pp., 2: 671 pp, 3: 752 pp. París.
- Noriega, J., Candela, A., y Vucetich, M. 2006 Nuevos registros de roedores caviomorpha en la Formación Alvear (Plioceno, Entre Ríos). *Resúmenes Reunión Asociación Paleontológica Argentina*.
- Padula, E. 1972. Subsuelo de la Mesopotamia y regiones adyacentes. En Leanza, A. (Editor) Geología Regional Argentina. *Publicación de la Academia Nacional de Ciencias* 213- 235.
- Padula, E. y Mingramm, A. 1968 Estratigrafía, distribución y cuadro geotectónico-sedimentario del "Triásico" en el subsuelo de la llanura Chaco-Paranense. *Actas de las Terceras Jornadas Geológicas Argentinas*. 1, 291-331.
- Parker, G. 1990. Estratigrafía del Río de La Plata. *Revista de la Asociación Geológica Argentina* 45 (3-4) 193-204
- Pauly, A. 1925 La exploración de la laguna Iberá. *Anales de la Sociedad Científica Argentina*. 50.
- Paulipetro- Consorcio CESP/IPT. 1982 Geología da Bacia do Paraná: Reavaliação da potencialidade e prospectividade em hidrocarbonatos. Editora 228 pp. Ibla, Sao Paulo.
- Peel, E. y Preciozzi, F. 2006 Geochronologic Síntesis of the Piedra Alta terrane, Uruguay. *Actas Quinto Segundo Simposio Sudamericano de Geología Isotópica* 155-158, Punta del Este.
- Preciozzi, F.; Basei, M.; y Masquelin, H. 1999 New geochronologic data from the Piedra Alta Terrane (Río de la Plata Craton). *Actas Segundo Simposio Sudamericano de Geología Isotópica*. 341-344. Villa Carlos Paz.
- Pesce, A. 2000 La geotermia y su importancia en el desarrollo de las economías regionales. *Revista de la Asociación Argentina de Geólogos Economistas* 12: 28-34. Buenos Aires.
- Pesce, A. 2002 Thermal SPAS: An economical development alternative along both sides of the Uruguay River. *GHC Bulletin*. 22- 28.
- Pesce, A., Khachatryan, D., Miranda, F., Rivara, A. y Johanis, P. 2002. Proyecto termal Chajarí, Provincia de Entre Ríos, República Argentina. *Actas del 15º Congreso Geológico Argentino*, 2, 347-352. El Calafate.
- Pesce, A., Rivara, A., Miranda, F., y Khachatryan, D. 2002. Sistema Acuífero Guaraní: Una gran perspectiva de desarrollo geotérmico en el noreste de Argentina. *Actas del 15º Congreso Geológico Argentino*, 2, 353-358. El Calafate.
- Petersen, C. 1949. Informe sobre los trabajos de relevamiento geológico efectuados en Tierra del Fuego entre 1945 y 1948. Dirección General de Industria Minera. Informe Inédito. Buenos Aires.
- Pezzi, E. y Mozetic, M. 1989 Cuencas sedimentarias de la región Chaco-paranaense. En Chebli, G. y Spalletti, L. (Editores) Cuencas sedimentarias argentinas, *Serie Correlación Geológica* 6, 65-78. Tucumán.
- Podestá, F. 1901. *Ameghinotherium curuzucuatense*. En Guía General de la Provincia de Corrientes. Pp 25. Corrientes.
- Popelka, L.R. 1978. Descripción particular.-Optimización del proyecto hidroeléctrico. Primeras Jornadas del Paraná Medio. *Publicación especial de la Universidad Nacional del Litoral*. 39-74 Santa Fe.
- Puoysssegur, H. 1914-15. La laguna Iberá (provincia de Corrientes). *Anales de la Sociedad Científica Argentina*. 78/79.
- Preciozzi, F.; Basei, M. y Masquelin, H. 1999 New geochronological data from the Piedra Alta Terrane (Río de la Plata Craton). *South America Symposium Isotopic Geologia* 341/344 Córdoba.
- Putzer, H. 1962 Geologie von Paraguay. Beiträge zur Regionales Geologie der Erde, Gebrüder Borntraeger, 182 pp. Berlin.
- Ramos, V. Las Provincias Geológicas del territorio argentino. En. Caminos, R. Geología Argentina (Editor) *SEGEMAR, Anales* 29 (3), 41-96. Buenos Aires.
- Rebouças, A.C. 1976 Los recursos hídricos subterráneos de la Cuenca del Paraná. Tesis libre de docencia. Universidades de Sao Paulo. 143 pp. Sao Paulo.
- Reig, O. 1956. Posición de *Zygolestes paranensis* Ameghino y de *Zygolestes entrerrianus* Ameghino. Con una consideración de la edad y correlación del "Mesopotamiense". *Holmbergia. Revista del Centro de Estudiantes de Ciencias Naturales*, 5 (12-13), 223-225.
- Riggi, A. 1936. Datos geológicos sobre el Departamento Paso de los Libres (Corrientes). *Physis* 12: 153-160. Buenos Aires.

- Rohmeder, W. 1944. Argentinien: Eine landeskundliche Einführung. Ed. Beutelspacher.
- Roisenberg, A. y Viero, A.P. 2000 O vulcanismo Mesozoico da Bacia do Paraná no Rio Grande do Sul. En Holz, M. y De Ros, L. Geología do Rio Grande do Sul. Edição CIGO/UFRGS, 355-374. Porto Alegre.
- Rolleri, E. 1976. El Sistema de Santa Bárbara. *Actas del 6º Congreso Geológico Argentino*. 1, 240-255.
- Sanford, R. y Lange, F. 1960 Basin study approach to oil evaluation of Paraná miogeosyncline, South Brazil. *Bulletin of American Petroleum Geologist*. 44 (8): 1316-1370. Tulsa
- Santi, M. 2006. Hidrogeología de la zona arrocerá núcleo. En Díaz, E. et al (Ed.) El riego de arroz por perforaciones profundas. *Publicación de la Facultad de Ciencias Agropecuarias de la Universidad Nacional de Entre Ríos*. 15-18. Concepción del Uruguay.
- Scartascini, G. 1957 Ubicación geológica de la selenita de Entre Ríos. *Revista Industria Minera*. 16 (1).
- Scartascini, G. 1959 El banco calcáreo organógeno de Paraná. Comunicaciones del Museo Argentino de Ciencias Naturales e Instituto Nacional de Investigación de las Ciencias Naturales. Ciencias Geológicas. 1: 16, 3-12. Buenos Aires.
- Scherer, C., Faccini, U. y Lavina E. 2000. Arcabouço estratigráfico do Mesozóico da Bacia do Paraná. En Holz, M. y De Ros, L. Geología do Rio Grande do Sul. Edição CIGO/UFRGS, 335-354 Porto Alegre.
- Schmid, J., Navarini, B., Barrionuevo, L. y Fuschini, M. 1963 Informe sobre los depósitos de hierro de Misiones. Dirección de Fabricaciones Militares. Informe 258. inédito.
- Schobbenhaus, C., Campos, D. Derze, G. y Asmus, H. 1984 Geología do Brasil. Publicación del Departamento Nacional de Produção Mineral. Edición Comemorativa da Cinquentenario. 55 pp. Brasília.
- Secretaría de Recursos Hídricos.- DIGID. 1973. Estudios de base del Río Alto Paraná. Informe del Grupo de Trabajo Alto Parná y Afluentes Misioneros. 26 planos. Informe inédito.
- SEGEMAR, 2006. Regiones Míneras: NEA. www.segemar.gov.ar
- Sial, A. N; Ferreira, V. P; Toselli, A. J; Parada, M. A; Aceñolaza, F. G; Pimentel, M. M y Alonso, R. N. 2001. Carbon and Oxygen Isotope compositions of some Upper Cretaceous-Paleocene Sequences in Argentina and Chile. *International Geology Review*. Vol.43: 1-19.
- Silva Busso, A. 1999 Contribución al conocimiento geológico e hidrogeológico del Acuífero Termal de la Cuenca Chacoparanense oriental, Argentina. Tesis doctoral Facultad de Ciencias Exactas y Naturales UBA, inédita.
- Silva Busso, A. y Fernández Garrasino, C. 2004. Presencia de las formaciones Piramboia y Botucatu (Triásico-Jurásico) en el subsuelo oriental de la provincia de Entre Ríos. *Revista de la Asociación Geológica Argentina* 59:1, 141-151. Buenos Aires.
- Sobral, J.M. 1921 Memoria de la Dirección General de Minas, Geología e Hidrogeología.- Año 1921. *Anales del Ministerio de Agricultura de la Nación* 16 (2) 144 pp.
- Sprechmann, P; Aceñolaza, F; Gaucher, C.; Nogueira, A.C. y Pérez, M.I. 1999 Transgresión paranense: Paleocostuario o Brazo del Tethys, del Mioceno medio y/o superior en Sudamérica. Actas del 9º Congreso Latinoamericano de Geología. Versión en CD-Room.
- Stappenbeck, R. 1914 Resultados geológicos de algunas perforaciones hechas en las provincias orientales de la República Argentina. *Anales del Ministerio de Agricultura. Sección Geología y Minería* 14 (4). Buenos Aires
- Stappenbeck, R. Geologie und Grundwasserkunde der Pampa. Stuttgart
- Stelzner, A. 1876 Beitrage zur Geologie und Palaontologie
- Stöckli, F; Daperña, C.; y Stöckli, M.2006 El Pozo termal Villaguay-1, Provincia de Entre Ríos, Argentina. *8º Congreso Latinoamericano de Hidrología Subterránea*. CD-Romm. Asunción del Paraguay.
- Storni, J. 1917. Mapa agrológico de la provincia de Corrientes (Escala 1:1.000.000). Litografía Corrientes.
- Stewart, K., Turner, S. Kelley, Hawesworth, C. Kirsten, J. y Mantovani, M. 1996 3D Ar40/Ar38 Geochronology in the Paraná Continental flood basalt province. *Earth and Planetary Science Letters*. 143: 95-109.
- Tapia, A. 1935. Pilcomayo. Contribución al conocimiento de las llanuras argentinas. *Boletín de la Dirección de Minas y Geología*. 40. 124 pp.
- Tasi, H. y Bourband, J. 1990 Provincia de Entre Ríos. En : INTA Atlas de Suelos de la República

- Argentina, 1, 595-640.
- Tchilingurian, P. Cavallaro, S., Ducos, E., Fratalocchi, C., Marengo, H., Palma, Y., Tejado, A., Tobio, M., Toloczkycki, M. y Portaneri, J. Estudio geocientífico aplicado al ordenamiento territorial. San Ignacio, provincia de Misiones. Escala 1:35.000. *Anales Segemar* 43. 97 pp. Buenos Aires.
- Tofalo, O.R. 1986. Caracterización sedimentológica y estratigrafía de las formaciones Puerto Yeruá y Arroyo Avalos. Provincias de Entre Ríos y Corrientes. Facultad de Ciencias Exactas y Naturales, Universidad de Buenos Aires tesis doctoral 1968. 346 pp. inédita.
- Tofalo, O. R. Petrología de las secuencias continentales del Cretácico superior de la provincia de Entre Ríos, Argentina. *Actas 1 Congreso Uruguayo de Geología* 167.171
- Tofalo, O. R. y Pazos, 2002 Caracterización de calcretes de la Formación Puerto yeruá -Cretácico- en base a su micromorfología. *Ass Revista*. 9: 2, 127-134. Buenos Aires.
- Toledo, M. 2005 Secuencias pleistocenas "Lujanense" en su sección tipo: Primeras dataciones C14 e implicancias estratigráficas, arqueológicas e Históricas, Luján-Jáuregui, provincia de Buenos Aires. *Revista de la Asociación Geológica Argentina* 60 (2), 417-424.
- Tomas, J.; Valenti, R., Duarte, O., Graizaro, S. y Sione, H. 1999 Aptitud del Agua subterránea con destino a riego en sectores de los departamentos Paraná, Diamante y Nogoyá de la provincia de Entre Ríos. *Serie Correlación Geológica* 13, 279-286.
- Tonni, E. 1987. *Stegomastodon platensis* y la antigüedad de la Formación El Palmar en el departamento Colón, Entre Ríos. *Ameghiniana* 24 (3-4), 323-324.
- Tonni, E. 2004 Faunas y Clima en el Cuaternario de la Mesopotamia Argentina. En Aceñolaza, F. Temas de la Biodiversidad del Litoral Fluvial Argentino , *Miscelánea INSUGEO* 12: 31-38.
- Tricart, J. 1973 Geomorfología de la Pampa deprimida. Colección Científica. Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria. 12: 1-202.
- Tujchsneider, O. 2000 Sistemas hidrogeológicos en áreas de llanura: Cuenca inferior de los Saladillos, provincia de Santa Fé. Tesis doctoral Facultad de Ciencias Naturales e Instituto Miguel Lillo de la Universidad Nacional de Tucumán. 2 tomos. Tucumán.
- Ubilla, M. 2004. La Formación Fray Bentos (Oligoceno tardío) y los mamíferos más antiguos de Uruguay.. En Veroslavsky *et al.* Cuencas sedimentarias de Uruguay- Cenozoico 4, 83-104. Montevideo.
- Uhart, P. 1910. Exploración y estudio de la laguna Iberá. *Anales de la Sociedad Científica Argentina*. 70. Buenos Aires
- Viggiano, E.; Orfeo, O. y Medina, E. 1988 Yacimientos lateríticos en la provincia de Corrientes (República Argentina). *Actas 6 Panel de Geología del Litoral y 1ra Reunión de Geología del Uruguay*, 59-61. Salto.
- Violante, R. y Parker, G. 1999 Historia evolutiva del Río de la Plata durante el Cenozoico superior. *Actas 15º Congreso Geológico Argentino*. 1: 504-507.
- Von Huene, F. 1929. Los Saurisquios y ornitisquios del Cretácico argentino. *Anales del Museo de La Plata* 3, 196 pp.
- Von Ihering, H. 1907 Les mollusques fossiles du Tertiaire et du Crétacé Supérieur de L'Argentine. *Anales del Museo Nacional de Buenos Aires*, 14. Ser 3ra. 1-611. Buenos Aires.
- Washburne, C. 1930 Petroleum Geology of the state of Sao Paulo. *Boletim Comissao Geográfica e Geológica do Estado do Sao Paulo*. 22 pp. Sao Paulo.
- White, I.C. 1908. Relatorio final da Comissao de Estudos da Minas de Carvao de Pedra do Brasil. Relatorio sobre "Coal Mesures" e rochas asociadas do Sul do Brasil, Parte I Geología. 300 pp.
- Yoshida, R. y Gama, E. 1982. Geología da Bacia da Paraná. Reavaliação da potencialidades e prospesividades em hidrocarbonatos. *Publicação Instituto de pesquisas Tecnológicas da Estado de Sao Paulo*. 1-17. Sao Paulo
- Yrigoyen, M. 1975. Geología del Subsuelo y Plataforma Continental. En Angelelli et al. Geología de la provincia de Buenos Aires. *Relatorio del 6º Congreso Geológico Argentino*. 139-168. Bahía Blanca.
- Zabert, L. y Herbst, R. 1977 Revisión de la microfauna miocena de la Formación Paraná entre Victoria y Villa Urquiza, provincia de Entre Ríos, con algunas consideraciones estratigráficas. *FACENA* 1: 131-164 . Corrientes.
- Zalán, P., Mendonça Astolfi, M., Wolf, S. Vieira, I, Conceição, J. de J., Api, V., Marques. A. y Zanutto, O. 1990. Bacia do Paraná. En: Pederneiras Raja Gabaglia, G. y Milani, E. (Coordinadores)

- Origim e Evolucao de Bacias sedimentares. Pp. 135-138. Petrobrás. Río de Janeiro
- Zambrano, J.J. 1971 Las cuencas sedimentarias en la plataforma continental argentina. Petrotécnica. *Revista de Instituto Argentino del Petróleo*. 21 (4), 26-37.
- Zambrano, J.J. 1974. Cuencas sedimentarias en el subsuelo de la provincia de Buenos Aires y zonas adyacentes. *Revista de la Asociación Geológica Argentina*. 29:4, 443-469. Buenos Aires.
- Zuccol, A.; Brea, M.; Lutz, A. y Anzotegui, L. 2004 Aportes al conocimiento de la paleobiodiversidad del Cenozoico superior del litoral argentino: Estudios paleoflorísticos. En Aceñolaza, F. (Coordinador) *Miscelánea INSUGEO* 12: 91-102.

