

FORMACIÓN MANGRULLO (CUENCA NORTE, URUGUAY): ESTRATIGRAFIA Y RECURSOS MINERALES ASOCIADOS***MANGRULLO FORMATION (NORTH BASIN, URUGUAY): STRATIGRAPHY AND ASSOCIATED MINERAL RESOURCES.*****Héctor de Santa Ana**

Facultad de Ciencias, INGEPA. E-mail: hdsa@fcien.edu.uy

ANCAP. E-mail: hdesantaana@ancap.com.uy

Luciano Gutierrez

Facultad de Ciencias, INGEPA

ANCAP. E-mail: lgutierrez@ancap.com.uy

RESUMEN

El presente trabajo aborda la estratigrafía de la Formación Mangrullo, unidad de edad pérmica que se desarrolla en la Cuenca Norte, en los departamentos de Rivera, Tacuarembó y Cerro Largo. Asimismo, se analizan las principales variables económicas de la formación a partir de estudios exploratorios de superficie y subsuperficie originados en la campaña de evaluación de los esquistos bituminosos. A su vez, los resultados presentados poseen una importante significación paleogeológica, paleogeográfica y paleoambiental en el marco evolutivo de la cuenca.

Palabras clave: estratigrafía, Formación Mangrullo, pérmica, esquistos bituminosos, cuenca.

ABSTRACT

This work deals with the stratigraphy of the Mangrullo Formation. This Formation is a Permian age unit and it belongs to the Norte Basin, northern of Uruguay (Departamentos de Rivera, Tacuarembó y Cerro Largo). Likewise, essential economic variables from this Formation were analysed based on the exploratory assessments of surface and subsurface, which came out in the evaluation of oil shale's. Finally, the results obtained in this work are remarkably important because of their contribution in palaeogeologic, palaeogeographic and palaeo-environmental signification within evolutionary the framework of the Norte Basin.

Keywords: stratigraphy, Mangrullo Formation, Permian, oil shale's, basin.

INTRODUCCIÓN

En este trabajo se describen las características estratigráficas de la Formación Mangrullo y la importancia económica relacionada con el potencial oleogénico y resultados del contenido de azufre de las capas pirobituminosas.

La zona de estudio se localiza en la Cuenca Norte, en la Subcuenca Este, abarcando parte de los departamentos de Cerro Largo, Tacuarembó y Rivera. Incluye todas las áreas aflorantes y subaflorantes donde se desarrolla la Formación Mangrullo (Figura 1).

La base de datos utilizada para la elaboración de este trabajo resulta del levantamiento geológico a escala 1:20.000 y el análisis estratigráfico y químico de casi 16.500 muestras de núcleos de unas 392

perforaciones mineras. De toda esta información de subsuelo, sólo se consideraron para este trabajo apenas 12 perforaciones distribuidas en todas las áreas exploratorias evaluadas oportunamente, de las cuales se han representado gráficamente 6 perfiles tipo. (Figura 2 a, b, c).

Los primeros antecedentes sobre la existencia de estas sedimentitas lo constituyen los trabajos de Mastrandier (1915), Walther (1923), Falconer (1931 y 1937), Rey Vercesi (1933), Schroeder (1935) y Caorsi *et al.* (1957 y 1958).

Este conjunto sedimentario fue definido como unidad litoestratigráfica formal por Bossi (1966), siguiendo un adecuado y hasta hoy correcto criterio de

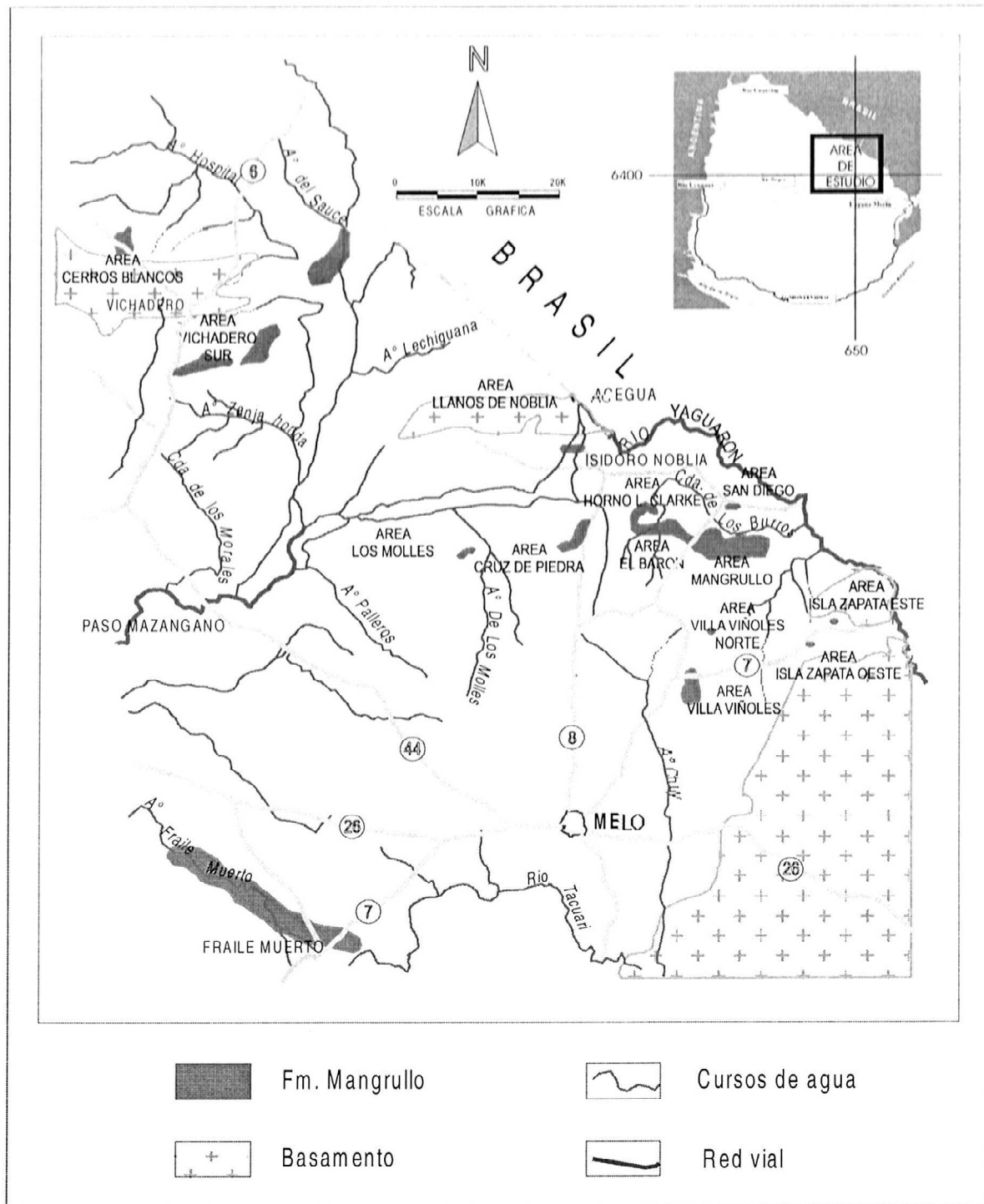


Figura 1. Croquis geológico de la Formación Mangrullo y áreas de interés económico.

caracterización litológica y de correlación con la Formación Itatí en la Cuenca de Paraná en Brasil.

Posteriormente, Elizalde *et al.* (1970) estudian la unidad en el segmento Aceguá (sector 30) sin poder llegar a definir sus linderos estratigráficos y su identidad cartográfica. Por su parte Mackinnon *et al.*, redefine a la Formación Mangrullo con el apoyo de una importante base de datos de pozos.

Bossi *et al.* (1975), integran a las Formaciones Fraile

Muerto, Mangrullo y Paso Aguiar en una única unidad litoestratigráficamente informal. Ferrando y Andreis (1986 y 1990) redefinen a la Formación Melo como un conjunto litológico presumiblemente constituido por las Formaciones Paso Aguiar, Mangrullo, Fraile Muerto y similares del Miembro Superior de la Formación San Gregorio.

En cambio Santa Ana (1989), Santa Ana *et al.* (1993) y Santa Ana & Ucha (1994), vuelven a redefinir a las Formaciones Fraile Muerto,

Mangrullo y Paso Aguiar como unidades litoestratigráficas formales independientes del conjunto faciológico distal (Miembro Superior) de la Formación San Gregorio.

DESCRIPCION DE LA FORMACION MANGRULLO

Áreas aflorantes y subaflorantes

El desarrollo de la Formación Mangrullo ha sido establecido en toda la subcuenca Este y controlado con información de superficie y abundante información y datos de subsuelo.

Los escasos y discontinuos afloramientos de esta

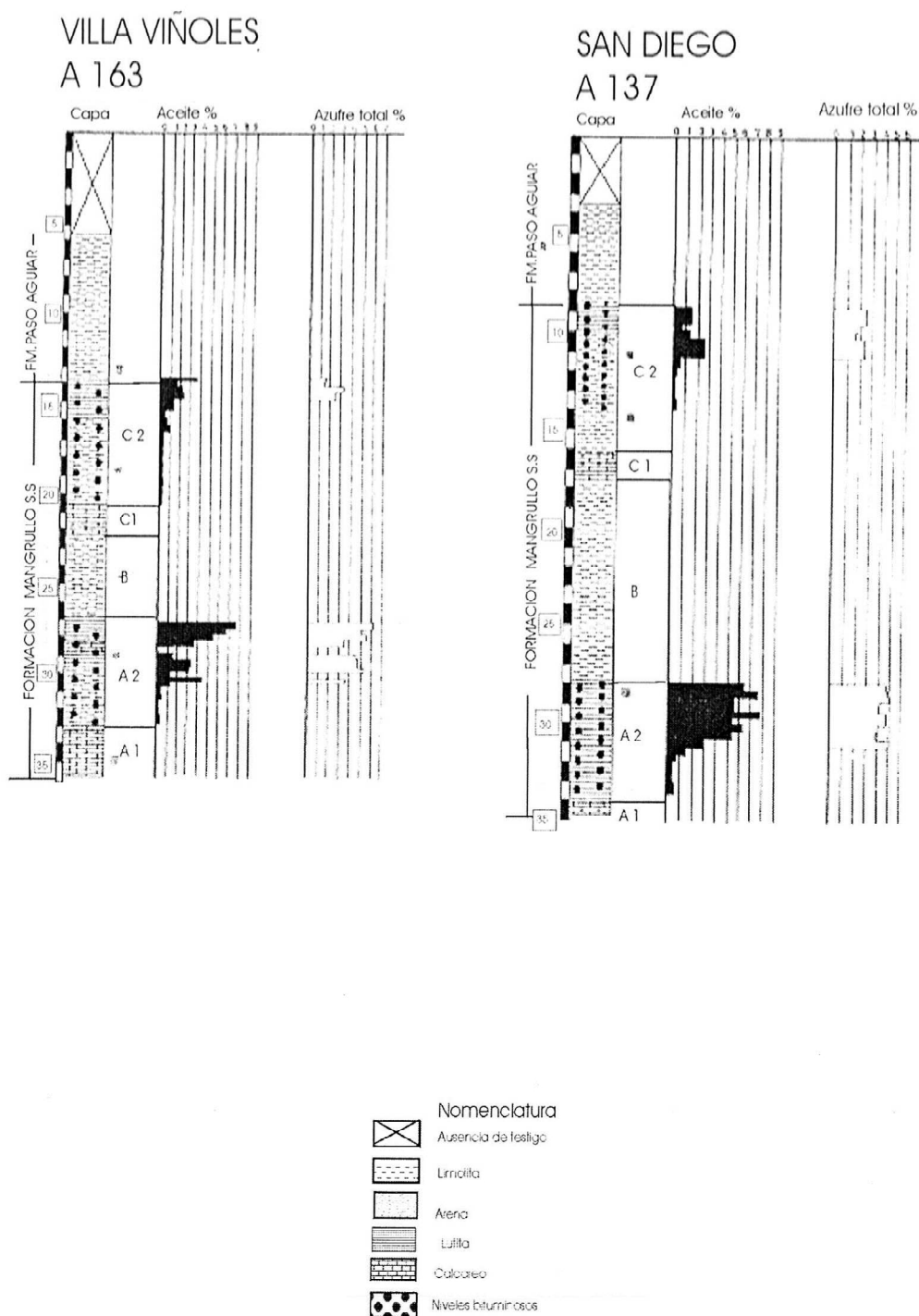


Figura 2A. Perfiles de pozos de la Fm. Mangrullo en las áreas de estudio.

Figure 2A. Boreholes crosscut sections of the Mangrullo Fm. in the studied areas

unidad litoestratigráfica en esta región de la cuenca, generaron una gran dificultad en el mapeo cartográfico, en la caracterización litológica y en la definición de límites estratigráficos. Elizalde *et al.* (1970), Ferrando *et al.* (1989), Ferrando y Andreis (1986 y 1990).

La existencia de fallas normales con rechazos variables ha generado áreas aflorantes discontinuas. Por otro lado la exposición de las sedimentitas está fuertemente

enmascarada por el importante desarrollo de cobertura edáfica en éste región de la cuenca. De ésta forma, los afloramientos aparecen sólo en los bordes de fallas y en los cauces de los cursos de agua. La Formación Mangrullo se desarrolla predominantemente en el sector este de la Cuenca de Paraná en Uruguay. (Santa Ana 1989). Esta unidad, se expone en el Arroyo La Mina en el

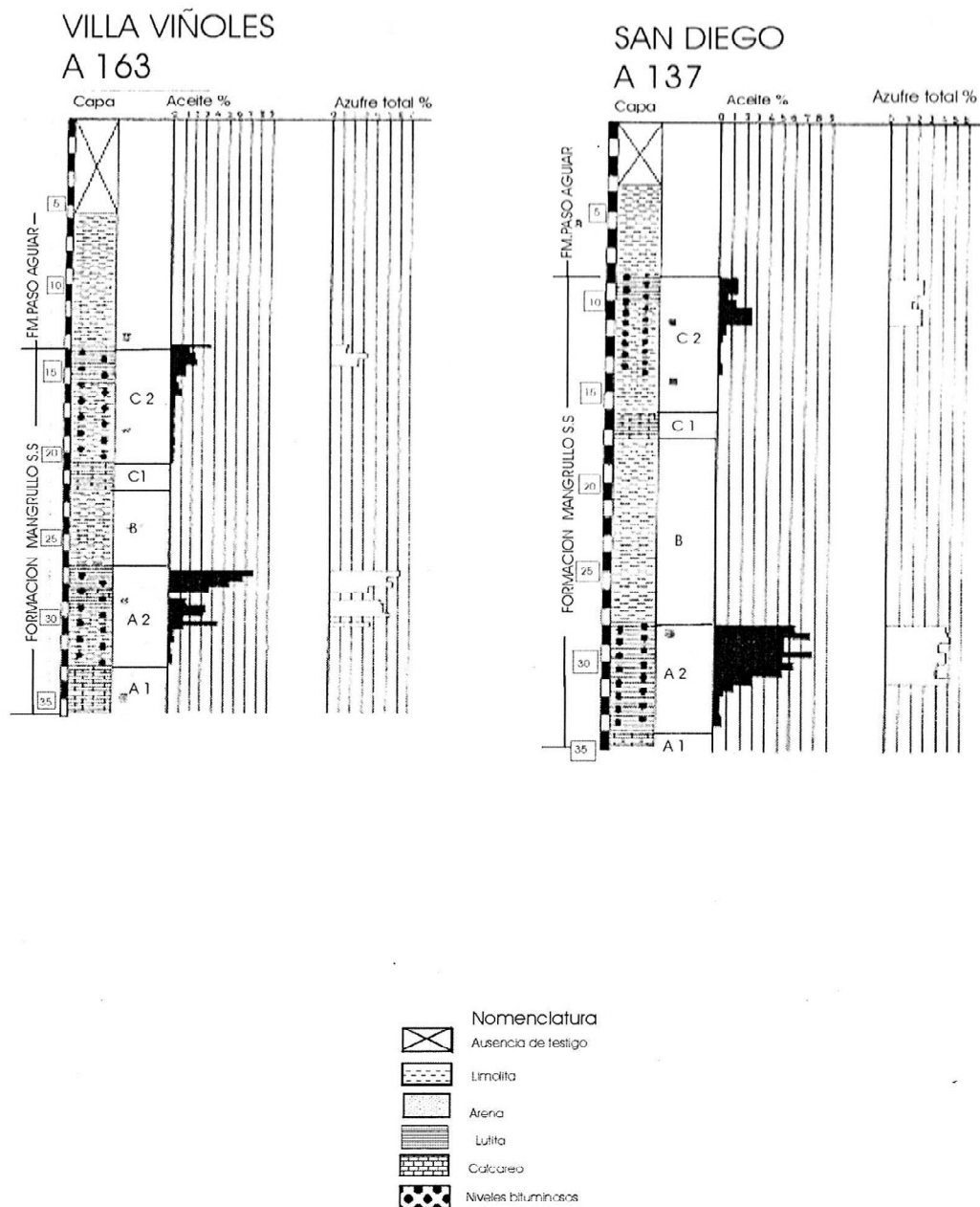


Figura 2B. Perfiles de pozos de la Fm. Mangrullo en las áreas de estudio.

Figure 2B. Boreholes crosscut sections of the Mangrullo Fm in the studied areas.

departamento de Cerro Largo lindando con la correlacionable Formación Iratí en el sector brasileño de la cuenca. Las sedimentitas calcáreas y bituminosas vuelven a aflorar al sur de la localidad de San Diego con un fuerte buzamiento estructural hacia el NO. (Figura 1).

La Formación Mangrullo alcanza la mayor área de desarrollo a unos 8 km del pueblo homónimo donde se localiza uno de los yacimientos de lutitas

pirobituminosas de mayor importancia en el país. En las inmediaciones del yacimiento Mangrullo- El Barón, se han hallado relictos aflorantes en el lecho de la cañada de los Burros. En la margen izquierda de la cañada del Rodeo del Barón, en el límite oeste del yacimiento, se expone la mejor sección de las capas superiores superiores de esta unidad. Si bien en esta exposición la Formación Mangrullo está bien individualizada, se considera que la sección y área

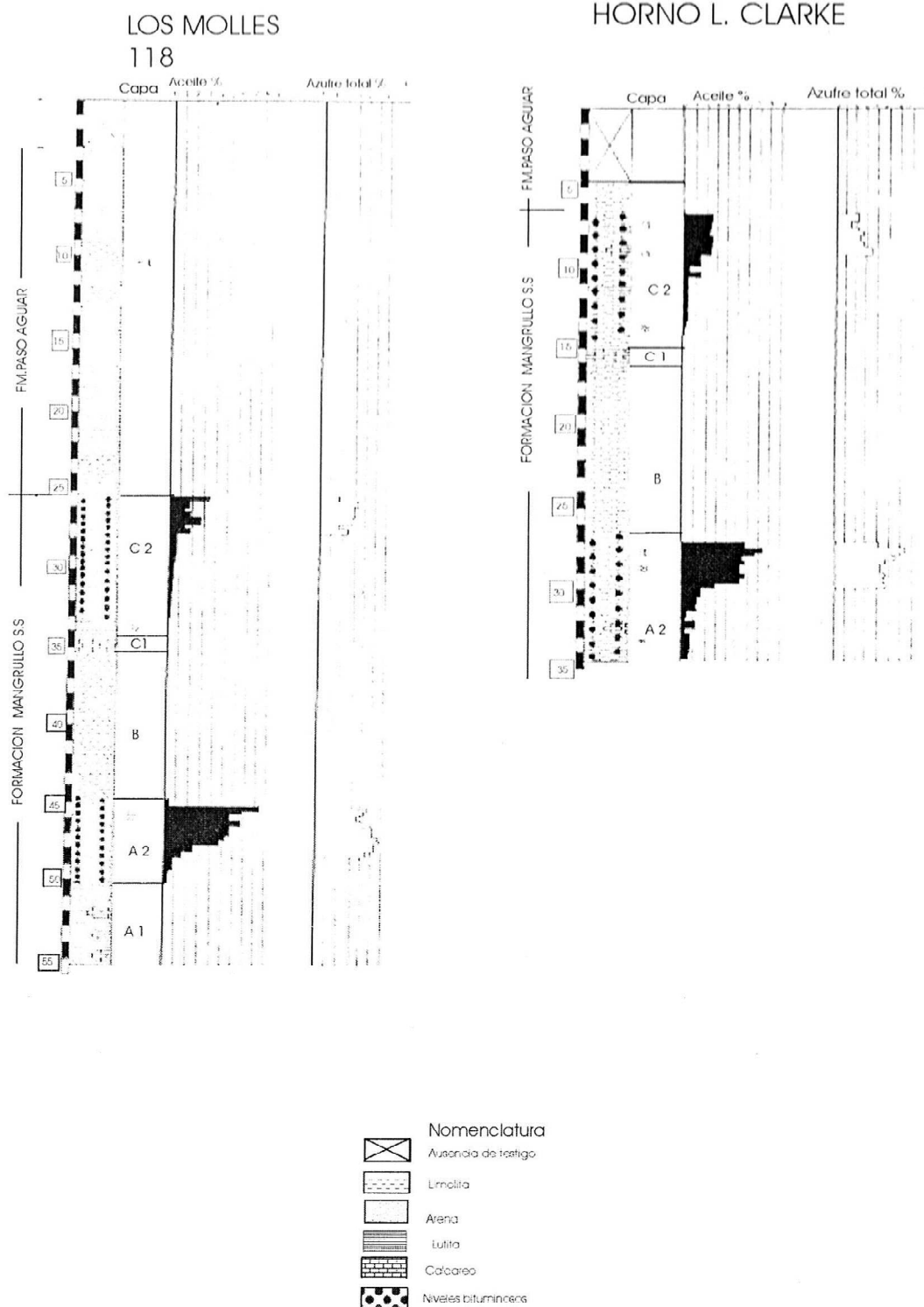


Figura 2C. Perfiles de pozos de la Fm. Mangrullo en las áreas de estudio.

Figure 2C. Boreholes crosscut sections of the Mangrullo Fm. in the studied area

tipo están mejor representadas en los pozos con testigo corona continua del yacimiento homónimo. Hacia el sur de la cuenca, esta unidad vuelve a aflorar 1 km al este de Villa Viñoles (fig. 1) en el lecho de una cañada; esta pequeña área aflorante de dirección N-S queda limitada estructuralmente con la Formación Yaguarí por fallas de más de 100 m de rechazo.

Una extensa zona se localiza al sur del área de

estudio en el valle del arroyo Fraile Muerto y Yaguarí donde los depósitos de la Formación Mangrullo se presentan térmicamente afectados por la influencia de diques de diabasas de edad mesozoica.

En el Departamento de Rivera la unidad se extiende al Norte, Sur y Este de la isla cristalina evidenciándose límites netamente erosivos. Las expresiones al Norte del macizo cristalino, ocurren en la falda de los Cerros Blancos con afloramientos

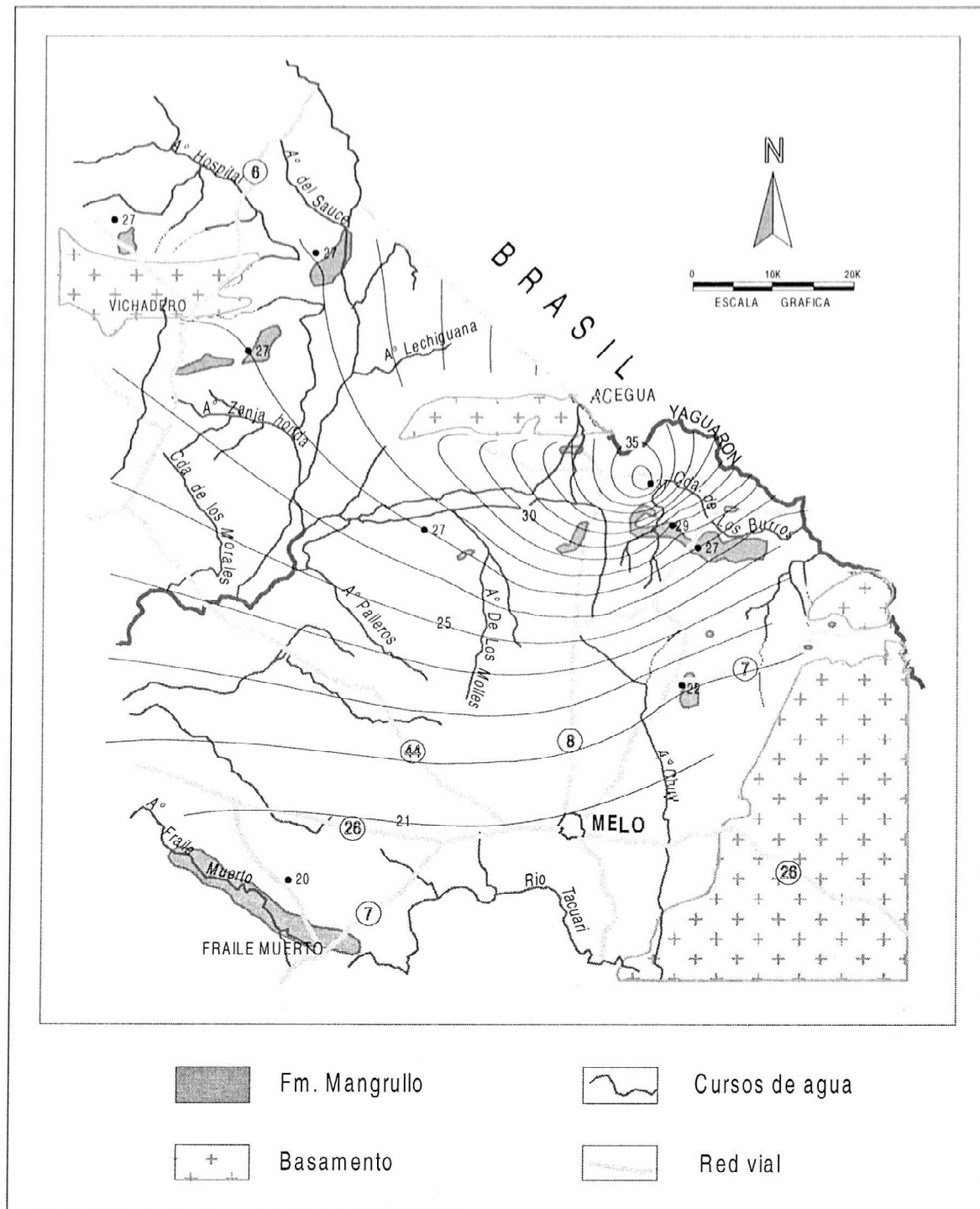


Figura 3. Mapa isopáquico de la Formación Mangrullo. (en metros)

Figure 3. Isopach map of the Mangrullo formation (meters)

en las cañadas próximas y sobre la ruta 27.

Las áreas aflorantes al sur de la isla de Viechadero (fig. 1) se desarrollan con una dirección E-O, desde el arroyo Coronilla, hasta la barra del arroyo Hospital con el Río Negro en las proximidades de la «picada del contrabando» donde las capas dolomíticas y pirobituminosas afloran en el lecho del río.

Descripción de la Formación Mangrullo.

La Formación Mangrullo esta constituida por una asociación de calcilutitas, calcáreos dolomíticos, lutitas pirobituminosas y pelitas grises a negras micáceas. Difiere de las unidades supra e infrastantes por la elevada proporción de materia orgánica y por la presencia de precipitados químicos asociados a material clástico fino. La Formación Mangrullo es muy homogénea regionalmente, tanto en sus características mineralógicas como químicas. En el área de estudios, se tiene un espesor máximo de 36m y medio de 28 m mostrando una marcada tendencia a la reducción de su potencia en dirección al sur de la Subcuenca Este (Figura 3). Sus mayores espesores se encuentran en las inmediaciones de Isidoro Noblía (fig.2 a) mientras que el en área del Arroyo Fraile Muerto llega tan solo a los 20 m. La Formación Mangrullo, *sensu stricto* definida en éste trabajo, se caracteriza por un definido ordenamiento vertical, que queda representado por el desarrollo del siguiente ciclo:

capa		Lito logía
C	C2	lutita pirobituminosa (1a)
	C1	Calcilutita y calizas dolomíticas
B		Pelitas grises y negras micáceas
A	A2	Lutitas pirobituminosas (2a)
	A1	Calcilutitas y calizas dolomíticas

Los límites entre las capas pelíticas grises micáceas y las calizas dolomíticas suprayacentes son netos mientras que los repetitivos contactos entre calcilutitas y lutitas pirobituminosas son transicionales y constituyen ritmitas calcilutitas/lutita de importante espesor.

Un aspecto significativo referido a esta unidad litoestratigráfica y a su ciclicidad es la continuidad en toda la Cuenca del Paraná. Se asume aquí que el desarrollo de la Formación Mangrullo es sincrónico con el de la Formación Iratí en Brasil,

por lo que se la considera como un cronohorizonte gufa y de correlación a escala de toda la cuenca.

Calcilutitas y calizas dolomíticas

Las capas A1 y C1 están compuestas predominantemente por calcilutitas, calizas dolomíticas y láminas lutíticas pirobituminosas y esmectíticas.

El espesor total de las capas A1 y C1 varía de 5 a 9 metros en los diferentes sectores del área estudiada.

Los contactos con las capas bituminosas A2 y C2 son marcadamente transicionales con intercalaciones rítmicas milimétricas a decimétricas de calcilutitas y lutitas pirobituminosas en una relación 2:1 (capa A1) y 3:1 (capa C1).

Los niveles transicionales, en algunos casos de importante espesor relativo, se incluyen estratigráficamente en las capas definidas como A1 y C1.

Los términos calcáreos magnesianos a dolomíticos son de color gris claro, presentan laminación plano paralela, a veces con estructuras tipo hummocky, y en algunos casos, en contacto con los niveles pirobituminosos se observan ondas de oscilación. Son también comunes nódulos silíceos (achatados en el plano de estratificación), recubiertos de pirita, calcita y con estructuras de sobrecarga y/o pliegues sinsedimentarios.

El carácter rítmico centimétrico y milimétrico es común en la zona de transición.

Las capas de calizas dolomíticas puras pueden presentar brechas intraformacionales producto de erosión o por grietas de sinéresis. Es muy común la presencia de estructuras de disolución tipo estilolítico, y geodas tapizadas por calcita.

Estas capas, meteorizadas como comúnmente se encuentran en superficie, originan materiales arcillosos de disolución muy adhesivos con tonalidades amarillentas.

En general, estas calizas son impuras con valores medios de 50% de carbonato total.

En estas capas se han localizado restos de reptiles (presumiblemente *Mesosaurus brasiliensis*) y crustáceos tentativamente atribuibles a los géneros *Paulocaris* y *Pigaspis*.

Las exposiciones de estas litologías fueron ubicadas en la margen derecha de la cañada del Rodeo del Barón sobre el dique de una represa; en la Cañada de los Burros; y 2 km al Este por el camino que une San Diego con Paso de Melo en el Dpto. de Cerro Largo (fig. 1).

Lutitas pirobituminosas

Las sedimentitas de las capas C2 y A2 son lutitas pirobituminosas de color negro mate, finamente laminadas, adquiriendo un carácter fisil a papiráceo en los primeros estadios de meteorización. Los espesores totales de las capas A2 y C2 varían entre 2 y 6 metros (fig. 2 a, b, c y fig. 4).

Son rocas ricas en materia orgánica de tipo I, amorfogénica, finamente dividida. Esta materia orgánica está constituida por macromoléculas de kerógeno, que sometida a procesos de pirólisis generan hidrocarburos gaseosos y aceite o petróleo pesado.

La alternancia y ritmicidad de niveles oscuros pirobituminosas, calcilutíticos y esmectíticos de tonalidad verde muy claro, dan lugar a laminaciones y estratificaciones finas planas y ondulantes en las zonas transicionales.

Es común la presencia de restos de reptiles (*Mesosaurus brasiliensis*) bien conservados, así como palinomorfos de las especies *Lueckia sporites virkkiae*, *Staurosaccites quadrilobatus*, *Corisaccites alutas*, *Weilandites lucifer*, *Marsupipollenites striatus* entre otros, correspondientes al intervalo bioestratigráfico L2 de edad kazaniana según la Bioestratigrafía del Neopaleozoico de la Cuenca de Paraná (Modificado de Daemon & Quadros, 1970)

Las características composicionales de la matriz arcillosa está constituida por esmectita e illita y se han identificado por espectrometría de rayos X. Sílice 65%, Fe_2O_3 10%, Al_2O_3 15%, CaO 2%, MgO 2%, K_2O 3%, y Na_2O 2%.

En el yacimiento Mangrullo los valores medios de los elementos minoritarios en las capas A2 son los siguientes: Litio 37 ppm, Vanadio 100 ppm, Cromo 150 ppm, Manganeso 160 ppm y Níquel 50 ppm.

Los contenidos de carbono orgánico total (COT) de las capas A2 llegan a 13,5 % y la concentración de hidrógeno 2,17% con una relación H/C de 0,16. Por su parte, la concentración media total de azufre es de 5,36% con 0,97% sulfático, 3,7% pirítico y 0,69 orgánico.

Las exposiciones más interesantes han sido encontradas en la Cañada de los Burros (Horno Latham Clarke), Cañada del Rodeo del Barón, a 2 km. al NE de Villa Viñoles en la margen izquierda de una cañada sin nombre, en el curso alto de la cañada de la falda norte de los Cerros Blancos y en la «Picada del Contrabando» sobre el lecho del Río Negro.

Pelitas grises y negras micáceas

La unidad B está constituida litológicamente por limolitas y lutitas micáceas grises oscuras. Los colores primarios pueden pasar a tonalidades ocre, azules, verdes y amarillas. La fractura es concoide a subconcoide y con aspecto macizo, la laminación, cuando se esboza, es plano paralela; se pueden desarrollar calcos de carga y otras estructuras de deformación.

En las limolitas micáceas se intercalan niveles esmectíticos y también nódulos silíceos y piritosos. El material clástico detrítico en general es sericita, muscovita, biotita y clorita exhibiendo acentuada orientación planar, marcada por láminas que no sobrepasan los 0,5 mm. En estos agregados frecuentemente ocurren granos clásticos de cuarzo y feldespato de 0,2 a 0,6 mm que fluctúan en la matriz.

La potencia de esta capa varía de 10 a 15 metros. Su exposición completa se localiza en la margen izquierda de la cañada del Rodeo del Barón en la zona de los Cerro del Puma; también ha sido cartografiada en un camino vecinal a 6 km al NO del pueblo Mangrullo; 0,5 km al Este de Villa Viñoles sobre la Ruta 7 y a pocos kilómetros al norte de la isla cristalina de Rivera, sobre la ruta 27.

Comentarios generales

Como se muestra en los mapas de las figs. 1, 3 y 4, la información obtenida esencialmente de perforaciones mineras (figs. 2 a, 2 b, 2 c) permitió constatar la continuidad y regularidad estratigráfica de la Formación Mangrullo así como de sus capas de mayor interés económico. La tendencia al decrecimiento de los espesores de norte a sur muestra la localización del depocentro en el sector norte de la subcuenca, donde dominan litologías con alta concentración de materia orgánica y precipitados químicos que permiten inferir una baja tasa de sedimentación en condiciones de engolfamiento y restricción a la circulación vertical de las aguas.

Las islas cristalinas de Aceguá, Hospital y Vichadero-Minas de Corrales no actuaron como altos topográficos al momento de la acumulación de las capas pérmicas, sino el producto del levantamiento tectónico acaecido durante el Mesozoico (probablemente Jurásico-Cretácico) y que condujo a la denudación de las sedimentitas correspondientes a la Formación Mangrullo. La coincidencia entre los máximos espesores de la Formación Mangrullo (fig. 3) y de la capa

pirobituminosa A2 (fig. 4) con la localización del arco de Aceguá Hospital Vichadero no hace más ratificar lo anteriormente expuesto.

IMPORTANCIA ECONOMICA

La Formación Mangrullo ha sido motivo de investigación exploratoria con la finalidad de conocer el potencial de las capas pirobituminosas y de las reservas de aceite y azufre de la capa pirobituminosa A2.

Técnicas y procedimientos exploratorios

La investigación fue desarrollada a fines de la década de los 70 y, para tal fin, se realizaron actividades de campo, laboratorio y gabinete.

El relevamiento geológico de campo y la cartografía orientada a la selección de áreas de interés exploratorio presentó en su inicio algunas dificultades relacionadas con: la falta de criterios estratigráficos y geológicos para la separación de la unidad y por las intrusiones de diques diabásicos en las áreas Fraile Muerto y Yaguarí que generaron la pirólisis *in situ* de los niveles pirobituminosos.

Posteriormente a partir de perforaciones pioneras y de estudios, se pudo constatar los límites estructurales de las zonas aflorantes y sub aflorantes de las capas prospectadas que limitaban la resolución cartográfica exploratoria, y la selección de áreas sin actividad intrusiva intrasedimentaria.

A partir de estas actividades geológicas preliminares, se definieron 7 áreas de interés exploratorio en Cerro Largo: Mangrullo-Horno-Baron, Cruz de Piedra, San Diego, Llanos de Noblía, Los Molles; y Villa Viñoles Norte-Isla Zapata-Sierra de Ríos. Una extensa área localizada en Fraile Muerto-Cuchilla Pereira-Yaguarí fue descartada al no presentar interés prospectivo.

En el Dpto. de Rivera fueron seleccionadas las áreas: Cerros Blancos y Hospital Vichadero-Rio Negro -Bañado de Aceguá.

En las áreas definidas se localizaron 392 pozos en general en mallas de 500x500, con un total acumulado de aprox. 16.463 m. de perforación con testigos corona continuo, con recuperación del 85 % global y 90% en la capa pirobituminosa A2. Los testigos obtenidos fueron descritos en boca de pozo en donde se definía el tope y la base de los niveles pirobituminosos objeto de futuros muestreos y análisis.

Esta información se trasladaba al Laboratorio del Centro de Investigaciones Tecnológicas de ANCAP, donde se procedía a realizar el tratamiento preliminar de las muestras y los diversos análisis

sistemáticos de valoración aceite y azufre contenido en las capas oleígenas.

El rendimiento de aceite fue realizado por el método de retortaje Fischer modificado que consiste esencialmente en una destilación seca por calentamiento programado hasta una temperatura de 500° C. Se obtiene por condensación de los productos de pirólisis el aceite combustible o petróleo pesado y agua de retortaje.

El contenido de azufre también fue realizado en forma sistemática en todas las capas bituminosas de todos los núcleos de los pozos perforados. La determinación fue realizada por medio de un equipo automático LECO, que consiste en una combustión por calentamiento inductivo en corriente de oxígeno. En el laboratorio, también fueron definidas las técnicas de corte ya que para la estimación de reservas es necesario trabajar con espesores útiles y valores medios de las propiedades respecto a estos espesores. Se consideran espesores útiles aquellos que serían explotables en una etapa industrial.

El porcentaje mínimo en rendimiento en aceite aceptable depende entre otros factores de las variables económicas y del proceso en sí.

Como en el inicio de la exploración no fue posible definir cual o cuales serían los procesos considerados para una futura exploración fue necesario basarse solamente en consideraciones energéticas para establecer el rendimiento mínimo. La capacidad calorífica de las rocas pirobituminosas se estima en 0.5 cal. /g.°C y el poder calórico del kerógeno en 10.000 cal/g.

Para el calentamiento hasta la temperatura de pirólisis serían necesarios 250cal/g. Esta cantidad podría ser generada por la combustión de la materia orgánica como tal, en el caso de una combustión directa, o de la combustión de algunos productos de retortaje en el caso de una pirólisis.

En caso de una combustión directa, considerando el poder calorífico del kerógeno se requiere un contenido del COT del 2.5 %. Considerando que solo el 50 % de la materia orgánica puede convertirse en aceite, con una fuente del 2.5 % de materia orgánica se obtendría en un ensayo Fischer 1.25 % de líquidos combustibles.

Este límite de 2.5 % de COT es el valor de corte considerado para una combustión directa.

Si en cambio se utilizan las rocas oleígenas para la generación de aceite por pirólisis, este producto representa alrededor del 50% en peso de la materia orgánica, distribuyéndose el resto en gases combustibles y carbono residual.

Para lograr el calentamiento a partir de la combustión de los gases y del residuo carbonoso sin consumir aceite, se requiere un contenido mínimo

de COT de 5 %, o sea, el doble del anterior, la cual rinde en el ensayo Fischer 2.5 %.

Se toma pues este valor como límite mínimo de rendimiento que hace posible la utilización del esquisto para el retortaje (figs. 2 a, 2 b, 2c).

Una vez determinados los espesores útiles (superior a 1.25 % o 2.5 %) se establecieron los valores medios de las capas pirobituminosas en cada pozo y éstos fueron representados en mapas de isotenor de aceite (Figura 5).

A partir de los datos resultantes de las isópacas de la capa pirobituminosa A2 con corte a 2.5 % (Figura 4) y de la curva de isotenor (Figura 5) y tomando la densidad aparente de la roca y del aceite se llegó a evaluar la reserva de aceite en barriles por cada área o yacimiento explorado (Tabla I).

Los yacimientos Mangrullo-Horno-Baron-San Diego y Hospital-Vichadero- Río Negro- Bañado de Aceguá-Cerros Blancos son donde se localizan las mayores reservas, con casi 100×10^6 barriles en

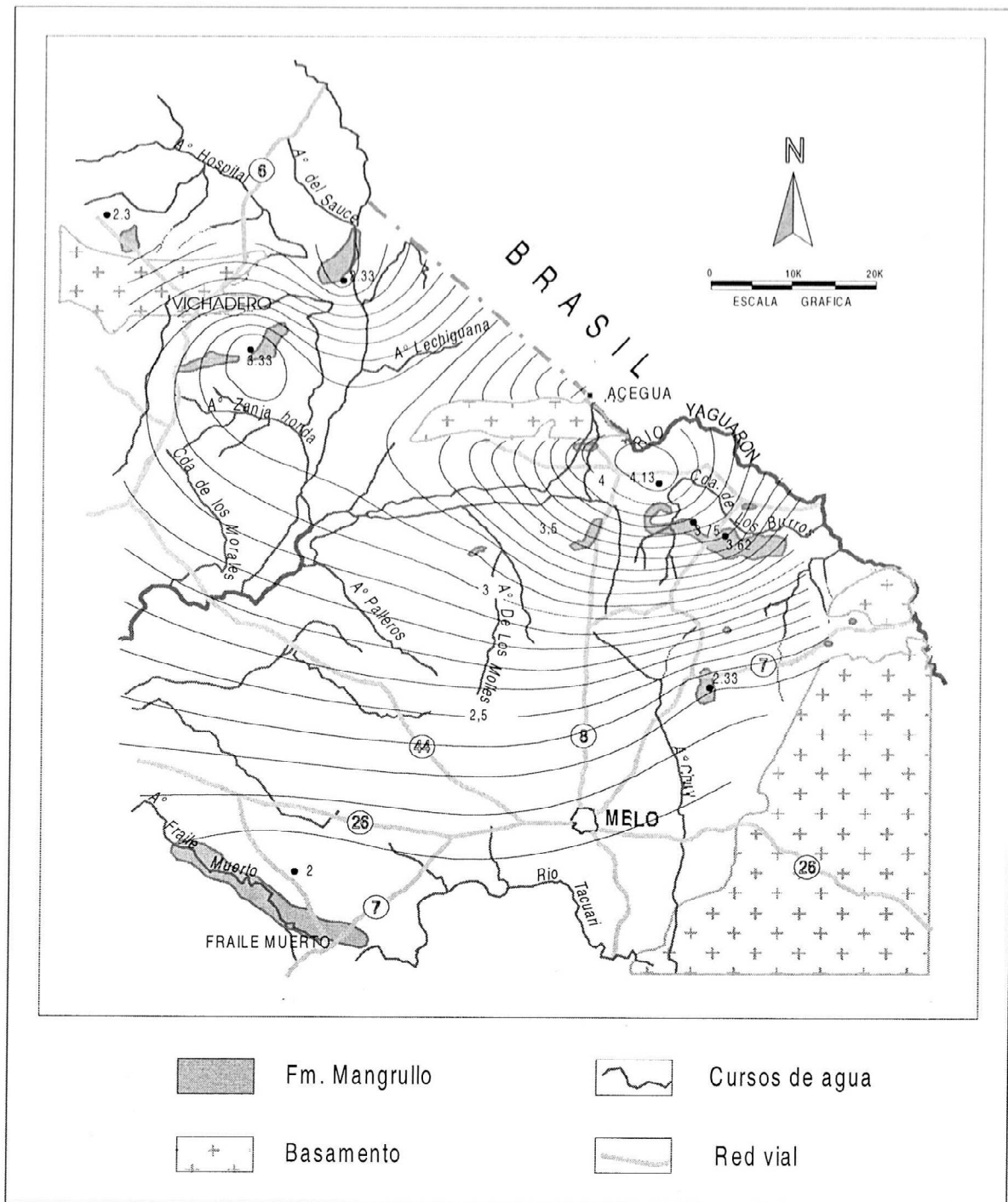


Figura 4. Mapa isopáquico de la capa pirobituminosa A2. Con corte a 2,5% de aceite (en metros)

Figure 4. Isopachs map for the pyrobituminous layer A2. With cutting at 2,5% of oil. (in meters)

cada área con coberturas menores a 50 m. El volumen total acumulado de todos los yacimientos de la subcuenca Este asciende a unos 277×10^6 barriles de aceite. Las reservas de azufre también fueron evaluadas en la capa pirobituminosa A2 con volúmenes mayores a 10×10^6 toneladas en cada uno de los yacimientos principales antes citados y más de 30×10^6 toneladas en todas las áreas evaluadas de la cuenca.

El desarrollo minero e industrial de las lutitas pirobituminosas reviste actualmente importantes

limitaciones relacionadas con el costo tecnológico y operativo de los procesos de pirólisis a escala piloto e industrial y los problemas ambientales relacionados con los gases, agua y sólidos producto del retortaje.

CONCLUSIONES

La Formación Mangrullo ha sido cartografiada a escala 1:20.000 a partir de datos geológicos de superficie con apoyo de perforaciones mineras (Figura 1)

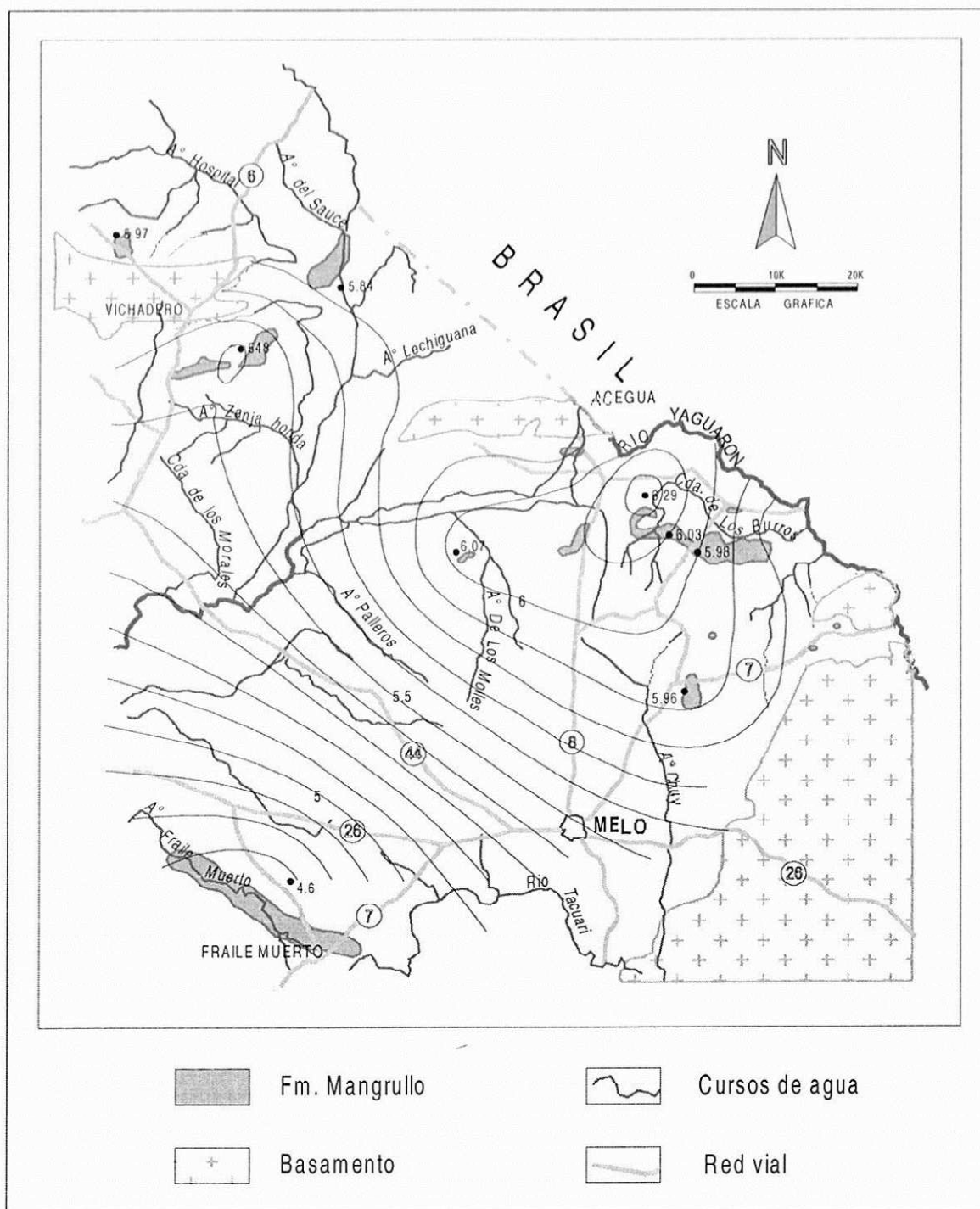


Figura 5 . Mapa de isótopos de aceite de la capa A2 con corte a 2,5% de aceite (en %)

Figure 5 . Isotopors map of oil for the layer A2, with cut 2,5%

Esta unidad litoestratigráfica se presenta en todo el sector este de la Cuenca Norte, con clara identidad de los términos litológicos así como ordenamiento y límites estratigráficos (Figs. 2 a, 2 b, 2 c).

El desarrollo de esta unidad alcanza su máximo espesor en el depocentro Noblia (Figura 3). Los registros sedimentarios en ésta área subsidente al Permo-Triásico, fueron afectados por una tectónica, Juro-Cretácica, que dio lugar a la denudación de las sedimentitas de edad kazariana, con respuesta al levantamiento del Arco de Aceguá-Hospital-Vichadero. (FIG. 3). Los niveles pirobituminosos y calcilitíficos de la Formación Mangrullo se correlacionan con los de la Formación Iratí en los estados de Río Grande, Santa Catarina y Paraná, en Brasil, marcando el estadio de máximo

engolfamiento y restricción de la cuenca.

Las capas oleígenas y calcáreas de la Formación Mangrullo e Iratí son el mayor horizonte gifa lito, bio y cronoestratigráfico de la Cuenca de Paraná. En la capa pirobituminosa A2 de mayor riqueza, se han cuantificado reservas probadas de aceite y de azufre con un total de 276.602.907 barriles y 30.981.320 toneladas de azufre. (Tabla I).

Su eventual desarrollo se ve actualmente condicionado por aspectos tecnológicos, económicos particularmente relacionado con los costos tecnológicos, de producción y de restauración ambiental.

VOLUMEN DE BARRILES DE PETROLEO IN SITU *				
Areas	CERRO LARGO		RIVERA	
	Mangrullo Horno Baron San Diego	Llanos de Noblia Los Molles Cruz de Piedra	V.Viñoles Isla Zapata	Cerros Blancos Hospital Vichadero
Barriles	92.984.751	48.593.665	25.269.921	109.754.570
Total				276.602.907
*Evaluacion realizada en la capa A2, con corte a 2,5 % de aceite y coberturas menores a 50 mts.				

TONELADAS DE AZUFRE IN SITU *				
Areas	CERRO LARGO		RIVERA	
	Mangrullo Horno Baron San Diego	Llanos de Noblia Los Molles Cruz de Piedra	V.Viñoles Isla Zapata	Cerros Blancos Hospital Vichadero
TONELADAS	10.762.473	2.915.881	5.643.422	11.659.544
Total				30.981.320
*Evaluacion realizada en la capa A2 con corte a 2,5 % de aceite y coberturas menores a 50 mts..				

Tabla I. Resumen de datos de la evaluación económica.

Table I. Abstract of the economic evaluation data.

AGRADECIMIENTOS

A G. Veroslavsky por su visión crítica en la corrección del trabajo.

A S. González por su permanente asistencia técnica.

A A. Beri por el aporte de datos precisos.

BIBLIOGRAFÍA

- BOSSI, J. 1966. *Geología del Uruguay*. Col. Ciencias .2: Univ. República, Montevideo. 1-469.
- BOSSI, J.L. A.FERRANDO, A. N. FERNANDEZ, G. ELIZALDE, H. MORALES, J. J. LEDESMA, E. CARBALLO, E. MEDINA, I. FORD y J. R. MONTAÑA. 1975. *Carta geológica del Uruguay. Escala 1:1000.000*. Dir. De Suelos y Fertilizantes, M.A.P., Montevideo. 32p.
- CAORSI, J. H. (Dir.). 1957. *Mapa geológico de la República Oriental del Uruguay. Escala 1:500.000*. Inst. Geol. Uruguay, Montevideo.
- CAORSI, J. H. Y J. C. GOÑI. 1958. Geología uruguaya. *Bol. Inst. Geol. Uruguay*, 37:1-73, figs. 1-41, 1 mapa. Montevideo.
- DAEMON, R. F. & QUADROS, L.P. 1970. *Bioestratigrafía do neopaleozóico da Bacia do Paraná*. In: *Congresso Brasileiro de Geologia, 24, Brasília, 1970. Anais. Brasília, SBG. P.359-412 il.*
- ELIZALDE, G., W. EUGUI, J. J. VERDESIO, M. STAPFF y J. TELECHEA. 1970. *Carta geológica del Uruguay. Escala 1:1.000.000. 3 Segmento Aceguá, sector XXX*. figs. 1-58, 1 mapa. Depto. Publis. Univ. De la República. Montevideo. 126 p.
- FALCONER, J. D. 1931a. Memoria explicativa del mapa geológico de la región sedimentaria del Departamento de Cerro Largo (Formación de Gondwana). *Bol. Inst. Geol. Perf.* 12:1-22, láms. Montevideo. 22p.
- FALCONER, J. D. 1937. La Formación de Gondwana en el Nordeste del Uruguay, con referencia especial a los terrenos eogondwánicos. *Bol. Inst. Geol. perf.*, 23b Montevideo. 122 p.
- FERRANDO, L. A., y ANDREIS, R. R., 1986. Nueva estratigrafía en el Gondwana de Uruguay. ARPEL, *Actas Congreso Latinoamericano de Hidrocarburos*. Buenos Aires. 1: 295-323.
- FERRANDO, L. A. y ANDREIS, R.R., 1990. Una nueva Localidad de la Formación Melo: Arroyo Seco (Dpto. de Rivera, Uruguay). *Litofacies e interpretación paleoambiental preliminar. Annual Meeting Group, Project 211- IUGS-UNESCO, Late Paleozoic of South America; Abstract. Buenos Aires*. 69-71.
- MACKINNON, J. 1967. Informe sobre la estratigrafía del Gondwana. *Gondwana Stratigraphy Symposium*: 973-983p.
- MACKINNON, J. SANTA ANA, H., PESSI, M., 1982. Contribución al conocimiento del Paleozoico Superior de la Cuenca del Paraná en el Uruguay. *Bol. N° 5 IUGS. UNESCO*. Mvdeo.
- MASTRANDER, R. 1915. *The mining industry in Uruguay. Engineering & Mining Jour.* 99 (11):. New York. 484 p.
- REY VERSECI, D. 1933. Terrenos gondwánicos del departamento de Rivera. Explicación del mapa geológico. *Bol. Inst. Geol. Perf.*, 20: Montevideo. 15 p.
- SANTA ANA, H. VEROSLAVSKY, G. & GONZÁLEZ, S., 1993. Geología de los sedimentos cretácicos de las cuencas del Uruguay. *Acta Geol. Leopoldensia*, 40: 140-143.
- SANTA ANA, H. VEROSLAVKY, G.; 1993. Cronoestratigrafía de las Secuencias Paleozoicas de la cuenca Norte Uruguay – 1 ° Simposio de Cronoestratigrafía de la Cuenca del Paraná UNESP-San Pablo Brasil-1993 p.p.41-43.
- SANTA ANA, H., UCHA, N., 1994. *Exploration perspectives and hydrocarbon potential of the uruguayan sedimentary basin Montevideo*. ANCAP, 98p.
- SANTA ANA, H., 1989. Consideraciones Tectónicas y deposicionales de la cuenca norte uruguaya. LXXI Reunion a nivel de expertos. Calgary, Alberta, Canadá. Junio de 1989.
- SCHROEDER, J., 1935. Rocas bituminosas y su explotación química (estudio de algunas muestras de Iratí procedentes del Departamento de Cerro Largo en la República Oriental del Uruguay y de las posibilidades de su aprovechamiento industrial). *Bol. Inst. Geol. Perf.* 22(1). Montevideo 256p.
- WALTHER, K., Estudios geomorfológicos y geológicos. Bases de la geografía física del país. *Rev. Inst. hist. Geogr.*, 3(1)XII. MONTEVIDEO. 348p.