

MAPA GEOLOGICO DE LA REPUBLICA DE PARAGUAY
Escala 1:100 000

Hoja **SAN JOSE** 5569

TEXTO EXPLICATIVO



María Eugenia González Núñez
en colaboración con
Lothar Lahner, Rolf Muff y Fernando Wiens

DIRECCION DE RECURSOS MINERALES (MOPC)
INSTITUTO FEDERAL DE GEOCIENCIAS Y RECURSOS NATURALES (BGR)

Asunción 1998

MAPA GEOLOGICO DE LA REPUBLICA DE PARAGUAY
Escala 1:100 000

Hoja **SAN JOSE** 5569

TEXTO EXPLICATIVO

María Eugenia González Núñez

en colaboración con

Lothar Lahner, Rolf Muff y Fernando Wiens

DIRECCION DE RECURSOS MINERALES (MOPC)
INSTITUTO FEDERAL DE GEOCIENCIAS Y RECURSOS NATURALES (BGR)

Asunción 1998

INDICE

	RESUMEN	5
1	INTRODUCCION	6
1.1	Generalidades	6
1.2	Objetivos y Metodología	6
1.3	Antecedentes Bibliográficos	7
2	GEOGRAFIA	7
2.1	Ubicación	7
2.2	Fisiografía	9
2.3	Hidrografía	10
2.4	Clima y vegetación	10
2.5	Suelos	10
2.6	Sociología	12
3	GEOLOGIA REGIONAL	12
4	ESTRATIGRAFIA	14
4.1	Suite Mágmatica Caapucú (cbg)	14
4.2	Grupo Caacupé (oc - oa)	16
4.3	Grupo Itacurubí (s)	19
4.4	Devonico indiferenciado (d)	22
4.5	Grupo Coronel Oviedo (c)	22
4.6	Grupo Independencia (p)	24
4.7	Formación Ybytymí (tr - k)	26
4.8	Suite intrusiva extrusiva Sapucaí	28
	Derrames basálticos alcalinos porfíricos (ke_2)	29
	Derrames basálticos alcalinos afanáticos (ke_1)	29
	Intrusivas básicas alcalinas (ki)	29
4.9	Suite Intrusiva Ñemby (tn)	31
4.10	Sedimentos heterogéneos aluviales y coluviales (q_2)	32
4.11	Sedimentos de planicie húmeda (q_1)	33
5	TECTONICA	33
6	GEOLOGIA HISTORICA	37
7	GEOLOGIA ECONOMICA	38
	BIBLIOGRAFIA	39

El programa de mapeamiento geológico continua con la hoja cartográfica 5569 San José, con el objetivo de seguir estableciendo las pautas para la sistematización del mapeo a la escala 1:100.000, de todo el Paraguay.

La metodología utilizada consiste en una interpretación previa, tomando como base imágenes satelitarias y/o fotografías aéreas, con la complementación geológica descriptiva de campo, el análisis de datos de perforaciones existentes de la zona y descripciones petrográficas de muestras colectadas. El estudio de trabajos anteriores complementa y adiciona importantes datos a las interpretaciones de las problemáticas presentadas.

La hoja abarca un área de 2.765 km.² en el cuadrante 56°30' - 57°00' de longitud oeste y 25°30' - 26°00' de latitud sur, con las rutas N° 1 y 2 como principales vías de acceso, accediendo a la misma desde el sur y el norte respectivamente. El cuadrante presenta una morfología abrupta de paredes verticales y cerros aislados.

Geológicamente la hoja contiene rocas precámbrica/eocámbricas de la Suite Magmática Caapucú, constituidas de magmatitas en el rango de granitos/riolitas, aflorantes en el área sur de la misma.

El Paleozoico está representado por el Grupo Caacupé, con conglomerado de base (Fm. Paraguari) y una unidad clástica predominantemente arenosa, indiferenciada (Fms. Tobatí y Cerro Jhú), subyaciendo al Grupo Itacurubí, compuesta de sedimentos más finos. La presencia de la secuencia devónica es constatada en registros de

pozos del área y en afloramientos al norte de esta hoja. Mientras que la unidad permocarbonífera, aflora en el seno del Rift de Asunción, en bloques tectónicamente dislocados.

El Mesozoico se caracteriza por sedimentación y magmatismo controlados y condicionados por eventos tectónicos de *rifteamiento*, del Ciclo Tectónico Subatlántico. La sedimentación conglomerádica *sinrift* de la Formación Ybytymí, se halla cubierta e intruida por rocas de la fase magmática de la Suite Sapucaí.

El Cenozoico se halla presente en el cuadrante de la hoja en forma de conos aislados, pertenecientes a la Suite Intrusiva Ñemby, distribuidos en toda la estructura del *rift*. El evento tectomagmático corresponde a una reactivación del *rift*, como consecuencia del Ciclo Tectónico Andino.

La evolución geológica del área ha sido afectada por cinco eventos tectónicos de diferentes magnitudes y con direcciones preferenciales, siendo el Ciclo Tectónico Subatlántico el de mayor significación, por tratarse del periodo más activo del *Rift* de Asunción. Esta estructura marca sus pasos a partir del Carbonífero Inferior, llegando a su apogeo en el Cretácico y culminando en el Terciario Inferior.

Los recursos geológicos económicos de la zona se restringen principalmente, a la explotación de piedra bruta para la construcción, de ripios para mejoramientos de caminos, arcillas superficiales para la industria cerámica y areniscas para ornamentación.

1 INTRODUCCION

1.1 GENERALIDADES

Dentro del marco de la Cooperación Geológica Paraguayo-Alemana, la Dirección de Recursos Minerales (MOPC) y el Instituto Federal de Geociencias y Recursos Naturales (BGR) de la República Federal de Alemania, se viene realizando mapeamiento geológico sistemático del Paraguay Oriental a escala 1:100.000. Dentro de este programa y como segunda hoja se ejecuta el levantamiento geológico del área correspondiente a la Hoja 5569 San José.

El levantamiento geológico de esta hoja se realiza en etapas, la primera ha sido planificada y realizada durante los años 1993-1994, consistiendo principalmente en trabajos de campo, que culmina con el mapeamiento preliminar. En la segunda etapa, en el año 1996, se realizan verificaciones de campo en localidades tipos y en las áreas con problemas estratigráficos y/o estructurales, además, una revisión y reinterpretación de los datos disponibles, para la elaboración final del mapa.

El levantamiento de una hoja cartográfica y la interpretación de los datos no es trabajo de una sola persona, por ello se agradece la colaboración de los colegas en las personas del Dr. Fernando Wiens y del Dipl. Geol. Wilmar Bartel por las provechosas discusiones, del Lic. Geol. Alfredo Garcete por el procesamiento de datos de perforaciones, del Dr. Lothar Lahner del Instituto Federal de Geociencias y Recursos Naturales por sus sugerencias y del Sr. Rubén Brítez por la elaboración de los gráficos.

1.2 OBJETIVOS Y METODOLOGIA

La elaboración del mapa geológico de la Hoja 5569 San José, tiene como objetivo fundamental la identificación y descripción de las unidades geológicas mapeables a escala 1:100.000 del área, en el contexto tectónico del mismo. Teniendo en cuenta que el área de esta hoja, conjuntamente con la Hoja Paraguarí, es un área clave para la interpretación de la evolución tectónica del centro-oeste del Paraguay oriental. Otro

objetivo es seguir estableciendo pautas de mapeamiento y definir la columna estratigráfica de la Cuenca del Paraná en nuestro país.

Inicialmente se evalúa la bibliografía existente, mapas a escalas 1:500.000 y 1:200.000 (The Anschutz Co., 1981) y 1:1.000.000 (Proyecto PAR 83/005, 1986) sirven de referencia para la definición de las grandes unidades a ser mapeadas en el área. El análisis de la bibliografía, ha sido complementada con una interpretación geológica/estructural de imágenes satelitarias, a escala 1:100.000. Esta interpretación ha servido de base, para la delimitación de áreas de afloramiento, identificación de estructuras regionales, y el levantamiento geológico de campo posterior.

El levantamiento de campo consiste en la identificación, descripción minuciosa en el terreno de los diferentes componentes litológicos, toma de muestras y de fotografías, y la verificación de los elementos estructurales del área, todo sobre la base cartográfica, con la complementación de los datos fotosatelitales y fotografías aéreas.

El trabajo de campo es complementado con análisis del laboratorio petrográfico, químico y palinológico, este último en laboratorios extranjeros, en rocas de dudosa posición estratigráfica. Además son evaluados los registros eléctricos y muestras disponibles de pozos, en archivo, para descripción litológica y correlación de los mismos, en el área de trabajo y adyacentes. Estos estudios complementarios se realizan, con el objeto de definir las unidades estratigráficas componentes, la evolución sedimentaria de las mismas y la tectónica modificadora posterior.

Como base del mapeo geológico de campo se ha utilizado la Hoja Cartográfica 5569 San José, a escala 1:100.000 y a modo de complemento de campo, para mejor ubicación de los puntos, hojas cartográficas a escala 1: 50.000 del área (Sapucaí, San José, La Colmena y Cnel. Martínez).

Para indicar un punto o área de referencia ha sido utilizada el sistema de coordenadas UTM (Transversal Universal Mercator) para la región oriental del Paraguay. Estas coordenadas son definidas de forma simplificada,

tomando en cuenta solamente los números de tipo grande, por ejemplo: $7125^{000m}N.$, estimándose los decimales del intervalo de cuadrícula entre la línea mencionada y el punto a ser indicado, como lo indica las especificaciones de la carta. Los valores son transcriptos entre barras, anteponiendo la numeración de la abscisa a la ordenada.

Se utilizan las denominaciones estratigráficas establecidas por autores anteriores, en algunos casos han sido adaptadas al Código Paraguayo de Nomenclatura Estratigráfica (Asociación de Geólogos del Paraguay, 1985) y en casos extremos las formaciones componentes de un grupo, se registran como una unidad indiferenciada, por carecer de características geológicas determinantes para su clasificación en el área del cuadrante de la hoja.

Para el registro de la tectónica de la zona se utilizan estructuras medidas directamente en el campo; estructuras inferidas, diseñadas tomando como base el control estructural de los contactos geológicos y el trazado rectilíneo de ríos y arroyos; además, las alineaciones principales, interpretadas en imágenes satelitarias y/o fotografías aéreas.

1.3 ANTECEDENTES BIBLIOGRAFICOS

El área que comprende el cuadrante de la hoja ha sido objeto de diversos tipos de estudios, entre los más importantes figuran los trabajos regionales realizados por Harrington (1950, 1956 y 1972), Eckel (1959), Putzer (1962), el «Plan de Prospección Geológico Mineral» Anónimo (1966), además de numerosos trabajos de prospección realizados por la empresa The Anschutz Co. (1978 a 1982), en general estos suministran valiosos datos para la interpretación de la geología de superficie y de subsuelo.

Desde 1983 a 1986, el Proyecto PAR 83/005, elabora mapas geológicos a escalas 1:500.000 y 1:1.000.000. Estos mapas proporcionan una base regional de referencia, una columna estratigráfica básica y un esquema tectónico general del área y sus adyacencias.

Algunas de las unidades estratigráficas han sido tratadas en detalle, por ejemplo: el

Grupo Itacurubí ha sido analizado paleontológicamente por Wolfart (1962), Harrington (1972), Ciguel et al. (1987), Ciguel (1988), Dyck (1991), entre otros, quienes le asignaron una posición estratigráfica específica, que también sirve para establecer edades relativas a las rocas sub y sobreyacentes.

Otra unidad de rocas con análisis paleontológico detallado, es el Grupo Independencia. Cowper Reed (1940) describe una pequeña elevación, ubicada entre las localidades de San José y Valenzuela, compuesta de areniscas fosilíferas de edad Pérmica. Estas no han podido ser localizadas, por falta de datos de ubicación exacta y escasa descripción del mismo. Otras dataciones hechas en rocas pérmicas, aunque no específicamente en el área del cuadrante de la hoja, han sido mencionadas en varios informes internos de la empresa *The Anschutz Co.* (1978 a 1982). También Herbst (1972), realiza dataciones paleobotánicas en las rocas de este mismo grupo.

Otras unidades de rocas analizadas en detalle, son las magmatitas alcalinas mesozoicas y cenozoicas del área central de Paraguay oriental. Trabajos, con enfoques petrográficos, geoquímicos y/o cronológicos, han sido realizados por Comte & Hasui (1971), Palmieri (1973), Bitschene (1987), Sonoki & Garda (1988), Bitschene & Baéz (1989), Comin-Chiaramonti et al. (1990) y Velázquez (1992).

2 GEOGRAFIA

2.1 UBICACION

La Hoja 5569 San José escala 1:100.000 de la Carta Nacional del Paraguay comprende un área aproximada de 2.765 Km.², abarca los departamentos de Paraguairí, Guairá, Cordillera y Caaguazú. La hoja se halla limitada por las hojas 5469 Paraguairí al oeste, 5570 Itacurubí de la Cordillera al norte, 5669 Villarrica al este y 5568 Mbuyapey al sur (Fig. 1). El cuadrante se ubica entre 56° 30' - 57° 00' longitud oeste y 25° 30' - 26° 00' de latitud sur (UTM: 500.000 - 550.000 E / 7.124.000 - 7.179.000 N).

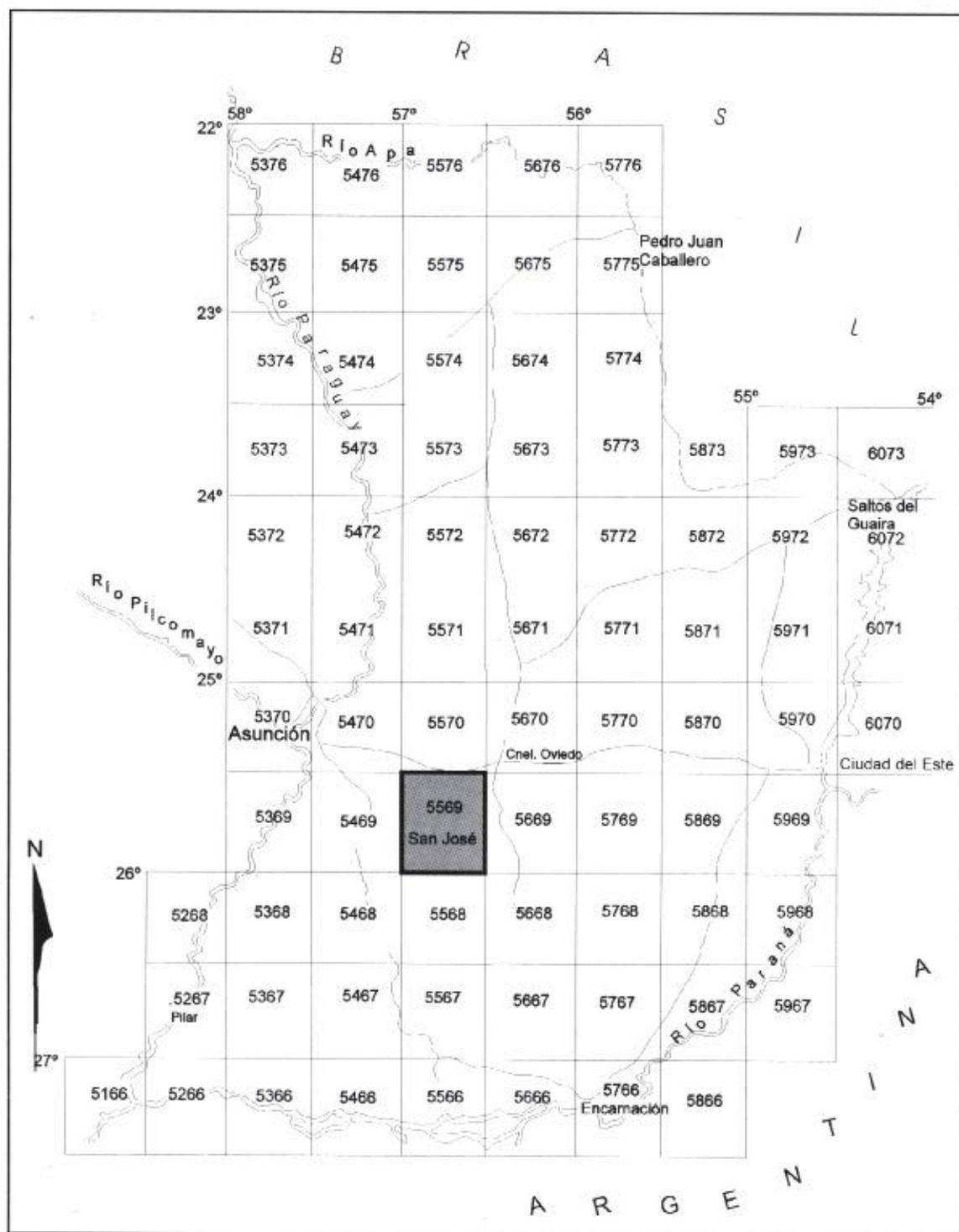


Fig. 1: Mapa de ubicación de la Hoja 5569 San José.

Recibe su nombre de la ciudad de San José, ubicada en el centro-norte de la hoja. Otra ciudad de importancia es La Colmena, ubicada al sur-oeste de la misma.

Las vías de accesos principales son: la Ruta N° 2 Mariscal José Félix Estigarribia como acceso norte hasta la ciudad de San José, distante 102 km. de Asunción, y la Ruta N°

1 Mariscal Francisco Solano López, como acceso sur, hasta la ciudad de Carapeguá ubicada 84 km. de Asunción. El ramal Carapeguá-La Colmena y los ramales secundarios que unen los pueblos de Sapucaí e Itapé, La Colmena-Tebicuary por la margen oeste del Río Tebicuary-mí, La Colmena-Tebicuary por la margen este del mismo río; el ramal que partiendo de la Ruta

Nº 2 pasa por Valenzuela y llega al pueblo de General Bernardino Caballero, otros unen La Colmena con Sapucaí y La Colmena con Ybytymí; y numerosos caminos vecinales facilitan el acceso a casi todas las zonas de la hoja. La accesibilidad de los ramales sin capa asfáltica y los caminos vecinales depende del nivel pluviométrico.

2.2 FISIOGRAFIA

Fisiográficamente, el área presenta un paisaje con elevados barrancos, que permiten la observación de perfiles geológicos, donde la exposición de rocas es muy

bueno. En contraste, amplios valles de áreas bajas, con cobertura de suelos y/o sedimentos de derrumbes, cubren la mayor parte de los afloramientos en las planicies. Estas planicies muestran cerros aislados, como remanentes de erosión, principalmente en el Valle de Acahay (Fig. 2). El área del cuadrante de la hoja puede ser dividida en cuatro áreas fisiográficas:

- 1 Bloque de la Cordillera de los Altos, ubicada en el extremo noroeste de la hoja, con una elevación máxima de 473 metros, en el borde sur en una localidad denominada Sapu, distante 4 km. al norte

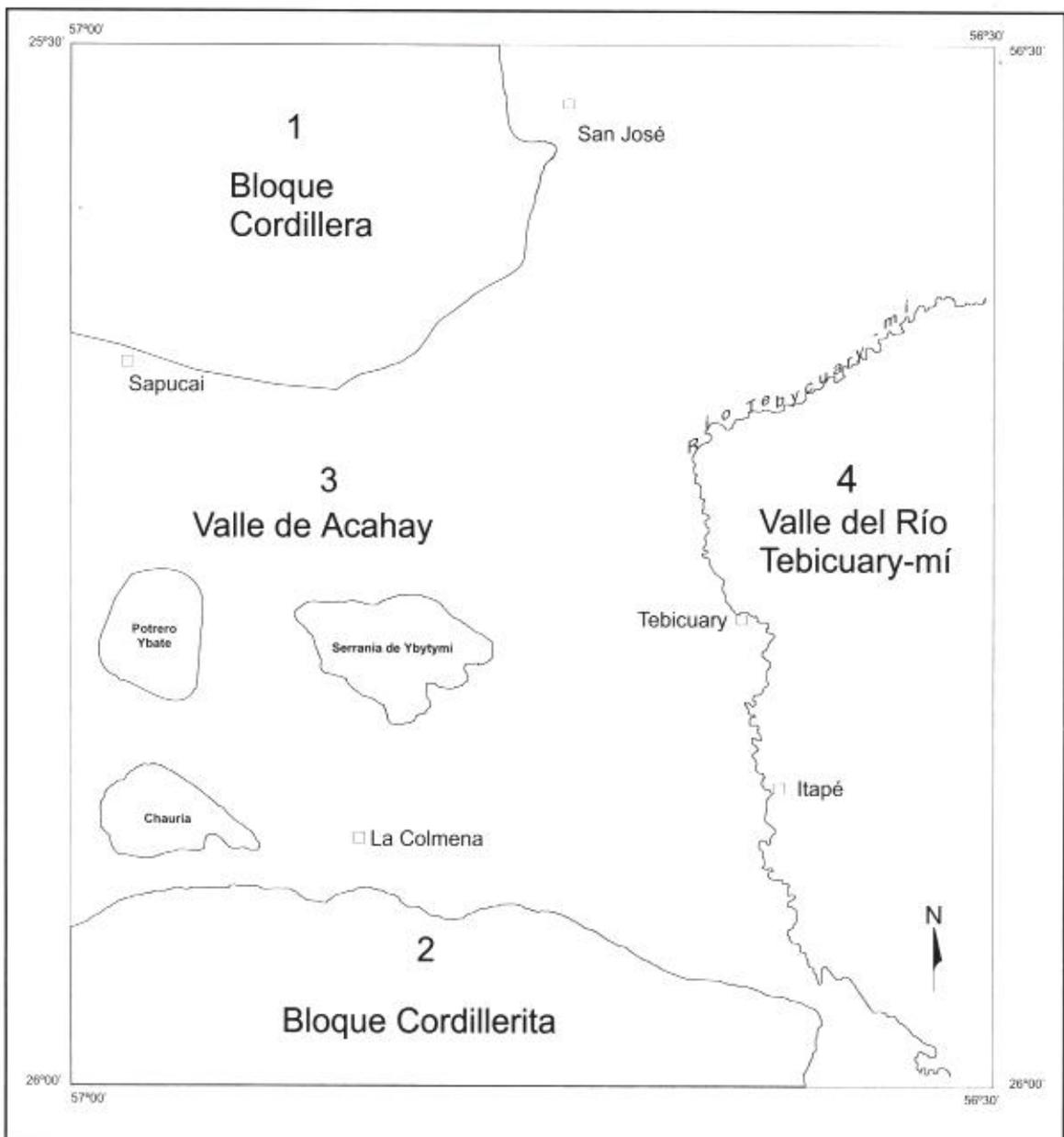


Fig. 2: Bosquejo fisiográfico de la Hoja 5569 San José.

del pueblo de Sapucaí. Esta cordillera se presenta como una plataforma rocosa con un abrupto relieve con respecto a la planicie del Valle de Acahay.

- 2 Bloque de Cordillerita, incluye la Cordillera de Tebicuary-mí y un conjunto de cerros, situados en el extremo suroeste de la hoja (San José, Achón, Verá, Jhú y Apyreguá). El punto más elevado del bloque es el Cerro San José, con de 559 m. de altitud.
- 3 Valle de Acahay, ubicado en el centro-oeste del cuadrante de la hoja, y se presenta como una planicie, con alturas inferiores a 150 m., en el paisaje plano se observan algunas elevaciones locales, como el Cerro Verde, ubicado 4 km. al sur de Sapucaí, con 350 m. de altura y 400 m. en el Cerro Chobi, ubicado en el extremo sureste de la Serranía de Ybytymí (Fig. 2).
- 4 El Valle del Río Tebycuary-mí, constituye un área casi sin elevaciones importantes, abarcando el lado este de la hoja. Normalmente esta planicie se encuentra sujeta a inundaciones, el paisaje se presenta con suaves ondulaciones, con alturas inferiores a 150 m. En este paisaje se destaca una elevación importante, el Cerro Itapé de 370 m., ubicado 4 km. al este del pueblo del mismo nombre.

2.3 HIDROLOGIA

El principal colector hidrológico de la hoja es el Río Tebicuary-mí, que drena el área de la hoja, desde el extremo este en dirección sur-oeste, cambiando luego su curso hacia el sur. Los arroyos Cariy, Barrero Paso, Zapatupé, ubicados en el extremo nor-oeste de la hoja y los arroyos Pirayuvy, Mbopicuá, Paso Pypucú, drenan desde el centro-oeste desembocando en el arroyo Yhacá y éste en el Río Tebicuary-mí. Igualmente los arroyos Mendoza y Rorý de los alrededores de la ciudad de La Colmena, desembocan en el Río Tebicuary-mí. El arroyo Naranjay, que nace en la Colonia Santa Isabel, 8 km. al sur del pueblo de Sapucaí; y el arroyo Caañabé con sus afluentes, nacen en los flancos de la Serranía de Ybytymí, confluyen y drenan en dirección oeste, desembocando

finalmente en el Río Tebicuary-mí.

La Serranía de Ybytymí y los cerros ubicados al sur del Complejo de Sapucaí, sirven como divisorias de aguas, de arroyos que drenan al este y al oeste. Otra divisoria de agua es la elevación del Bloque Cordillerita (Fig. 2), este facilita el drenaje de los arroyos en dirección sur.

El trazado de los arroyos y el Río Tebicuary-mí muestra diseño anguloso y rectilíneo, lo que indica un control estructural del drenaje, en direcciones tectónicas preferenciales, en el área del cuadrante de la hoja.

2.4 CLIMA Y VEGETACION

El clima y la vegetación son característicos para áreas específicas, las zonas fisiográficamente elevadas presentan un clima más bien seco y ventoso, y una vegetación constituida principalmente de gramíneas y matorrales arbustivos. La roca desnuda y el espesor mínimo de los suelos, son las causas principales por las cuales la vegetación no puede desarrollarse.

El Valle de Acahay (Fig. 2) presenta un clima más bien húmedo bañado por numerosos arroyos y el Río Tebicuary-mí, con áreas bajas inundables en épocas de lluvias. La vegetación presente en forma de remanentes boscosos, se restringe a las márgenes de los arroyos y su río principal.

2.5 SUELOS

Las características principales de los suelos son dadas por las condiciones morfológicas de las áreas componentes, por ejemplo: suelos arenosos son debido a la acumulación de materiales procedentes de la erosión de las laderas altas de los bloques Cordillera de los Altos y Cordillerita, mientras que suelos arcillosos se desarrollan en las áreas más bajas del Valle de Acahay.

El desarrollo de los suelos en el área del cuadrante de la Hoja San José ha sido identificado del Mapa de reconocimiento de suelos de la región oriental (López et al., 1995; Fig. 3), con el objeto de determinar la probabilidad de sus diferentes utilidades. Esta clasificación se ha realizado siguiendo los criterios básicos de los ordenes de los

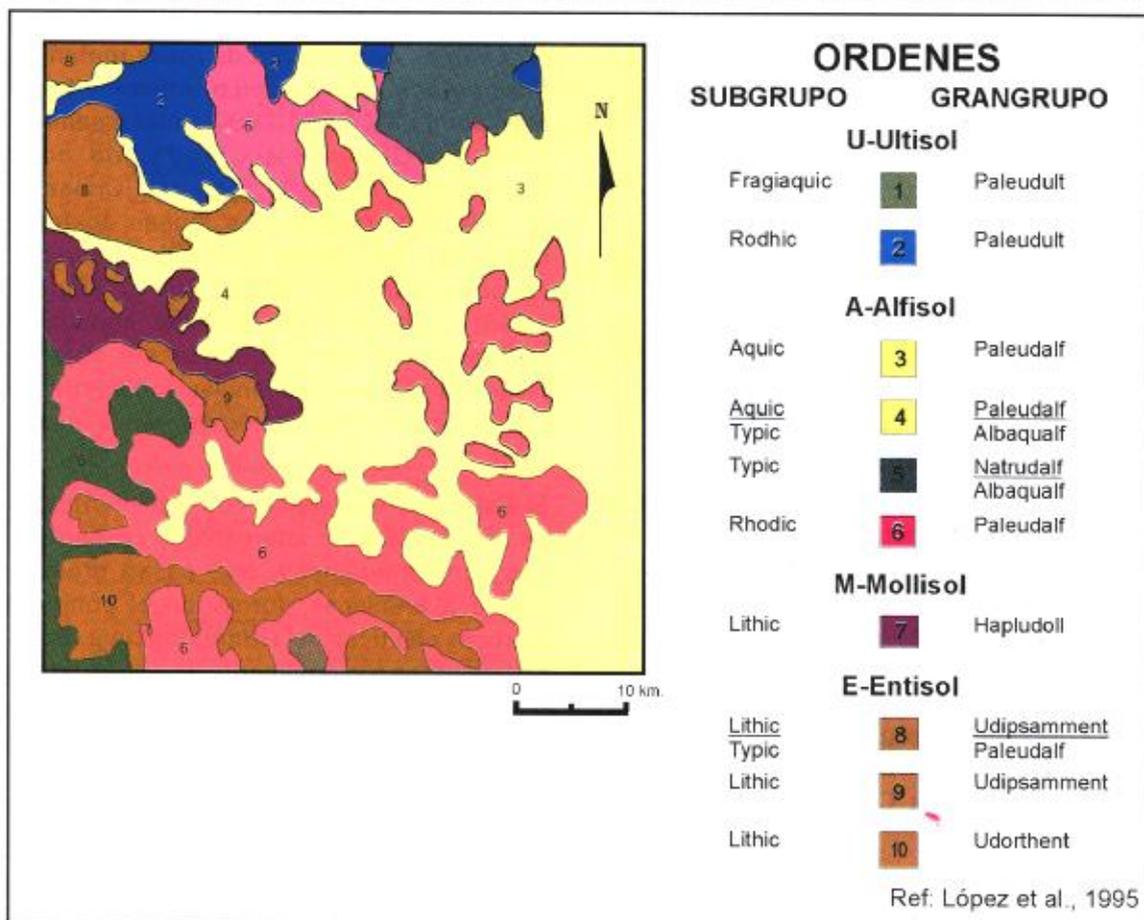


Fig. 3: Mapa taxonómico de suelos de la Hoja San José.

suelos (Tabla 1). Estos han sido identificados según el horizonte de diagnóstico y la clase taxonómica a la que pertenecen, siendo los siguientes ordenes los encontrados en el

área: Ultisol, Alfisol, Mollisol y Entisol (Fig. 3).

El mapa simplificado de la figura 3 indica los diferentes ordenes de suelos, en

ORDEN	Nº	Subdivisión textural	Paisaje	Material de origen	Relieve %	Drenaje	Rococidad
U-Ultisol	1	arenosa	llanura	sedimento aluvial	0/3	pobre	nula
	2	francosa fina	lomada	arenisca	3/8	bueno	nula
A-Alfisol	3	francosa fina	llanura	sedimento aluvial	0/3	pobre	nula
	4	francosa fina	llanura	sedimento aluvial	0/3	muy pobre	nula
	5	arcillosa fina	llanura	sedimento aluvial	0/3	pobre	nula
	6	francosa fina	lomada	arenisca	3/8 y 8/15	bueno	nula
M-Mollisol	7	francosa fina	lomada	intrusión alcalina	3/8	bueno	moderada
E-Entisol	8	francosa fina	lomada	arenisca	3/8 - 8/15	bueno	nula
	9	arenosa	serranía	arenisca	> 15	excesivo	fuerte
	10	francosa fina	serranía	arenisca	> 15	excesivo	fuerte

Tabla 1: Características de los diferentes ordenes de suelos de la Hoja San José.

números ordinales y las características de cada uno de ellos y las subdivisiones, se describen en la tabla 1.

2.6 SOCIOLOGIA

La población de la zona se encuentra concentrada en dos ciudades principales, San José ubicada en el centro-norte y La Colmena en el sur-oeste de la misma, y en numerosos pueblos distribuidos en áreas morfológicamente elevadas.

Los recursos económicos de la población provienen de la agricultura y la ganadería, esta última restringida a una pequeña parte en el norte de la hoja. La agricultura, con extensas plantaciones de caña de azúcar, ocupa el primer lugar en la zona, y la industrialización de la misma se realiza en ingenios azucareros, en Tebicuary y Villarrica, esta última 5 km. al este, en la hoja contigua. Otra producción agrícola de importancia para la zona, es la fruticultura de la ciudad de La Colmena y sus alrededores.

3 GEOLOGIA REGIONAL

En el contexto geológico regional, el cuadrante de la Hoja San José, se halla ubicado en el margen noroeste de la Cuenca del Paraná, en contacto discordante sobre las rocas precámbrica/cámbricas del Subcratón del Río Tebicuary, constituyendo una sucesión de rocas paleozoicas y mesozoicas, pertenecientes al conjunto de rocas sedimentarias e ígneas de la cuenca. La sedimentación y el emplazamiento de estas rocas, han sido controlados y modificados por eventos tectónicos, en el transcurso del tiempo geológico.

El núcleo de rocas precámbrica/cámbricas del Subcratón del Río Tebicuary, se halla ubicado al suroeste del área de esta hoja, restringiendo sus afloramientos al extremo suroeste de la misma. Estas rocas aparecen en forma de pequeños afloramientos discontinuos, dispuestas a lo largo del extremo suroeste del Bloque Cordillerita. Estos afloramientos tectónicamente expuestos, conforman el basamento de la cuenca a partir del Ordovícico Superior (Fig. 4)

La litología del Subcratón del Río Tebicuary, consiste en un conjunto de rocas metamórficas de edad Proterozoico Inferior y hasta más antiguo (Lohse, 1990), metasedimentitas del Grupo Paso Pindó, de edad Proterozoico Medio al Superior (Cubas et al., 1997) y magmatitas ígneas ácidas a intermedias de la Suite Magmática Caapucú, de edad Cámbrica (Bitschene & Lippolt, 1986). Este conjunto de rocas constituye el basamento de la Cuenca del Paraná, rellena con dos secuencias sedimentarias paleozoicas y una tectomagmática mesozoica.

El Paleozóico se inicia con sedimentación de conglomerados intercalados con areniscas conglomerádicas, que pasan gradualmente a areniscas, formando el conjunto de rocas clásticas del Grupo Caacupé. Estas sedimentitas regionalmente se extienden en el margen oriental del basamento, y en la morfología postectónica actual, conforman las hombreras del Valle de Acahay, mostrando un notable relieve con respecto al bloque hundido.

Las rocas del Grupo Itacurubí se hallan distribuidas al este, y en concordancia con las sedimentitas del Grupo Caacupé. Este grupo de rocas clásticas finas, aparece en el área, en contacto tectónico con rocas del grupo concordante inferior y también con las rocas discordantes superiores de edad carbonífera, al este de las mismas.

Las rocas devónicas no son observadas directamente en el campo, se conocen registros de ellas en los pozos Asunción 1 y 2 (Pecten, 1982). En este pozo se describen 450 m. de sedimentitas devónicas (Petropar, 1993). Además, afloramientos de rocas clásticas gruesas en la hoja contigua norte de Itacurubí de la Cordillera, correlacionadas a las rocas devónicas de la Formación Furnas de Brasil, confirman la presencia de sedimentitas de edad devónica, en áreas no aflorantes de la cuenca, ya sea por tectonismo o por cobertura discordante de rocas de edad carbonífera.

Una reactivación tectónica, a partir del Devónico Superior, aborta la sedimentación de la secuencia en toda la cuenca, y estructura localmente el área central de la hoja. Esta reactivación forma el Valle de

CRONOLOGÍA			ESTRATIGRAFIA	CICLOS TECTÓNICOS	
CENOZOICO	Cuaternario	Holoceno	q ₁ /q ₂	Ciclo Andino	
		Pleistoceno			
	Terciario	Neogeno			
		Paleogeno			
MESOZOICO	Cretácico	Superior	Suite Intrusiva Ñemby		Ciclo Sudatlántico
		Inferior	Suite Magmática Sapucaí		
	Jurásico	Superior	Formación Ybytymí		
		Medio			
		Inferior			
	Triásico	Superior			
		Medio			
		Inferior			
PALEOZOICO	Pérmico	Superior	Grupo Independencia	Orogenia Eo-hercyniana	
		Inferior	Fm. Coronel Oviedo		
	Carbonífero	Superior	Devónico Indiferenciado		
		Inferior			
		Superior			
	Devónico	Medio			
		Inferior			
		Silúrico	Pridoliano	Grupo Itacurubí	
			Ludlowiano		
	Wenlockiano				
Llandoveryano					
Ordovícico	Superior	Grupo Caacupé			
	Inferior				
Cámbrico	Superior	Suite Magmática Casapucú	Ciclo Brasiliano		
	Medio				
	Inferior				
PROTEROZOICO	Precámbrico	Neo-			
		Meso-			
		Paleo-			

Fig. 4: Columna tectoestratigráfica de la Hoja San José.

Achay, con características incipientes, en dirección general este-oeste, en el margen norte del subcratón del Río Tebicuary. Esta estructuración permite la sedimentación carbonífero/pérmica en el seno de la misma, como una injerencia paleomorfológica de la cuenca.

La estructura principal de este margen de la Cuenca del Paraná es el *Rift* de Asunción (DeGraff & Orue, 1984), tiene una fase

embrionaria en el Carbonífero Inferior, con etapas de apogeos tectónicos, asociados a los ciclos tectónicos Sudatlántico y Andino. Estos eventos tectónicos reactivan estructuras preexistentes, formando los grabens de Achay y de Asunción respectivamente, como parte de la estructura del *Rift* de Asunción, a partir del Triásico al Paleógeno. Las etapas sintectónicas de los ciclos tectónicos, depositan las sedimentitas de la Formación Ybytymí en el Graben de

Acahay y las del Grupo Asunción en el Graben de Asunción.

Los pulsos o periodos de apogeos en la evolución del *Rift* de Asunción, culminan con emplazamiento y derrames de rocas ígneas alcalinas, en las hombreras y el seno de los grabens. La última reactivación de la estructura del *Rift* de Asunción, proporciona al área central de Paraguay oriental su morfología actual, modificada por erosión y depositación de sedimentos cuaternarios.

4 ESTRATIGRAFIA

El primer trabajo de compilación estratigráfica de las rocas de la Cuenca del Paraná en Paraguay oriental, ha sido realizado por Harrington (1956). Este trabajo expone una descripción general de las diferentes unidades aflorantes en el margen de la cuenca.

Trabajos estratigráficos posteriores de Eckel (1959) y del mismo Harrington (1959; 1972), investigaciones paleontológicas de Wolfart (1961), e investigaciones geológicas de Putzer (1962), Anónimo (1966), The Anschutz Co. (1981), Proyecto PAR 83/005 (1986), modificaron y/o complementaron las propuestas iniciales de Harrington.

Para la nominación de las diferentes unidades, componentes de la columna estratigráfica de la hoja, se utilizan las conocidas de trabajos anteriores. En los casos de los grupos Caacupé e Itacurubí, estos son mapeados y descritos, como unidades indiferenciadas, considerando que sus características litológicas locales son criterios insuficientes para la delimitación de contactos correctos, entre sus formaciones componentes. Otro caso constituye las rocas de la Serranía de Ybytymí, inicialmente descritas en la literatura como pertenecientes al conjunto de rocas de edad ordovícica, posteriormente atribuidas al Cetácico y por último al Pérmico. En este trabajo, las rocas ubicadas en la base de la serranía son descritas como sedimentitas pérmicas del Grupo Independencia, y los materiales clásticos del techo, como depósitos sintectónicos, pertenecientes a la Formación Ybytymí.

4.1 SUITE MAGMÁTICA CAAPUCU (cbg)

La Suite Intrusiva Caapucú consiste de una variedad de granitos, pórfidos de granito/riolita y riolitas. Para esta unidad Anónimo (1966) introduce el nombre de Serie Caapucú. Wiens (1986) y Proyecto PAR 83/005 (1986) mantienen el nombre, pero con la categoría de Grupo. Cubas et al. (1997) lo denominan Suite Magmática Caapucú. Para la edición de este texto explicativo, se opta por la utilización del nombre Suite Magmática Caapucú, designación empleada para esta unidad, al momento de la edición del mapa.

La mayoría de las rocas de la suite afloran en la Hoja Villa Florida. Otras ocurrencias aparecen en las hojas Paraguairí, Mbuyapey, San Juan Bautista, Caacupé y Santa Rosa. En el cuadrante de esta hoja, las magmatitas aparecen en el extremo oeste del Bloque Cordillerita, en la base de los cerros Apyreguá, Verá y San José. Los afloramientos son muy escasos ya que el material de derumbe de las zonas altas, cubre el contacto de este con sedimentos superiores, dejando expuestos bloques aislados, que permiten inferir su presencia.

Investigaciones petrográficas y cronológicas realizadas en la zona de Caapucú en la Hoja Villa Florida (Bitschene & Lippolt; 1986), describen estas rocas como pertenecientes al rango de granitos aplíticos a granitoides de grano fino. Dataciones hechas en mineral de biotita de los granitos de Caapucú, por el método $^{40}\text{Ar}/^{39}\text{Ar}$ arrojan edades de 544 ± 11 Ma (Bitschene & Lippolt, 1986), lo que las ubica en el límite Precámbrico/Cámbrico. Según Kanzler (1987) esta suite puede ser dividida en granito Jhú y granito Barrerito y riolitas de Casualidad y riolitas de Charará. Este autor supone que estas rocas serían resultados de intrusiones en un nivel crustal alto. Lohse (1990) y Engler (1990), analizan las muestras colectadas por Kanzler, realizando estudios petrográficos detallados, así como dataciones por el método K-Ar. Estos investigadores reconocen que los granitos de los tipos Barrerito y Jhú, pertenecen a un mismo tipo petrográfico, y por otro lado, confirman la división de las riolitas en los tipos Charará y

Casualidad: Dataciones de estas rocas arrojan edades de enfriamiento de 580-475 Ma (Lohse, 1990).

Cabe mencionar los trabajos de Báez (1992), en las magmatitas de esta suite, en el área suroeste de la Hoja San José. Sus consideraciones los define en general como granitos rosados, algo alterados y riolitas frescas, rojas a rosadas, levemente metamorfizadas.

Recientes trabajos de mapeamientos del área precámbrica/cámbrica de la Hoja Villa Florida y sus adyacentes (Cubas et al. com. per., 1997), incluyen investigaciones de láminas delgadas, análisis químicos y dataciones por el método Rb-Sr. Estos autores subdividen las rocas de la suite en: extrusivas ácidas del tipo Charará (lavas riolíticas de textura tobácea; ignimbritas riolíticas y brechas de nubes ardientes; riolitas densas a criptocristalinas; riolitas o riolitas porfíricas, con matriz densa a criptocristalina), rocas hipabisales y subefusivas ácidas del tipo Casualidad (pórfido de granito/riolita con fenocristales de grano medio, en matriz fina idiomórfica e hipidiomórfica; microgranito de biotita; granito aplítico), rocas hipabisales y subefusivas ácidas del tipo Fanego (pórfido

de granito con fenocristales de grano grueso, en matriz fina xenomórfica) y rocas plutónicas ácidas del tipo Barrerito (granito de grano medio a grueso, en partes porfíricas).

Según los mismos autores la gran variedad petrográfica de las rocas de la suite, constituye diferentes niveles de emplazamiento, más o menos sincrónicos pero en diferentes pulsos, de un mismo y gran batolito. Estas rocas no son afectadas por metamorfismo regional, pero procesos autometamórficos e hidrotermales alteran parte de las mismas, principalmente en áreas próximas a fallas o zonas cataclásticas, formando mineralizaciones de sulfuros y óxidos de hierro, fluorita o pirofilita.

Dataciones realizadas en las diferentes rocas de la suite, por el método Rb-Sr, arrojan una isocrona común de 535 Ma (Höhndorf com. per., 1997). De estos datos se deduce que la intrusión de estas rocas es postectónica, en el rango de 600 a 590 Ma, siguiendo el clímax orogénico del Ciclo Brasileño (Söllner et al., 1987).

En el cuadrante de la Hoja San José, las rocas de la Suite Magmática Caapucú



Foto 1: Granito en estado fresco, altamente fracturado de la Suite Magmática Caapucú, de la escarpa del Bloque Cordillerita, afloramiento ubicado en el camino a la Colonia Gral. Cesar Barrientos.

afloran en la base de la escarpa del Bloque Cordillerita y al noreste del Cerro San José. El afloramiento ubicado en el camino a la Colonia Gral. Cesar Barrientos (Foto 1), el granito se encuentra en estado fresco, pero altamente fracturado, en contacto no expuesto con sedimentitas arenosas y conglomerádicas del Grupo Caacupé. En el escarpe oeste del Cerro Verá, el contacto se halla cubierto por material de derrumbe, pero la presencia de bloques de granitos y/o riolitas, dispersos en áreas bajas, confirma su existencia. Otra zona de afloramientos es el extremo suroeste del cuadrante, donde áreas con alturas inferiores a 200 m. exponen rocas graníticas pertenecientes a la misma suite. Un afloramiento importante, aparece en el escarpe este del Cerro Apyreguá, en este un granito altamente alterado y fracturado, se encuentra en contacto con rocas clásticas ordovícicas, localmente conglomerádicas.

Estudios petrográficos realizados en el granito definen características texturales porfíricas, con fenocristales de feldespato, cuarzo y mica, en una matriz cuarzosa acompañada de mica, clorita y opacos. Algunos minerales alterados presentan huellas de maclas, lo que hace suponer la presencia de plagioclasas. Estas características petrográficas indican una correlación con los granitos del tipo Barrerito de Kanzler (1987) y Cubas et al. (com. per., 1997).

4.2 GRUPO CAACUPE (oc/oa)

Las rocas del Grupo Caacupé han sido descritas por Harrington (1950) con la denominación de Serie Caacupé, subdividida en conglomerado de Paraguarí, y areniscas de Piribebuy. El mismo autor en 1956, sustituye el término serie por grupo, manteniendo la misma clasificación. Y en 1972 modifica la clasificación del Grupo Caacupé, quedando esta constituida de una unidad basal, llamada conglomerado de Paraguarí, una intermedia o areniscas de Cerro Jhú y una unidad superior, como areniscas de Tobatí. Esta clasificación ha sido adoptada por todos los autores de trabajos posteriores (Escobar, 1978; The Anschutz Co., 1981; Proyecto PAR 83/005, 1986 y otros), asignándole la categoría de formación a los constituyentes litológicos.

El levantamiento geológico del área aflorante de esta unidad estratigráfica, lo que corresponde al cuadrante de la Hoja San José, no permite el delineamiento de un contacto claro, entre las formaciones Cerro Jhú y Tobatí citadas por autores anteriores. La problemática surge debido a las grandes variaciones litológicas, que se han encontrado en los diferentes afloramientos descritos, razón por la cual para el mapeamiento de esta hoja, se opta por diferenciar los conglomerados de la base y describir las sedimentitas superiores dentro de una unidad indiferenciada, quedando el Grupo Caacupé conformada por la Formación Paraguarí y las Formaciones Cerro Jhú y Tobatí indiferenciadas. Investigaciones en detalle de las características litológicas y faciológicas, en estas rocas serían necesarias para determinar los componentes litológicos de cada una de las formaciones.

Wolfart (1961) y Putzer (1962), tomando como base las dataciones fosilíferas, realizadas en la unidad superior o Grupo Itacurubí, estiman un posicionamiento relativo de edad silúrica, para las sedimentitas de este grupo. Debe considerarse a este respecto, que en la antigua clasificación el Periodo Silúrico incluía al Ordovícico, como una de sus dos series componentes, siendo la otra conocida como Gotlándico, razón por la que puede considerarse una equivalencia entre el Ordovícico de la clasificación actual y el Silúrico Inferior de la antigua. Esto lleva a presumir que la edad atribuida por estos autores al Grupo Caacupé, no estaría errada.

FORMACION PARAGUARI (oc)

La Formación Paraguarí es conformada por rocas clásticas gruesas, esencialmente conglomerados con intercalaciones de areniscas conglomerádicas y arcósicas. Los mejores afloramientos de esta unidad se encuentra en la Hoja Paraguarí, incluyendo la localidad tipo de esta formación.

En la Hoja San José, los afloramientos son observables en la base del escarpe del Bloque Cordillerita, en los Cerros Apyreguá (Foto 2), Jhú y Verá. En ellos los conglomerados son de color marrón claro, con clastos predominantemente de cuarzo de veta y cuarcita, de 1 a 6 cm. de diámetro,



Foto 2: Vista panorámica del Cerro Apyreguá, Grupo Caacupé, escarpe del Bloque Cordillerita.

redondeados a subredondeados, de formas esféricas, elipsoidales y discoidales, la matriz es arcósica y de grano grueso.

En general los bancos de conglomerados se disponen con espesores decrecientes. Los bancos o pulsos deposicionales se acomodan localmente con diseño plano-paralelo, siendo los tramos observados, partes componentes de un esquema deposicional mayor. Los espesores de estos bancos no sobrepasan 1,5 m y se presentan cortados por canales de erosión y depositación, e intercaladas con areniscas de estratificación cruzada acanalada, típicos de depósitos de ríos entrelazados asociados al sistema (Foto 3).

El espesor general de los depósitos de conglomerados y areniscas es muy variado, por ejemplo, el flanco norte del Cerro Apyreguá presenta un espesor total de conglomerados intercalados con areniscas conglomerádicas de aproximadamente 10 m., en el flanco oeste del mismo cerro, esta asociación clástica presenta un espesor aproximado de 40 m., mientras que en el flanco este estos espesores son menores. Esta aparente diferencia en el espesor de la asociación clástica de la Formación

Paraguarí, es debida probablemente a la posición del observador con respecto al depósito. Una diferencia muy marcada estaría dada en los pozos perforados, para prospección de agua en la ciudad de La Colmena, donde el espesor total alcanzaría 80 a 90 m., en contacto inferior con los granitos de la Suite Magmática Caapucú (perfiles de pozos, SENASA) Este dato puede ser considerado como el espesor máximo del sistema.

La decrecencia en el espesor de los bancos conglomerádicos y en la granulometría muestra la evolución gradual de los depósitos conglomerádicos de la Formación Paraguarí, a las areniscas de la unidad sedimentaria superior de las Formaciones Cerro Jhú y Tobatí. Además indica, conjuntamente con otras características que estos se depositan en un ambiente fluvial, de abanicos aluviales del tipo torrencial, en su facie distal. Este sistema estaría asociado a sistemas deltaicos y sedimentación marina lateral, en un esquema transgresivo.

Esta unidad estratigráfica conglomerádica representa la base de una secuencia de sedimentación transgresiva y sin registros fosilíferos, por lo que se le asigna la edad



Foto 3: Banco de conglomerado, de 1,5 m. de espesor e intercaladas con areniscas, Formación Paraguari, Grupo Caacupé, escarpa del Cerro Apyreguá, Bloque Cordillerita.

relativa del Ordovícico Superior, considerando las dataciones paleontológicas, conocidas para las sedimentitas de la unidad silúrica inferior del Grupo Itacurubí.

FORMACIONES CERRO JHU Y TOBATI INDIFERENCIADAS (oa)

Estas rocas fueron descritas por Harrington (1950) como areniscas de Piribebuy. Eckel (1959) utiliza la misma clasificación, mientras otros autores como Wolfart (1961) y Putzer (1962) lo llamaron areniscas de Caacupé. Harrington (1972) describe las areniscas Cerro Jhú y Tobatí para designar el conjunto de rocas sedimentarias clásticas superiores del Grupo Caacupé. Posteriormente otros autores adoptaron esta clasificación con modificaciones, tales como el Proyecto PAR 83/005 (1986), Escobar (1987), Orue (1996) entre otros.

Las rocas silicoclásticas de la unidad indiferenciada son esencialmente areniscas arcósicas en la base, areniscas con intercalaciones lutíticas y areniscas friables con textura sacaroidal. Estas diferenciaciones litológicas locales no observables en todos los perfiles, es la principal dificultad

para una clara caracterización de las formaciones Cerro Jhú y Tobatí y la delineación de un contacto claro entre ellas, por lo que son mapeadas de manera indiferenciada.

En el cuadrante de la Hoja San José las rocas sedimentarias de esta unidad indiferenciada constituyen las hombreras norte y sur del Valle de Acahay. En la hombrera norte, el contacto de los conglomerados de la Formación Paraguari no es observable, por tratarse de depósitos en posición distal. Estos depósitos distales de la unidad indiferenciada, constituyen areniscas de granulometría media a gruesa, mal seleccionada en parte conglomerádicas, que presentan intercalaciones lutíticas, de pocos centímetros de espesor, que en algunas localidades alcanzan hasta 4 m. (Compañía Itá Morotí).

El techo de esta unidad es predominantemente arenosa, friable y con textura sacaroidal, de granulometría media, mejor seleccionada y de granos subredondeadas, con una geometría deposicional sigmoidal retrogradante (Foto 4). En superficies expuestas a la erosión estas areniscas se presentan agrietadas. Estas grietas en forma de polígonos rugosos tienen un origen químico, son producidas por meteorización en



Foto 4: Geometría de depositación sigmoidal, en la unidad indiferenciada superior del Grupo Caacupé (Formaciones Cerro Jhú y Tobatí), Compañía Itá Morotí, Bloque Cordillera.

areniscas con escasa matriz y muy poco cementadas. La meteorización forma una costra silicificada, de aproximadamente 1 cm. de espesor. El proceso consiste en la propiedad del cuarzo de solubilizarse, estando expuesto a los agentes atmosféricos. Este cuarzo solubilizado actúa como cemento en la superficie, confiriendo a la roca una costra resistente. Esta costra debido a las variaciones de temperatura, por dilatación y contracción se agrietan, formando los polígonos (Foto 5). Debajo de esta costra el material es friable y parte del mismo es erosionado formando una superficie rugosa con oquedades. Este fenómeno de agrietamiento es muy característico en las areniscas superiores de esta unidad.

Al sur de la ciudad de La Colmena en el Bloque Cordillerita, esta unidad muestra areniscas conglomerádicas en la base, sobreyaciendo a los conglomerados de la Formación Paraguairí, con espesor aproximado de 250 m. Al suroeste de la misma ciudad, el perfil de estas rocas muestra areniscas finas silicificadas en la base, intercaladas con areniscas de granulometría gruesa, conglomerádica, con clastos angulosos, dispuestas con estratificación acanalada, sobrepuesta a los canales se

hallan areniscas con granulometría creciente de media a gruesa en una disposición sigmoidal. Esta asociación de estructuras de depositación permite definir para la unidad indiferenciada un ambiente fluvial de ríos entrelazados en la base, asociado a un sistema deltaico, en un contexto marino transgresivo.

La roca del Cerro Apyreguá, ubicado 6 Km. al suroeste de La Colmena, en el Bloque Cordillerita, corresponde al Grupo Caacupé, desmintiendo de esta manera la composición alcalina del tipo essexítico, que se le fuera atribuida (Eckel, 1959), esta confusión presumiblemente ha sido debida al aspecto morfológico del cerro, similar a un stock de roca intrusiva.

4.3 GRUPO ITACURUBI (s)

Esta unidad ha sido objeto de numerosos estudios paleontológicos, debido a su alto contenido fosilífero. Beder y Windhausen (1918) han sido los pioneros en mencionar las rocas de los alrededores de Arroyos y Esteros, específicamente en un cerro llamado Aparipy, donde describen fósiles de edad devónica. En 1950, Harrington describe la Serie Itacurubí, subdividida en



Foto 5: Polígonos de meteorización de origen químico, en areniscas friables de la unidad indiferenciada superior del Grupo Caacupé, Compañía Itá Morotí, Bloque Cordillera.

areniscas laminadas en la base, seguidas de areniscas arcillosas y areniscas friables en el techo y correlacionándolas, por su contenido fosilífero con rocas devónicas de la Cuenca del Paraná en Brasil. En 1956 el mismo autor sustituye la denominación serie por grupo, sin modificar su clasificación, ni su edad. Wolfart (1961) subdivide el grupo en areniscas de Eusebio Ayala, arcillitas de Vargas Peña y areniscas de Cerro Perú, estableciendo la edad llandoveriana (Silúrico Inferior) para esta unidad. Harrington (1972), define la clasificación del Grupo Itacurubí en las areniscas de Eusebio Ayala, arcillitas de Vargas Peña y areniscas de Cariy. Esta clasificación elevada a la categoría de formaciones ha sido utilizada por autores tales como: Proyecto PAR 83/005 (1986), Escobar (1987), Ciguel et al. (1987), Ciguel (1988), Dyck (1991).

La escasez de afloramientos de los diferentes componentes litológicos del Grupo Itacurubí, en el área correspondiente a la Hoja San José, no permite la subdivisión en las tres formaciones conocidas. La Formación Eusebio Ayala como unidad sedimentaria inferior es observada en el área del cuadrante, con mínimo espesor en la zona de contacto con la unidad superior del

Grupo Caacupé. Las arcillitas de la Formación Vargas Peña como unidad intermedia, aparece en contacto tectónico inferido, inmediatamente al este del Grupo Caacupé. Y la Formación Cariy como unidad superior aflora en localidades aisladas, en el área mapeada correspondiente a esta hoja. La falta de continuidad en los afloramientos, ya sea por razones geológicas y/o tectónicas, ha sido el principal motivo por el cual se opta por el mapeamiento de estos componentes litológicos, como una unidad indiferenciada, que en otras áreas o en trabajos de más detalles podrían ser diferenciados.

El Grupo Itacurubí aparece en la hoja en el centro-norte en contacto principalmente tectónico con los sedimentos infrayacentes del Grupo Caacupé. Pequeños remanentes de erosión de las areniscas inferiores se observan al oeste sobreyaciendo al Grupo Caacupé, los cuales indican un contacto estratigráfico entre ambos. Mientras que al este, al sur y principalmente en los alrededores del pueblo de Valenzuela, el contacto tectónico es notorio, evidenciado por los altos barrancos del Grupo Caacupé, en contraste con la morfología del valle del arroyo Barrero Paso, al este del mismo

pueblo, y corroborada por la presencia en superficie de rocas de la unidad sedimentaria intermedia del Grupo Itacurubí, a pocos metros de afloramientos del techo del Grupo Caacupé.

El Grupo Itacurubí presenta en otras áreas una clara subdivisión en las tres formaciones. La Formación Eusebio Ayala, como unidad litológica inferior, presenta areniscas finamente laminadas y micáceas, intercaladas con capas lutíticas de poco espesor, es característico en estas sedimentitas la presencia de icnofósil. Ciguel et al. (1987) describe *skolithos* en el techo de la Formación Eusebio Ayala, definiéndola como areniscas depositadas en el inicio de una transgresión, en un ambiente marino de aguas rasas, probablemente de la zona de intermarea. Estas areniscas inferiores estarían representadas en la hoja por pequeños remanentes de erosión de muy poco espesor, ubicadas al noroeste del pueblo de Valenzuela.

Los mejores afloramientos de las arcillitas de la Formación Vargas Peña, unidad litológica intermedia del Grupo Itacurubí, se encuentran en el borde este del Bloque de Asunción, en la ciudad de Itauguá. La

litología de estos afloramientos es idéntica a los que se describen en el área del cuadrante de la Hoja San José, ambos son arcillitas micáceas y lutitas, con alto contenido fosilífero. Los macrofósiles contenidos en ellos son: *trilobites*, *braquiópodos*, *graptolites* y *moluscos* (*tentaculites*, *hyolites*, *orthocerátidos*, *bivalvos* y *gasterópodos*) (Wolfart, 1961; Dyck, 1991; y otros) y los microfósiles son *acritarcas*, *chitinozoarios* y *esporas* (Dyck, 1991; Gray et al., 1992), lo que facilita una clara posición cronoestratigráfica de estas arcillas en el Llandoveryano (Silúrico Inferior). En un afloramiento en el área de Minas Cué (12,20 E 79,10 N; Foto 6), las lutitas y arcillitas de este grupo, presentan finas intercalaciones de areniscas, con una fauna fosilífera comparable a la del afloramiento de Itauguá del Bloque de Asunción. Otros afloramientos aislados de estas sedimentitas se observan a lo largo del camino a Valenzuela y 4 km al este del mismo pueblo en el Arroyo Barrero Paso.

La unidad litológica superior o Formación Cariy, descrita en una localidad tipo, ubicada al norte del área del cuadrante, es constituida por areniscas de granulometría

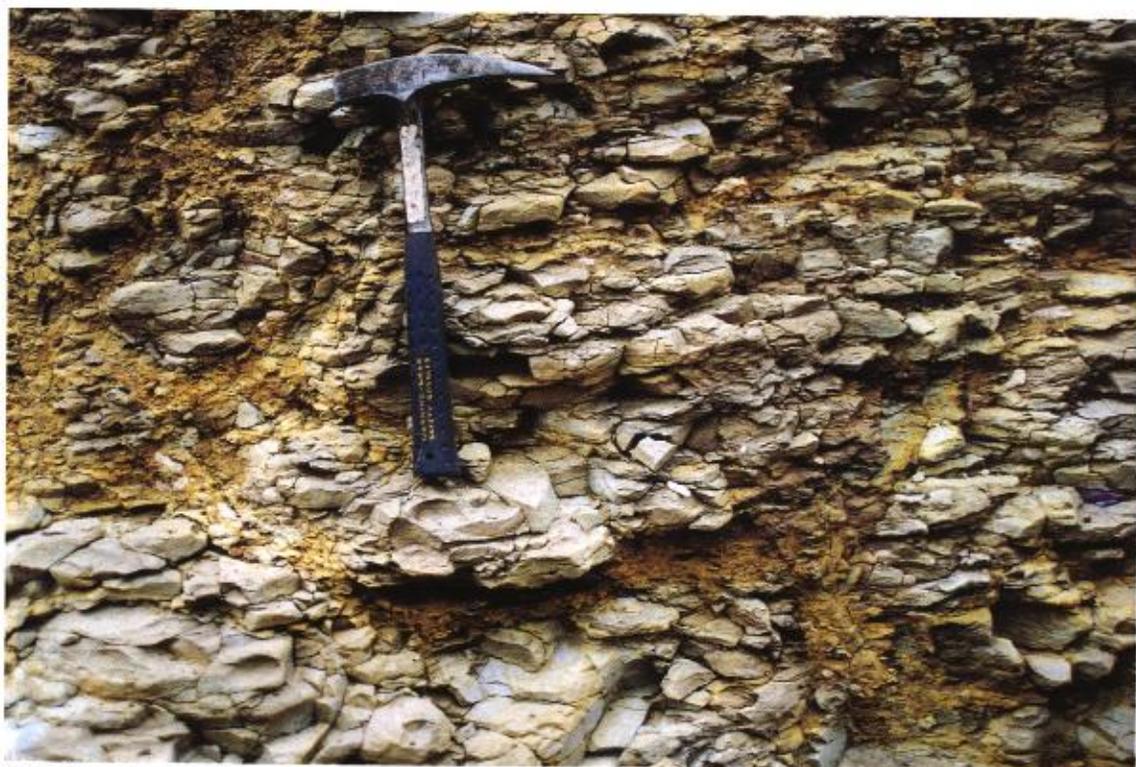


Foto 6: Lutitas y arcillitas, con finas intercalaciones de areniscas de la unidad intermedia del Grupo Itacurubí, Minas Cué (12,20 E/ 79,10 N), Bloque Cordillera.

fina, micáceas, laminadas, intercaladas con lutitas. Esta unidad presenta una fauna semejante a las arcillitas inferiores. Son típicos de estas rocas los anillos de *Liesegang*, como puede ser observados en un afloramiento al sureste del pueblo de San Antonio de la Cordillera.

El pozo RD 90 (The Anschutz Co., 1979), perforado en el km. 96 de la Ruta N° 2, muestra en los primeros 86 m. areniscas micáceas de granulometría fina a media, pobremente seleccionada, correspondiente a la Formación Cariy, los 78 m. siguientes corresponden a arcillitas micáceas de la Formación Vargas Peña, y los últimos 215 m. de areniscas de granulometría fina a gruesa, corresponden a la Formación Eusebio Ayala y al techo Grupo Caacupé.

Otro pozo clave para el estudio de la unidad silúrica es el RD 116 (The Anschutz Co., 1980), ubicado en el pueblo de Santa Elena, en la Hoja Itacurubí de la Cordillera. Este pozo perfora 50 m. iniciales de tillita, 150 m. siguientes de arenisca media con niveles conglomerádicos y aproximadamente 200 m. finales de arenisca fina con intercalaciones decrecientes de lutitas y arcillita (Figueredo et al., 1995). Análisis palinológicos realizados en estas rocas, revelan dos intervalos de edad Ordovícico Superior/Silúrico Inferior (Llandoveryano) para el tramo comprendido entre 198 a 385 m. y Silúrico Superior/Devónico Inferior para el intervalo 43 a 176 m. (Vergel, 1996). Otros análisis palinológicos realizados posteriormente en las sedimentitas de este mismo pozo, revelan edades similares, por ejemplo, tomando como base la presencia de microfósiles: *Ammonidium microcladum*, *Dactylofusa maranthesis*, *Veryhachium carminae*, *Domasia limaciformi*, se posicionan cronobioestratigráficamente estas rocas en el Eosilúrico, más precisamente en el Llandoveryano/Wenlockiano (Oliveira com. pres., 1996).

Gray et al., 1992 también describen microfósiles en dos pozos (269-R4 y 269-R3) en el área de Santa Elena y Jhugua Po-í, ambos localizados en la hoja contigua norte de Itacurubí de la Cordillera. El análisis paleontológico de las muestras les da edades llandoveryanas, para las arcillitas de

la Formación Vargas Peña, depositadas en un ambiente de mar muy raso cerca de la costa.

4.4 DEVONICO INDIFERENCIADO (d)

La sedimentación devónica conocida para el área centro-oeste de la Región oriental del Paraguay, es formada por sedimentos terrestres, acumulados en ambientes eólicos y fluviales en esta área de la cuenca. Estos depósitos se encuentran asociados a sedimentación fluviodeltaico y marino playo, en otras zonas de la cuenca, conociéndose aproximadamente 300 m. de arcillitas marinas, sobreyaciendo a otros 300 m. de sedimentación arenosa, en los pozos Asu 1 y 2, ubicados al norte del área, en el bajo de San Pedro.

La presencia de sedimentos de edad devoniana en subsuperficie, en el área del cuadrante de la hoja (Ver perfil AC), esta dada por la presencia de aproximadamente 90 m. de sedimentos conglomerádicos en el pozo RD 116 (intervalo comprendido entre 53 a 143 m.) (Figueredo et al., 1995), y edad Ludlowiano/Pragian (Silúrico Superior/Devónico Inferior), atribuida a los sedimentos inmediatamnete inferiores a estos (González et al., 1994).

La petrografía en el intervalo 40/144 m. del pozo RD 116, revela que la composición mineralógica de las rocas componentes es la misma, así como también los productos diagenéticos. La variante es esencialmente la granulometría, lo que se nota en la variedad de las areniscas finas a gruesas y hasta conglomerádicas, con matriz soportada. Estas características definen que las rocas de este intervalo, corresponden a un conjunto proveniente de una única Provincia Mineralogénica, dentro de un contexto de variaciones de condiciones ambientales (Laranjeira inf. int., 1995).

4.5 GRUPO CORONEL OVIEDO (c)

Las primeras referencias de conglomerados, areniscas y arcillitas de ambientes glaciales han sido mencionadas por Harrington (1950), sugiriendo el posicionamiento

estratigráfico de este conjunto de rocas en el intervalo comprendido entre el Carbonífero Superior al Pérmico Inferior, y correlacionados con las rocas clásticas de la misma edad de la Cuenca del Paraná en Brasil. Posteriormente Putzer (1962) describe unas areniscas intercaladas con tillitas, como pertenecientes a la Formación Tubarão del Carbonífero Superior. Hutchinson (1979) define al mismo conjunto de rocas, como constituido de areniscas conglomerádicas, siltitas y arcillitas y lo denomina Secuencia Permocarbonífera. En 1986 el Proyecto PAR 83/005 mapea diamictitas, arcillitas, areniscas y rítmicas, de la misma edad y pertenecientes al Grupo Coronel Oviedo.

Las rocas sedimentarias del Grupo Coronel Oviedo aparecen en el cuadrante de la hoja, como pequeñas elevaciones suaves y aisladas, en forma de islas, en la planicie de sedimentación cuaternaria. En la localidad denominada Isla Negra (44,2 E / 79,9 N), en el extremo superior derecho del mapa, 17 km. al este de la ciudad de San José, en una pequeña cantera se exponen areniscas finas macizas, alteradas y conglomerádicas (Foto 7). Estas areniscas

presentan clastos de rocas metamórficas, graníticas, cuarcitas y mineral de cuarzo. El tamaño de los mismos oscila entre 1 y 5 cm. en sus ejes menores y mayores respectivamente, presentan formas esféricas y elipsoidales del tipo oblato y prolato. Los mismos son subangulosos, con típicas características de superficie (desgaste de uno de sus extremos y estrías), producidos por transporte glacial. Estos clastos o *dropstones* se encuentran aisladamente dispersos, sin arreglo deposicional y algunos en posición vertical (Foto 8), lo que indica que han sido depositados por decantación (*ice-rafted pebbel*), producidos por calentamiento de los *icebergues* en regiones marinas o lacustres distales.

La presencia de *dropstones* en areniscas indica un ambiente glaciofluvial, asociado a un sistema lagunar, en el área del cuadrante de la hoja. En general estas rocas en escasos afloramientos, ubicados fuera del cuadrante de la hoja, muestran la complejidad típica de los depósitos glaciales. La presencia de areniscas con *dropstones* deformados y estriados, además de arcillitas, limolitas, rítmicas y diamictitas es típica de las rocas clásticas de esta unidad sedimentaria.



Foto 7: Areniscas finas macizas conglomerádicas, alteradas; Grupo Coronel Oviedo, Isla Negra (44,20 E/ 79,90 N).



Foto 8: Posición deposicional vertical de dropstones en areniscas del Grupo Coronel Oviedo, Isla Negra (44,20 E/ 79,90 N).

Otros afloramientos se observan en el centro este del cuadrante de la hoja, pequeños canales de drenaje y pozos caseros, exponen areniscas alteradas con clastos de tamaño, forma y composición muy variada, subyaciendo a las rocas sedimentarias de la unidad superior.

Las sedimentitas del Grupo Coronel Oviedo presentan un contacto discordante con las rocas devónicas y tectónico con el Grupo Itacurubí, observable al este de la ciudad de San José, mientras que presenta contacto transicional con las rocas subyacentes del Grupo Independencia del Pérmico Medio a Superior.

Los espesores conocidos para el conjunto de rocas carboníferas son muy variados, se describen hasta 1.200 m. para otras áreas fuera del cuadrante de la hoja (Pozo Asu 2; Wiens con. per.) En el área correspondiente a la Hoja San José, no se conocen datos de espesores, pero puede estimarse espesores menores considerando la sedimentación marginal de la zona.

4.6 GRUPO INDEPENDENCIA (p)

Los primeros fósiles de edad pérmica han sido encontrados en la ciudad de Villarrica (Beder, 1923). Harrington (1950) describe en las inmediaciones de la misma ciudad, una sucesión de sedimentitas arenosas y arcillosas, como pertenecientes a la Serie Independencia del Pérmico Superior. Eckel (1959) correlaciona estas rocas con formaciones brasileñas, también del Pérmico Superior. Posteriormente Putzer (1962) menciona fósiles vegetales en areniscas, sugiriendo una edad pérmica media para las mismas. Herbst (1972) describe la presencia del *Lycopsideae arborescentes* en la Serie Independencia de Harrington.

En 1981 trabajos realizados por la empresa *The Anschutz Co.* subdivide el Grupo Independencia en cuatro formaciones (San Miguel, Tacuary, Tapytá y Cabacué). El Proyecto PAR 83/005 adopta el nombre, no así su clasificación, reconociendo solamente las formaciones inferiores de San Miguel y Tacuary como constituyentes del grupo.

Báez (1992) mapea por primera vez las rocas clásticas, ubicadas al oeste del Río

Tebicuary-mí, como pertenecientes al Pérmico, por correlación litológica y el contenido de madera silicificada. Este autor identifica en el área de la Hoja La Colmena, la Formación San Miguel y subdivide la misma en tres unidades, incluyendo como la unidad superior las rocas clásticas conglomerádicas de la Serranía de Ybytymí.

Las rocas del Grupo Independencia descritas en la hoja, son predominantemente arenosas con intercalaciones arcillosas, presentan contacto inferior con el Grupo Coronel Oviedo, observado en el pozo RD 12 (19,8 E / 51,9 N; The Anschutz Co., 1981), en el pueblo de Ybytymí. Este contacto aparece aproximadamente en los primeros 10 m. del pozo, y los restantes 55 m del mismo, corresponden a sedimentitas conglomerádicas pertenecientes a la Formación Coronel Oviedo. Los pozos RD 17 y RD 18 (29,8 E / 45,2 N; The Anschutz Co., 1981) ubicados al suroeste del pueblo de Tebicuary, perforan 93 y 32,8 metros de rocas clásticas pérmicas respectivamente. En ellos la litología muestra areniscas arcillosas finas, con intercalaciones arcillosas.

En el perfil de la Serranía de Ybytymí (Fig. 5) se observan areniscas finas, intercaladas

con bancos de arcillitas y areniscas calcáreas en la base, y areniscas con nódulos ferruginosos, con aspecto moteado, en el techo. En contacto discordante sobreyacen a estas, areniscas conglomerádicas de edad sintectónica del Triásico/Cretácico, pertenecientes a la Formación Ybytymí.

Las sedimentitas pérmicas del centro-este de la hoja, consisten principalmente de areniscas finas y lutitas (Foto 9). Las primeras son granulométricamente subredondeadas y bien seleccionadas, con niveles oolíticos. Las lutitas presentan coloración variada, se hallan comúnmente laminadas y muy bioturbadas.

En los afloramientos del centro-oeste de la hoja, principalmente al sur del pueblo de Sapucaí, en una localidad denominada Santa Isabel, se observan maderas silicificadas, de variados tamaños, incluidos en sedimentos finos. Análisis paleobotánico realizado en las maderas (Herbst, comunicación personal) describen alta silicificación, impidiendo una clara caracterización y datación de las mismas. Idénticos análisis realizados en muestras de otras localidades (Herbst, 1972), facilitan la correlación entre

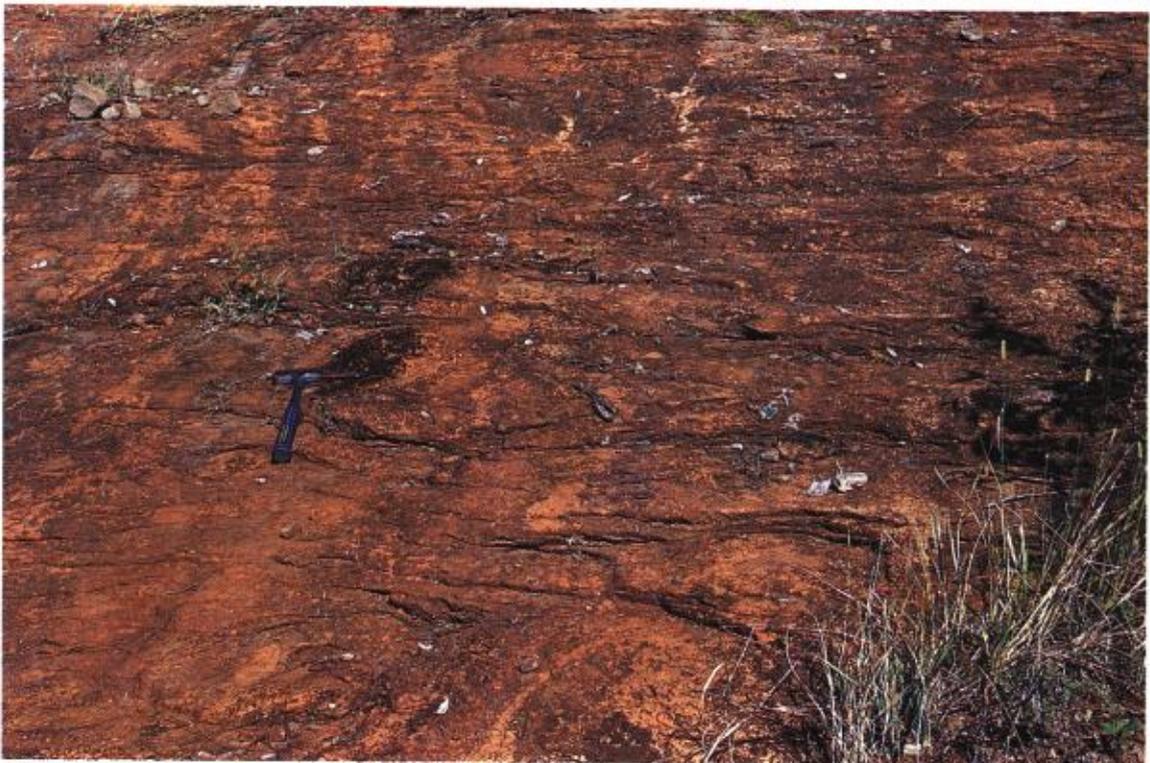


Foto 9: Areniscas finas laminadas e intercaladas con lutitas, Grupo Independencia, base del perfil de la Serranía de Ybytymí.

ambas maderas, considerando origen y proveniencia. Análisis palinológicos realizados en testigos de pozos (Pozo RD 74; The Anschutz Co., 1978), permiten inferir edades pérmicas (Kunguriano/Kazaniano), en condiciones ambientales predominantemente continental, con esporádicas conexiones marinas, para estas rocas. El ambiente marino raso costero, en el cual una pequeña variación del nivel relativo del mar permite una amplia implantación y desarrollo de condiciones ambientales continentales, interdigitadas con sedimentación marina. La presencia de sedimentación marina es constatada por algunos niveles con paleomicroplancton marino (González et al., 1995, inédito).

Las rocas sedimentarias pérmicas en la Hoja San José, abarcan todo el área central de la misma, al oeste presenta contacto discordante con rocas sedimentarias conglomerádicas triásicas/cretácicas de la Formación Ybytymí, y en otras localidades se hallan directamente por debajo de derrames basálticos de la Suite Sapucaí. Al

sur un contacto fuertemente tectónico es considerado por el contraste morfológico, entre estas rocas y las del Grupo Caacupé, observados en los bordes norte y sur del Graben de Acahay. El espesor del conjunto de rocas pérmicas de la hoja, en la Serranía de Ybytymí, puede ser estimado en aproximadamente 170 m.

Por lo expuesto en cuanto a las condiciones de sedimentación, las rocas atribuidas al Grupo Independencia son depositadas en la costa marina, de una cuenca con características intracratónicas del tipo rampa, de plataforma amplia y rasa, oscilante y regresivo, principalmente en sus faces finales.

4.7 FORMACION YBYTYMI (tr/k)

Las rocas clásticas de la Serranía de Ybytymí han sido mencionadas por autores anteriores, tales como Harrington (1950), Eckel (1959), Anónimo (1966), Zarza (1991), y Dyck (1991) atribuyéndoselas edad ordo-

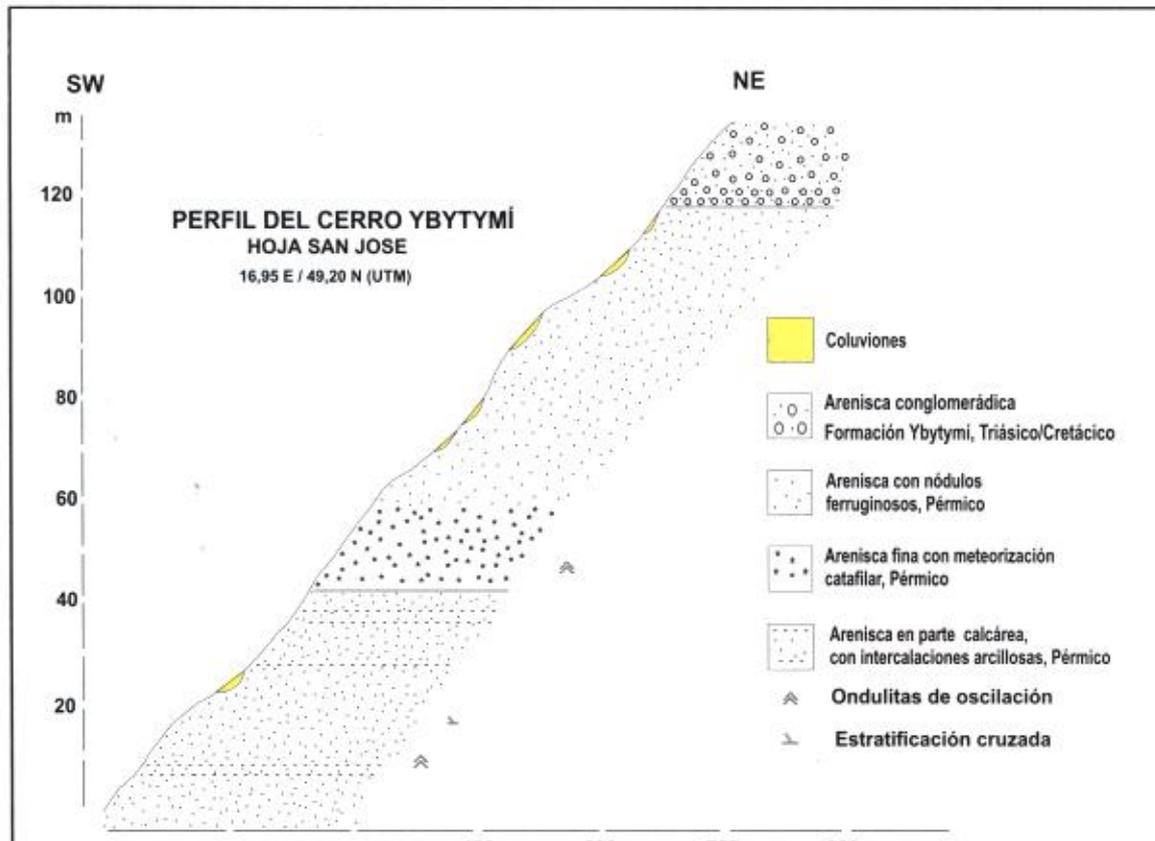


Fig. 5: Perfil geológico de la Serranía de Ybytymí.

víca y correlacionadas con las rocas del Grupo Caacupé. Putzer (1962) y The Anschutz Co., (1981) describe las mismas rocas como pertenecientes a la Formación Misiones, de edad triásica/cretácica. El Proyecto PAR 83/005 (1986) reconoce el mismo conjunto de rocas en la Serranía de Ybytymí, como de edad cretácica superior, incluyéndolas en la Formación Patiño, descriptas principalmente en el área de Asunción. Baéz (1992) mapea estas mismas rocas como sedimentitas del Grupo Independencia del Pérmico.

La Formación Ybytymí ha sido definida en esta hoja como una unidad independiente de la Formación Misiones y más antiguas que las rocas del Grupo Asunción, constituyendo una sedimentación local en una estructura tectónicamente activa. La mejor exposición de estas rocas se observa en la Serranía de Ybytymí (Fig. 5). En este perfil las rocas son predominantemente de granulometría gruesa, exponiéndose una sucesión granocreciente de areniscas gruesas a muy gruesas, a conglomerádicas (Foto 10), que se encuentran alternadas con conglomerados, en las zonas superiores.

Litológicamente los conglomerados están constituidos por clastos de cuarzo, rocas metamórficas, rocas ígneas alteradas y areniscas ordivícica/silúricas, provenientes de las áreas expuestas por la tectónica actuante. Estos clastos presentan formas esféricas y elipsoidales y son redondeadas a subredondeadas.

Los conglomerados presentan estratificación cruzada acanalada, con geometría oblicua, debido a depositación en canales truncados erosivamente. La geometría deposicional es característica de ríos entrelazados, asociados a abanicos aluviales.

Las rocas de la Formación Ybytymí, aparecen 5 km. al suroeste del pueblo Gral. Bernardino Caballero, en el camino que une este pueblo con la ciudad de La Colmena, en esta localidad sobreyacen a las areniscas finas pérmicas, y subyacen a los basaltos de la Suite Magmática Sapucaí, esta yacencia le atribuye una edad sintectónica y premagmática. Otros afloramientos de esta formación se observan en cerros aislados al norte y este de La Colmena, en forma de remanentes de erosión mostrando



Foto 10: Areniscas gruesas conglomerádicas, Formación Ybytymí, techo del perfil de la Serranía de Ybytymí.

areniscas conglomerádicas y conglomerados.

El espesor de esta unidad sedimentaria es muy variada, ya que pueden observarse 80 m. en la Serranía de Ybytymí y pequeños espesores de areniscas conglomerádicas, intercalando la unidad inferior pérmica con los basaltos de la Suite Magmática Sapucaí.

Notoriamente la distribución de los sedimentos de la Formación Ybytymí sigue la dirección tectónica mesozoica del Graben de Acahay (110°/120°), lo que indica una estrecha relación entre la depositación y el evento tectónico formador de la estructura, y además la depositación se halla restringida a los bloques más hundidos del seno del graben.

La depositación sinrift de estos sedimentos y la presencia de numerosos diques cretácicos cortando los mismos, favorece la ubicación relativa de los mismos, a partir del Triásico, como inicio de la estructuración del Graben de Acahay, hasta el Cretácico, edad de las magmatitas básicas alcalinas de la Suite Intrusiva/Extrusiva Sapucaí.

4.8 SUITE INTRUSIVA EXTRUSIVA SAPUCAI

Las primeras referencias de rocas intrusivas en la zona central de Paraguay oriental se remonta a Hibsich (1891) y a Milch (1895), el primero en la Serranía de Ybytymí y el segundo en el pueblo de Sapucaí. Otros autores tales como Harrington (1950) y Putzer (1962) caracterizan un gran número de cuerpos intrusivos y rocas basálticas en la región oriental de Paraguay, y Eckel (1959) evalúa el potencial mineral de estas rocas desde un punto de vista económico.

Posteriormente, Palmieri (1973) describe geológica y cronológicamente las rocas de los alrededores de Sapucaí. Entre los años 1978 a 1980 la empresa The Anschutz Co. registra la distribución, la mineralogía y el potencial de las rocas alcalinas de la región oriental.

Una completa recopilación y división de las rocas alcalinas del Paraguay sobre la base de sus características geológicas y su posición geográfica ha sido realizada por

Livieres & Quade (1987). Investigaciones hechas por Bitschene & Lippolt (1984), Bitschene (1987) y Bitschene & Báez (1989) especifican las rocas alcalinas de la llamada Provincia Central, enfatizando sus trabajos en las características geoquímicas y petrográficas de estas rocas. Otros trabajos han sido realizados por Comin-Chiaramonti et al. (1990; 1991 a,c,d; 1992; y 1993), estos describen las rocas del área central-oriental, centrados en la caracterización de los diques potásicos de edad mesozoica. En trabajos posteriores Velázquez (1990), Velázquez (1992) y Velázquez et al. (1992), detallan geocronológicamente las rocas del mismo área central denominado por ellos como la Provincia Alcalina Central. Cabe mencionar la revisión general de la petrografía de las rocas alcalinas hechas por Orué (1996).

Báez (1992) ocupa gran parte de su trabajo de mapeamiento y descripción de la geología de la hoja La Colmena a la petrografía de las magmatitas alcalinas mesozoicas y cenozoicas del área.

El emplazamiento de las magmatitas alcalinas mesozoicas está asociado a un evento tectónico distensional, conocido como Ciclo Sudatlántico, en la placa Sudamericana, como efecto de la apertura del Atlántico Sur. El Ciclo Tectónico Sudatlántico en el área centro-oeste de Paraguay oriental forma una estructura denominada Graben de Acahay, como constituyente de un rifteamiento mayor llamado *Rift* de Asunción, con dirección regional noroeste (DeGraff y Orué, 1984).

Las rocas básicas alcalinas ocurren como intrusiones con forma de conos, diques y derrames. Los diques y conos se hallan principalmente emplazados en las sedimentitas pérmicas, en las areniscas conglomerádicas y los conglomerados de la Formación Ybytymí, y en los basaltos de esta misma suite, inmediatamente más antiguos, en el seno del Graben de Acahay, y también en las areniscas del Grupo Caacupé en las hombreras del *Rift* de Asunción. Los derrames descansan en discordancia sobre las areniscas pérmicas del Grupo Independencia, pero en algunas localidades se encuentra interpuesta entre ambas delgadas

camadas de las areniscas conglomerádicas de la Formación Ybytymí.

En el cuadrante de la Hoja San José se distinguen tres tipos de rocas, diferenciadas por sus características petrográficas y/o condiciones de yacencia:

DERRAMES BASALTICOS ALCALINOS PORFIDICOS (ke₂)

En el área comprendida entre el pueblo de Sapucaí al norte y Potrero Ybaté al sur, en el centro-oeste de la hoja, continuando en la hoja contigua de Paraguairí, se extienden derrames basálticos alcalinos, altamente fracturados. Estos presentan textura porfírica, por la presencia de fenocristales de clinopiroxeno, olivino y plagioclasa en matriz de grano fino de la misma composición. Los clinopiroxenos son de naturaleza augítica y las plagioclasas son cálcicas, como minerales secundarios aparecen serpentina y carbonatos (Orué, 1996).

Los basaltos porfídicos descansan discordantemente distribuidos sobre rocas preexistentes, en parte yacen directamente sobre areniscas pérmicas del Grupo Independencia (05,0 E / 45,0 a 50,0 N y al oeste del pueblo de Gral. Bernardino Caballero), en otras localidades el contacto presenta una delgada capa de las sedimentitas de la Formación Ybytymí, en la línea de contacto (02,5 a 05,0 E / 50,0 a 52,0 N y al suroeste de Cerro Fidel, en el camino que une el pueblo de Gral. Bernardino Caballero con La Colmena). La presencia de una brecha de colada con fenocristales de piroxeno se detecta en una localidad ubicada en las coordenadas 05,2 E / 42,3 N.

DERRAMES BASALTICOS ALCALINOS AFANITICOS (ke₁)

Bordeando el sur del afloramiento de los basaltos alcalinos porfíricos de la zona de Potrero Ybaté (07,0 E / 44,4 N y 00,7 E / 48,4 N), en contacto tectónico no observable, en niveles morfológicamente inferiores se observan los basaltos de textura afanítica, en parte amigdaloidal, con vesículas, que en algunos casos se hallan rellenas con minerales secundarios, como

zeolitas, calcitas y algo de cuarzo (Palmieri, 1973). La composición química de estos basaltos es idéntica a los porfíricos.

La distribución de los derrames alcalinos basálticos afaníticos, en la hoja es relativamente pequeña y se halla dispuesta en discordancia sobre las sedimentitas de la Formación Ybytymí (08,5 E / 42,0 N; 08,2 E / 43,0 N), o directamente sobre areniscas pérmicas del Grupo Independencia (05,0 a 08,0 E / 40,0 N y en la zona de contacto inferido con los basaltos alcalinos porfídicos).

INTRUSIVAS BASICAS ALCALINAS (ki)

Los cuerpos intrusivos de la Suite Sapucaí se hallan emplazados en la unidad ordovícica del Grupo Caacupé, en las rocas pérmicas del Grupo Independencia, en las sedimentitas de la Formación Ybytymí y en las rocas basálticas de la fase extrusiva de la misma suite. El Cerro San José (05,2 E / 26,8 N), constituido por rocas con una zonalidad petrográfica comprendida entre sienitoides, monzonitoides y melasienitoides (Báez 1992), se emplaza en areniscas del Grupo Caacupé, además de los diques ubicados al sureste de la Ciudad de La Colmena y en la Colonia Gral. Cesar Barrientos. El emplazamiento en rocas pérmicas se observa en el Cerro Chobi (20,2 E / 46,2 N), y se halla constituido de rocas del tipo malignitos y shonkinitos, además de una innumerable cantidad de diques, ubicados principalmente en los alrededores de la Serranía de Ybytymí (Foto 11), y otros no mapeables a la escala de este mapa. En la Formación Ybytymí el emplazamiento se realiza en forma de conos y diques, en la serranía del mismo nombre y en el Cerro Itapé (44,5 E / 40,0 N). El emplazamiento en las rocas basálticas de la misma suite se observa en el área de Sapucaí (01,5 a 05,0 E / 55,0 a 60,0 N), Potrero Ybaté (04,3 E / 46,8 N) y el Cerro Fidel (11,0 E / 56,0 N).

Petrográficamente se distinguen rocas de tipo gabro de textura hipidiomórfica compuesto de minerales esenciales tales como plagioclasas y clinopiroxeno, como secundarios contiene nefelina, biotita y feldespato alcalino y como accesorios



Foto 11: Dique de roca intrusiva básica alcalina de la Suite Magmática Sapucaí, cortando sedimentitas pérmicas, perfil de la Serranía de Ybytymí.

presentan opacos, apatita, titanita y circón. Otras rocas son essexitas de textura fanerítica ocasionalmente porfiríticas compuesta esencialmente de clinopiroxenos, plagioclasas, feldespato alcalino, nefelina y biotita; también sionodiorita compuesta de minerales tales como clinopiroxenos y feldespatos; además de malignitas y nefelinitas sieníticas. Esta última con predominio de minerales del tipo de feldespato alcalino (Orué, 1996).

Según Palmieri (1973) la petrografía del área de Sapucaí (01,5 a 05,0 E / 55,0 a 60,0 N) está dada principalmente por gabros caracterizados por la presencia de minerales del tipo labradorita, clinopiroxenos, olivino y biotita, por gabros alcalinos petrográficamente constituidos de labrador, ortosa sódica, augita, hornblenda y poca nefelina, además de traquitas, fonolitas, theralitas y teschenitas.

Otra área de la hoja es la zona de Potrero Ybaté (04,3 E / 46,8 N), en ella, la muestra 2330 (número de archivo) corresponde a una roca constituida de minerales primarios, del tipo olivino, piroxeno (diopsido), opacos, apatita, biotita, plagioclasa, y feldespato alcalino, y minerales secundarios, tales

como, óxidos e hidróxidos de hierro, en olivino y piroxeno, también filosilicatos en olivino, y es clasificada como una microsienita potásica. La misma muestra en el diagrama TAS cae en el rango de las fonotefritas. Otra muestra con número de archivo 2329, emplazada en forma de dique en la anterior, ha sido clasificada, tomando como base el mismo diagrama, como una basanita tefrítica.

La mayoría de las edades determinadas por el método K/Ar en rocas básicas alcalinas del área que comprende la Provincia Alcalina Central (Tabla2), oscila en el rango de 130 a 120 Ma, con algunos valores extremos. En la Hoja San José estos valores extremos están dados por 178 ± 10 Ma (Comte & Hasui, 1971), obtenidos en roca total de diabasas, del área de Sapucaí y han sido correlacionadas a rocas de edades semejantes en Brasil. Otras edades K/Ar han sido determinadas en clinopiroxeno de essexita, del Cerro Santo Tomas (Bitschene, 1987) en $183,5 \pm 8,5$ Ma, y en clinopiroxeno de fonolitas lamproíticas de la Serranía del Ybytyruzu, en $165,6 \pm 16$ Ma., este valor extremo ha sido atribuido a un exceso de argón.

Dataciones por el método Rb/Sr realizadas por Velázquez et al. (1992) con datos de Bitschene (1987) y Velázquez et al. (1990), determinan una isócrona que da una edad de $126,5 \pm 7,6$ Ma para las rocas alcalinas de la Provincia central de Paraguay oriental.

Apoyados en los trabajos arriba mencionados el evento magmático abarca un rango de tiempo comprendido dentro del Cretácico Inferior.

4.9 SUITE INTRUSIVA ÑEMBY (tn)

La existencia de rocas intrusivas alcalinas en las inmediaciones de Asunción es conocida en la literatura desde Stormer et al. (1975). Ellos describen la ocurrencia de nódulos de espinel lherzolitos en lavas basálticas de estas áreas, posteriormente Bitschene (1987) analiza la química y los isótopos de los basaltos de la Provincia alcalina central. Bitschene & Báez (1989) incentivan el estudio de la química de los basaltos alcalinos y las fonolitas del Paleógeno en la misma zona. Comin-Chiaramonti et al. (1991b) describe la

petrografía y la química en los xenolitos incluidos en estas rocas. El nombre de Ñemby atribuido a la suite intrusiva es adoptado de la Formación Ñemby del Proyecto PAR 83/003 (1986).

Los cuerpos se hallan emplazados en las rocas sedimentarias pérmicas del Grupo Independencia y en sedimentitas triásica/cretácicas de la Formación Ybytymí, a las primeras corresponde una elevación denominada Cerrito (29,0 E/ 43,5 N) y un dique en el camino Gral. Bernardino Caballero/ La Colmena (12,8 E/ 49,8 N; Foto 12). Intruyendo la Formación Ybytymí se encuentran dos pequeños cerros (41,0 E/ 37,7 N), constituidos de rocas fonolíticas. Y además el Cerro Medina (05,20 E/ 26,75 N) que presenta contacto recubierto por sedimentos recientes.

Las rocas de la Suite Intrusiva Ñemby, en la Hoja San José son preferentemente fonolitas con tendencia peralcalina, con predominancia de Na_2O sobre K_2O . En la localidad tipo en el Cerro Ñemby en las cercanías de Asunción, estas rocas son del tipo nefelinitas y ankaratritas con xenolitos del manto superior. Las fonolitas del



Foto 12: Dique de roca alcalina de la Suite Intrusiva Ñemby, intruyendo sedimentitas pérmicas, en el extremo oeste de la Serranía de Ybytymí (12,8 E/ 49,8 N).

cuadrante de la hoja son caracterizadas por colores gris verdoso y marrón rojizo, de matriz afanítica, en algunos casos con tendencia porfírica, con microfenocristales de sanidina y piroxeno, es común en ellas una meteorización que les confiere un color beige claro.

En el Cerrito (29,0 E/ 43,5 N) la roca presenta textura holocristalina hipidiomorfa porfírica, con una paragénesis compuesta de opacos, piroxeno (aegirina), apatito, anfífol, foides (nefelina y zeolita), feldespato potásico (sanidina) como primarios, y como secundarios filosilicatos y carbonatos, que la clasifica como una fonolita. La muestra del dique (Foto 12), expuesto en el camino (12,8 E / 49,8 N), presenta textura de flujo en una paragénesis de minerales primarios constituido de feldespato alcalino (sanidina), piroxeno (aegirina), anfífol (horblenda), apatito, opacos y foides, la matriz es muy fina con una notable diseminación de los minerales opacos, y clasificada también como una fonolita. Estas dos muestras de fonolitas en análisis químicos denotan la predominancia de Na_2O sobre K_2O (Tabla 3), y en el análisis TAS (alcalis total / SiO_2) las primeras son peralcalinas, mientras que las segundas dan una relación molar ($\text{Na}_2\text{O} + \text{K}_2\text{O}$)/ $\text{Al}_2\text{O}_3 = 0,99$, que lo define con tendencia peralcalina. La fonolita del Cerro Medina se presenta con una textura

holocristalina, hipidiomorfa, porfírica, con mineralogía primaria constituida de opacos, piroxenos (aegirina), apatito, anfífol, foides (nefelina y zeolita) y feldespato potásico (sanidina), y como minerales secundarios se hallan los filosilicatos y carbonatos. El predominio de Na_2O sobre K_2O define la tendencia sódica de las rocas, que las ubica como pertenecientes al magmatismo cenozoico, razón por la cual rocas con similares características químicas pueden ser incluidas en la Suite Magmática Ñemby.

Dataciones K/Ar hechas en fonolitas traquíticas del Cerro Giménez, ubicado en el Valle de Acahay en la hoja contigua oeste de Paraguarí, han arrojado una edad de $66,0 \pm 4,6$ Ma (Velázquez et al., 1992) y valores $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$ de $\text{Ro} = 0,704402$ para el Cerro Giménez y $\text{Ro} = 0,70324$ para el Cerro Medina (Velázquez, 1992), además de sus características petrográficas semejantes, sirven como parámetros para incluir estas rocas en la Suite Intrusiva Ñemby de edad terciaria.

4.10 SEDIMENTOS HETEROGENEOS ALUVIALES Y COLUVIALES (q_2)

Los sedimentos aluviales y coluviales ocupan gran parte del mapa, circundando áreas altas de afloramiento de rocas más

Elemento	Muestra Nº: 2329 Potrero Ybaté (04,3 E/ 46,8 N)	Muestra Nº: 2330 Potrero Ybaté (04,3 E/ 46,8 N)	Muestra Nº: 2364 Dique (12,8 E/ 49,8 N)	Muestra Nº: 2322 Cerrito (29,0 E/ 43,5 N)
SiO ₂	44,30	52,10	58,20	58,30
TiO ₂	1,60	1,29	0,16	0,12
Al ₂ O ₃	17,60	15,30	20,30	21,10
Fe ₂ O ₃	11,10	8,99	1,83	1,58
MnO	0,20	0,16	0,13	0,25
CaO	6,74	7,19	1,54	1,00
MgO	4,16	5,35	0,22	0,05
Na ₂ O	3,0	3,52	7,65	9,20
K ₂ O	4,72	5,55	6,87	6,37
P ₂ O ₅	0,45	0,47	0,07	0,02
Pérdida por calcificación			3,48	2,68

Tabla 2: Geocronología de las rocas alcalinas de la Suite Intrusiva Extrusiva Sapucaí de la Hoja San José.

antiguas, como depósitos de pie de monte, en forma de islas en el centro-norte del mismo y como sedimentos residuales. Estos sedimentos heterogéneos se presentan arenosos, arcillosos y hasta conglomerádicos, dependiendo del tipo de roca del que provienen. Los sedimentos de pie de monte circundante a la Serranía de Cordillera en el norte de la hoja, están constituidos principalmente de arenas de variada granulometría, en partes conglomerádica, con clastos de la misma arenisca de proveniencia. Mientras que los sedimentos del área de la Serranía de Cordillerita, en el sur de la hoja, son principalmente conglomerádicos.

Los sedimentos residuales forman islas en el centro-norte de la hoja, y se presentan en el paisaje como suaves lomadas sobresalientes en la planicie de inundación. Estos son suelos productos de la alteración in-situ de las rocas circundantes, siendo imposible su identificación por falta de datos de subsuperficie.

El espesor de estos sedimentos es muy variado, ya que depende principalmente de la topografía. Al respecto se han observado espesores de unos pocos centímetros hasta 20 m.

La ubicación estratigráfica de estos sedimentos está dada relativamente por la última reactivación tectónica del área y la sedimentación actual, por lo que su edad estaría entre el Terciario Superior y principalmente el Cuaternario.

4.11 SEDIMENTOS DE PLANICIE HUMEDA (q_1)

Los sedimentos de planicie húmeda cubren las áreas bajas, principalmente las circundantes a los arroyos y el Río Tebicuary-mí. Estos son suelos resultantes de la alteración de las rocas circundantes redepositados como rellenos de las grandes planicies inundadas y como material de colmatación de las redes de drenaje actuales, formados principalmente de material arcilloso, con alto contenido de materia orgánica y arenas.

Es difícil calcular el espesor de estos sedimentos, se estima que alcanzarían un máximo en las áreas más bajas. Teniendo

en cuenta ese parámetro puede tomarse los primeros 5 m. perforados por el pozo RD-12 (19,70 E/ 52,1 N) como el espesor mínimo de los sedimentos de planicie.

5 TECTONICA

En el Paraguay oriental pueden ser considerados principalmente cinco eventos tectónicos, de diferentes magnitudes y direcciones preferenciales, reactivadas a través del tiempo geológico. Ramos (1988) defiende una hipótesis fundamentada en que el magmatismo, el metamorfismo y la estructuración de cuencas son resultados de la aglomeración de bloques crátonicos, durante tiempos geológicos antiguos y reactivadas posteriormente.

- 1 El Ciclo Tectónico Transamazónico está representado por rocas metamórficas y metasedimentitas de la Suite Villa Florida, aflorantes al sur del área de esta hoja. Dataciones en circones de anfibolitas arrojaron edades de 2.240 y 2.040 Ma (Lohse, 1990), ubicándolas como pertenecientes a este ciclo tectónico.
- 2 El Ciclo Tectónico Brasileño (700/450 Ma; Fig. 4) es el evento formador de la cuenca del Paraná, al este de la zona de colisión de los terrenos asociados, con características de cuenca de antepaís (Ramos, 1988). Si bien las características de la estructuración inicial del basamento de la cuenca es poco conocida, direcciones estructurales dominantes noroeste y noreste controlarían la sedimentación subsecuente a partir del Ordovícico Superior al Devónico. Este ciclo es evidenciado en el cuadrante de la hoja por la presencia de las rocas magmáticas en el rango de granitos y riolitas de la Suite Caapucú.
- 3 A partir del Carbonífero Inferior un endomamiento del área de sedimentación de la cuenca por compresión, como efecto del colado de los terrenos patagónicos en el margen sureste de Gondwana (Ramos, 1988) sería el causante del largo hiatus en la sedimentación de la cuenca. Este hiatus es atribuido a la Orogénesis Eohercyniana (López Gamundi & Rosello, 1993; Fig.

- 4), y evidenciado por la discordancia entre las secuencias Ordovícica/Silúrica/Devónica y la Permocarbonífera. La secuencia permocarbonífera representa una depositación orientada localmente, en un área de subsidencia inicial, de la etapa embrionaria del *Rift* de Asunción, en el seno del Graben de Acahay.
- 4 El Ciclo Tectónico Sudatlántico reestructura la cuenca del Paraná a partir del Triásico (Putzer, 1962). La estructuración se realiza a consecuencia de la apertura del Atlántico Sur, en un sistema distensional de fallas normales con desplazamiento diferenciado de sus bloques componentes, con una dirección general noroeste/sureste. Esta estructura es denominada regionalmente *Rift* de Asunción (DeGraff & Orue, 1984).

En el cuadrante de la hoja, como parte del *Rift* de Asunción se extiende el Graben de Acahay, en el área del mismo nombre (Fig. 2). Esta estructura controla la sedimentación de edad sintectónica de la Formación Ybytymí en el seno de la estructura, también el derrame de los basaltos alcalinos sobreyaciendo en parte a la sedimentación, como así también la intrusión de conos y diques del último evento de la fase magmática del ciclo.

- 5 El Ciclo Tectónico Andino en el Paleógeno reactiva la estructuración anterior del *Rift* de Asunción, dando lugar a su actual morfología. La reactivación profunda de estas estructuras permite el emplazamiento de magmatitas alcalinas de edad terciaria en forma de conos y diques en la estructura tectónica general. Estos cuerpos intrusivos son mejor observados en la hoja contigua de Paraguari, y ubicados principalmente en los alrededores de la ciudad de Asunción. Algunos cuerpos intrusivos presentes en esta hoja también han sido correlacionados con este evento tectónico.

La tectónica actuante en el área es evidenciada por el contraste en las direcciones de depositación paleozoica en la cuenca regional y la dirección mesozoica en el seno del *rift*. Este contraste es principalmente constatado entre la sucesión cronológica en dirección al este de la sedimentación prerift de rocas ordovícicas, silúricas, devónicas y carboníferas, observado en la hombrera norte de la estructura, y a la yacencia en dirección opuesta, al oeste de los basaltos sobre los sedimentos de la Formación Ybytymí, ambos en el seno de la estructura y de edad sinrift (Fig. 6).

El elemento tectónico principal de la Hoja San José es el Graben de Acahay como

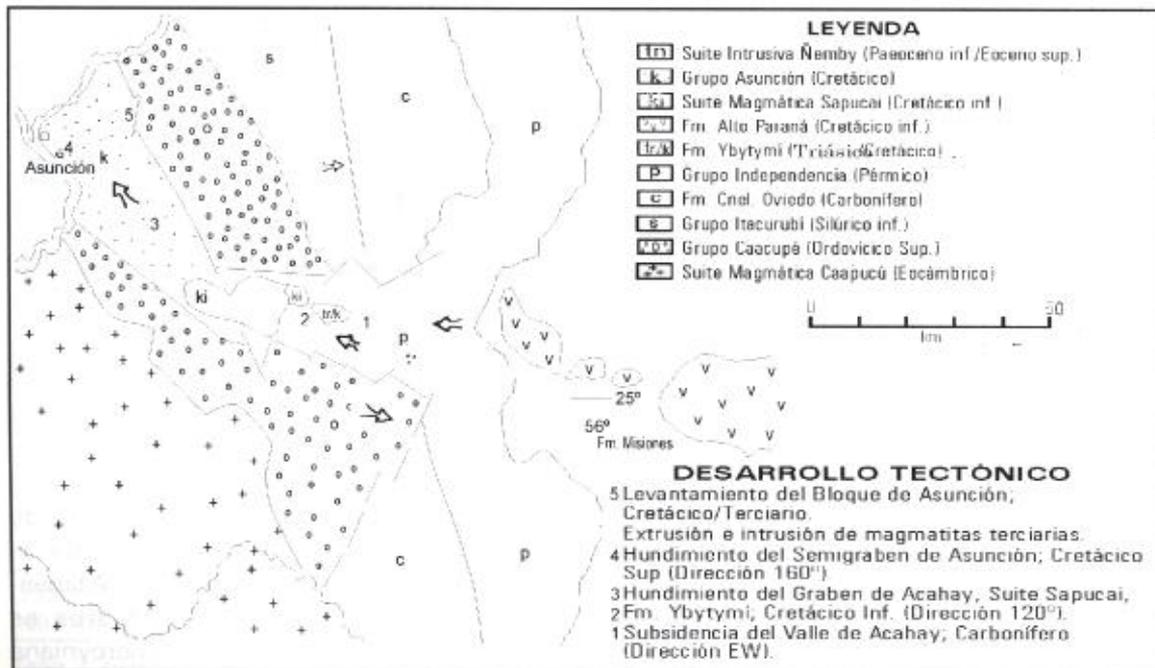


Fig. 6: Bosquejo tectónico del centro-oeste de Paraguay oriental.

parte de una estructura mayor. El origen del graben es atribuido a un sistema tectónico distensional continental, de dirección local preferencial noreste/suroeste (Fig. 7), con fallas normales y dislocamiento diferenciado de sus bloques componentes. Este dislocamiento diferenciado puede ser observado en un corte transversal del graben, donde puede constatarse que los bloques al sur de la Serranía de Ybytymí se hallan sucesivamente más profundos (ver perfil A-B). Este dislocamiento diferenciado es debido probablemente a la estabilidad del Bloque Cordillerita, por su asociación al subcratón del Río Tebicuary.

El rechazo de las fallas en el seno del graben puede ser estimado en su valor mínimo, si se considera que la sedimentación de la secuencia permocarbonífera tuvo lugar en un área de subsidencia inicial precarbonífera. Este valor mínimo puede ser calculado considerando 500 m. de la suma de los espesores de las rocas del basamento y las sedimentitas de la Serranía de Cordillerita, con respecto a 60 m. de espesor de las rocas pérmicas expuestas en el perfil de la

Serranía de Ybytymí, más 10 m. de estas últimas rocas registradas en el pozo RD-12 (19,70 E /52,10 N), la suma de estos valores alcanza un total aproximado de 570 m.

El dislocamiento de los diferentes bloques componentes de la estructura general del *rift* es en dirección este a oeste, con una apertura inicial de dirección comprendidas en el rango de 120° a 130° y sus direcciones conjugadas entre 20° - 30° , para el área del Valle de Acahay (Fig. 6). Este juego de direcciones es bien observado en las hombreras del *rift*, principalmente en los contactos entre los grupos Caacupé, Itacurubí y la Formación Coronel Oviedo, también en el contacto tectónico del graben con el Bloque Cordillerita y en el control tectónico del drenaje del Río Tebicuary. Otro juego de direcciones corresponde a $170^{\circ}/180^{\circ}$ y $60^{\circ}/70^{\circ}$. Este pertenece a un segundo pulso en el tectonismo, al oeste de la estructura inicial, configurando el área del Bloque de Asunción, en la hoja contigua de Paraguari. Estas direcciones también están presentes en el Valle de Acahay, en forma subordinada (Figs. 7 y 8).

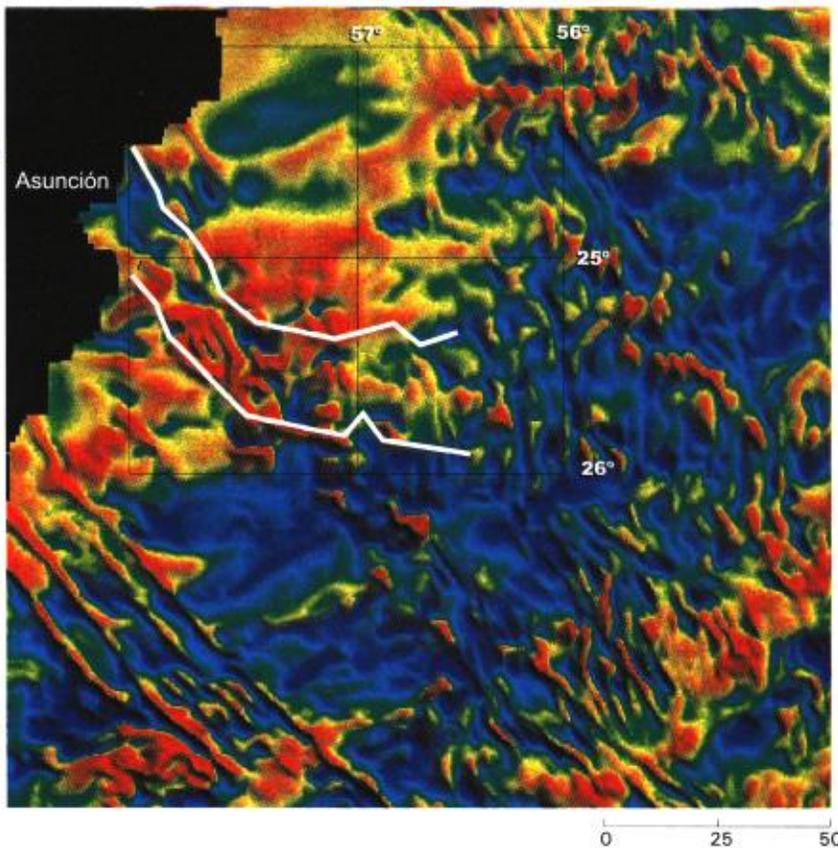
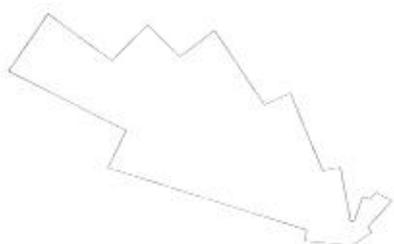


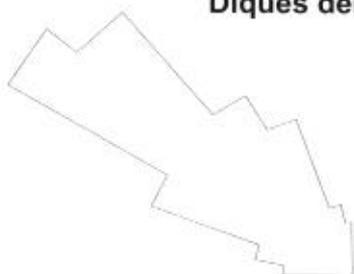
Fig. 7: Interpretación estructural del área del Rift de Asunción en mapa aeromagnético.

Alineaciones estructurales Paraguari/San José



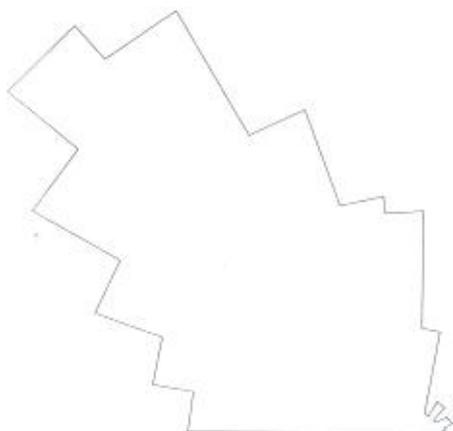
RANGO	FRECUENCIA
270° - 280°	2
281° - 290°	11
291° - 300°	65
301° - 310°	102
311° - 320°	81
321° - 330°	71
331° - 340°	46
341° - 350°	22
351° - 360°	7
001° - 010°	0
011° - 020°	7
021° - 030°	13
031° - 040°	15
041° - 050°	7
051° - 060°	0
061° - 070°	1
071° - 080°	0
081° - 090°	0
	451

Diques del área Paraguari/San José



RANGO	FRECUENCIA
270° - 280°	13
281° - 290°	18
291° - 300°	41
301° - 310°	77
311° - 320°	71
321° - 330°	42
331° - 340°	33
341° - 350°	14
351° - 360°	11
071° - 080°	2
	322

Alineaciones estructurales del Rift de Asunción



RANGO	FRECUENCIA
270° - 280°	64
281° - 290°	77
291° - 300°	97
301° - 310°	127
311° - 320°	152
321° - 330°	142
331° - 340°	102
341° - 350°	70
351° - 360°	65
001° - 010°	31
011° - 020°	4
021° - 030°	11
031° - 040°	3
041° - 050°	9
051° - 060°	6
061° - 070°	19
071° - 080°	11
081° - 090°	9
	999

Fig. 8: Análisis estructural de la Hoja San José y alrededores.

6 GEOLOGIA HISTORICA

Las características tectónicas y geológicas de la Cuenca del Paraná en Paraguay oriental, pueden ser definidas por tres grandes secuencias de sedimentación, abortadas por ciclos tectónicos, algunos de ellos acompañados con magmatismo. Estos ciclos tectónicos modifican las condiciones ambientales de la cuenca, lo que se manifiesta en la sedimentación subsecuente. Dos de estas unidades sedimentarias se desarrollan en el Paleozoico y una tercera en el Mesozoico.

El Ciclo Tectónico Brasileño es el evento formador de la Cuenca del Paraná, que se desarrolla al este de la zona de colisión, con características de cuenca de antepaís (Ramos, 1988). Este ciclo presenta una fase sedimentaria inicial, representada por el Grupo Paso Pindó, y una fase magmática posttectónica, constituidas por rocas ígneas de la Suite Caapucú. La tectónica y el magmatismo condicionan el basamento de la cuenca y controlan la sedimentación subsecuente, a partir del Ordovícico Superior al Devónico, como la primera secuencia sedimentaria de la cuenca recientemente estructurada.

La sedimentación de la primera secuencia se inicia con un conglomerado basal, en la margen continental del subcratón, en un ambiente morfológico abrupto en contacto lateral a un mar transgresivo. Esta transgresión llega a su máximo de inundación en el Silúrico inferior. Localmente las rocas devónicas se hallan en discordancia sobre las anteriores, aunque aparentemente pertenecen a esta secuencia, considerando áreas más profundas de la cuenca.

La sedimentación es interrumpida por un evento tectónico posdevónico. Este evento como reajuste ante la colisión continental de edad brasiliana, reestructura la cuenca a partir del Carbonífero Inferior a Medio, reanudándose la sedimentación en el Carbonífero Superior, en discordancia erosiva

sobre la secuencia anterior. Esta reestructuración es observable localmente en el área de la Hoja San José, específicamente en el Valle de Acahay, donde direcciones este/oeste controlan la depositación de la secuencia carbonífera/pérmica en un área de subsidencia local, en condiciones ambientales semejantes a la de la cuenca regional, lo que indica que la subsidencia del área presenta características incipientes.

La segunda secuencia carbonífera/pérmica se deposita con características ambientales muy variadas, con glaciación inicial, costeras transgresivas y finalmente regresivas, depositando una sucesión clástica de conglomerados, areniscas, areniscas conglomerádicas, calcáreos, siltitas y arcillitas.

La segunda secuencia de sedimentación es abortada por la tectónica del Ciclo Sudatlántico, a partir del Triásico, por efecto de la apertura del Atlántico sur. Esta tectónica con características extensionales reactiva la incipiente estructura del Graben de Acahay, como parte del *Rift* de Asunción. El Graben de Acahay en su fase de hundimiento, sirve de seno para la depositación de sedimentos de edad sintectónica, de la Formación Ybytymí, en direcciones preferenciales de la estructura. Esta es cubierta por derrames basálticos y posteriormente intruida por conos y diques, pertenecientes a la fase magmática del mismo ciclo.

El *Rift* de Asunción se proyecta al oeste, formando un semigraben en el área del bloque de Asunción, con sedimentación local con características semejantes al Graben de Acahay. Esta sedimentación es interrumpida por un nuevo evento tectónico, asociado al Ciclo Andino, que en áreas de inestabilidad tectónica emplaza conos y diques, de la Suite Intrusiva Ñemby, confiriéndole la morfología actual, modelada por erosión y redepositada en los valles como la sedimentación subsecuente hasta la actualidad.

7 GEOLOGIA ECONOMICA

El conocimiento de los recursos económicos del área de la Hoja San José se restringe a algunos trabajos regionales.

La empresa The Anschutz Co. durante los años 1976 a 1983 realiza un análisis sistemático del potencial mineral de la región oriental del Paraguay, concentrando sus actividades en áreas cratónicas y de rocas alcalinas.

El Proyecto PAR 83/005 recopila datos metalogénicos que fuera volcado en un mapa de escala muy regional. A partir de allí trabajos específicos de minerales económicos se han realizado esporádicamente, principalmente no-metálicos de aplicación en el área de la construcción, siendo la explotación de canteras la actividad minera de la zona.

Materiales de Construcción

Ripio: Son utilizados los conglomerados de la Formación Ybytymí, principalmente en los afloramientos en los alrededores de la Serranía de Ybytymí, y en una elevación denominada Cerrito ubicada al este de la ciudad de La Colmena. También los conglomerados de la Formación Paraguari son explotados pero en menor escala.

Arcilla: Material arcilloso para cerámica son obtenidos de los horizontes caolínicos del

Grupo Caacupé y de la Formación Vargas Peña y arcillas para la elaboración de materiales para la construcción son explotadas en forma casera, en innumerables olerías en zonas de humedales en sedimentos cuaternarios.

Arenas: En acumulaciones en áreas de drenaje, principalmente el Río Tebicuary-mí y zonas circundantes a afloramientos del techo del Grupo Caacupé en el extremo noroeste de la hoja.

Piedra bruta: Son obtenidas en innumerables canteras abiertas en sedimentitas silicificadas de los grupos Caacupé e Itacurubí. También se explotan rocas alcalinas mesozoicas.

Arena para vidrio: En sedimentos actuales provenientes de la erosión de las areniscas del Grupo Caacupé

Puzolana: Se conocen depósitos lenticulares en la cuenca hidrológica del arroyo Tebicuary mí en el Valle de Acahay.

Hierro/Manganeso: El potencial indica hacia áreas de rocas ordovícicas/silúricas por removilización hidrotermal en zonas de fracturas, formando vetas puras, brechas o manchas.

Pigmentos (Hematita, Limonita): Se conocen indicios en áreas de intrusiones de rocas alcalinas, por ejemplo: Cerro San José, Sapucaí, Cerro Itapé, otros.

ANONIMO (1966):

Cuadrícula 40 Itá y Cuadrícula 41 Coronel Oviedo, Plan de Prospección Geológica y Mineral.- Dirección de Recursos Minerales M.O.P.C., 50 p., Asunción.

ANONIMO (1985):

Código Paraguayo de Nomenclatura Estratigráfica, Asunción

BAEZ, P.J. (1992): Geología da folha 5569-III, La Colmena, Paraguay oriental.- Diss. maestr.; Universidade de Sao Paulo/ Instituto de Geociencias, 205, São Paulo.

BEDER, R. (1923):

Sobre un hallazgo de fósiles pérmicos en Villarrica.- Boletín de la Academia Nacional de Ciencias de Córdoba, Vol. 27, p. 9-11, Córdoba.

BEDER, R. & WINDHAUSEN, A. (1918):

Sobre la presencia del Devónico en la parte media de la República del Paraguay.- Boletín de la Asociación Nacional de Ciencias, 225/262 p., Córdoba.

BITSCHENE, P.R. (1987):

Mesozoischer und Känozoischer anorogener Magmatismus in Ostparaguay: Arbeiten zur Geologie und Petrologie zweier Alkaliprovinsen.- Diss. Nat. Math. Fak., Univ. Heidelberg, 318 p., Heiderberg.

BITSCHENE, P.R. & BAEZ, P.J. (1989):

The Asunción alkaline province (eastern Paraguay): geologic setting and petrogenetic aspects.- Zbl. Geol. Pal., Teil H. 5/6, 959/971 p., Stuttgart.

BITSCHENE, P.R. & LIPPOLT, H.J. (1984):

Geologie der Cordillera de Ybytyruzú in Ostparaguay: Ein mesozoischer Alkali-Intrusiv-Komplex am Westrand des Paranabeckens.- Lat. Amer. Koll. Marburg, Tag., Heft., 9/10: 33/44, Marburg.

BITSCHENE, P.R. & LIPPOLT, H.J. (1986):

Acid magmatites of the Brasiliano Cycle in East Paraguay.- Zbl. Geol. Paläont. Teil I, 9/10: 1457/1468, Stuttgart.

CIGUEL, J.H. (1988):

Tentaculites itacurubiensis n.sp., dos depósitos regresivos do Paraguay oriental, siluriano inferior da bacia do Paraná.- Rev. Bras. Geocienc., 18 (1), 86/92 p., São Paulo.

CIGUEL, J.H., ROESLER, O. & CASTILLO, A.M. (1987):

Skolithus ayalis n.sp da Formação Eusebio Ayala (Grupo Itacurubí, borda occidental da bacia do Paraná no Paraguay) e sua importancia no ambiente deposicional.- Contr. Projeto Nr. 193, Sil./Dev. Am. Lat., X Congr. Bras. Pal., 253/269 p., Rio de Janeiro.

COMIN-CHIARAMONTI, P., CAPALDI, G., CENSI, P., CUNDARI, A., DE MIN, A., GOMES, C.B., ORUE, D., PETRINI, R., PICCIRILLO, E.M. & VELAZQUEZ, V.F. (1991):

Geoquímica dos complexos alcalinos potássicos do Paraguai centro-oriental.- 3º Congr. Bras. Geol./1º Congr. Geoq. PLOP Resumos, p. 100/108, São Paulo.

COMIN-CHIARAMONTI, P., CENSI, P., CUNDARI, A. & GOMES, C.B. (1992):

A silico-beforsitic flow from the Sapucaí Complex (Central-Eastern Paraguay).- Geochim. 6: 87/91, São Paulo.

COMIN-CHIARAMONTI, P., CIVETTA, L., PETRINI, R., PICCIRILLO, E.M., BELLINI, G., CENSI, P., BITSCHENE, P.R., DEMARCHI, G., DE MIN, A., GOMES, C.B., CASTILLO, A.M.C. & VELAZQUEZ, J.C. (1991b):

Tertiary nephelinitic magmatism in Eastern Paraguay: Petrology, Sr-Nd isotopes and genetic relationships with associated spinel-peridotite xenoliths.- Eur. Mineral., 3: 507/525, São Paulo.

COMIN-CHIARAMONTI, P., CUNDARI, A., CENSI, P., GOMES, C.B., PICCIRILLO, E.M., BELLINI, G., DE MIN, A., ORUE, D. & VELAZQUEZ, V.F. (1991c):

Mesozoic dyke swarm in the Sapucaí Graben (Central-eastern Paraguay).- International Symposium on Mafic Dykes, Expanded Abstracts, p. 125/132, São Paulo.

COMIN-CHIARAMONTI, P., CUNDARI, A., GOMES, C.B., PICCIRILLO, E.M., BELLINI, G., VELAZQUEZ, V.F. & DE MIN, A. (1991d):

Potassic dykes from Central Paraguay.- Terra, 3: 25, São Paulo.

COMIN-CHIARAMONTI, P., CUNDARI, A., GOMES, C.B., PICCIRILLO, E.M., BELLINI, G., CENSI, P., ORUE, D. & VELAZQUEZ, V.F. (1990a):

Mineral chemistry and its genetic significance of major end accessory

minerals from a potassic dyke swarm in the Sapucaí graben, central-eastern Paraguay.- *Geochim. Brasil.*, 4: 175/206, São Paulo.

COMIN-CHIARAMONTI, P., GOMES, C.B., CENSI, P., DE MIN, A., ROTOLO, S.G. & VELAZQUEZ, V.F. (1993):

Geoquímica do magmatismo pós-paleozoico no Paraguai centro-oriental.- *Geochim.*, 7: 19/34, São Paulo.

COMTE, D. & HASUI, Y. (1971):

Geochronology of Eastern Paraguay by the potassium-argon method.- *Rev. Bras. Geoc.* Vol. 1 p. 33/43, São Paulo.

COWPER REED, F.R. (1940):

Alguns lamelibrânquios triássicos do Brasil e do Paraguai. -*Ser. Geol. e Min., Bol.* 98, Ext. Geol. Mag. Vol. IXXII, p. 33/42, Rio de Janeiro

CUBAS, N., GARCETE, A. & MEINHOLD, K.D. (1997):

Mapa Geológico de la República del Paraguay, Hoja 5468 Villa Florida.- MOPC-BGR, 1 mapa, Asunción.

DeGRAFF, J.M. & ORUE, D. (1984):

Proyecto tectónico del Paraguay suroriental. Informe de progreso.- Dindusmil-University of Purdue.

DYCK, M. (1991):

Stratigraphisch-faunistischer Vergleich des Ordoviziums und Silurs in Ostparaguay mit Nordargentinien und Südbolivien. Univ. Hannover, Geol. Pal.,- Diss., 263 p. y tomo de mapas, Hannover.

ECKEL, E.B. (1959):

Geology and mineral resources of Paraguay. A reconnaissance. United States Geological Survey,- Prof. Paper 327, 110 p., Washington.

ENGLER, T. (1991):

Petrographische und geochronologische Arbeiten im Ostteil des Río Tebicuary-Kratons in Südost-Paraguay;- Diplom-Diss., Heidelberg.

ESCOBAR, A. (1978):

Contribución al conocimiento de los invertebrados marinos de la lutita Vargas Peña (Silúrico inferior de las zonas de Ypacarai e Itaguá, Paraguay oriental).- Universidad Nacional de Asunción, Instituto de Ciencias Básicas, 55 p., Asunción.

ESCOBAR, A. (1987):

Estado actual del conocimiento del Silúrico-Devónico en el Paraguay.- *Inf. Cient.*, Vol. 5, N° 1, Universidad Nacional de Asunción, Instituto de Ciencias Básicas, 34/45 p., San Lorenzo.

GONZALEZ, M.E., MUFF, R., VERGEL,

M.M., HERBST, R & FASOLO, Z. (1996): Estratigrafía de la parte inferior del Grupo Independencia (Pérmico), Paraguay oriental. -11 p., Inedito.

FIGUEREDO, L. (1995):

Descripción del pozo RD 116 Santa Elena-Paraguay, Coop. Geol. Paraguayo/Alemana, informe interno, San Lorenzo.

BARTEL, W., GONZALEZ, M.E., MUFF, R.,

LAHNER, L. & WIENS, F. (1996): Mapa Geológico de la República del Paraguay, Hoja 5469 Paraguarí,- MOPC-BGR, 1 mapa, Asunción.

GONZALEZ, M.E., WIENS, F. & MUFF, R. (1994):

Estratigrafía del Paleozoico inferior en el Bloque Cordillera, Paraguay oriental.- 5ª Reunión Argentina de Sedimentología, Vol. 1, p. 247/252, Tucumán.

GRAY, J., BOUCOT, A.J., GRAHN, Y. & HIMES, G. (1992):

A new record of early Silurian land plant spores from the Paraná Basin, Paraguay (Malvinokaffic Realm)- *Geol. Mag.* 129 (6), p. 741/752, Cambridge.

HARRINGTON, H.J. (1950):

Geología del Paraguay oriental.- *Contr. Cient.*, Tomo1, Serie E: Geología, Univ. Buenos Aires, Fac. Cienc. Exac., 89 p., Buenos Aires.

HARRINGTON, H.J. (1956):

Paraguay In: *Handbook of South American Geology.*- *Geol. Soc. Am.*, Men. 65, 99/114 p., Washington.

HARRINGTON, H.J. (1972):

Silurian of Paraguay. In: *Correlation of South American Silurian rocks;* *Geol. Soc. Am.*,- Special paper 133, 41/50 p., Boulder.

HERBST, R. (1972):

Nota sobre la presencia de Lycopsideae arborecentes en el pérmico (Serie Independencia) del Paraguay.- *De Ameghiniana*, tomo IX, N° 3, p. 258/264, Buenos Aires.

- HIBSCH, J.E. (1891):**
Einige Gesteine aus Paraguay.
Tschermaks Mineral. Petrogr.- Mitt., Neue Folge 12, 253/255 p., Wien.
- HUTCHINSON, D.S. (1979):**
Uranium exploration in the permocarboniferous sequence, south of latitude 25°. Results and recommendations. Anschutz Co.,- TAC Int. Rep., 19 p., Asunción.
- LARANJEIRA, N.P.F. (1995):**
Petrografía de las areniscas muestreadas en el pozo RD-116; Región de San José; Paraguay oriental,- Univ. Brasilia, 5 p, inedito, Brasilia.
- LIVIERES, R. & QUADE, H. (1987):**
Distribución regional y asentamiento tectónico de los complejos alcalinos del Paraguay.- Zbl. Geol. Paläont., Teil, 7/8: 791/805, Stuttgart.
- LOHSE, B. (1990):**
Petrographische und geochronologische Erkenntnisse über den Westteil des Tebicuary Kratons in Südostparaguay.- Diplom. Univ. Heidelberg, 103 p, Heidelberg.
- LOPEZ-GAMUNDI, O.R. & ROSELLO, E.A. (1993):**
Devonian-Carboniferous unconformity in Argentina and its relation to the Eohercynian orogeny in southern America.- Geol. Rundschau, Vol. 82, 136/147 p., Stuttgart.
- LOPEZ, O., GONZALEZ, E., DE LLAMAS, P., MOLINA, A., FRANCO, E., GARCIA, S. & RIOS, E. (1995):**
Mapa de reconocimiento de suelos de la Región Oriental; Proyecto de racionalización del uso de la tierra,- Gobierno del Paraguay/Banco Mundial/ Gobierno del Japón/DMA-Servicio Geodésico Interamericano, 1 mapa, Asunción.
- MILCH, L. (1895):**
Über Gesteine aus Paraguay.
Teschermaks Mineral. Petrogr. Mitt.,- Neue Folge 14, 383/394 p., Wien.
- ORUE, D. (1996):**
Síntese da geología do Paraguay oriental, com ênfase para o magmatismo alcalino associado.- Diss. Mest., Univ. São Paulo, Ins. Geociencias, 163 p., São Paulo.
- PALMIERI, J.H. (1973):**
El complejo alcalino potásico de Sapucaí (Paraguay oriental)- Ph.D. Thesis, Universidad de Salamanca, 298 p., Salamanca.
- PECTEN (1981):**
Induction Sonic GR, pozo Asu 1 Bloque Lima, San Pedro Paraguay,- Archivo DRM/MOPC, San Lorenzo.
- PECTEN (1982):**
Induction Sonic GR, pozo Asu 2 Bloque Lima, San Pedro Paraguay,- Archivo DRM/MOPC, San Lorenzo.
- PETROBRAS (1993):**
Resultados da interpretação bioestratigráfica das mostras de calha do poço Asunção 2. 1400 a 2450 m., inédito, Curitiba.
- PROYECTO PAR 83/005 (1986):**
Mapa Geológico del Paraguay 1:1 000 000.- P.N.U.D. - M.D.N., 1 mapa y texto explicativo inedito, Asunción.
- PUTZER, H. (1962):**
Die Geologie von Paraguay. Beiträge Reg.- Geol. Erde, Bd. 2, 183 p., Berlin.
- RAMOS, V. (1988):**
Late Proterozoic-Early Paleozoic of South America, a Collisional History.- Episodes, Vol. 11, Nº 3, p. 168/174.
- SÖLLNER, F., LAMMERER, B., WEBER-DIEFFENBACH, H. & HANSEN, B.T. (1997):**
The Brasiliano Orogenesis: Age Determinations (Rb/Sr and U/Pb) in the coastal Mountain Region of Espírito Santo, Brazil.- Zbl. Geol. Paläont. Teil I, (7/8): 729/741, Stuttgart.
- SONOKI, I.K. & GARDA, G.M. (1988):**
Idades K/Ar de rochas alcalinas do Brasil meridional e Paraguai oriental; compilação e adaptação as normas constantes de decaimento.- Bol. IG-USP, Ser. Cient., Vol. 19, p. 63/85, São Paulo.
- THE ANSCHUTZ Co. (1981):**
Geological map of eastern Paraguay 1:500 000.- TAC int. Rep., Archivo D.R.M./M.O.P.C., San Lorenzo.
- THE ANSCHUTZ Co. (1978/1982):**
Registros eléctricos y descripciones geológicas de los pozos RD 90, RD 74, RD 12, RD 17 y RD 18,- Archivo DRM/MOPC, San Lorenzo.

VELAZQUEZ, V.F. (1990):

Provincia alcalina central, Paraguai: datos geocronológicos preliminares.- 1er Simposio de Rocas Magmáticas, Universidad Nacional de Asunción/ Instituto de Ciencias Básicas, abstr., San Lorenzo.

VELAZQUEZ, V.F. (1992):

Provincia Alcalina Central, Paraguai centro-oriental: Aspectos tectónicos, petrográficos e geocronológicos.- Dissertação de Mestrado, Universidade de São Paulo, 119 p., São Paulo.

VELAZQUEZ, V.F., GOMES, C.B., CAPALDI, G., COMIN-CHIARAMONTI, P., ERNESTO, M., KAWASHITA, K., PETRINI, R. & PICCIRILLO, E.M. (1992):

Magmatismo alcalino mesozóico na

porção centro-oriental do Paraguay: aspectos geocronológicos.- *Geochim. Brasil*, 6: 23-35, São Paulo.

VERGEL, M.M. (1996):

Informe preliminar bioestratigráfico del pozo RD 116, informe interno, Tucumán.

WOLFAT, R. (1961):

Stratigraphie und Fauna des älteren Paläozoikums (Silur./Devon.) in Paraguay.- *Geol. Jb.*, Bd. 78, 29/102 p., Hannover.

ZARZA, P.R. (1991):

Estudo das pozolanas naturais de "Ybytymí/La Colmena", Paraguay oriental.- Diss Mes, Universidade de São Paulo, Instituto de Geociencias, 151 p., Rio Claro.

