

UNIVERSIDAD NACIONAL DEL NORDESTE

FACULTAD DE CIENCIAS EXACTAS FÍSICAS Y NATURALES Y AGRIMENSURA

CARRERA: AGRIMENSURA

DOCENTES:

Profesora Titular: Dra. Geog. Pilar Yolanda Serra – pilarserra@fibertel.com.ar

Jefe de Trabajos Prácticos: Agrimensor Juan Centurión – juanrcentu@hotmail.com

Auxiliares de Cátedra: Jessica Villaverde y Rubén Franco.

oooooooooooooooooooooooooooo

UNIDAD 2: PROCESOS ENDÓGENOS

- 1- Grandes unidades estructurales de la Argentina. Yacimientos mineros.
- 2- La cuenca sedimentaria del Paraná. Evolución. La estructura tabular y sus deformaciones. Heterogeneidad de los materiales rocosos. Procesos magmáticos en la cuenca.
- 3- Unidades litoestructurales de la región chaqueña y Corrientes. Yacimientos de rocas de aplicación en obras en las que el agrimensor puede participar.

1- Grandes unidades estructurales de la Argentina. Yacimientos mineros.

En el frente Pacífico de América del Sur, se ha formado la Cordillera de los Andes como consecuencia del encuentro entre la Placa Pacífica y la Placa Sudamericana. **Figura 1.**

Cuando hablamos de Plegamiento, nos referimos a un relieve que surge como consecuencia de la compresión ejercida por las placas entre sí, debido a la convergencia de las **corrientes de convección.**

En ese lugar se forma una depresión llamada **geosinclinal**, con tendencia al hundimiento progresivo debido a la **subducción**, debido a lo cual a veces queda por debajo del nivel del mar. A veces son depresiones complejas, compuestas por varios surcos cuya longitud es de miles de kilómetros. Allí se depositan estratos de sedimentos de origen marino y terrestre, durante la **1° fase llamada de depositación o acumulación.**

Durante la misma, la presión litostática de los sedimentos acumulados, más el esfuerzo del hundimiento, deforman cada vez más la depresión, que se hace más profunda (puede llegar a unos 15.000 m) y contiene cada vez más sedimentos. Ese esfuerzo produce la

tensión y **fallamiento** de las rocas, lo que se manifiesta con sismos cuyo foco puede encontrarse a profundidades variables.

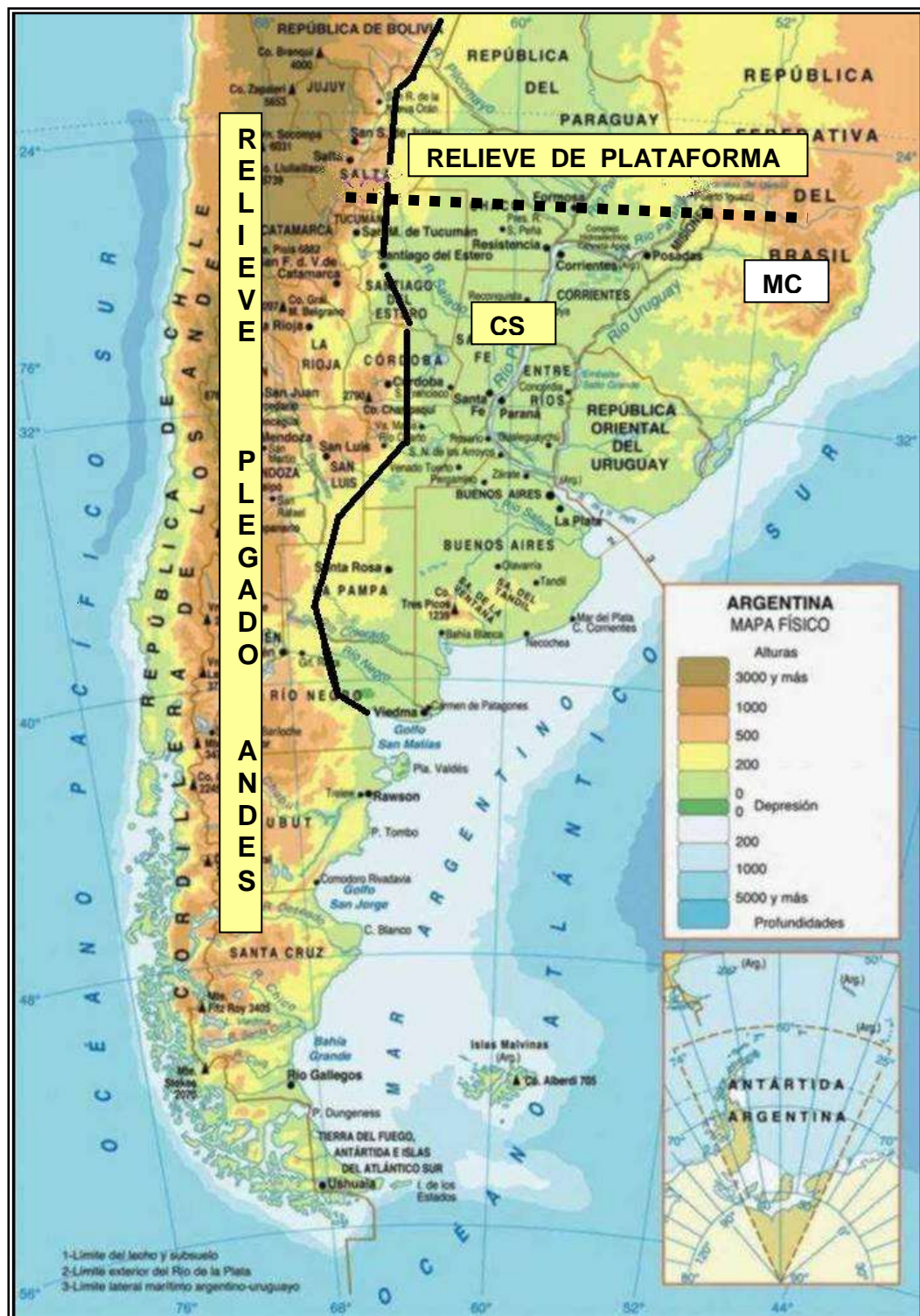


Figura 1

La presión también aumenta la temperatura en profundidad, debido a lo cual las rocas se funden y pasan al estado de magma. La combinación del calor y presión da lugar a la

formación de volcanes y de metamorfismo en profundidad.

En una **2º fase de levantamiento progresivo**, todo el conjunto rocoso se pliega dando lugar al surgimiento de un **RELIEVE PLEGADO** asociado a erupciones volcánicas, terremotos y a un crecimiento vertical del relieve que puede sobrepasar los 5.000 m de altura. Si el proceso se originó en una depresión compleja, en vez de un solo alineamiento montañoso, cordón o cordillera, se formarán varios ramales. **Figura 2**

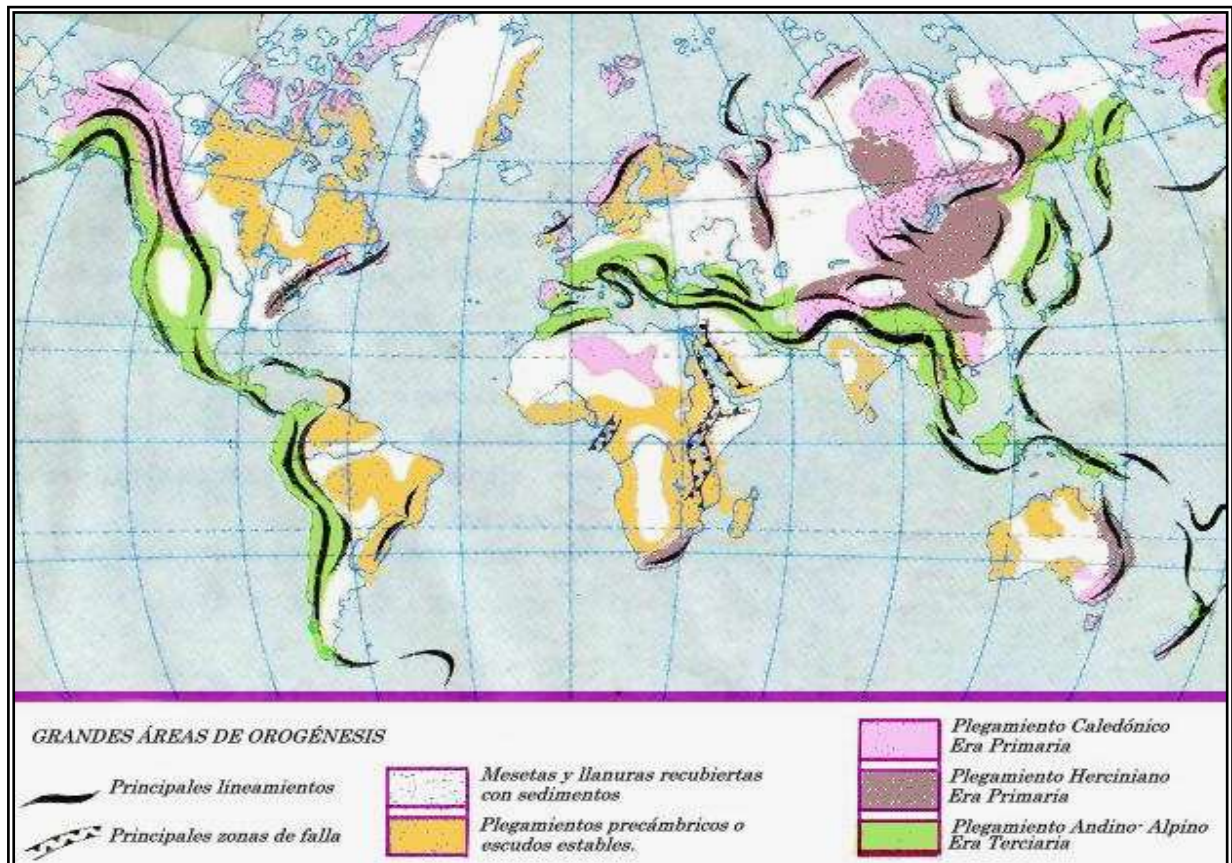


Figura 2: Verde con cordones en negro: Relieves Plegados; blanco con lila o amarillo: son relieves de plataforma donde todavía puede identificarse algunos cordones

En una 3º fase, de erosión o desmantelamiento, todo ese relieve que se eleva por encima del nivel del mar, es atacado por procesos de erosión (a partir del agua, el viento, los glaciares) los cuales van disminuyendo su altura y se van desmantelando los diversos tipos de rocas que antiguamente se habían sedimentado.

Luego de millones de años de evolución, se pierde la mayor parte de la cubierta sedimentaria y comienzan a aflorar las raíces del plegamiento o rocas más antiguas, las cuales, libres de la presión litostática, se elevan muy lentamente.

Surge así un nuevo estilo de deformación, no ya **plástico** sino **rígido**, donde las rocas ya no se pliegan sino que predominan las fallas: es el **RELIEVE DE PLATAFORMA**:

Erosión de un antiguo relieve plegado del cual quedan sólo las rocas más profundas que se deforman y rompen con un estilo rígido de fallas y bloques que ascienden y descienden de modo diferencial

En sus deformaciones pueden diferenciarse:

1- Áreas con tendencia al ascenso y por consiguiente, a la acentuación de los procesos de erosión y desmantelamiento del sustrato profundo, llamadas **MACIZOS CRISTALINOS**. Tienen poca o ninguna cobertura sedimentaria y están constituidas por rocas muy metamorfizadas.

2- Áreas con tendencia negativa o de descenso, predominancia del hundimiento y por consiguiente, a la acentuación de los procesos de sedimentación, son las llamadas **CUENCAS SEDIMENTARIAS**. Actualmente se considera que todo ocurre como un proceso de compensación isostática, frente al ascenso de los macizos cristalinos. **Figura 2.**

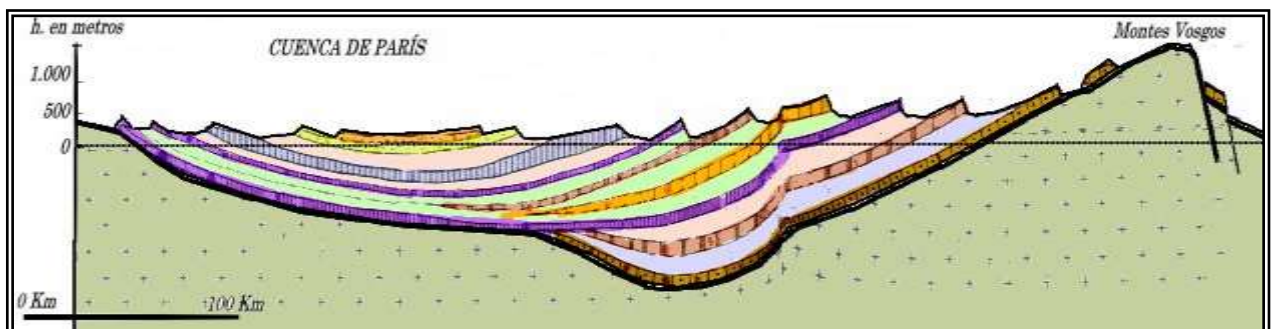


Figura 2: Esquema de una cuenca sedimentaria

Como indica el mapa de la **Figura 1** puede verse que parte del territorio asienta sobre el **RELIEVE PLEGADO** de los Andes y otra parte, sobre el **RELIEVE DE PLATAFORMA**. En particular, la región chaqueña asienta sobre una **Cuenca sedimentaria llamada del Paraná, (CS)** que hacia el este toma contacto con el **Macizo cristalino de Brasilia (MC)**. La referencia cromática permite ver que este último está topográficamente más alto.

A consecuencia los procesos geológicos indicados, se ha formado un sinnúmero de yacimientos de materiales de muy variado origen, que en el país están en grados diversos de explotación.

Mientras que el área cordillerana es minera por excelencia, la explotación del recurso responde a políticas locales y nacionales y se convierte en un fuerte aporte al PBI de las provincias que lo poseen.



Figura 3

El mapa de la **Figura 3** muestra la riqueza minera que provee el relieve plegado a diferencia de la cuenca sedimentaria en que asienta la región del NEA, que representa solo un 11% del total del país. La producción se concentra en el rubro Rocas de aplicación (93,3% del valor total regional), y en particular en la producción de arena para la construcción y áridos (Basalto, Canto Rodado, Triturados pétreos y bloques de lajas areniscas). Con respecto a los no metalíferos se puede mencionar la explotación de rocas de aplicación, yeso, toscas y arenas silíceas en la provincia de Entre Ríos y calcáreos en Corrientes.

En la provincia de Misiones desde hace años se extraen amatistas para las cuales en 2002 se inauguró planta de corte, pulido y facetado de piedras preciosas y semiprecio-

Por el contrario, en el área de relieve de plataforma, es notoria la sectorialización que es factible hacer entre las cuencas sedimentarias y los macizos cristalinos.

En las primeras, la secuencia litológica provee una cantidad de materiales de edad geológica muy variada, dispuestos en estratos de más fácil seguimiento que en los relieves plegados, y en cuya pila sedimentaria se pueden distinguir desde carbones de la era primaria hasta las arenas de los cursos fluviales actuales y desde mineral de hierro mesozoico hasta piedras preciosas precámbricas o depósitos petrolíferos.

En los macizos cristalinos, los procesos de metamorfismo también generan una oferta a partir de las rocas calizas, las eruptivas y las metamórficas.

sas encontradas en los basaltos de la zona de Wanda, ubicada en la localidad de Puerto Libertad. Se iniciaron trabajos de exploración a fin de seleccionar áreas potenciales para la explotación, que además comprende el estudio de minerales no metalíferos en las provincias de Corrientes, por parte de técnicos argentinos y alemanes.

EXPLOTACION DE PETROLEO EN FORMOSA

La perforación se inició el 17 de agosto de 1983, perforándose unos 500m por día para las capas superiores, y el resto a un promedio de 20 a 30m. por día. Se estimó llegar a una profundidad de 3.600m ya que un informe de YPF (Yacimientos Petrolíferos Fiscales) al Gobierno de la Provincia recibido el 1 de diciembre de 1983 determinó la existencia de petróleo a 3.000m de profundidad.

El 8 de diciembre es una fecha muy significativa para los formoseños ya que en la madrugada de ese día en el año 1983 en el Paraje Palmar Largo, afloró el petróleo. En ese momento el trépano alcanzaba 3822m de profundidad en el Pozo X-1. Hoy la Provincia de Formosa integra la cuenca petrolífera Norteña junto con la Provincia de Salta.

Los pozos actualmente en producción son:



- 8 pozos en Palmar Largo.
- 2 pozos en Cañada Rica.
- 2 pozos en el Chivil; con un total de 1.100 a 1.200 m³ por día.

Otros pozos son los de Campo Azul y Palmar X-16, Palmar X-17, además de los de Monte Rico, a 48 Km de Palmar Largo.

Figura 4: Tren petrolero desde Ing. Juárez a Formosa

El petróleo crudo obtenido se transporta en camiones tanques desde Palmar Largo hasta las playas de embarque del ferrocarril de Ingeniero Juárez, de desde donde a su vez es transportado a Campo Durán, Salta, donde se encuentran las grandes destilerías.

Se descubrió una nueva cuenca petrolífera de inusitadas proyecciones. El yacimiento se encuentra en la denominada Cuenca de Selva María a unos 10 Km del río Pilcomayo y a 55 Km de Palmar Largo, a la altura donde estuviera el asentamiento poblacional Puerto Irigoyen que fuera evacuado por las inundaciones, en un lugar prácticamente desierto. Esta nueva petrolera Pozo Palmar Largo X-18 en la región denominada "El Surubí".

También se llamó a licitación para explorar la denominadas "Cuenca Noreste Paranaense" en la zona petrolífera de Laguna Yema, Las Lomitas, Pozo del Tigre, Lugones, Teuco, Comandante Fontana, Pirané y Formosa, las que abarcan una extensión de 57.400 Km² sobre un total de 72.066 Km² de la Provincia.

Figura 5: Planta de almacenamiento de petróleo en Formosa



ANEXO 1

Resumen: T-055

UNIVERSIDAD NACIONAL DEL NORDESTE

Comunicaciones Científicas y Tecnológicas 2005

Casali, Ricardo² - Torra, Roberto³ - Caravaca, María A.¹

1) Departamento de Físico-Química, 3) Centro de Geociencias. Facultad de Ingeniería.

2) Departamento de Física. Facultad de Ciencias Exactas, Naturales y Agrimensura. UNNE.

E-mails: mac@ing.unne.edu.ar , rac@exa.unne.edu.ar , roberto torra@arnet.com.ar

INTRODUCCIÓN

(el texto a sido reducido a efectos de simplificar su uso por parte de los alumnos).

La región NEA posee una gran variedad y calidad de extensos afloramientos de rocas volcánicas del tipo de derrames (coladas lávicas) de basaltos ... Estas rocas hicieron efusión en la superficie terrestre hace aproximadamente 130-140 Ma., durante el período Cretácico inferior y medio, ... y cubrieron amplias áreas del proto-continente de Sudamérica cuando comenzó la separación de Gondwana... Pueden encontrarse intercaladas con capas de areniscas cuarcíticas ... (interestratificadas) lo que indica diferentes de estadios de efusión y desertificación con sedimentación eólica... y... por lo general presentan un metamorfismo de contacto térmico...

Los principales yacimientos o afloramientos en explotación de estas capas de rocas basálticas presentan arquitectura regional tabular horizontal a subhorizontal. En algunos casos puntuales y/o locales... las condiciones estructurales pueden variar ligeramente como en la meseta central de Mercedes y Cruzú Cuatiá donde algunas estructuras de capas de basaltos aparecen inclinadas con una disposición de tipo cómica (Popolizio 1972).

Las capas de basaltos se disponen de manera superpuesta alcanzando en algunos lugares de Brasil más de 1.000 metros de espesor... [aflorar en Misiones y en la región chaqueña encontrarse a más de 2.00 m de profundidad] ... En el ámbito de los yacimientos ... del NEA pueden citarse... el yacimiento de Jofré (Mercedes, Corrientes) y el estudiado en nuestro caso, denominado Cementera El Arco (Ituzaingó), sito a pocos kilómetros de la represa de Yaciretá y próximo al lími-

te con la Provincia de Misiones (27° 25' 04" - 56° 02' 09").

Los áridos obtenidos a partir de la explotación de estas capas basálticas fueron empleados en la construcción de la represa Yaciretá y del puente interprovincial Gral. Manuel Belgrano, ambas obras de ingeniería civil construidas sobre el valle fluvial del río Paraná. La explotación tradicional de estas rocas se lleva a cabo por medio de "rajos" a cielo abierto, previo destape y limpieza de las capas superficiales de suelos y regolitas... los cuales pueden variar en espesor de uno a tres metros (Torra, 1997).



Figura 6: Corte de camino en basaltos (misiones)

Unidad 2: Procesos endógenos

2. La cuenca sedimentaria del Paraná. Evolución. La estructura tabular y sus deformaciones. Heterogeneidad de los materiales rocosos. Procesos magmáticos en

la cuenca.

La cuenca Sedimentaria del Paraná (1.500.000 Km² de Sudamérica) ha definido sus características incesantemente desde el Período Paleozoico (Era Primaria). Entre ellas se pueden destacar:

- ❖ Una tendencia tectónica a la subsidencia, o negativa, con algunas fluctuaciones o inversiones temporarias. Actualmente se considera que todo ocurre como un proceso de compensación isostática, frente al ascenso de los macizos cristalinos.
- ❖ Las condiciones de hundimiento favorecieron la depositación de sedimentos provenientes de las áreas más elevada de los macizos cristalinos periféricos y la presión litostática favoreció la deformación de la cubeta inicial y una mayor presión sobre las rocas del fondo.

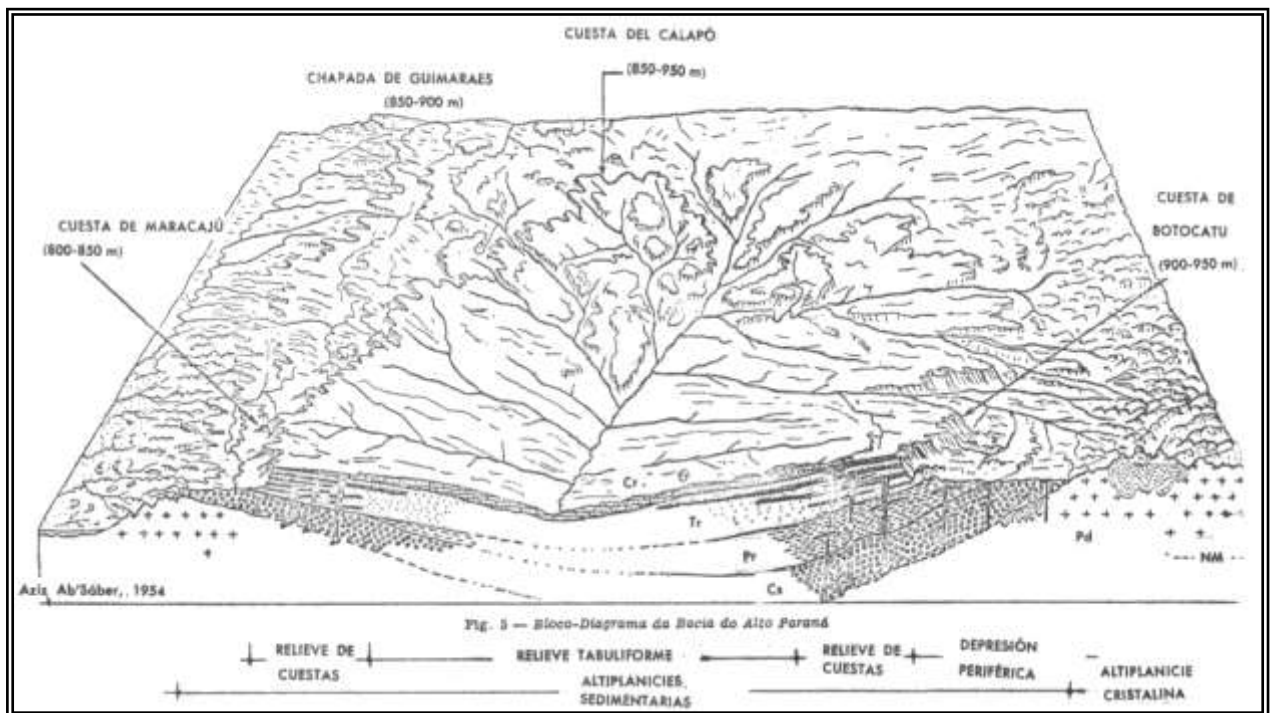
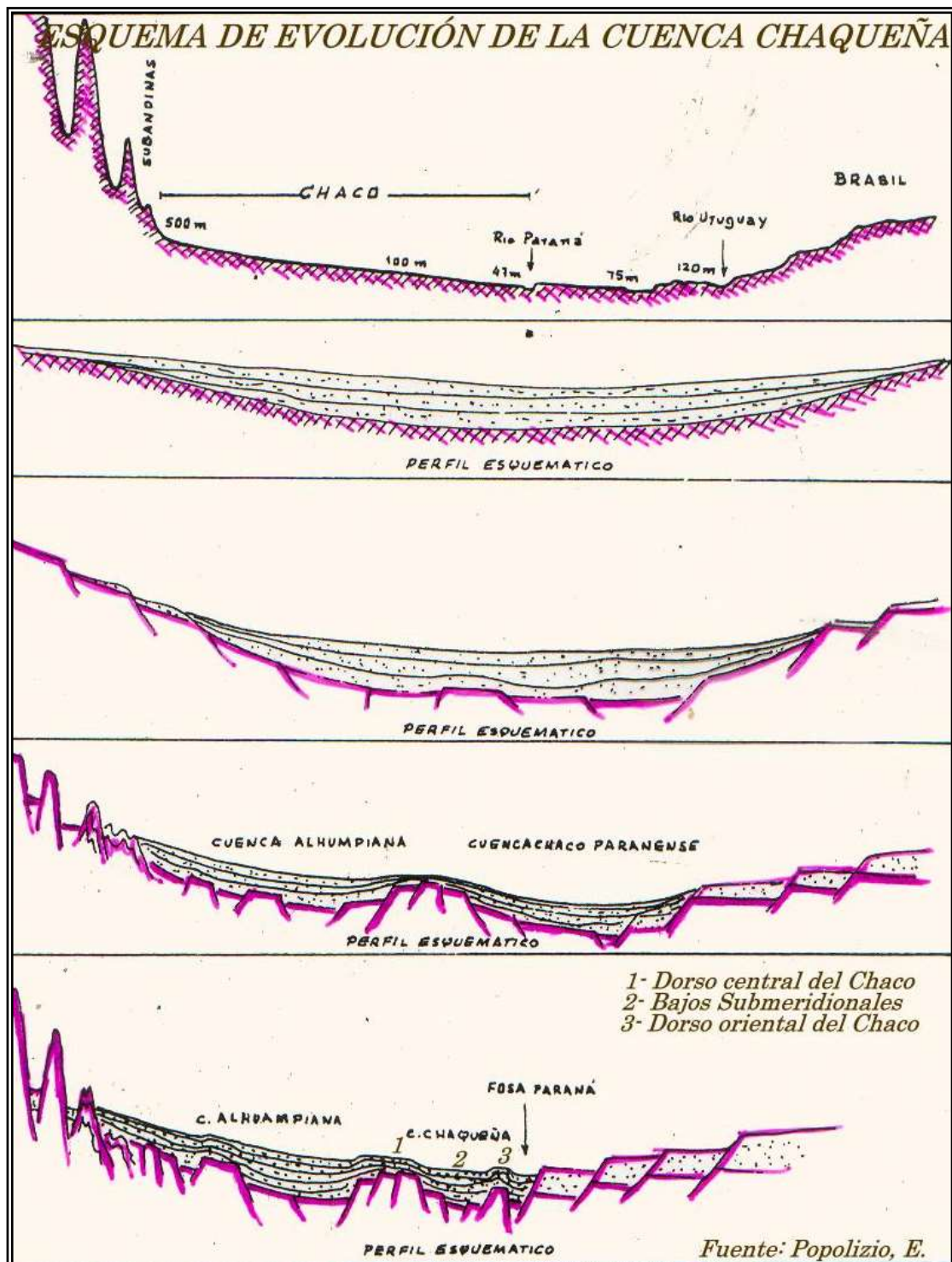


Figura 7 Esquema Geológico de la cuenca del Paraná

- ❖ El hundimiento no es continuo, ni generalizado, ni homogéneo en toda la cuenca. Generalmente existe un área más hundida, que comanda el gradiente topográfico regional y que es conocida como “centro de subsidencia” aunque que no siempre es



central. Este centro no permanece fijo y sus migraciones cambia el espesor de los sedimentos acumulados y las características de los bordes. **Figuras 7 y 8.**

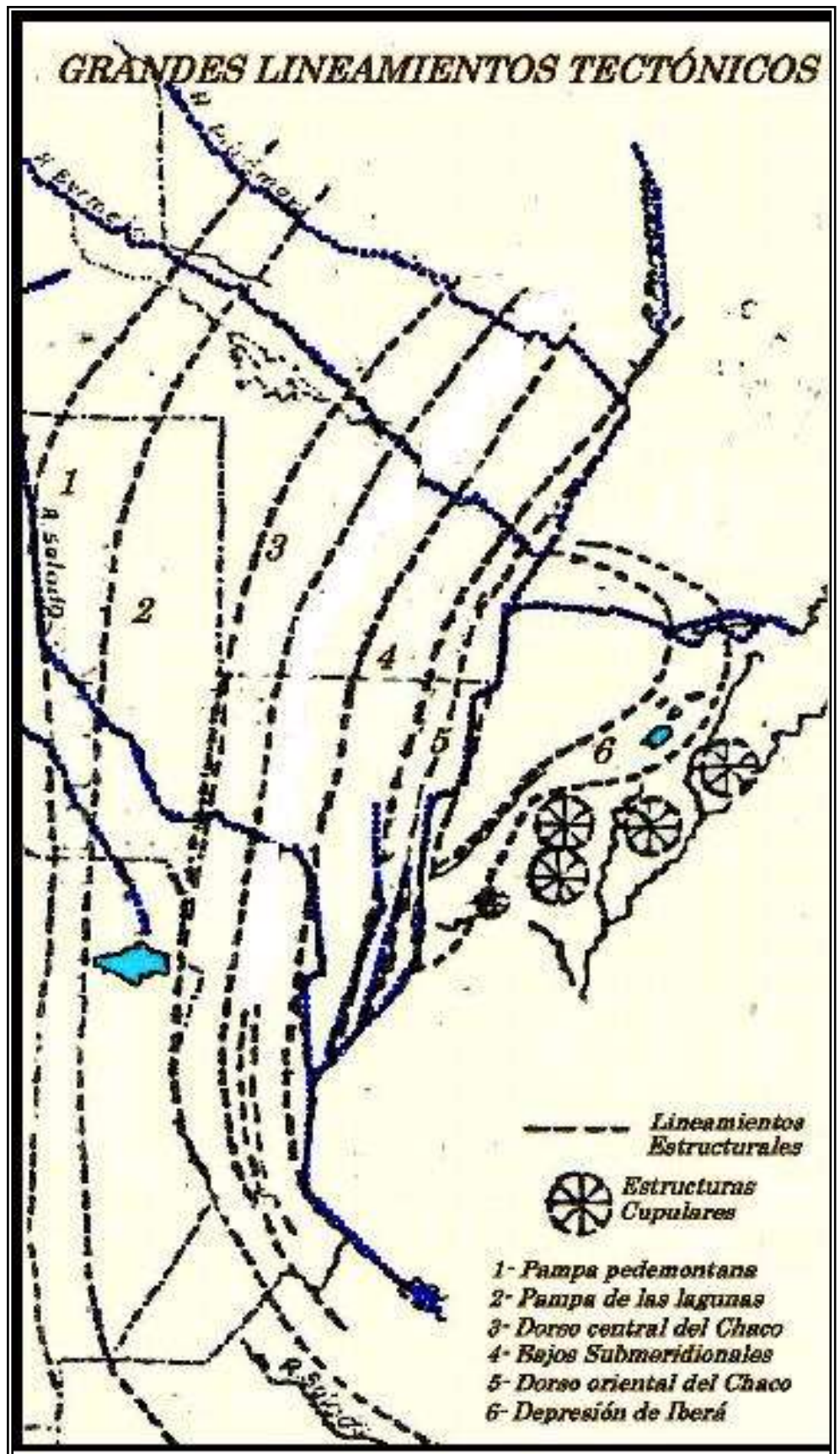
Figura 8: Esquema de la cuenca del Paraná (perfil indicado en Figura 1)

- ❖ La incidencia de factores como el clima, la cubierta vegetal, las condiciones topográficas y litológicas han configurado: 1- las condiciones de los ambientes en que se produce la sedimentación 2- el orden en que se depositan los sedimentos; 3- las fuentes de origen de los mismos (fluviales, eólicos, glaciares, marinos, palustres, volcánicos, etc.); 4- sus características de granulometría y estructura.

- ❖ Todo ello confiere a las cuencas una gran variabilidad litológica en sentido vertical manifestada solo en los perfiles o en los grandes cortes del terreno donde se puede apreciar la secuencia de estratos.
- ❖ En el centro de la cuenca las rocas están dispuestas de modo casi horizontal, por lo que la estructura recibe el nombre de **“tabular”** la topografía que coincide con ella da relieves también llamados **“tabulares”**. Hacia la periferia, donde se sitúan los relieves más elevados y con tendencia a ascender, los estratos se deforman, inclinándose hacia el centro de la cuenca.
- ❖ Para que los ríos puedan entallarse, hace falta que la estructura sufra un proceso de ascenso epirogénico de modo que el relieve pasa estar constituido por una secuencia de valles e interfluvios planos.
- ❖ Las rocas metamórficas y cristalinas que constituyen el basamento de las cuencas, pueden fallarse debido al esfuerzo provocado por el hundimiento y el aumento progresivo del peso de los sedimentos. Las fallas pueden ser activas, por lo cual es posible que se registren sismos, aún en zonas de llanura, que pueden ser consideradas **“asísmicas”**.
- ❖ Si las fallas determinan bloques que ascienden, constituyen **“dorsales”**, que en superficie se traducen en **“dorsos”**. Si los bloques descienden, en forma de “teclas de piano”, constituyen **fosas o graven**, que en superficie se traducen como **“depresiones intradorsos”**. Pueden aparecer compartimientos mayores conocidos como **“subcuencas”**. Debe hacerse, por último, una diferencia entre las cuencas sedimentarias a las que aludimos acá y las cuencas hidrográficas (unidades que representan la organización espacial que adopta el agua de escurrimiento) y las cuencas oceánicas (originadas por procesos tectónicos en los fondos oceánicos).
- ❖ Parte de la cuenca del Paraná está incorporada a la tendencia al ascenso de macizo de Brasilia como ocurre en el sector oriental.

❖ La Región Chaqueña se encuentra en la cuenca del Paraná. Esta unidad de relieve va más allá de los límites de la Argentina ya que también comprende parte de Paraguay, Brasil y Uruguay. Contacta por el macizo cristalino de Brasilia al este y al norte y la cordillera de los Andes al oeste.

Ha quedado deprimida en relación con sus áreas periféricas, lo cual sumado al hundimiento continuo, permite que reciba los materiales erosionados de los sectores más elevados (Relieve plegado del oeste y el macizo del este).



El ascenso y descenso de bloques la cuenca se ha compartimentado en dos subcuencas

llamada Alhuampiana la del oeste y Chaqueña la del este, separadas por un dorso conocido localmente como Charata.

Figura 8

Los procesos de acumulación consiguen en parte borrar los resaltos de origen tectónico, es decir que, cuando los factores estructurales aumentan la energía del relieve, los factores litológicos buscan nivelarlo dando un relieve tabular, semi concordante con la es-



tructura, muy homogéneo desde el punto de vista litológico y casi en su totalidad de edad cuaternaria *en superficie*.

Figura 9: Estratos Platense y Lujanense en barrancas de Empedrado (Corrientes)



Figura 10: Estratos horizontales

Unidad 2: Procesos endógenos

3. Unidades litoestructurales de la región chaqueña y Corrientes. Yacimientos de rocas de aplicación en obras en las que el agrimensor puede participar.

La figura indica un sector de la cuenca del Paraná, en la región chaqueña, donde se muestran las principales unidades geomorfológicas detectados con fotointerpretación e interpretación de imágenes satelitarias. En algunas es factible reconocer la influencia litoestructural de los bloques tectónicos si se la compara con la **Figura 8**.

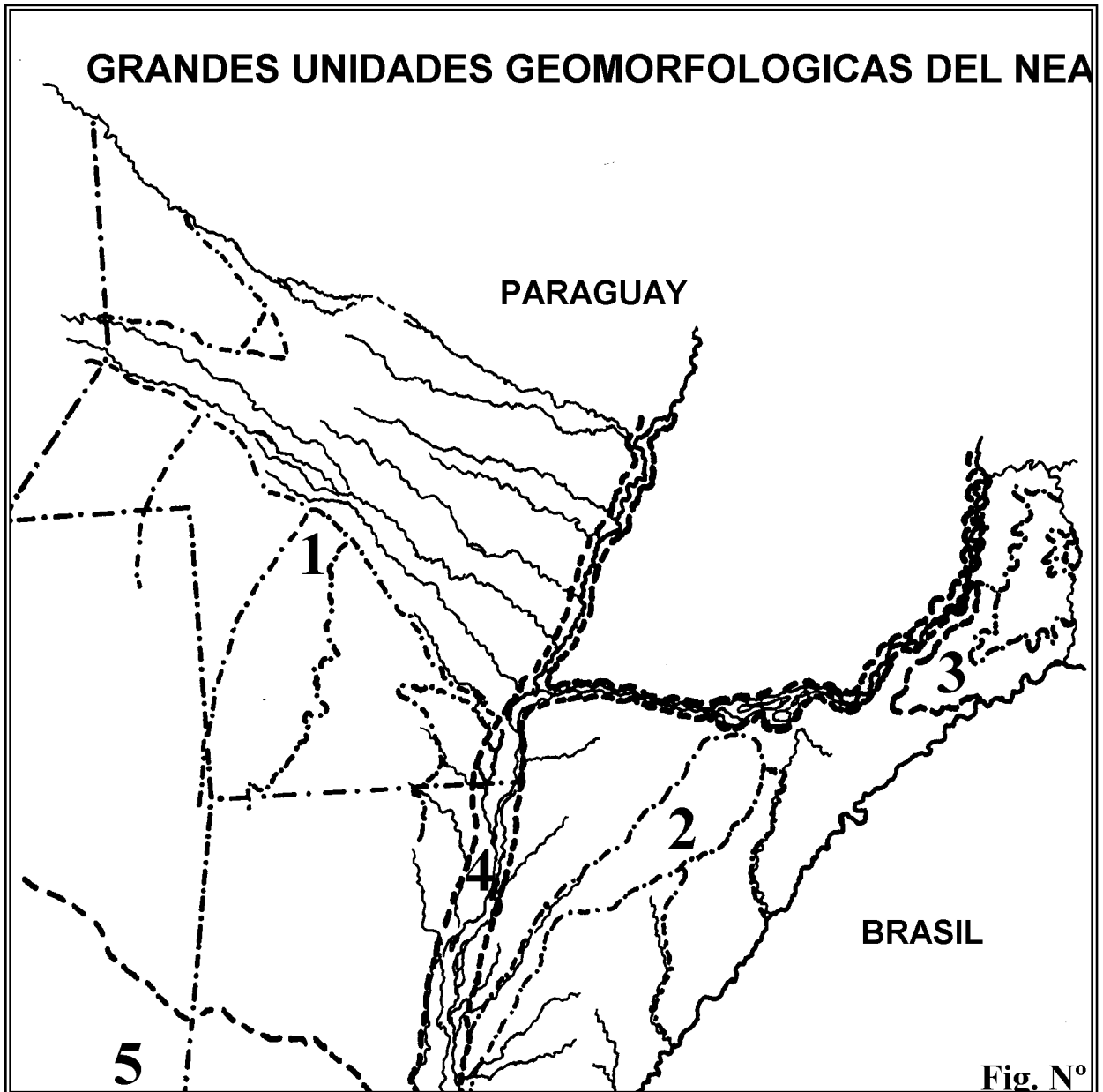
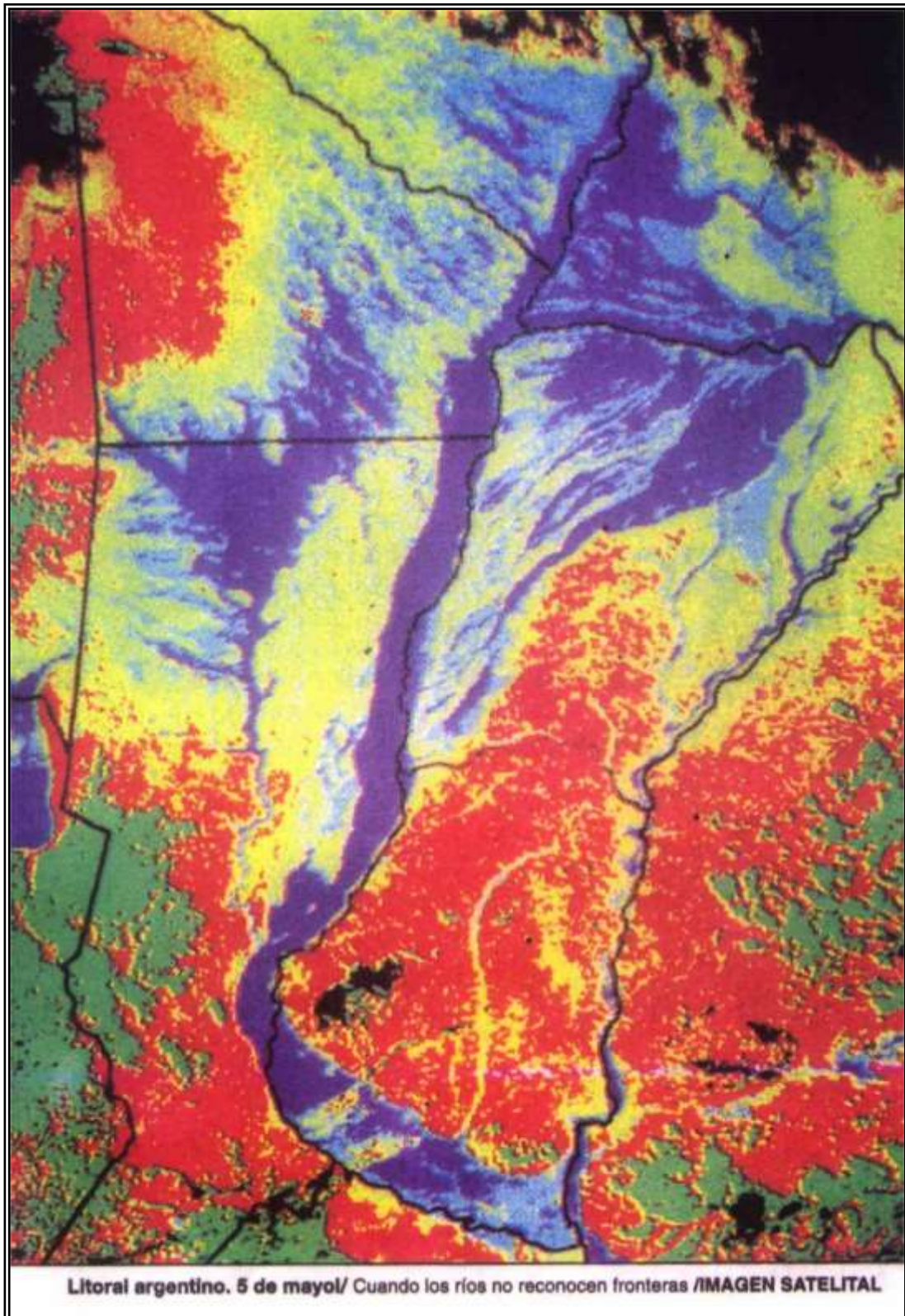


Figura 11: Unidades geomorfológicas del NEA. 1. Llanura chaqueña; 2- Llanura mesopotámica; 3-Meseta misionera; 4- Valle Paraná- Paraguay; 5-Llanura pampeana.

Fi-
12:
sai-
sa-
tario



gura
Mo-
co
teli-
que

muestra condiciones excepcionales de inundación donde los tonos pueden correlacionarse con las unidades de la Figura 11.

ANEXO 2:

dgisrv15.unt.edu.ar/.../geologia_22/06.htm

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.

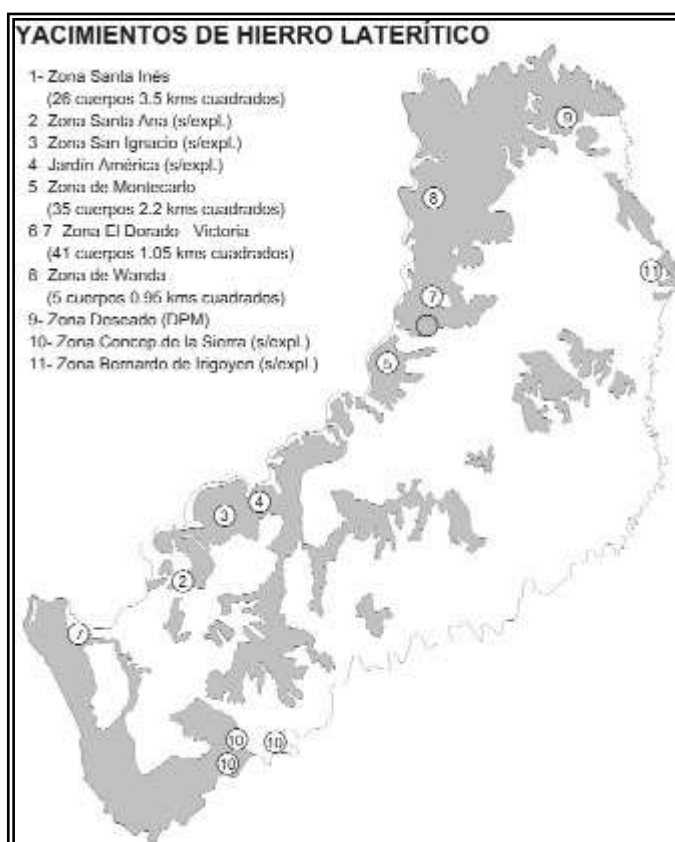
Este tipo de concentración ha creado expectativas mineras vinculadas con su exploración como mena de hierro desde épocas jesuíticas. En la década de 1960 incluso se desarrolló un proyecto industrial a partir de ellas. Según Lurgo Mayón (1999) las (Brodtkorb, 1999). concentraciones principales se encuentran 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) Montecarlo 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 "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

Sustancia Mineral	N° de Empresas	Personal Ocupado	Producción (t)	Variación Resp. 2005 (%)	Valor Total (\$)	Variación Resp. 2005 (%)	Área explotación/ km de permisos	Destino (%)
ARENA P/CONSTRUCCIÓN	54	780	4.099.651	5	42.277.849	15	138 km	Provincial= 57 Interprovincial=43
ARENAS SILICEAS	4	29	361.714	2	2.712.652	11	178 ha	Interprovincial= 100
ARENAS ESPECIALES	2	23	42.534	2	744.357	6	3 km	Interprovincial= 55 Exportación= 46 (Paraguay, Bolivia y Uruguay)
ARCILLAS	1	8	58.011	23	472.685	-6	15 ha	Provincial= 100
BASALTO	1	15	47.373		1.286.457		14 ha	Provincial= 100
CANTO RODADO	10	73	300.338	10	4.706.351	12	366 ha	Provincial= 81 Interprovincial= 19
RIPIO ARCILLOSO	7	27	179.967	7	1.350.828	8	410 ha	Provincial= 100
PIEDRA PARTIDA	5	6	138.916	-1	1.119.330	1	75 ha	Provincial= 100
CONCHILLA	1	5	1.733	1.233	45.671		10 ha	Provincial= 100
BROZA	19	26	364.139	9	2.080.792	32	255 ha	Provincial= 100
SUFLO S/FIACIONADO	2	4	235.800	105	1.182.000	121	15 ha	Provincial= 100
YESO	11	78	216.169	64	5.988.665	73	654 ha	Provincial= 58 Interprovincial= 2 Exportación= 40 (Paraguay)
SUFLO COMÚN	1	17	52.163	30	282.488	38	4 ha	Provincial= 100
TOTALES	116	1071	6.138.308	9	63.750.070	22	2005 ha 141 km	

Datos de producción minera de Entre Ríos para el año 2006. Fuente: Direc. Gral de Min. E. Ríos.

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).

Ubicación de yacimientos ferríferos en la provincia de Misiones.

3.3.- Minerales pesados.

En sedimentos fluviales del ámbito de afloramientos basálticos se ha comprobado concentraciones

nes 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%; Leucoxeno: 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 masi-

va 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.

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 (Tchilingu-rián 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 prime-

ras 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 Gualeguaychú y también en el río Gualeguaychú 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 Gualeguaychú 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.

Las 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 Gualeguaychú 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 Ponrtaneri (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 (SEGE-

MAR, 2006) con canteras en producción en los departamentos Concordia, Colón, Concepción del Uruguay y Gualeguaychú.

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-amarillento. 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 (celadonita) (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 Cruzú 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 Cruzú 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.