

MAPA GEOLÓGICO DE LA REPÚBLICA DEL PARAGUAY

Escala 1: 100 000

Hoja **Villarrica** 5669

TEXTO EXPLICATIVO

María Eugenia González Nuñez, Narciso Cubas Villalba

Corregido por

Ronald Pasig, Lothar Lahner y Lucía Figueredo

DIRECCION DE RECURSOS MINERALES (MOPC)
SISTEMA AMBIENTAL DE LA REGION ORIENTAL (MAG)
INSTITUTO FEDERAL DE GEOCIENCIAS Y RECURSOS NATURALES (BGR)

San Lorenzo, 2001

EDITORIAL

AUTORES

María Eugenia González Nuñez
Narciso Cubas Villalba

DISEÑO GRÁFICO

Juan Carlos Gómez Vargas
María Eugenia González Nuñez

COPYRIGHT

Dirección de Recursos Minerales (MOPC)
Los Rosales e/ Ñangapiry
San Lorenzo - Paraguay

Sistema Ambiental Región Oriental (MAG)
Ciencias Veterinarias 215
San Lorenzo - Paraguay

Bundesanstalt für Geowissenschaften und Rohstoffe
(BGR)
Postfach 51 01 53
30631 Hannover – Bundesrepublik Deutschland

San Lorenzo 2001

RESUMEN	5
1 INTRODUCCIÓN	6
1.1 Generalidades	6
1.2 Objetivos y Metodología	6
1.3 Antecedentes Bibliográficos	9
2 GEOGRAFIA	11
2.1 Ubicación	11
2.2 Fisiografía	13
2.3 Hidrografía	13
3 CLIMA Y VEGETACIÓN	13
4 SUELOS	15
5 SOCIOLOGÍA	18
6 GEOLOGÍA REGIONAL	19
7 ESTRATIGRAFÍA	21
7.1 Formación Coronel Oviedo (c)	22
7.2 Grupo Independencia	27
7.2.1 Formación San Miguel (ps)	28
7.2.2 Formación Tacuary (pt)	29
7.3 Formación Misiones (tr-j)	33
7.4 Rocas Magmáticas	38
7.4.1 Suite magmática Alto Paraná (ka)	39
7.4.2 Suite magmática Sapucaí (ki)	41
7.5 Sedimentos heterogéneos aluviales y coluviales (q ₂)	58
7.6 Sedimentos de planicie húmeda (q ₁)	59

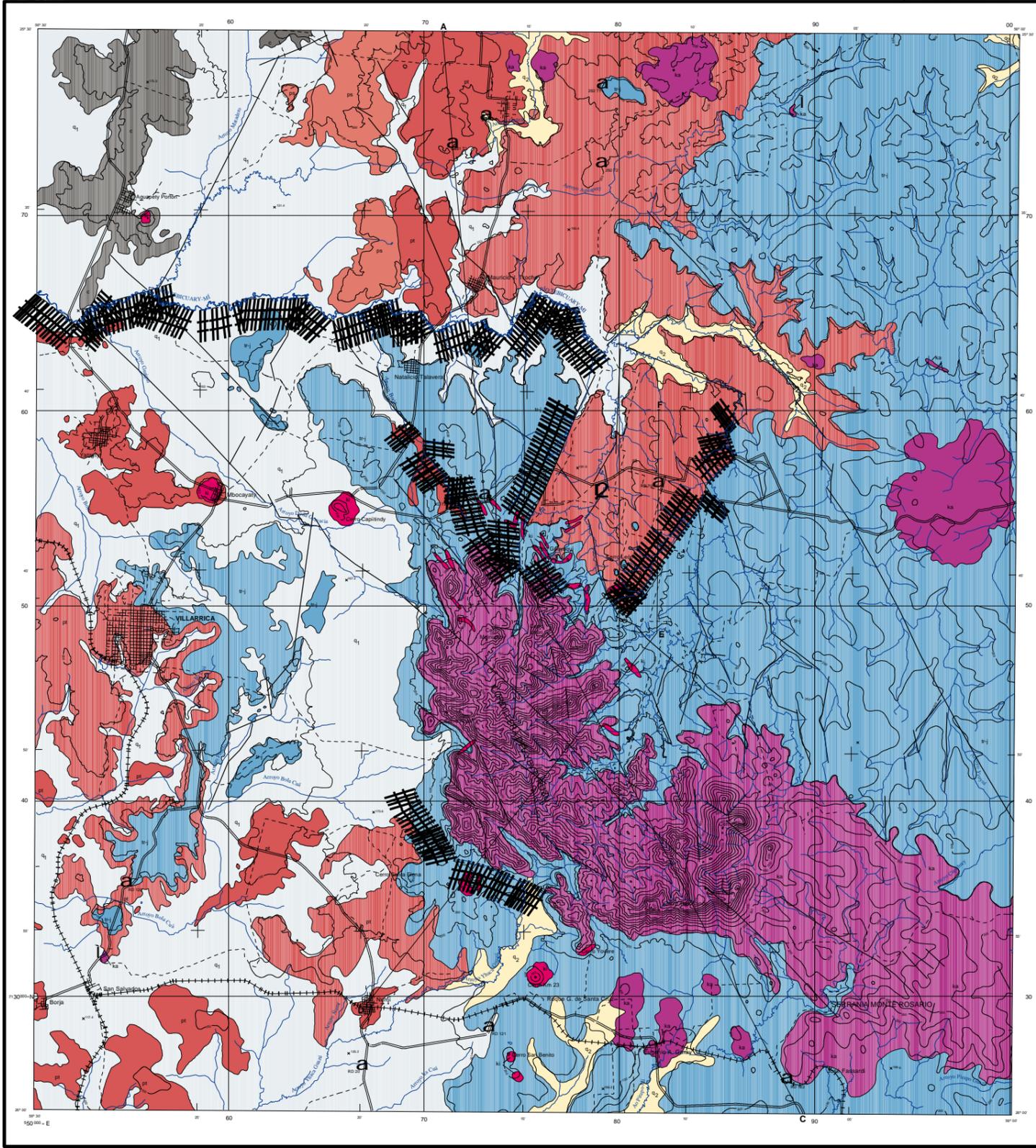
MAPA GEOLOGICO DE LA REPUBLICA DEL PARAGUAY 1:100.000

Editado por:
MINISTERIO DE OBRAS PUBLICAS Y COMUNICACIONES (MOPC)
 Viceministerio de Minas y Energía (VMME)
 Dirección de Recursos Minerales (DRM)

En cooperación con:
PROYECTO SISTEMA AMBIENTAL DE LA REGION ORIENTAL (SARO)
 Ministerio de Agricultura y Ganadería (MAG)/Secretaría del Ambiente(SEAM)
 Bundesanstalt für Geowissenschaften und Rohstoffe(BGR)

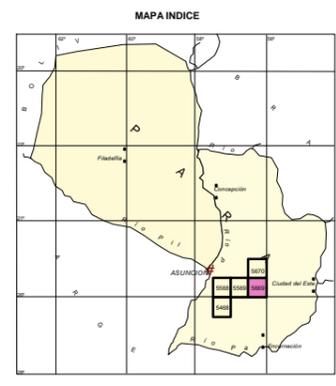
Autores:
 Ma. E. González; N. Cubas
 En colaboración con:
 R. Pajón; L. Lehner

Hoja **VILLARRICA** 5669



PERIODO	LITOLOGIA	UNIDAD
CUATERNARIO	Q ₁	Sedimentos de planicie húmeda, principalmente arcillosos, no consolidados
	Q ₂	Sedimentos heterogéneos, principalmente arenosos, aluviales, coluviales, no consolidados
CRETACICO	K ₁	Intrusivos, extrusivos alcalinos potásicos, gabros, sienitas, traquitas, fonolitas y basaltos alcalinos
	K ₂	Intrusivos, extrusivos: sill, diques y derrames: basaltos toleíticos
JURASICO TRIASICO	J ₁	Areniscas homogéneas de granulometría mediana a gruesa, de granos redondeados a subredondeados bien seleccionados, ambiente continental, predominantemente eólico
PERMICO	P ₁	Areniscas, siltas, arcillas, con estratificación plano paralela, de ambiente principalmente marino
	P ₂	Arcillas, siltas, areniscas laminadas, areniscas de granos medianos, de ambiente marino y continental
CARBONIFERO	C	Diamictitas, arcillas y areniscas con disipones, ambiente glacial

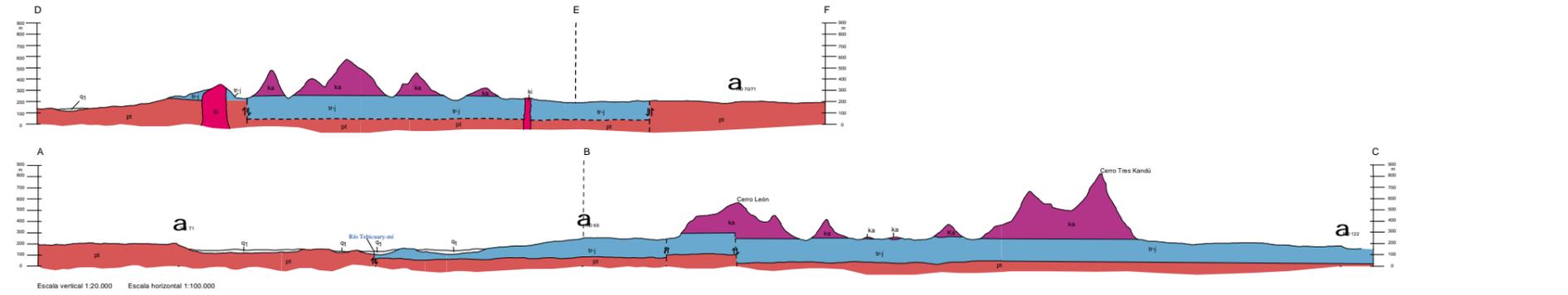
- Signos Geológicos**
- Contacto geológico
 - a) Observado
 - b) Supuesto
 - Caja con desplazamiento importante
 - Observado
 - Supuesto
 - Línea seleccionada de imagen satelital
 - Pozo de explotación
 - Localidad con mareas peritidas
 - Cartera
- Signos Convencionales**
- Camino pavimentado: dos vías
 - Camino de tierra
 - Ferrocarril, vía sencilla, trazo normal
 - x m: Elevación en metros
 - Curso de nivel equidistante 50 m
 - Río, arroyo
 - Población importante
 - Troca del perfil A, B, C



Adaptación y Base Cartográfica: Carta Nacional, Paraguay 1:100.000, Hoja 5669, Serie 19642, Autorización Base Cartográfica: Nº 225/01, D.S.G.M.

© Dirección de Recursos Minerales (DRM), Ministerio de Agricultura y Ganadería (MAG), Bundesanstalt für Geowissenschaften und Rohstoffe (BGR), San Lorenzo - Paraguay, febrero 2001

Elaboración Cartográfica y Sistema de Información Geográfica: Juan Carlos Gómez V. (SIG), Ylva Avalos M (MAG), Gustavo Casco V. (SARCO)



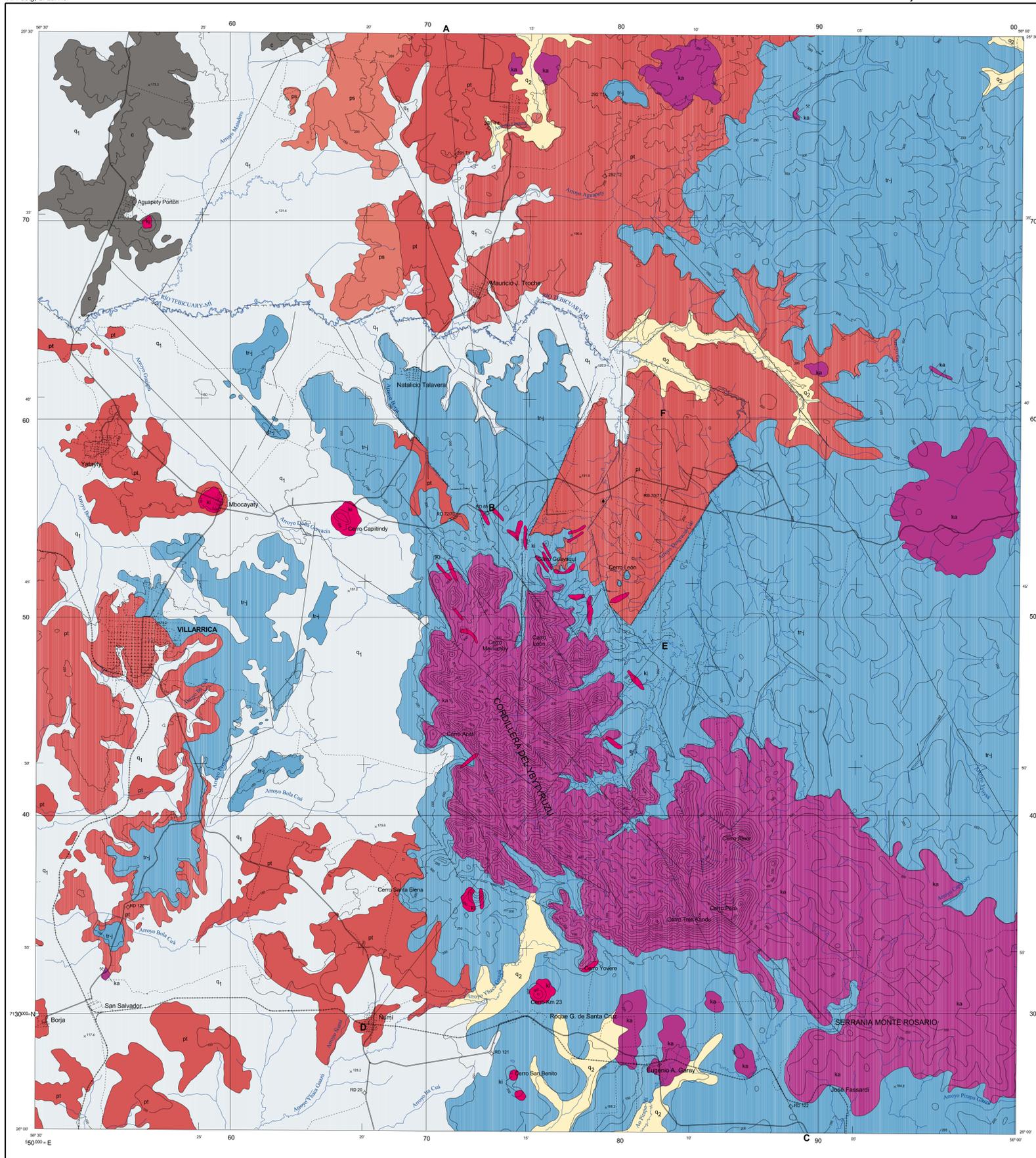
MAPA GEOLOGICO DE LA REPUBLICA DEL PARAGUAY 1:100.000

Editado por:
MINISTERIO DE OBRAS PUBLICAS Y COMUNICACIONES (MOPC)
 Viceministerio de Minas y Energía (VMME)
 Dirección de Recursos Minerales (DRM)

En cooperación con:
PROYECTO SISTEMA AMBIENTAL DE LA REGION ORIENTAL (SARO)
 Ministerio de Agricultura y Ganadería (MAG)/Secretaría del Ambiente(SEAM)
 Bundesanstalt für Geowissenschaften und Rohstoffe(BGR)

Autores:
 Mts. E. González, N. Cubas
 En colaboración con:
 R. Pasig, L. Lahner

Hoja **VILLARRICA** 5669



PERIODO	LITOLOGIA	UNIDAD	
CUATERNARIO	q ₁	Sedimentos de planicie húmeda, principalmente arcillosos, no consolidados	
	q ₂	Sedimentos heterogéneos, principalmente arenosos, aluviales, coluviales, no consolidados	
CRETACICO	ki	Intrusivas, extrusivas alcalinas potásicas, gabros, sienitas, traquitas, fonolitas y basaltos alcalinos	Suite Magmática Sapucaí
	ka	Intrusivas, extrusivas: sill, diques y derrames: basaltos toleíticos	Suite Magmática Alto Paraná
JURASICO TRIASICO	tr-j	Areniscas homogéneas de granulometría mediana a gruesa, de granos redondeados a subredondeados bien seleccionados, ambiente continental, predominantemente eólico	Formación Misiones
PERMICO	pt	Areniscas, siltitas, arcillitas, con estratificación plano paralela, de ambiente principalmente marino	Formación Tacuary
	ps	Arcillitas, siltitas, areniscas laminadas, areniscas de granos medianos, de ambiente marino y continental	Formación San Miguel
CARBONIFERO	c	Diamictitas, arcillitas y areniscas con dropstones, ambiente glacial	Formación Coronel Oviedo

Signos Geológicos

Contacto geológico

a) Observado

b) Supuesto

Falla con desplazamiento importante

a) Observada

b) Supuesta

Lineación seleccionada de imagen satelital

291 T1

Pozo de exploración

Localidad con madera petrificada

Cantera

Signos Convencionales

Camino pavimentado dos vías

Camino de tierra

Ferrocarril, vía sencilla, trocha normal

Elevación en metros

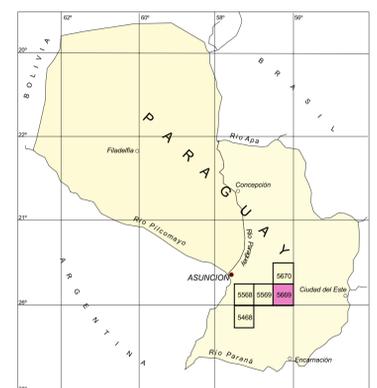
Curva de nivel equidistancia 50 m

Río, arroyo

Población importante

Traza del perfil A, B, C

MAPA INDICE



Adaptación y Base Cartográfica:
 Carta Nacional, Paraguay 1:100.000
 Hoja 5669 / Serie H642
 Autorización Base Cartográfica:
 N° 225/01, D.S.G.M.

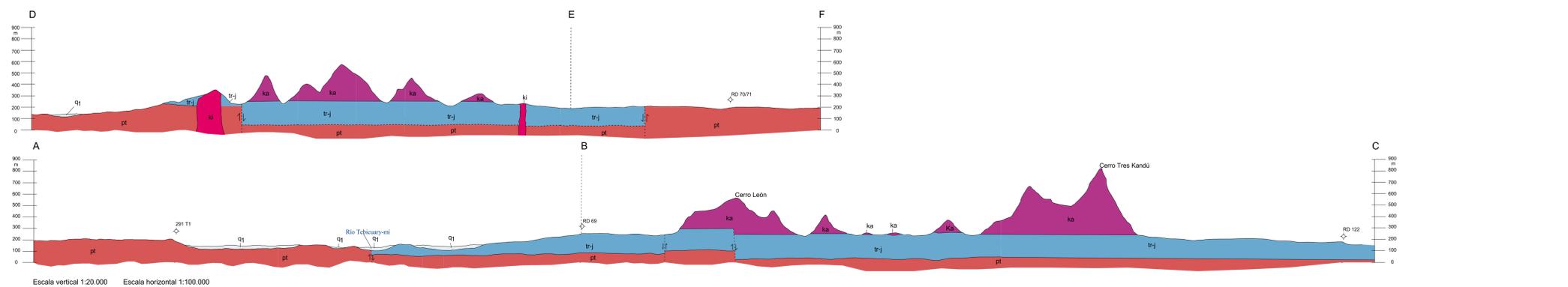
© Dirección de Recursos Minerales (DRM)
 Ministerio de Agricultura y Ganadería (MAG)
 Bundesanstalt für Geowissenschaften und Rohstoffe (BGR)
 San Lorenzo - Paraguay, febrero 2001



Escala 1:100.000

Esférico: WGS84
 Cuadrícula: UTM
 Proyección: TRANSVERSAL MERCATOR
 Dato Horizontal: WGS84

Elaboración Cartográfica y Sistema de Información Geográfica:
 Juan Carlos Gómez V. (DRM)
 Ylisa Avellan M. (MAG)
 Gustavo Casco V. (SARO)



8 TECTÓNICA	60
9 GEOLOGÍA HISTÓRICA	62
10 GEOLOGÍA ECONÓMICA	64
11 BIBLIOGRAFÍA	67

LISTA DE FIGURAS, TABLA y FOTOS

Fig. 1: Mapa de ubicación de la Hoja 5669 Villarrica.

Fig. 2: Bosquejo fisiográfico de la Hoja Villarrica.

Fig. 3: Mapa taxonómico de suelos de la Hoja Villarrica.

Fig. 4: Mapa geológico simplificado de la Hoja Villarrica.

Fig. 5: Columna tectoestratigráfica de la Hoja Villarrica.

Fig. 6: Diagrama isocrónico Rb/Sr para el cuerpo alcalino de Mbocayaty (1. Malignita (Rt); 2. Malignita (Bi); 3. Malignita (Fa)).

Fig. 7: Localización estructural del Rift de Asunción.

Tabla N° 1: Características de los diferentes ordenes de suelos de la Hoja Villarrica.

Tabla N° 2: Cuadro de determinaciones de edad por K-Ar, realizado por Bitschene (1987).

Tabla N° 3: Cuadro de datos isotópicos de rocas magmáticas de la Hoja Villarrica, realizados por Bitschene (1987) y Velázquez (1990 b).

Foto 1: Lámina delgada de corneana, luz polarizada aumento 10X; Q: cuarzo, M: matriz, AR: arcilla.

Foto 2: Areniscas intercaladas con láminas de arcillitas, en formato sigmoidal; Formación Tacuary.

Foto 3: Alternancia areno-siltítico y silto-arcilloso en capas planoparalelas; Formación Tacuary.

Foto 4: Lámina delgada de arenisca fina de la Formación Tacuary; Q: cuarzo, AR: arcilla.

Foto 5: Fanglomerado alterado en el contacto entre la Formación Tacuary y la Formación Misiones.

Foto 6: Areniscas medias a gruesas, depositadas en ambiente fluvial de la base de la Formación Misiones.

Foto 7: Arenisca mostrando estratificación cruzada de gran ángulo planar (20° a 30°), Formación Misiones.

Foto 8: Lámina delgada de la arenisca eólica de la Formación Misiones; Q: cuarzo, P: porosidad.

Foto 9: Basalto toleítico con estructura columnar de la Suite magmática Alto Paraná.

Foto 10: Gabro alcalino de la Suite magmática Sapucaí; Mbocayaty.

Foto 11: Lámina delgada de sienita alcalina de la Suite magmática Sapucaí; FK: feldespato potásico, NE: nefelina, CPX: clinopiroxeno. Luz polarizada 4X.

Foto 12: Lámina delgada de malignita de la Suite magmática Sapucaí; CPX: clinopiroxeno, NE: nefelina, MI: biotita, FK: feldespato potásico, OP: opacos y AP: apatito. Luz polarizada 4X.

Foto 13: Lámina delgada de shonkinita de la Suite magmática Sapucaí; OL: olivino, CPX: clinopiroxeno, FK: feldespato potásico y OP: opacos. Luz polarizada 4X.

Foto 14: Lámina delgada de essexita de la Suite magmática Sapucaí; CPX: clinopiroxeno, MI: biotita, FK: feldespato potásico, PL: plagioclasa, OP: opacos y NE: nefelina. Luz polarizada 4X.

Foto 15: Lámina delgada de traquita de la Suite magmática Sapucaí; CPX: clinopiroxeno, M: matriz, OP: opacos, Sanidina. Luz polarizada 4X.

Foto 16: Lámina delgada de tefrita de la Suite magmática Sapucaí; MI: mica, FO: leucita, CPX: clinopiroxeno y OP: opacos. Luz polarizada 4X.

Foto 17: Sedimentos heterogéneos aluviales y coluviales, margen del Río Tebicuary.

Foto 18: Sedimentos arcillosos de planicie húmeda.

El programa de mapeamiento geológico continúa con el levantamiento geológico de la hoja cartográfica 5669 Villarrica, siguiendo con los objetivos de sistematizar el proceso y complementar el esquema estratigráfico/tectónico del país. La complementación de las hojas mapeadas facilita las aplicaciones directas e indirectas de los recursos naturales al desarrollo de las poblaciones de la zona.

La metodología utilizada para la elaboración de este trabajo consiste en una interpretación previa, tomando como base imágenes satelitarias, ortofotocartas y 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 adiciona importantes datos a las interpretaciones de las problemáticas presentadas.

La hoja se ubica en el cuadrante 56°00' - 56°30' de longitud oeste y 25°30' - 26°00' de latitud sur, abarcando una superficie de 2.817 km². Sus principales vías de acceso son las rutas N° 2 Mcal. José Félix Estigarribia, que llega de Asunción desde el oeste a la ciudad de Coronel Oviedo y se dirige al sur pasando por Mbocayaty hasta la ciudad de Villarrica y más al sur el pueblo de Ñumi. Numerosos ramales asfaltados conectan los pueblos con los principales centros de comercialización y gran cantidad de caminos vecinales unen las compañías entre sí.

La morfología se presenta accidentada principalmente en la parte central de la hoja, mientras que zonas onduladas en forma de islas se distribuyen alrededor de la Cordillera del Ybytyruzu. Esta presenta alturas máximas de 842 msnm y alturas promedios de 400 msnm. Las sabanas onduladas de 200 msnm se alternan con las planicies de inundación de los numerosos arroyos y el Río Tebicuary-mí.

La estratigrafía de la hoja se caracteriza principalmente por la presencia de unidades sedimentarias clásticas permocarboníferas y triásica, depositadas inicialmente en ambientes costero-marino raso, continentalizado y evolucionado hasta depósitos eólicos. Las diferentes facies de sedimentación están representadas por una amplia variedad de areniscas, siltitas y arcillitas, que han sido depositadas en el transcurso del Paleozoico Superior.

El Ciclo Subatlántico es el evento tectónico más significativo del área de la hoja. Este fractura el área en dirección noroeste-sureste, hundiendo los bloques que conforman el seno del Rift de Asunción. Esta estructura controla los derrames de basaltos toleíticos de la Suite Magmática Alto Paraná y la intrusión de diques y sills alcalinos de la Suite Magmática Sapucaí, ambos pertenecientes al magmatismo cretácico.

Los recursos geológicos económicos de la zona se restringen principalmente, a la explotación de piedra bruta utilizada en la construcción de obras civiles. Además de ripios para mejoramientos de caminos y rocas ígneas basálticas como materia prima asfáltica.

1. INTRODUCCION

1.1. GENERALIDADES

El Departamento de Geología, de la Dirección de Recursos Minerales del Ministerio de Obras Públicas y Comunicaciones (MOPC), como parte del programa de mapeamiento geológico sistemático a escala 1:100 000 del Paraguay Oriental, ha realizado el levantamiento geológico del área correspondiente a la hoja cartográfica 5669 Villarrica, siguiendo de esta manera el mapeamiento regional de áreas importantes para el entendimiento de la tectónica, la estratigrafía y las posibilidades de aprovechamiento económico de los recursos geológicos.

El levantamiento geológico de campo preliminar se ha proyectado y ejecutado a finales del año 1999, mientras que los trabajos de detalle, así como las definiciones de las unidades litoestratigráficas, delimitación de los contactos geológicos, análisis petrográfico, digitación del mapa y redacción del texto explicativo se han ejecutados durante el año 2000. Teniendo

en cuenta la complejidad de la geología del área, los resultados obtenidos en la etapa inicial fueron complementados con análisis estratigráfico regional, tomando como base los datos de la geología superficial y las informaciones de subsuperficie a través de correlaciones litológicas de pozos perforados en el área.

La ejecución de los trabajos se realizó en el marco de un Acuerdo de trabajo de cooperación entre la Dirección de Recursos Minerales (DRM) dependiente del Ministerio de Obras Públicas y Comunicaciones y el proyecto Sistema Ambiental de la Región Oriental del Paraguay (SARO), este último implementado entre la Dirección de Ordenamiento Ambiental (DOA) del Ministerio de Agricultura y Ganadería y el Instituto Federal de Geociencias y Recursos Naturales (BGR) de Alemania.

1.2. OBJETIVOS Y METODOLOGIA

Los objetivos generales del programa de levantamiento geológico, desde el inicio ha sido el de sentar las bases para el

mapeamiento sistemático a escala 1:100.000, además el de unificar criterios estratigráficos y/o de nomenclaturas, para las diferentes unidades geológicas componentes de la estratigrafía de la Región Oriental del Paraguay. Estos mismos objetivos son aplicables al levantamiento geológico de la Hoja 5669 Villarrica, considerando la importancia económica y científica de las unidades presentes en el área. Además la ubicación geográfica de la zona permite el estudio de las unidades componentes y la complementación de las mismas en la estratigrafía del país, a fin de sistematizarlos en el contexto regional.

El trabajo se inició con la recopilación bibliográfica de trabajos anteriores, con el objeto de preparar un listado de las unidades geológicas componentes del área y obtener un esquema regional de la distribución y estructuración de las mismas.

La evaluación bibliográfica fue acompañada de una interpretación geológica-estructural de imágenes satelitarias y ortofotocartas a escala 1:100.000. El resultado obtenido fue un mapa base en el cual se han delimitado

áreas afloramientos, caracterización de áreas litológicamente semejantes y un bosquejo tectónico de la zona.

En el levantamiento geológico preliminar se ha realizado además una revisión de los diferentes afloramientos y las litologías indicadas en el mapa base, este proceso sirve para la definición de las unidades geológicas componentes del área y la delimitación de contactos geológicos. El trabajo de campo preliminar fue acompañado por análisis de los datos de 16 pozos disponibles en la hoja.

Una vez definidas las unidades litoestratigráficas a ser mapeadas, se dió inicio al levantamiento geológico en detalle. En esta etapa se ha realizado una minuciosa descripción de cada afloramiento identificado en la fase preliminar y siempre acompañada con el reconocimiento de los alrededores, para la ubicación de nuevos lugares de estudio. Seguidamente se tomaron muestras de los puntos visitados y se describieron los elementos litológicos componentes de cada lugar; las muestras fueron debidamente etiquetadas y codificadas en campo, y posteriormente incluidas en el

archivo de muestras general, quedando las mismas a disposición para los análisis necesarios, ya sean petrográficos, geocronológicos u otros específicos.

El estudio de los pozos que acompaña al mapeamiento desde su inicio es intensificado en la fase de detalle. El mismo se basó en la identificación de las unidades y la continuidad de las mismas en los diferentes pozos y a la vez estos a la superficie, permitiendo una mejor delimitación de los contactos geológicos y la caracterización de los ambientes de sedimentación, además del comportamiento de las rocas ante estructuraciones posteriores.

La base del mapeamiento geológico fue la carta topográfica escala 1:100.000, denominada Villarrica y numerada 5669, y como apoyo en el campo las cartas Yatayty, Paso Yovay, Villarrica y José Fasardi, escala 1:50.000.

La transcripción de un punto o área de referencia del terreno en el mapa se ha realizado tomando como base coordenadas UTM (Universal Transversal Mercator) para la región Oriental del Paraguay. Estas coordenadas están

expresadas de forma simplificada, tomando en cuenta solamente los números del tipo grande, por ejemplo: $71\overline{30}^{000m}$. N., estimándose los valores 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 transcritos entre barras, anteponiendo el valor de la abscisa a la ordenada.

Una vez terminada la fase de levantamiento de campo en detalle, en gabinete se transcribieron los datos geológicos al mapa, modificándose con la descripción de los afloramientos, verificación de las estructuras y ajustes con las hojas adyacentes ya mapeadas de San José al oeste y Coronel Oviedo al norte. Esta etapa culmina con la digitalización del mapa geológico preliminar, sobre el cual se ajustan los detalles a medida que los datos provenientes de estudios específicos sean evaluados. El control de los contactos geológicos, la estructuración del mapa, la definición de colores y/o simbologías y la redacción de la leyenda son los últimos pasos en la edición del mapa geológico.

1.3. ANTECEDENTES BIBLIOGRAFICOS

Las rocas aflorantes en el área de la hoja han sido estudiadas dentro del contexto de la estratigrafía del Paraguay, inicialmente por Harrington, 1950. Este autor describió las ocurrencias de conglomerados glaciales, areniscas y arcillitas para el cual utilizó la denominación brasilera de Serie Tubarão del Carbonífero Superior a Pérmico Inferior. El mismo autor mencionó como unidad postglacial al conjunto sedimentario constituido por areniscas y arcillitas, de ambiente continental, del Pérmico Superior, bajo la denominación de Serie Independencia. También Harrington, 1950 empleó por primera el término Formación Misiones para designar rocas clásticas de color rojo, asignándoles una edad Triásica.

Eckel, 1959 correlacionó las unidades sedimentarias permocarboníferas y mesozoicas con formaciones brasileras de la misma edad. Posteriormente, Putzer, 1962 mencionó la presencia de vegetales fósiles en la secuencia pérmica.

Hutchinson, 1979 describió a las rocas permocarboníferas dividida en dos unidades, una inferior y otra unidad superior, diferenciándolas principalmente por sus características ambientales de depositación, siendo la secuencia inferior principalmente conglomerádica y la secuencia superior una típica alternancia areno-arcillosa. Al asignar a las areniscas una edad mesozoica, este autor describió a la unidad inferior como de origen fluvial y la unidad superior como de ambiente característicamente eólico.

Trabajos de exploración y prospección realizados por *The Anschutz Co.*, (1978/1982) definieron la unidad permocarbonífera subdividida en dos Grupos Coronel Oviedo e Independencia, siendo el último constituido por cuatro formaciones: San Miguel, Tacuary, Tapytá y Cabacúa.

En el año 1986 concluyen los trabajos de mapeamiento geológico del Proyecto PAR 83/005, este trabajo definió a la unidad permocarbonífera en una secuencia sedimentaria inferior o Grupo Coronel Oviedo, constituida por litofacies glaciales, tales como diamictitas, ritmitas, arcillitas y areniscas. Concordante al

Grupo Coronel Oviedo; los mismos autores reconocieron en la unidad superior o Grupo Independencia, solo dos formaciones inferiores, definidas con anterioridad por *The Anschutz Co.*, argumentando que las formaciones Tapyta y Cabacua no pudieron ser reconocidas en el terreno. Estos mismos autores diferenciaron las sedimentitas de los alrededores de Asunción, de las areniscas de la Formación Misiones, adjudicándoles a esta última edad Cretácica.

Posteriormente Wiens, 1991 mencionó las rocas del Grupo Coronel Oviedo, definiéndolas como formadas en un ambiente glacio-marino-lagunar y fluvial. Este autor reconoce además la presencia de areniscas macizas, y con estratificación plano-paralela y cruzada, con base conglomerádica, en una localidad tipo en la ciudad de San Juan Bautista, como rocas representativas de la Formación Misiones.

Trabajos específicos de correlación entre pozos perforados por *The Anschutz Co.*, (1978/1982) y el pozo Mallorquin 1 (Texaco, 1990), es realizado por Thornburg, 1992 describiendo la

diversidad paleoambiental de la Formación San Miguel del Grupo Independencia.

Los extensos derrames basálticos ubicados al noreste del país fueron descritos inicialmente por Harrington, 1950, el mismo usó la denominación brasilera Eruptivas de Serra Geral para citarlos en su trabajo. El autor los describió como rocas basálticas de color oscuro, de textura afanítica, en partes porfirítica y amigdaloidal. Eckel, 1959 mencionó las mismas rocas como aflorantes a lo largo del Río Paraná, haciendo mención que las diabasas de la Cordillera de los Altos y Caaguazú son pertenecientes al mismo conjunto de rocas. Este autor los caracterizó como basaltos de color oscuro, de textura afanítica y ocasionalmente amigdaloidal. También Putzer, 1962 se refirió a los derrames basálticos como equivalentes a la Formación Serra Geral de Brasil, de edad jurásica/cretácica.

The Anschutz Co., 1981 adoptó la denominación Formación Alto Paraná, para las rocas extrusivas básicas en forma de derrames intercalados e interdigitados con areniscas de la Formación Misiones,

además de diques intruyendo rocas preexistentes. El Proyecto PAR 83/005, 1986 definió los derrames como basaltos toleíticos de edad comprendida entre 127 y 108 Ma, relacionando el evento al magmatismo basáltico de la Cuenca del Paraná.

Bitschene & Lippolt, 1984 y Bitschene, 1987, mediante análisis petrográficos, geoquímicos y geocronológicos definió a la Cordillera del Ybyturuzu como un complejo alcalino subintrusivo en el margen oeste de la Cuenca del Paraná.

Análisis tectónico, petrográficos y geocronológicos realizados por Velázquez, 1992 relacionó la actividad alcalina de la Provincia Central con el Rift de Asunción, indicando que la manifestación magmática en el área tuvo su apogeo en el Cretácico Inferior.

2. GEOGRAFIA

2.1. Ubicación

La Hoja "5669" Villarrica abarca una superficie de 2.817 km² aproximadamente, incluyendo parte de los departamentos de Caaguazú y Guaiara.

Recibe su nombre de la ciudad de Villarrica, capital del Departamento de Guaiara, ubicada en el centro oeste de la hoja, distante 173 kilómetros de Asunción. La hoja limita al norte con la Hoja 5670 Coronel Oviedo, al sur con la Hoja 5668 Caazapá, al este con la Hoja 5769 San Agustín y al oeste con la Hoja 5569 San José (Fig. 1).

El cuadrante de la hoja se ubica entre las coordenadas geográficas: 56° 00' - 56° 30' longitud oeste y 25° 30' - 26° 00' latitud sur (UTM: 550.000 - 600.000 E / 7.125 000 - 7.180.000 N).

La principal vía de acceso desde Asunción es la ruta N° 2 Mcal. José Félix Estigarribia, que llega a la ciudad de Coronel Oviedo desde el oeste, interceptando a la ruta N° 8 Dr. Blas Garay; la misma se dirige al sur pasando por Mbocayaty, Villarrica, Ñumi, y hasta el límite sur de la hoja. Un ramal desde Mbocayaty comunica con la Colonia Independencia, distante 24 kilómetros al este. Otro ramal desde la ruta N° 7 se dirige al sur pasando por Mauricio José Troche, Natalicio Talavera, interceptando

el ramal Mbocayaty/Colonia Independencia. Además numerosos ramales sin asfalto y caminos vecinales comunican los pueblos y las compañías entre sí.

La accesibilidad se dificulta principalmente en zonas morfológicamente bajas y el área abarcado por la Serranía del Ybytyruzu.

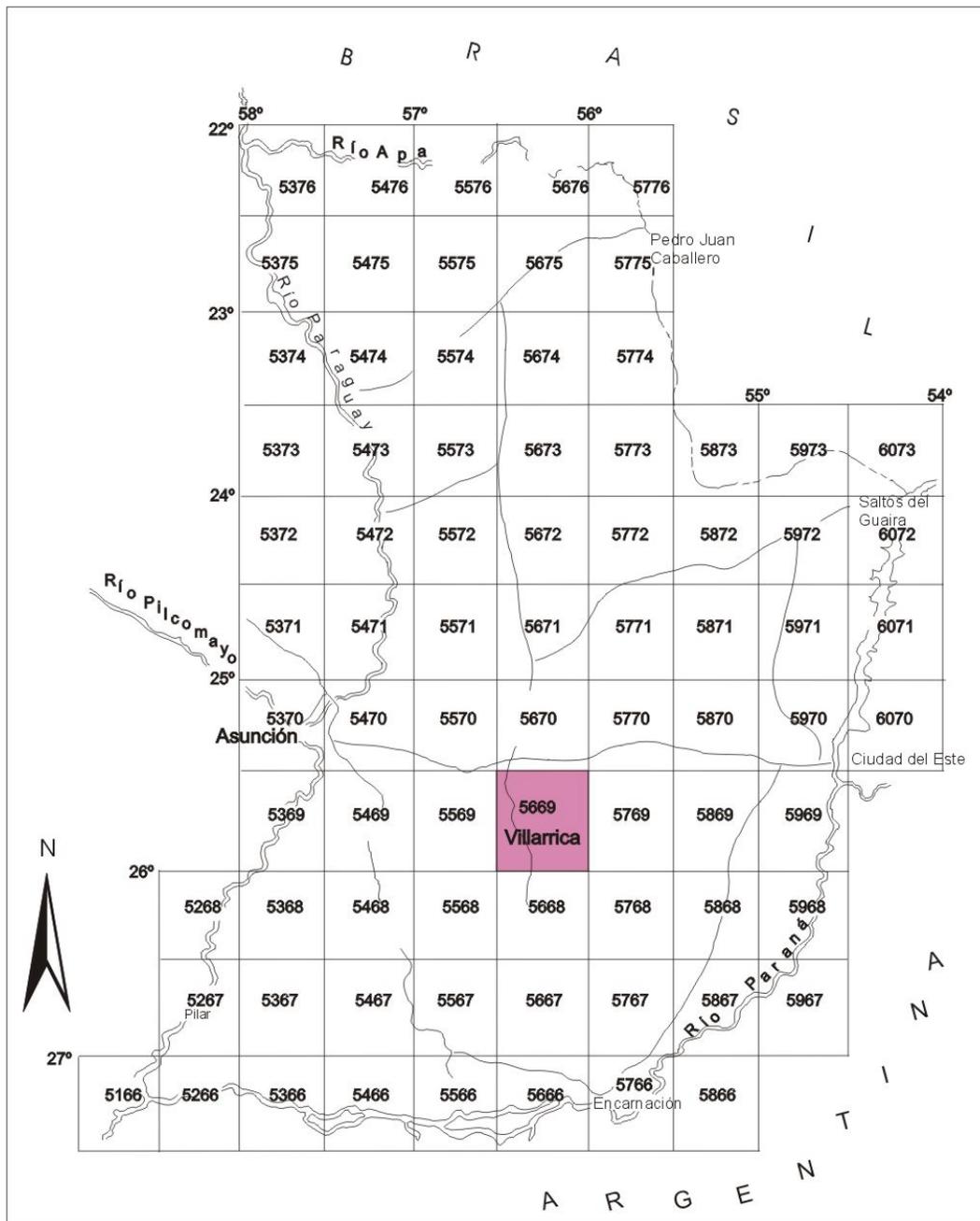


Fig. 1: Mapa de ubicación de la Hoja 5669 Villarrica.

2.2. Fisiografía

La fisiografía del área de la Hoja Villarrica se presenta accidentada, con una serranía central y zonas de morfologías suaves en formas de islas en los bordes norte, oeste y sur de la hoja. En el centro del área se eleva la Serranía del Ybytyruzú, con una altura máxima que alcanza los 842 metros sobre el nivel del mar (Cerro Tres Kandú) y alturas medias de 400 metros sobre el nivel del mar (Fig 2). Las áreas adyacentes a la serranía se presentan con superficies onduladas, caracterizadas por la presencia de elevaciones de formas redondeadas de hasta 200 metros de altura, alternándose entre ellas zonas topográficamente bajas, ocupadas por numerosos cursos de agua, constituyendo las planicies inundables de los mismos; entre los cuales se destaca en el paisaje el Río Tebicuary-mí.

2.3. Hidrografía

El Río Tebicuary-mí es el elemento hidrográfico más importante de la región, constituyendo el principal receptor de las

aguas que drenan la serranía y las planicies circundantes. El cauce principal del río ocupa la porción meridional de la hoja y recorre la misma en sentido este-oeste, colectando aguas de los numerosos arroyos tales como el Aguapety, Guazú, Atadero, Capií, Guazú, Amambay, Cachí, San Gervacio, Librada y Tacuara. Otros cursos de agua que drenan al oeste también desembocan en el Río Tebicuary-mí, fuera de los límites de la hoja y son los arroyos Yhacá Guazú, Pirapo-mi, Bola Cuá, Perulero y Bobo.

3. VEGETACION

La vegetación en la Región Oriental del Paraguay se caracteriza por la presencia de formaciones vegetales íntimamente ligadas a la morfología, los suelos y el clima.

En el área de la Hoja Villarrica la morfología accidentada, los diferentes tipos de suelos provenientes de una gran diversidad de rocas y sumados a los microclimas reinantes son los componentes esenciales para la proliferación de una u otra especie de vegetal

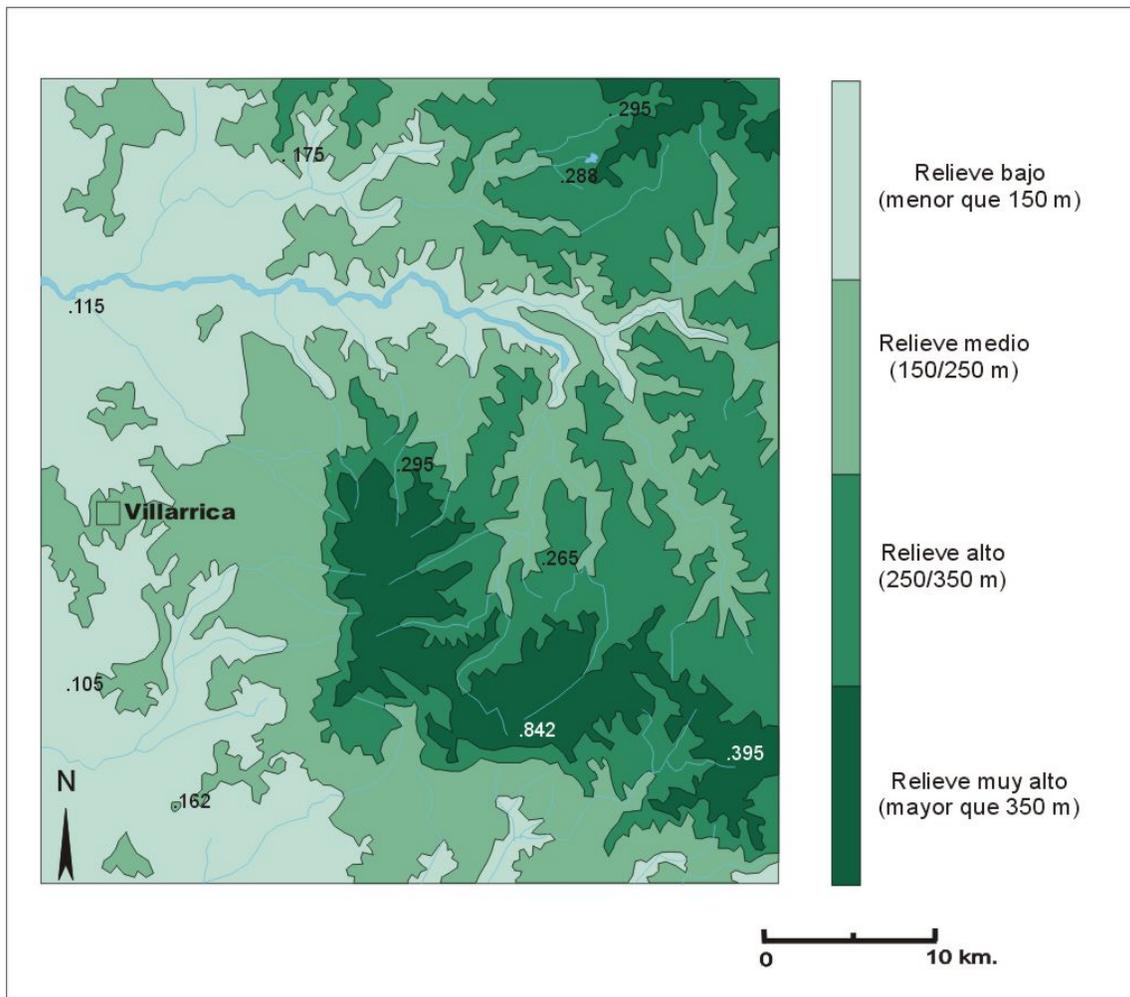


Fig. 2: Bosquejo fisiográfico de la Hoja Villarrica.

De esta manera las planicies onduladas asociadas a suelos provenientes de rocas arenosas altamente friables desarrollan bosques sub-húmedos, no muy densos y con especies propias. Mientras que hacia la cima de la serranía se encuentran suelos lateríticos provenientes de la alteración de basaltos; este substrato

constituye un hábitat especial para el desarrollo de bosques húmedos y densos.

Debido a la alta deforestación de los bosques, actualmente se encuentran preservados únicamente restos de la vegetación arbórea primitiva. Estos se hallan principalmente restringidos a áreas de difícil acceso, márgenes de los arroyos

y especialmente en las orillas del Río Tebicuary-mí.

En el paisaje de planicies onduladas se desarrollan principalmente una gran variedad de gramíneas y palmares. Las gramíneas pueden ser pastizales naturales o cultivados para alimentación animal. La extensión actual de los palmares es reducida, pero avanzan rápidamente debido a la degradación de los suelos. Otro contraste en el paisaje son los humedales y las áreas temporalmente inundadas por la crecida del Río Tebicuary-mí y sus afluentes, las mismas desarrollan vegetación acuática-palustre en períodos de inundaciones y pastizales en períodos de sequías.

4. SUELOS

El paisaje del área de la Hoja Villarrica presenta principalmente tres aspectos

distintivos: lomadas, llanuras y serranías. Cada uno de ellos con suelos residuales y/o transportados, caracterizados principalmente por la presencia de sedimentos arenosos, areno-arcillosos y puramente arcillosos, provenientes de unidades clásticas y/o intrusivas.

Las áreas típicamente de lomadas circundan la serranía y las planicies de inundación del Río Tebicuary-mí y tributarios, con alturas que oscilan entre 150 y 200 metros (Fig 2). Estas corresponden a los ordenes Ultisol y Alfisol (1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9, 11, 12, 13, 14, 15, 16, 17, 18, 19, 20, 21 y 22; Fig. 3 y Tabla 1) y se hallan representados por suelos residuales con características texturales areno/arcillosas, el material proviene principalmente de areniscas y en menor proporción de basaltos, con relieves de pendientes que promedian los

Nº	Orden	Gran Grupo	Sub Grupo	Sub división textural	Paisaje	Material de Origen	Relieve %	Drenaje	Rococidad				
1	Ultisol	Palaudult	Rhodic	Francosa fina	Lomada	Arenisca	0 - 8	Bueno	Nula				
2											0 - 3		
3											Basalto	3 - 8	
4						Arcillosa muy fina							
5						Francosa fina				Arenisca			
6						Arcillosa muy fina				Basalto	8 - 15		
7				Arenic-Rhodic	Arenosa		Arenisca	0 - 8					
8				Rhodudult		Arcillosa fina		3 - 8					
9				Palaudult	Typic			0 - 8					
10				Albaquult		Francosa fina	Llanura	Sed. aluvial		0 - 3	Muy pobre		
11	Alfisol	Paleudalf	Mollic		Lomada	Arenisca	3 - 8	Bueno					
12										3 - 15			
13				Arenic			Francosa gruesa			3 - 8			
14							Arenosa			0 - 8			
15										Sed. Aluvial	0 - 3	Pobre	
16				Aquic						Arenisca	3 - 15	Bueno	
17				Mollic		Francosa fina		0 - 8					
18									0 - 3				
19				Rhodic				8 - 15	Pobre				
20						Arenic	Francosa gruesa						
21													
22						Aquic	Francosa fina	Llanura	Sed. Aluvial	0 - 3			
23	Entisol	Udorthent	Lithic	Franc. Gruesa/Arc. muy fina	Serranía	Arenisca	8 - 15	Bueno	Fuerte				
25										> 15		Moderada	
26									Basalto	8 - 15			
27										> 15	Excesivo		
28									Arenisca/basalto			Fuerte	
29							Francosa gruesa	Lomada	Arenisca	0 - 15	Bueno	Moderada	
30								Serranía		8 - 15			
31									Lomada				3 - 8
32													

Tabla 1: Características de los diferentes órdenes de suelos del área de la Hoja Villarrica

0 a 8 % y eventualmente alcanzan valores máximos de 15 %. Presentan drenaje pobre a bueno y rococidad nula.

Estos constituyen principalmente suelos residuales y aluviales provenientes de áreas positivas.

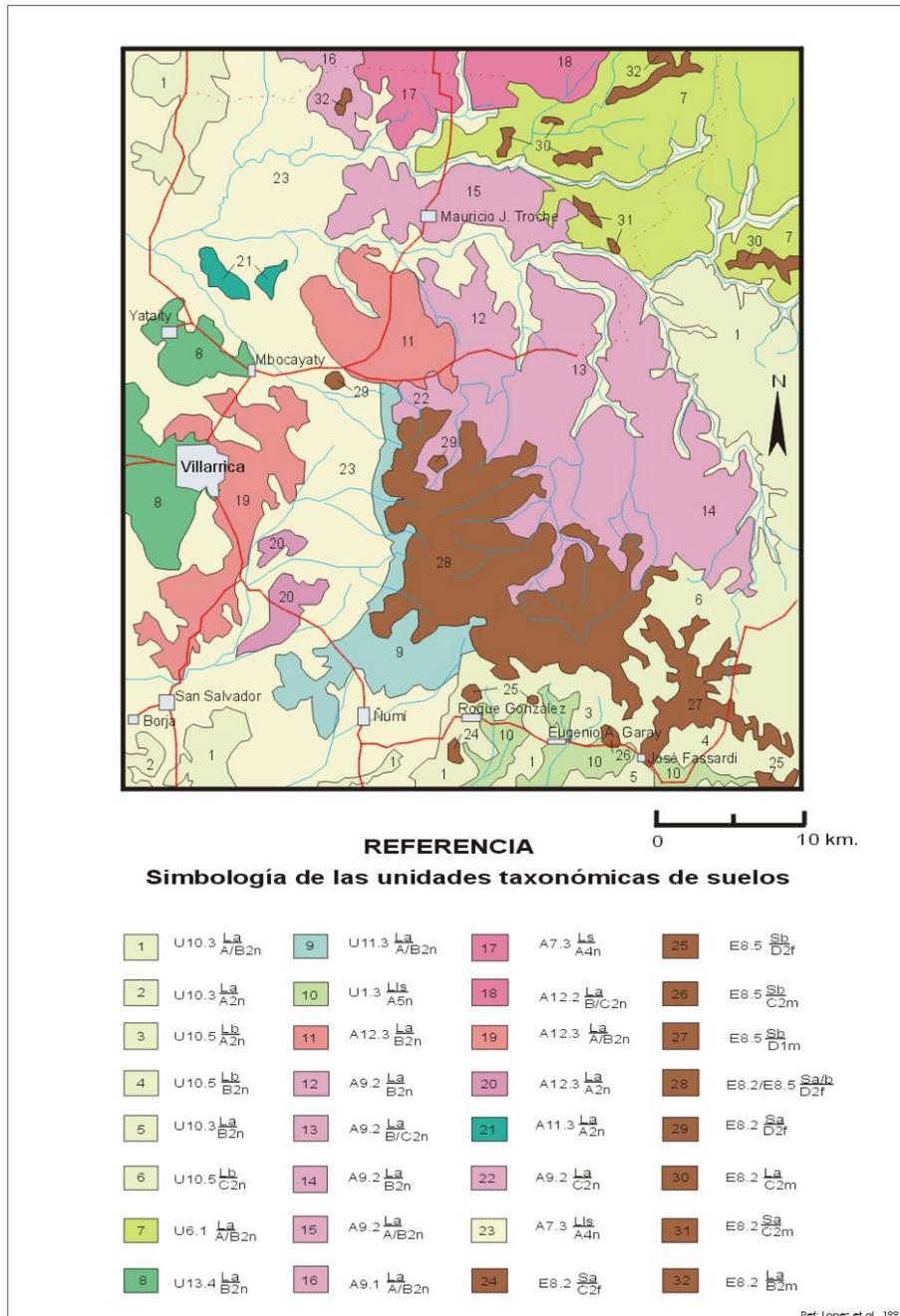


Fig. 3: Mapa taxonómico de suelos de la Hoja Villarrica.

Las llanuras con alturas menores que 150 metros sobre el nivel del mar (Fig. 2) constituyen áreas inundables del Río Tebicuary mí y los arroyos ubicados al sur de la hoja. Los suelos señalados con el número 10 del Orden Ultisol y 23 del Orden Alfisol (Fig. 3 y Tabla 1) presentan característica textural francosa fina, drenaje pobre a muy pobre y rocosidad nula. Los mismos corresponden esencialmente a suelos aluviales depositados en terrazas de inundación.

La principal área positiva se halla en el centro de la hoja y se extiende hacia el sureste de la misma. Los suelos numerados del 23 al 32 (Fig. 3 y Tabla 1) constituyen los suelos residuales, coluviales y/o aluviales del Orden Entisol, desarrollados encima o provenientes de los grandes espesores de areniscas y basaltos de la Serranía del Ybytyruzú. Los suelos residuales presentan características texturales francosa gruesa y arcillosa muy fina, dependiendo del material de origen arenoso o basáltico al que corresponden. En áreas de suelos coluviales y aluviales la mezcla areno/arcillosa es común. En general presentan relieves altos entre 8 a 15%, en

algunas zonas alcanzan valores mayores que 15%, el drenaje es bueno a excesivo y la rocosidad es característicamente moderada a fuerte (Tabla 1).

5. SOCIOLOGÍA

La población se concentra principalmente en la ciudad de Villarrica y en pueblos ubicados en los alrededores de la Serranía del Ybytyruzú, se encuentran además pequeñas poblaciones e inclusive pobladores aislados distribuidos en la misma serranía. La ciudad de Villarrica, ubicada en el borde oeste de la hoja constituye el centro comercial y de distribución principalmente para las poblaciones menores ubicadas en el centro y sur de la hoja. Las poblaciones distribuidas al norte del Río Tebicuary-mí se abastecen de los centros más cercanos, ya sean Coronel Oviedo y/o Caaguazú.

Los recursos económicos provienen principalmente de la ganadería, la agricultura, y en proporciones locales la explotación de los recursos naturales. La ganadería consiste en grandes, medianos y hasta pequeños establecimientos ganaderos. Estos utilizan la agricultura

como complemento para consumo humano y animal.

El aprovechamiento de los recursos naturales consiste principalmente en la explotación de rocas para la construcción, en forma de piedra bruta y minerales de manera artesanal, entre otros.

6. GEOLOGÍA REGIONAL

El área de la Hoja Villarrica abarca una pequeña parte del margen occidental de la Cuenca de Paraná. El contenido de esta porción de la cuenca constituye una sucesión de sedimentitas gondwánicas, dispuestas en discordancia sobre rocas más antiguas, circundantes y limítrofes. Estas se encuentran cubiertas e intruidas por rocas volcánicas y plutónicas de eventos magmáticos posteriores.

El Cratón del Río Tebicuary se encuentra ubicado al suroeste de esta hoja. El mismo está compuesto por un conjunto de rocas metamórficas derivadas de ígneas y sedimentarias, de edad Proterozoico Inferior y hasta más antiguo (Lohse, 1990), además de rocas metasedimentarias de edad Proterozoico

Medio a Superior (Cubas et al., 1997), e ígneas ácidas a intermedias, volcánicas y plutónicas de edad cámbrica (Bitschene & Lippolt, 1986), culminando su evolución al final del Ciclo Brasiliano.

El registro sedimentario gondwánico de la Cuenca del Paraná en el margen del Cratón Río Tebicuary constituye una sucesión de secuencias sedimentarias depositadas a partir del Ordovícico Superior, en un paleoambiente evolutivo y cambiante, donde el nivel relativo del mar, la proveniencia sedimentaria y las condiciones climáticas juegan un papel importante en las características de cada una de ellas. Este conjunto sedimentario se dispone en una sucesión cronológica desde el Cratón hacia el este, de esta manera la secuencia clástica ordovícico/silúrica se dispone en discordancia sobre rocas precámbricas, seguida por las secuencias devónicas, permocarbonífera y triásica.

Las diferentes unidades sedimentarias de la Cuenca del Paraná se iniciaron con una depositación continental de conglomerados, areniscas conglomerádicas, que pasan gradualmente a areniscas; conformando el conjunto de

rocas clásticas gruesas del Grupo Caacupé. Regionalmente estas sedimentitas se extienden en discordancia sobre el basamento cristalino. En concordancia con las anteriores, el Grupo Itacurubí está constituido por areniscas finas, lutitas y arcillitas, altamente fosilíferas, sirviendo de soporte geocronológico a la unidad de edad llandoверiana Silúrico Inferior.

Las rocas devónicas propiamente dichas no son observadas directamente en el campo, se conocen registros de ellas en los pozos Asunción 1 y 2 (Pecten, 1981), en los cuales se describen alrededor de 450 metros de sedimentos devónicos (Milani & Daemon, 1992). Además las rocas clásticas gruesas que reposan en discordancia sobre el Grupo Itacurubí, en los alrededores del pueblo de Arroyos y Esteros (Formación Santa Elena; González et al., 1994), a pesar que estas rocas no son datables pueden ser consideradas como de edad Silúrico Superior al Devónico tomando en cuenta su posición estratigráfica.

La unidad permocarbonífera se dispone en discordancia sobre rocas sedimentarias de las secuencias del Paleozoico Inferior.

Esta unidad depositada en ambiente marino costero, contiene rocas clásticas agrupadas en la Formación Coronel Oviedo como base y el Grupo Independencia como techo.

En discordancia sobre la secuencia permocarbonífera las rocas clásticas depositadas en un ambiente continental, constituyen las areniscas de la Formación Misiones.

El evento tectónico Sudatlántico, a partir del Triásico y principalmente en su etapa de apogeo, durante el Cretácico modificó las características evolutivas de la cuenca, orientando la sedimentación en dirección general noroeste y sus conjugadas noreste. Como así mismo las efusiones de lavas basálticas de la Suite Magmática Alto Paraná

Este evento tectónico en el margen occidental de la cuenca es el principal causante de la formación del Rift de Asunción y la intrusión de rocas magmáticas alcalinas de la Suite Sapucaí, en su etapa de apogeo.

El tectonismo cretácico y erosiones posteriores son responsables de la configuración morfológica actual del área

de la Hoja Villarrica, denotando en el paisaje una serranía central rodeada de lomadas redondeadas, en contraste con el valle del Río Tebicuary-mí, cubiertos con sedimentación reciente.

7. ESTRATIGRAFIA

Las rocas permocarboníferas han sido objeto de numerosos estudios en toda la Cuenca del Paraná, ya que su importancia económica radica principalmente en su característica como roca reservorio de hidrocarburos. Estas propiedades son conocidas, evaluadas y desde hace poco tiempo, explotadas en otras áreas de la cuenca. La Formación San Miguel, constituida de areniscas porosas y permeables es la unidad más favorable para la prospección de los mismos. Otra importancia económica de estas rocas radica en el contenido de uranio y la presencia de niveles calcáreos en la Formación Tacuary, en la hoja contigua Coronel Oviedo.

La secuencia permocarbonífera de la hoja, constituye una depositación continua con contactos concordantes, evolutivos en un ambiente costero y marino raso, donde el

nivel relativo del mar y las condiciones climáticas juegan un papel muy importante en el aporte de sedimentos y en los diferentes ambientes de sedimentación.

Las zonas emergentes cratónicas ubicadas al norte y sur, y las rocas del Paleozoico Inferior al oeste, constituyeron durante el Permocarbonífero las áreas de proveniencia para los depósitos sedimentarios de las Formaciones Coronel Oviedo, San Miguel, Tacuary y Misiones.

La emersión de las áreas preexistentes se debe a un levantamiento por efecto de la Orogénesis Eoercyniana, durante el Carbonífero Inferior a Medio. Este evento produce en toda la cuenca un largo hiatus y erosión en la sedimentación, reanudándose la misma a partir del Carbonífero Superior.

El posicionamiento del paleopolo sur con respecto a la Cuenca del Paraná (entre 30° y 60°), durante el Carbonífero Superior y el Pérmico Inferior, condiciona la cuenca a características climáticas de glaciación.

A partir del Carbonífero Superior la Cuenca del Paraná se comporta como una

cuenca intracratónica del tipo Rampa (Van Wagoner et al, 1990), característica que adquiere como efecto del reajuste tectónico de la Epirogenesis Eoercyniana, común en este tipo de cuencas. Las cuencas intracratónicas se caracterizan por poseer grandes dimensiones, buzamientos suaves, líneas de tiempos horizontales y una historia evolutiva de largos períodos de lenta acumulación sedimentaria, interrumpidos por largos períodos de erosión (Della Fávera, 1996).

Localmente el reajuste tectónico producido por la Epirogenesis Eohercyniana es la causa fundamental de la presencia de estructuras negativas a partir del Carbonífero Inferior, Esto ocurre principalmente en el área central de la Hoja Villarrica, durante la fase embrionaria de la formación del Rift de Asunción. Esta estructura condiciona localmente una pronunciada entrada de la sedimentación paleozoica superior en dirección este - oeste en la zona, bajo condiciones específicas de deposición.

La secuencia paleozoica superior constituye una sedimentación con gran variedad litológica y textural. Estas características se deben

fundamentalmente a la diversidad de subambientes costeros y su evolución, implantados a través del tiempo geológico, como efectos de las variaciones del nivel relativo del mar y las condiciones climáticas reinantes. La secuencia permocarbonífera se inicia con diamictitas, ritmitas, arcillitas y areniscas, conformando la Formación Coronel Oviedo; seguidas de areniscas, siltitas y hasta calizas de la parte media a superior de la secuencia, constituyendo el Grupo Independencia con sus formaciones. Por encima y dispuestos en discordancia, areniscas continentales de la Formación Misiones cubren los sedimentos preexistentes.

7.1. Formación Coronel Oviedo (c)

Las primeras referencias de rocas clásticas de origen glacial han sido mencionadas por Harrington, 1950, este autor posicionó estratigráficamente el conjunto de rocas en el Carbonífero Superior al Pérmico Inferior, y correlaciona las mismas con rocas de

edades similares de la Cuenca del Paraná en territorio brasileño. Putzer, 1962, describió areniscas y tillitas de la misma edad y las denomina Formación Tubarão. Hutchinson, 1979, definió la secuencia permocarbonífera como constituidas por areniscas conglomerádicas, siltitas y arcillitas. Similares trabajos realizados por el Proyecto PAR 83/005, 1986, describieron el mismo conjunto de rocas, diferenciando en él diamictitas, arcillitas, areniscas y ritmitas, agrupados como Grupo Coronel Oviedo.

Las sedimentitas de esta unidad en el área de la Hoja Villarrica se restringen al extremo noroeste de la misma (Fig. 4). Pequeños y escasos afloramientos y descripciones de bocas de pozos de exploración sirvieron para diferenciar únicamente tres litotipos:

- **Areniscas, siltitas y arcillitas intercaladas:** constituyen una sucesión de areniscas intercaladas con siltitas y arcillitas. El conjunto es descrito en *cutting* del pozo estratigráfico SD₅, perforado para prospección de carbón mineral, en

una localidad ubicada 1 kilómetro al sur de la ciudad de Coronel Oviedo (25° 28,709' / 56° 27,234'; BHP, 1999). En el mismo se describen areniscas de variada granulometría desde media a muy fina, de colores claros e intercaladas con siltitas también claras y arcillitas de colores grises. En la sucesión los espesores son muy variados, pudiendo ser definidos hasta 6 metros de arcillitas puras, aunque los mayores espesores corresponden a arcillitas con alto contenido de material arenoso. Estas últimas podrían corresponder a las ritmitas definidas más al norte en la misma ciudad de Coronel Oviedo.

En una localidad denominada Aguapety Portón metasedimentitas de contacto constituyen las rocas encajantes de material intrusivo alcalino. Las mismas clasificadas como corneanas parecen haber sido rocas sedimentarias arcillo-arenosas afectadas por

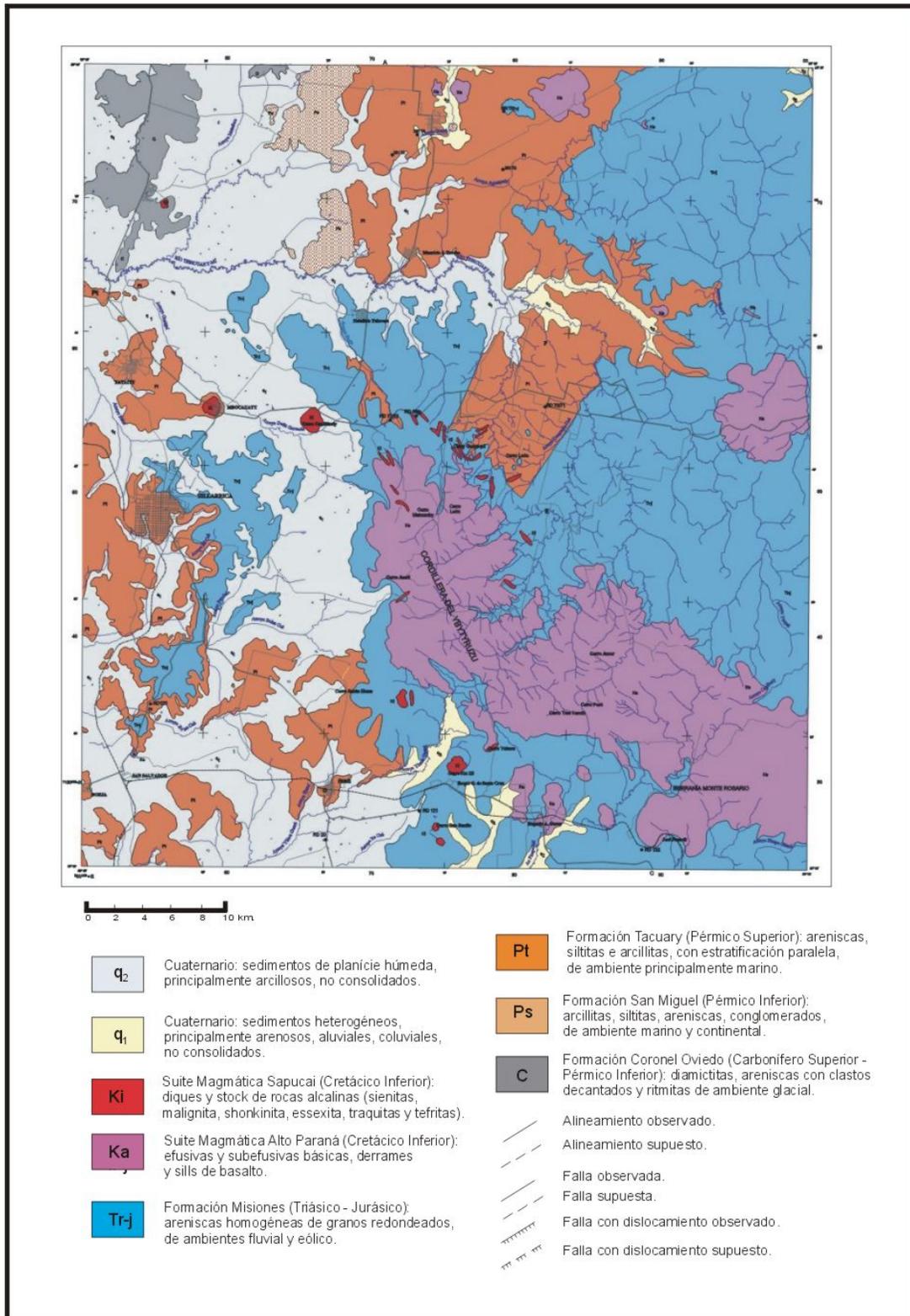


Fig. 4: Mapa geológico simplificado de la Hoja Villarrica.

un leve metamorfismo. Petrográficamente la roca presenta textura clástica de granos detríticos mal seleccionados, angulosos a subangulosos inmersos en una matriz fina. La mineralogía muestra granos de cuarzo, generalmente monocristalinos y esporádicamente policristalinos que presentan bordes o bahías de reabsorción, también minerales micáceos-carbonáticos, abundantes minerales opacos y fragmentos líticos. El tamaño de los granos es bastante heterogéneo, desde 0,0769 a 1,8 mm (Foto 1).

- **Areniscas, siltitas y arcillitas con dropstones:** En el mismo pozo se describen varios niveles de sedimentos con alto contenido de clastos en forma de *dropstones*, principalmente a partir de los 80 metros de profundidad. Estos presentan variados tamaños, directamente proporcional a la granulometría de la roca huesped, de esta manera *dropstones* de 2 a 3 milímetros se hallan alojados en siltitas y arcillitas, y *dropstones* de 1 a 2 centímetros se observan en areniscas de granulometría media.

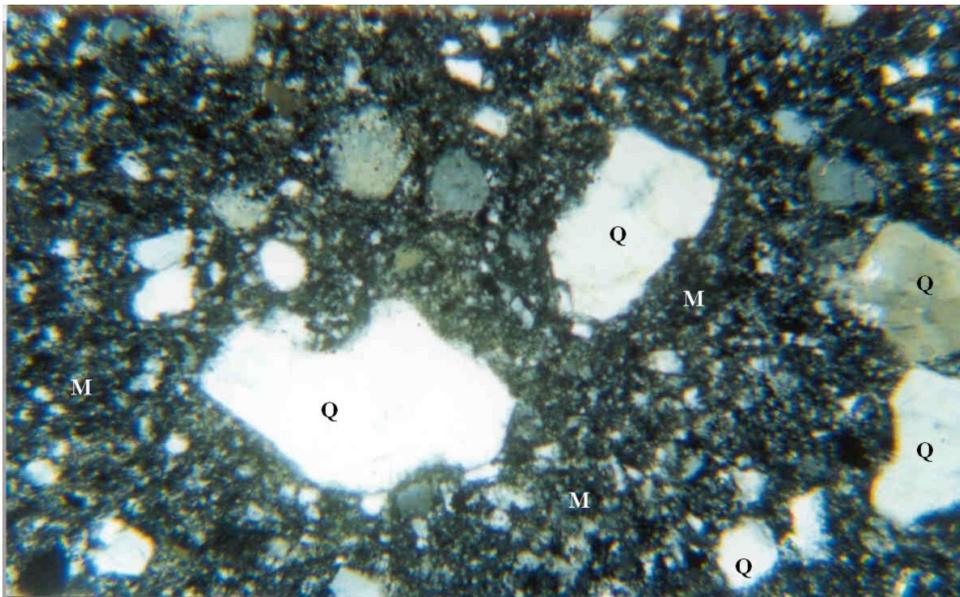


Foto 1: Lámina delgada de corneana, luz polarizada aumento 10X; Q: cuarzo, M: matriz. AR: arcilla.

En cuanto a su composición, los *dropstones* constituyen rocas de proveniencia precámbrica, tales como: serpentinitas, cuarcitas y granitos, también se observan clastos de areniscas resultantes de la erosión de rocas del Paleozoico Inferior. En afloramientos estas rocas se caracterizan por presentar clastos aislados en muy elevado volumen de matriz. La presencia de *dropstones* en areniscas, siltitas y arcillitas indican una depositación por decantación (*ice-rafted pebbel*), producidos por calentamiento de los *iceberg's* o témpanos en mares y lagos.

- **diamictitas:** estas rocas afloran en el extremo suroeste de la Hoja Coronel Oviedo teniendo continuidad en la Hoja Villarrica, con mejores exposiciones en la primera. Estas son típicamente mal seleccionadas y con gran variedad de materiales componentes, en su mayoría la matriz está compuesta de arcillita, siltita y arena de grano fino. Los clastos son redondeados a subredondeados, de

variados tamaños, desde guijas hasta bloques, de formas circulares, oblongos, elipsoidales y planares, con evidencias de desgaste por transporte glacial. La composición de los mismos es principalmente granito, aunque rocas metamórficas, areniscas silicificadas, cuarcitas y mineral de cuarzo también se hallan presentes. En general las diamictitas constituyen rocas pobremente seleccionadas, formadas por retrabajamiento rápido y redepositación por flujo de lodo subacuoso, en forma de deslizamiento de detritos, donde gran cantidad de detritos son rápidamente descargados por glaciales, ríos y arroyos periglaciales hasta dentro del mar o grandes lagunas.

Las características litológicas de las rocas de la Formación Coronel Oviedo en la Hoja Villarrica, al igual que en la Hoja Coronel Oviedo sugiere una amplia diferenciación faciológica lateral y vertical. La presencia de areniscas, siltitas y arcillitas intercaladas, de areniscas con *dropstones* y diamictitas indican claramente un ambiente periglacial costero lagunar y/o marino somero.

7.2. GRUPO INDEPENDENCIA

La primera mención de la presencia de rocas de edad pérmica en Paraguay Oriental ha sido hecha por Beder, 1923 al definir fósiles en la ciudad de Villarrica. Posteriormente Harrington, 1950 describió en las inmediaciones de la misma ciudad una alternancia de areniscas y arcillitas denominandolas Serie Independencia del Pérmico Superior. Eckel, 1959 correlacionó esta misma unidad sedimentaria con formaciones brasileñas, como sedimentación de la misma cuenca. Posteriormente Putzer, 1962 mencionó vegetales fósiles, sugiriendo la misma edad antes mencionada para estas rocas. Herbst, 1972 describió *Lycopsideae arborescentes* en la Serie Independencia de Harrington.

Trabajos realizados por *The Anschutz Co.*, 1981 propuso la subdivisión del Grupo Independencia en cuatro formaciones (San Miguel, Tacuary, Tapytá y Cabacuá), identificadas y mapeadas en un área, al sur de esta hoja. El Proyecto PAR 83/005, 1986 adoptó las denominaciones de las dos primeras formaciones

inferiores, como únicos integrantes del grupo.

Como parte del programa de exploración de uranio realizado por la empresa *The Anschutz Co.* en Hutchinson, 1979 caracterizó las rocas del área de la Hoja Coronel Oviedo y Villarrica como una secuencia permocarbonífera, diferenciando en ella dos unidades, la inferior San Miguel y la superior Tacuary, basado principalmente en sus características ambientales de depositación.

Thornburg et al., 1992 analizó paleoambientalmente la Formación San Miguel, correlacionando pozos del área centro-oeste de la Región Oriental con el pozo Mallorca 1 ubicado al este del mismo.

En el área de la Hoja Geológica Villarrica son identificadas dos formaciones como componentes del Grupo Independencia: Formación San Miguel como unidad inferior y Formación Tacuary como superior (Fig. 5). La exposición de estas unidades en la zona esta particularmente caracterizada por la tectónica del área, ya que la secuencia permocarbonífera al

norte del Río Tebicuary-mí presenta un comportamiento normal y continuo al borde sur de la Hoja Coronel Oviedo, en contraste al área sur del mismo río, donde el comportamiento deposicional es direccionado e introducido más al oeste por la estructuración insipiente de la etapa embrionaria del Rift de Asunción.

El Rift de Asunción como estructura local al oeste de la cuenca se inicia incipientemente en respuesta distensional a la Orogénesis Eohercyniana en los primeros tiempos carboníferos, época caracterizada también por intensa erosión de toda la sedimentación preexistente, restableciéndose la misma recién a partir del Westphaliano en toda la Cuenca del Paraná.

7.2.1. Formación San Miguel (ps)

La Formación San Miguel en la Hoja Villarrica es una unidad compuesta principalmente de arcillitas, siltitas y areniscas intercaladas. La misma se restringe al extremo noroeste de la hoja (Fig. 4) y es identificada en pozos

perforados más al este. Esta formación presenta contacto inferior con la Formación Coronel Oviedo y superior con la Formación Tacuary. El contacto inferior es definido tomando como base la falta significativa de *dropstones* en la Formación San Miguel, con respecto al contenido de los mismos en la Formación Coronel Oviedo, debido a que la ausencia de *dropstones* indica depositación bajo condiciones post-glaciales. El contacto superior con la Formación Tacuary es definido a su vez en la transición entre el intervalo dominado por areniscas y el intervalo dominado por arcillitas y siltitas.

La ausencia de afloramientos de las sedimentitas de la Formación San Miguel impide la descripción de las mismas, pudiendo únicamente diferenciarse en descripciones de pozos, como una sucesión de arcillitas hasta areniscas de granulometría media (291 T1 y 291 T4; *The Anschutz Co.*, 1978/1982). En los mismos se describen entre 100 y 110 m de sedimentos depositados en tramo regresivo, grano y estrato creciente de arcillitas, siltitas y areniscas.

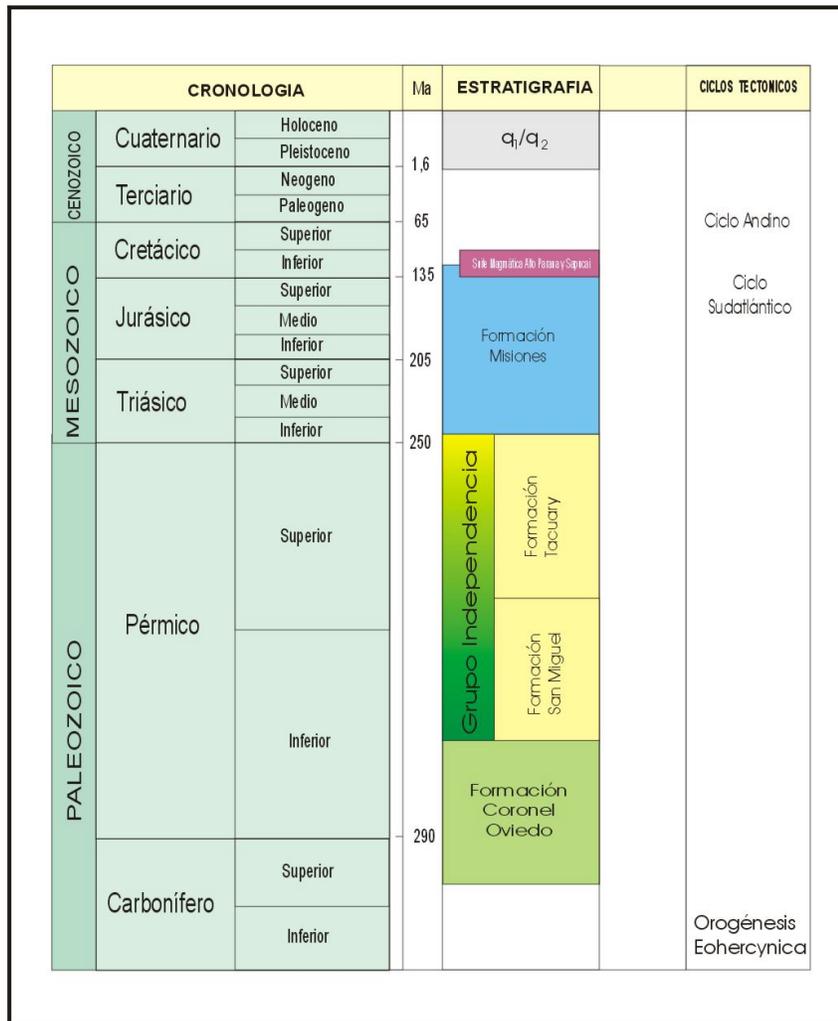


Fig. 5: Columna tectoestratigráfica de la Hoja Villarrica.

En las partes más bajas de este conjunto, las capas arenosas presentan espesores máximos de 60 centímetros, en contraste con estratos de alrededor de 5 metros, en el techo del conjunto.

7.2.2. Formación Tacuary (pt)

La Formación Tacuary se caracteriza por la predominancia de sedimentos de granulometría fina a muy fina, su contacto inferior con la Formación San

Miguel representa la transición entre las litofacies con dominio arenoso a las litofacies con dominio arcilloso con presencia de capas de caliza oolítica (Thornburg et al., 1992) y troncos de maderas silicificadas, característicos en la Formación Tacuary y raros o ausentes en la Formación San Miguel.

La unidad sedimentaria de la Formación Tacuary es caracterizada además por una secuencia alternada, de areniscas finas, siltitas y arcillitas de variados colores. Las capas arenosas se distinguen por su color amarillo claro a marrón rojizo, con espesores comúnmente entre 10

centímetros a 1 metro. Las capas arcillosas presentan espesores entre 1 cm a 1 m, y se hallan intercalando a las capas arenosas. Este conjunto presenta formato planoparalelo y en parte sigmoidal.

En el contexto general las capas arenosas son estrato decreciente, en sus tramos inferiores, en contacto con las rocas de la unidad subyacente, haciéndose subordinadas a las espesas capas arcillosas, en la etapa de máxima inundación del tramo transgresivo principal. Al contrario, en el tramo regresivo las capas arenosas son



Foto 2: Areniscas intercaladas con láminas de arcillitas, en formato sigmoidal; Formación Tacuary.

estrato creciente, intercaladas con pequeños espesores arcillosos, o están ausentes en el techo de la unidad.

Esta unidad sedimentaria está representada por los dos litotipos siguientes:

- **areniscas cuarzosas:** constituyen areniscas de granulometría media, fina y en partes muy fina, de colores variados, desde amarillo claro a marrón rojizo con granos bien seleccionados, redondeados a subredondeados, generalmente intercaladas con siltitas (Foto 2). La estructura de sedimentación es principalmente el formato sigmoidal de las camadas, mostrando en algunos casos progradación.
- **areniscas, siltitas y arcillitas:** constituyen una alternancia areno-siltítica o siltico-arcillosa, de colores claros. Esta alternancia típica es ampliamente encontrada en los afloramientos de la unidad, se presenta con característica estrato y grano creciente. En general se agrupan en camadas de

pocos centímetros de espesor y en formato planoparalelo (Foto 3). Microscopicamente las areniscas son de granos finos y están constituidas principalmente por granos de cuarzo, subangulosos a subredondeados, con sobrecrecimiento secundario; las mismas están inmersas en una matriz arcillosa y como minerales accesorios presentan opacos (Foto 4).

La exposición de los litotipos, componentes de la Formación Tacuary presentes principalmente en la cabecera norte de la Serranía del Ybytyruzú es tectónicamente afectada por movimientos verticales de bloques, lo que permite exposiciones laterales con la unidad sedimentaria superior. En los bordes norte y oeste de la hoja los afloramientos muestran contactos discordantes con la Formación Misiones.



Foto 3: Alternancia areno-siltítico y silto-arcilloso en camadas planoparalelas; Formación Tacuary.

7.3. Formación Misiones (tr-j)

Esta unidad sedimentaria ha sido definida por primera vez por Harrington, 1950 con el nombre de Formación Misiones, estando la localidad tipo ubicada en San Juan Bautista de edad triásica. Eckel, 1959 concluyó que las rocas de esta unidad afloran en una franja con dirección norte-sur. Posteriormente Putzer, 1962 propuso un ambiente de sedimentación

eólica para estas rocas. Dirección de Recursos Minerales, 1966 denominó Formación Misiones a las areniscas fluviales de los alrededores de Asunción.

Hutchinson, 1979 describió areniscas de ambientes fluviales y eólicas como constituyentes de la Formación Misiones. El Proyecto PAR 83/005, 1986 englobó las formaciones Tapytá y Cabacué definidas por Carlson, 1981 como del

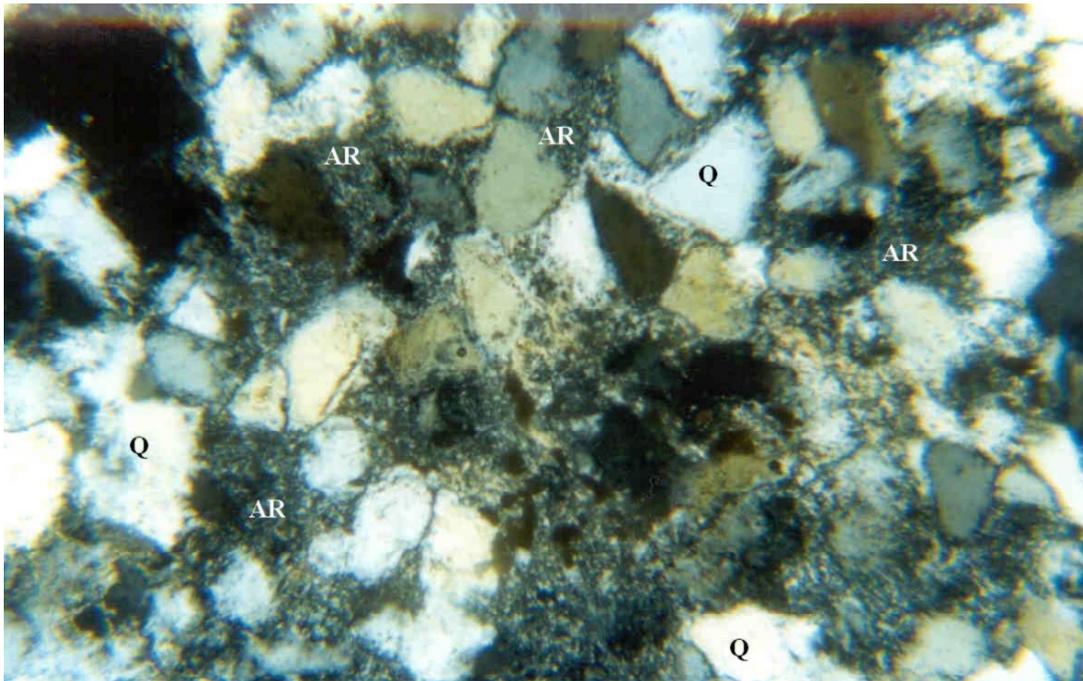


Foto 4: Lámina delgada de arenisca fina de la Formación Tacuary; Q: cuarzo, AR: arcilla.

Pérmico superior y como la base fluvial de las areniscas típicamente eólicas.

La continentalización de la Cuenca del Paraná a partir del Pérmico Superior depositó en las últimas etapas regresivas areniscas continentales fluviales en proyección lateral y vertical a areniscas eólicas. En el contacto de esta unidad con las rocas permocarboníferas ocurren discordancias locales, principalmente observados en afloramientos incipientes. Los mismos se encuentran en la ciudad de

Villarrica, en la cual la zona de contacto entre las areniscas del techo de la Formación Tacuary y suelo rojizo residual producto de alteración de la Formación Misiones muestra un material del tipo flujo de lodo o fanglomerado, altamente alterado (Foto 5). Otro contacto está marcado por el retrabajamiento de clastos del techo de la unidad permocarbonífera en los depósitos de la Formación Misiones. La presencia de material fanglomerádico y de clastos

retrabajados en la base de las mismas indican presencias de discordancias locales.

En la Formación Misiones puede diferenciarse dos litotipos, caracterizados principalmente por el ambiente en el que se depositaron:

pobrementemente cementados, con matriz altamente arcillosa y comúnmente friables o sacaroidal. En general la mineralogía de estas rocas constituye un 90 % de cuarzo y 10 % de feldspatos y minerales arcillosos en la matriz (Foto 6). En algunos lugares



Foto 5: Fonglomerado alterado en el contacto entre la Formación Tacuary y la Formación Misiones.

- **areniscas fluviales:** se presentan como areniscas claras de granulometría media a gruesa, con granos subredondeados,

se hallan alterados a canga y exhibe estratificación acanalada y formato sigmoidal, correspondiente a la base de la Formación Misiones.



Foto 6: Areniscas medias a gruesas, depositadas en ambiente fluvial de la base de la Formación Misiones.

- **areniscas eólicas:** en una proyección lateral y vertical a las areniscas fluviales, se dibujan en el paisaje con espectaculares exposiciones de areniscas con estratificación cruzada de gran ángulo planar y tangencial de 20°

a 30° (Foto 7).

Estas areniscas se presentan con colores claros, principalmente rosados y en algunos lugares son rojizas, exponen granulometría bimodal media a gruesa, de granos redondeados y muy bien

seleccionados. La bimodalidad permite la granodecrecencia en el *foreset* de la estratificación y la gradación invertida o *grainflow* en la base de la estratificación cruzada. En general son areniscas cuarzosas, homogéneas, con poco material

arcilloso como matriz, poco cementados, friables, sacaroidal y localmente silicificados. La resistencia a la erosión observada en los remanentes de estas areniscas es causada por intrusión y extrusión de rocas ígneas posteriores. Algunos de



Foto 7: Arenisca mostrando estratificación cruzada de gran ángulo planar y tangencial (20° a 30°), Formación Misiones.

estos remanentes presentan estructuras columnares, atribuida a dilatación y contracción de arenas homogéneas y sin consolidación, por el efecto térmico causado por las intrusiones. En otros casos las areniscas se presentan solamente endurecidas, favoreciendo su preservación en forma de espectaculares remanentes en el paisaje. Estos por lo general se presentan como cuerpos alargados en dirección tectónica predominante noroeste/sureste.

Microscópicamente las areniscas eólicas de la Formación Misiones presentan granos medios y se hallan constituidas principalmente por granos de cuarzo, de formas redondeadas a subredondeadas, con sobrecrecimiento secundario y en continuidad óptica con los granos antiguos. Los granos se hallan asociados con muy escasa matriz arcillosa y en muchos casos están cementados por sílice (Foto 8); en otras muestras se observan la presencia de cemento ferruginoso que transmite un color rojizo a la roca.

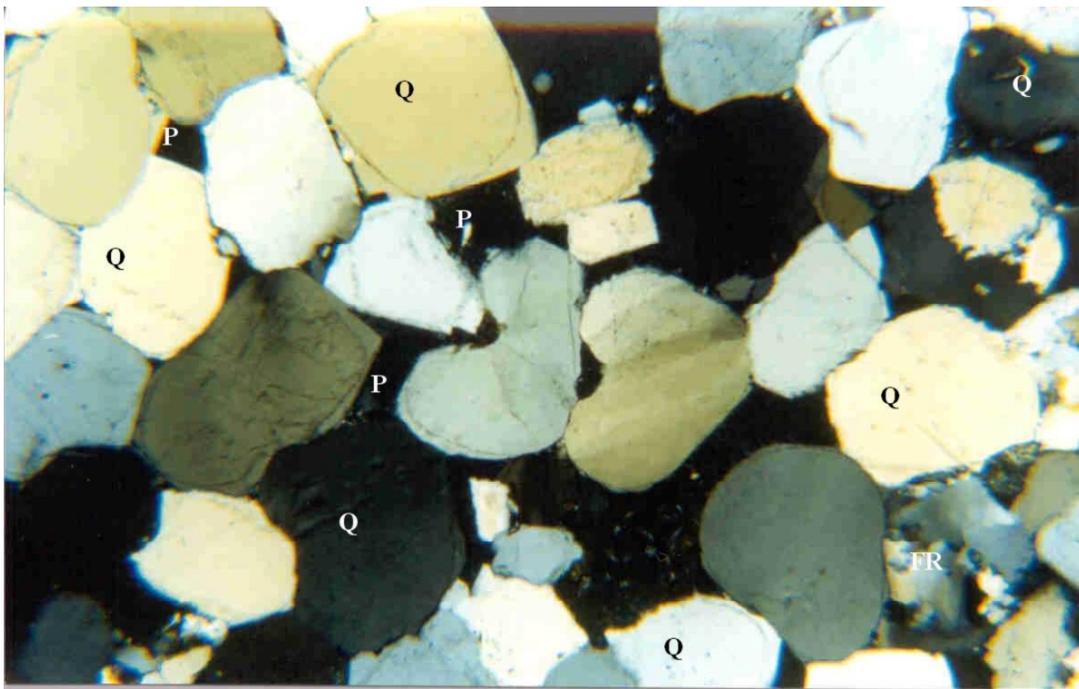


Foto 8: Lámina delgada de la arenisca eólica de la Formación Misiones; Q: cuarzo, P: porosidad

7.4. ROCAS MAGMATICAS

Las rocas magmáticas observadas en la Hoja Villarrica están representadas principalmente por basaltos toleíticos de la Suite Magmática Alto Paraná y rocas alcalinas potásicas de la Suite Magmática Sapucaí.

La Suite Magmática Alto Paraná se encuentra aflorando principalmente al este de la Región Oriental, en las proximidades del curso del Río Paraná; la misma forma una faja de afloramientos de

dirección norte-sur, cuyo límite norte es la ciudad de Pedro Juan Caballero; en esta parte su ocurrencia es angosta y discontinua. Sin embargo, hacia el sur en el departamento de Alto Paraná presenta afloramientos más expresivos y de mayor distribución areal. Estos cuerpos se manifiestan reposando sobre la Formación Misiones y desaparecen en las cercanías de la ciudad de Encarnación.

Las rocas alcalinas en el Paraguay Oriental ocurren en diversas partes, distribuidos en seis provincias (Alto

Paraguay, Río Apa, Amambay, Central, Asunción y Misiones; Velázquez, 1996).

La Provincia Central (Livieres & Quade, 1987), correspondiente al área de la hoja fue denominada como Provincia Alcalina Guairá-Paraguarí por Bitschene, 1987. Esta provincia representa un magmatismo de afinidad potásica, con gran diversidad petrográfica. La facie intrusiva reúne rocas de afinidad sienogábrica (gabro alcalinos, essexitas, sienodioritas), subordinadamente aparecen rocas sieníticas alcalinas (nefelina sienita). A su vez la facie efusiva está compuesta por basaltos alcalinos, tefritas y traquitas.

Las magmatitas de la Provincia Central presentan ocurrencias variadas, siendo posible encontrar desde pequeños cuerpos en forma de diques, stocks y plug; grandes cuerpos intrusivos circulares (Cerro Acahay) y hasta derrames de lavas. Este magmatismo de edad cretácica se halla asociado a una estructura tectónica distensiva, denominado Rift de Asunción (Degraff & Orué, 1984) y Rift de Guairá-Paraguarí (Bitschene, 1987).

7.4.1. Suite Magmática Alto

Paraná (ka)

Autores como Harrington, 1950, Eckel, 1959 y posteriormente Putzer, 1962 mencionaron la presencia de extensos derrames de lavas basálticas, cubriendo una franja de dirección norte-sur a lo largo del Río Paraná al este de la Región Oriental, que fueron correlacionadas con los basaltos de la Cuenca del Paraná (Formación Serra Geral en Brasil). Dirección de Recursos Minerales (1966) propuso la denominación de Formación Alto Paraná para rocas similares en el Valle de Ypacaraí.

Los basaltos toleíticos la Suite magmática Alto Paraná afloran en el área de la hoja, principalmente en la Cordillera del Ybytyruzú, ocupando las $\frac{3}{4}$ parte del mismo. Estos reposan e intruyen a las areniscas de la Formación Misiones. Otros afloramientos menores ocurren en la localidad de Paso Yobay al este y en la cantera Bolas Cuá al norte de la hoja. Los mismos se presenta en forma de mantos de lava, filón capa (sills) en disposición

subhorizontal y diques discordantes (Foto 9).

Los basaltos de la suite se hallan expuestas en varios sectores de la Cordillera del Ybytyruzú, como ejemplo, la Cantera del MOPC (Compañía Zorrilla Cué), mientras que otros afloramientos se pueden encontrar en los arroyos Amambay, Capií, Librada, Tacuara y en los cerros Acatí, Ita Azul, Tororo y otros.

El basalto denso generalmente forma grandes sills y se caracteriza macroscopicamente por su estructura masiva, color oscuro, textura afanítica (de grano fino a medio). En cambio las rocas efusivas presentan estructuras típicas de lavas, conteniendo cavidades en forma de vesículas y amigdalas rellenas con minerales secundarios de calcedonia, amatista, carbonato, zeolita, nontronita y cobre nativo diseminado.

Variedad de basalto toleítico con textura porfirítica, con fenocristales de feldespato alcalino ocurre en el Cerro Muy Muy y en los alrededores del Cerro Acatí. Este tipo de basalto corresponde a la variedad subsaturada en SiO_2 y contiene minerales secundarios de carbonato y zeolita



Foto 9: Basalto toleítico con estructura columnar de la Suite magmática Alto Paraná.

(Bitschene, 1987). En algunos sectores, los basaltos contienen asimilación de la roca de caja, conteniendo como xenolito, areniscas de la Formación Misiones.

Petrografía

La roca es oscura, masiva de grano fino a medio y presenta textura ofítica a subofítica a levemente porfirítica, a veces con vidrio en la mesostasis, conformando estructura hyalopilítica.

La composición mineral del mismo es clinopiroxeno (augita \pm pigeonita) y plagioclasa (labradorita), en cantidades

menores se encuentra olivino alterado a serpentina, iddingsita y hierro-residual, y como accesorios se encuentran magnetita, feldespatos alcalinos, apatito y vidrio básico.

Como minerales secundarios y/o alteración se forman principalmente geodas de minerales de cuarzo, calcedonia, epidota, sericita-clorita, hierro residual, zeolita, carbonato y cobre nativo.

7.4.2. Suite Magmática Sapucaí (ki)

Las ocurrencias de rocas alcalinas en el área de la Hoja Villarrica se distribuyen en las localidades de Aguapety Portón, Mbocayaty y en las inmediaciones de la Cordillera de Ybytyruzú.

Las rocas alcalinas constituyen cuerpos elípticos en forma de stocks con diámetros que varían entre 50 y 500 m, con alturas que no superan los 100 m. La mayoría se hallan ubicadas en el área sur-sur-oeste de la cordillera del Ybytyruzú (Cerros Santa Elena, San Benito y Km 23) y aisladamente al norte de la serranía, en el Cerro Capiitindy. Otras intrusiones alcalinas se encuentran en las localidades de Aguapety Portón y Mbocayaty, ubicadas al noreste de la ciudad de Villarrica (Fig. 4).

El grupo de rocas alcalinas ricas en potasio incluyen rocas intrusivas, subefusivas, diques y rocas volcánicas. Las mismas intruyen los basaltos de la Formación Alto Paraná (Jurásico/Cretácico), las areniscas de la Formación Misiones (Triásico/Jurásico), las sedimentitas del Grupo Independencia

(Pérmico) y las rocas de la Formación Coronel Oviedo (Carbonífero).

Específicamente las ocurrencias de intrusiones alcalinas potásica localizadas en la zona de Villarrica fueron denominadas Provincia Alcalina Guairá-Paraguarí (Bitschene, 1987). Según este autor las ocurrencias de estas rocas en la cordillera del Ybytyruzú y alrededores corresponden a un complejo alcalino rico en potasio, semejantes a otros complejos alcalinos del Paraguay, como por ejemplo el complejo alcalino de Sapucaí, el Cerro Acahay, entre otros.

Con el objetivo de evaluar el potencial en minerales económicos, Mariano, 1978 realizó exploraciones y muestreos de las rocas alcalinas del Paraguay. Sus trabajos abarcaron las ocurrencias alcalinas del centro y el norte de la Región Oriental, entre las cuales analizó las rocas del área de esta hoja, específicamente las magmatitas de las localidades de Aguapety Portón, Mbocayaty y el Cerro Capiitindy, tales como análisis petrográfico con catodoluminiscencia (CL), microscopía electrónica de barrido (SEM) y análisis de la energía dispersiva de Rayos X (EDAX).

Litológicamente las rocas alcalinas ricas en potasio comprenden rocas básicas e intermedias intrusivas-subefusivas de la serie: essexita, nefelina sienita y traquita, además se encuentran variedades más máficas clasificadas como malignita, shonkinita. La traquita alcalina ocurre como subordinada entre las intrusivas y contiene xenolito de piroxenita. Las rocas extrusivas están representadas por basaltos alcalinos (basanita y/o tefrita) y lamprófidos, esta última se encuentra como diques asociados a estructuras regionales y alineaciones de direcciones noroeste y noreste de la Cordillera del Ybytyruzú.

Intrusivas

Las rocas ígneas alcalinas intrusivas se hallan expuestas en las localidades de Aguapety Portón y Mbocayaty, ubicadas al noroeste de la Hoja Villarica y en los cerros Santa Elena, Km 23 y San Benito, al sur de la misma.

La intrusión de Aguapety Portón se halla localizada a unos 2 km al este de la ruta asfaltada que une las ciudades de Villarica y Coronel Oviedo. El mismo

constituye un cuerpo aislado en forma de plug, que intruye sedimentos carboníferos de la Formación Coronel Oviedo. Esta intrusión es controlada por estructuras de direcciones noroeste y noreste. La misma está siendo explotada como rocas de aplicación para la industria de la construcción, donde aproximadamente el 60% del material aflorante ya fue extraído.

El cuerpo intrusivo en general es homogéneo, con variación litológica desde el borde hacia el centro. Esta variación es de rocas alcalinas sieníticas a sienodioríticas. El cuerpo intrusivo es cortado por un dique de basalto alcalino (tefrita?). En los alrededores de la intrusión se observan rocas afaníticas de color oscuro rico en cuarzo aparentemente metamorfizadas.

La intrusión de Mbocayaty se halla expuesta al noroeste de la ciudad, asociado a una elevación no mayor que 150 m de altura. Esta intruye sedimentos pérmicos del Grupo Independencia. Según Mariano, 1978 en la intrusión de Mbocayaty se observa fenitización en rocas arcillosas, evidenciada por mineralización en feldespato y egirina en

el contacto entre la shonkinita y la roca caja. Además este autor analizó muestras de material laterítico-ferruginoso por medio de difracción de Rayos X, en las cercanías de la intrusión de Mbocayaty, con el objetivo de hallar posible mineralización de bauxita. Este análisis encontró entre otros caolinita y en menor proporción gibbsita.

Las localidades de Aguapety Portón y Mbocayaty se presentan como plug aislados de rocas alcalinas. Estas contienen alta variación petrográfica, debida a inyecciones multiples, aunque los componentes son derivadas de un magma común. Litológicamente se encuentran rocas del tipo malignita, shonkinita y nefelina sienita (Foto 10).



Foto 10: Gabro alcalino de la Suite Magmática Sapucaí; Mbocayaty.

Bitschene, 1987 clasificó las rocas plutónicas de Aguapety Portón como lusitanita, sienita foidica y essexita. Las variedades más oscuras según este autor corresponden a malignita y shonkinita. Estas rocas son masivas, son homogéneas, a veces presentan textura porfirítica, con fenocristales de piroxenos de colores oscuros de hasta 2 cm de longitud, asociados con feldespatos alcalinos y foides en la matriz. Además ocurren también rocas volcánicas del tipo basalto alcalino (tefrita), intruyendo a las rocas plutónicas.

Las intrusivas localizadas al suroeste de la Hoja Villarrica se presentan como pequeños stock de rocas alcalinas. Las mismas coconstituyen rocas del tipo essexita y nefelina sienita. En las inmediaciones del Cerro Santa Elena se destaca un afloramiento de nefelina sienita, asociado a basalto alcalino (tefrita). La elevación de 270 m de altura localizada 1 km al norte de San Roque Gonzalez de Santa Cruz denominado

Cerro Km 23 es constituido en su mayor parte por essexita, donde la nefelina sienita se halla subordinada. Otra localidad importante es el Cerro San Benito, una pequeña intrusión de roca alcalina, compuesta exclusivamente por nefelina sienita.

Petrografia

Nefelina Sienita

Macroscópicamente la nefelina sienita exhibe color blanquecino a gris claro y presenta grano grueso. Al microscopio se destaca como una roca holocristalina, leucocrática, de textura granular hipidiomórfica.

La composición mineralógica está marcada por la predominancia de feldespato potásico (ortoclasa) y clinopiroxeno del tipo egirina-augita y en menor cantidad, nefelina. Como constituyentes menores están presentes apatito, esfena y opacos (Foto 11).

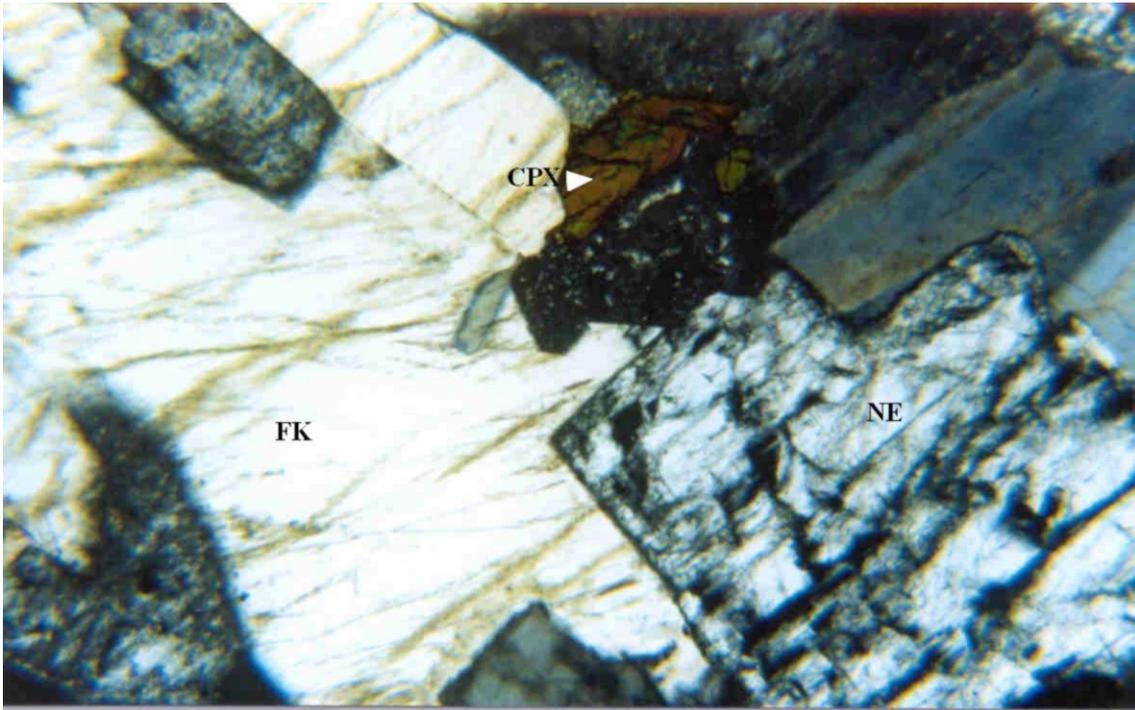


Foto 11: Lámina delgada de sienita alcalina de la Suite Magmática Sapucaí; FK: feldespato potásico, NE: nefelina, CPX: Clinopiroxeno. Luz polarizada 4X.

Las ortoclasas se presentan normalmente turbias, cuando están alteradas y a veces hasta frescas. Las mismas son de hábito prismático alargado y con macla de Carlsbad. Contienen además pequeñas inclusiones de opacos, esfena y clinopiroxeno.

El mineral máfico más importante es el clinopiroxeno, se encuentra como cristales de menor tamaño, poseen formas subhedrales de contorno prismático corto a tabular y a veces bordes irregulares.

En luz paralela presenta marcado

pleocroísmo de colores que varían de verde oliva, marrón verdoso a marrón amarillento, las tonalidades más claras se observan en el centro del cristal. En luz polarizada presenta birrefringencia del 2do. y 3er. orden, extinción oblicua y frecuentemente muestra zoneamiento.

La cantidad de minerales de nefelina es menor con relación al feldespato potásico y se encuentran formando cristales subhedrales a anhedrales, en muchos casos muy alterados. Normalmente estos cristales presentan contornos rectangulares a pseudo hexagonales.

El apatito es el mineral más frecuente entre los accesorios, ocurren en forma de cristales prismáticos finos de aproximadamente 0.2–0.4 mm. Adicionalmente están presentes también esfena y opacos; estos como cristales anhedrales aislados o asociados al clinopiroxeno.

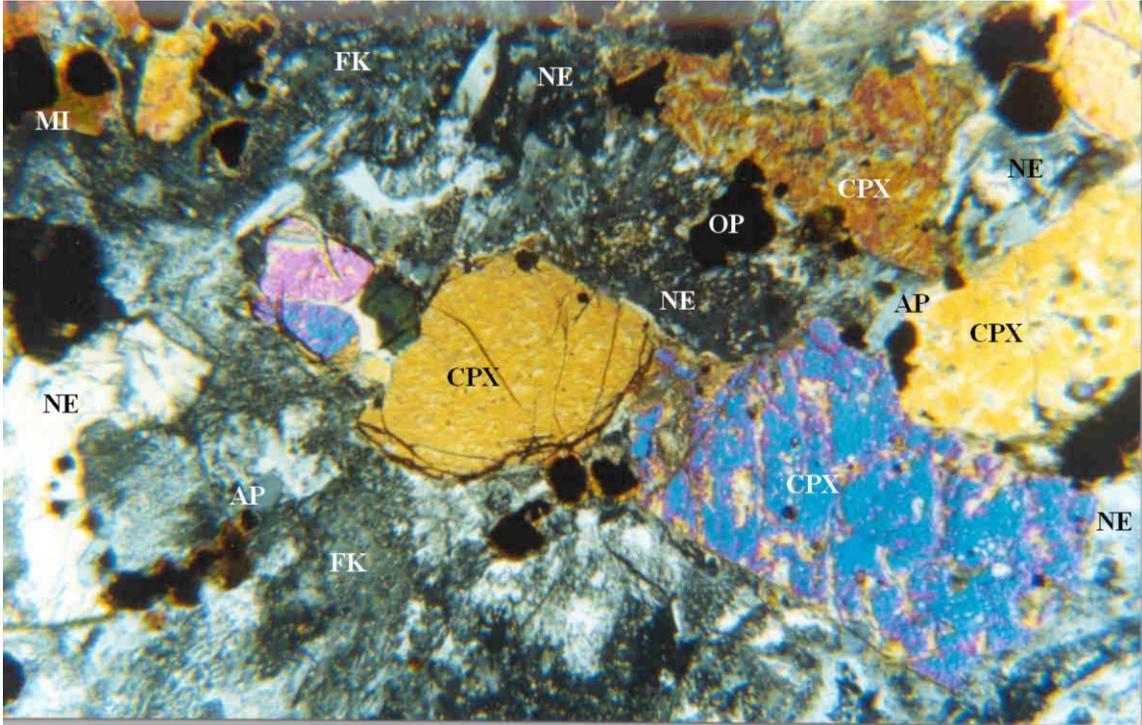
Malignita

Este tipo de roca es reconocida en la literatura como el equivalente mesocrático de la nefelina sienita. Esta roca exhibe textura fanerítica, grano medio a grueso y color gris oscuro. Presenta aspecto masivo a ligeramente orientado, debido a la disposición

subparalela de los minerales ferromagnesianos. Macroscopicamente es visible el predominio de los minerales máficos sobre los félsicos.

En sección delgada se trata de una roca holocristalina de grano grueso, de textura granular hipidiomórfica.

La asociación mineralógica tiene como fase dominante al clinopiroxeno del tipo augita y en menor proporción al feldespato alcalino (ortoclasa) y la nefelina, estos últimos en cantidades aproximadamente iguales. Ocasionalmente aparecen biotita y olivino como constituyentes menores y como accesorios presentan apatito, opacos y circón (Foto 12).



Fot 12: Lámina delgada de malignita de la Suite Magmática Sapucaí; CPX: clinopiroxeno, NE: nefelina, MI: biotita, FK: feldespato potásico, OP: opacos y AP: apatito. Luz polarizada 4X.

El clinopiroxeno posee hábito prismático, subhedral a euhedral, es de color marrón amarillento a parduzco y presenta débil pleocroísmo. El mismo es portador de inclusiones poikilíticas de biotita, opacos y apatito. A la luz polarizada normalmente exhibe zoneamiento.

El feldespato alcalino ocurre esencialmente en forma de cristales anhedral, a veces alterados, frecuentemente en crecimientos simplectítico o gráfico asociado con

nefelina.

La nefelina aparece como cristales anhedral, a veces alterada, intercrecido con feldespato alcalino.

La biotita forma pequeños cristales laminares alargados, diseminados entre los piroxenos y feldespatos, presenta color castaño rojizo a marrón claro y fuerte pleocroísmo.

El olivino generalmente es incoloro, de alto relieve, con cristales subhedral de

contorno pseudo hexagonal, fracturado y provistos de inclusiones de opacos, presentando alteración a lo largo de las fracturas o en los bordes de los granos y constituyéndose como un mineral accesorio en la malignita.

Presencia de mineral de anfíbol de tipo katoforita en esta roca fue mencionada por Eckel, 1959. Este mineral se encuentra en algunas de las muestras, estando totalmente ausente en otros. Según el mismo autor el mineral presenta una estructura característica debido a las inclusiones submicroscópicas orientadas

de opacos, y se halla normalmente formando coronas de reacción alrededor de piroxenos.

Shonkinita

Se trata de una roca mesocrática de textura fanerítica gruesa a media, compuesta esencialmente por clinopiroxeno y ortoclasa, en menor proporción ocurre olivino, nefelina y biotita (Foto 13).

El piroxeno es de tipo augita a diópsido-

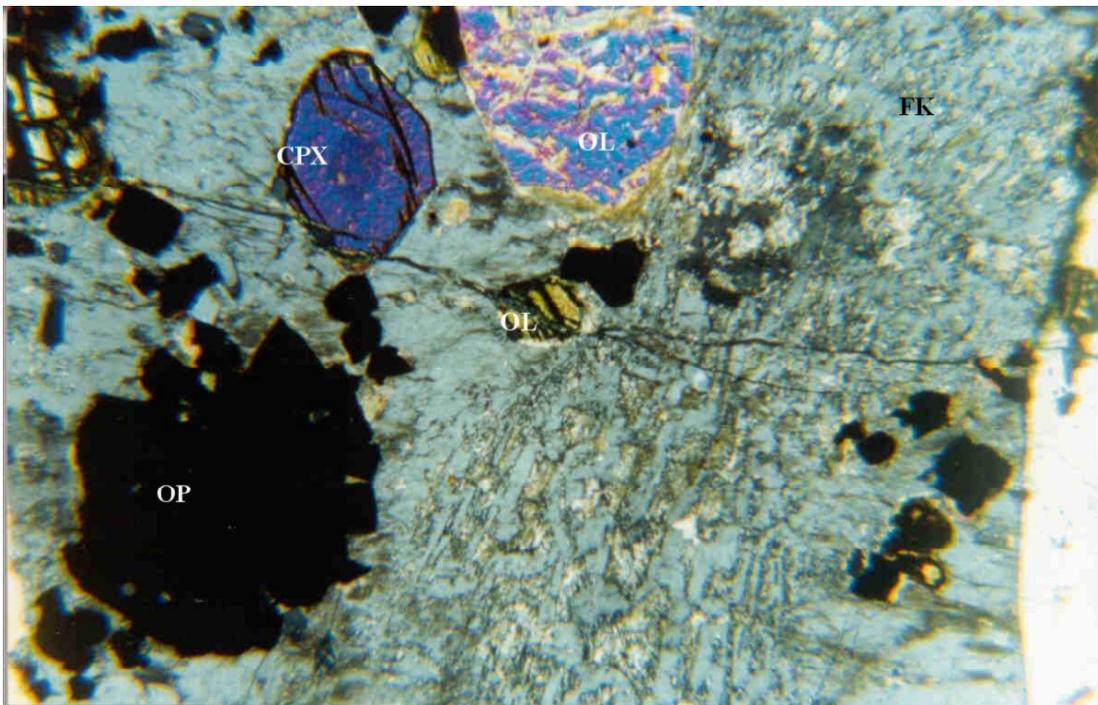


Foto 13: Lámina delgada de shonkinita de la Suite Magmática Sapucaí; OL: olivino, CPX: clinopiroxeno, FK: feldespato potásico y OP: opacos. Luz polarizada 4X.

augita y ocurre como cristales euhedrales a subhedrales, de hábito prismático corto a tabular, algunos de contornos pseudoexagonales. En luz paralela presenta color amarillo verdoso claro a amarillento, con bordes de reacción de color verde más oscuro.

El feldespato potásico es de tipo ortoclasa, ocurre como cristales tabulares con macla de Carlsbad y se encuentra normalmente alterado.

El olivino se encuentra como minerales accesorios y los cristales son considerablemente más pequeños que los piroxenos. Los mismos presentan normalmente fracturamientos irregulares y alteración incipiente a minerales secundarios (serpentina e iddingsita).

La nefelina se presenta en forma de cristales de contornos rectangulares, con inclusiones poikilíticas, a veces también forman intercrecimientos simplectíticos con feldespato potásico, en general se hallan altamente alterados.

La biotita es de color marrón oscuro a claro, fuertemente pleocroico, constituyendo cristales laminares de menor tamaño; se observa además la presencia de opacos en sus bordes.

Como accesorios se encuentran esfena, apatito y opacos.

Essexita

Esta roca se halla muy bien preservada, presenta color gris oscuro y textura típicamente fanerítica y ocasionalmente subporfirítica, son de grano medio a grueso.

Al microscopio esta roca se caracteriza por contener asociación mineralógica constituida por clinopiroxeno, de tipo augita a diópsido-augita, plagioclasa cálcica (labradorita-bytownita), feldespato alcalino, nefelina, biotita y granos aislados de olivino parcialmente serpentinizadas; ocasionalmente aparece anfíbol. Los minerales opacos y apatito constituyen los accesorios más comunes (Foto 14).

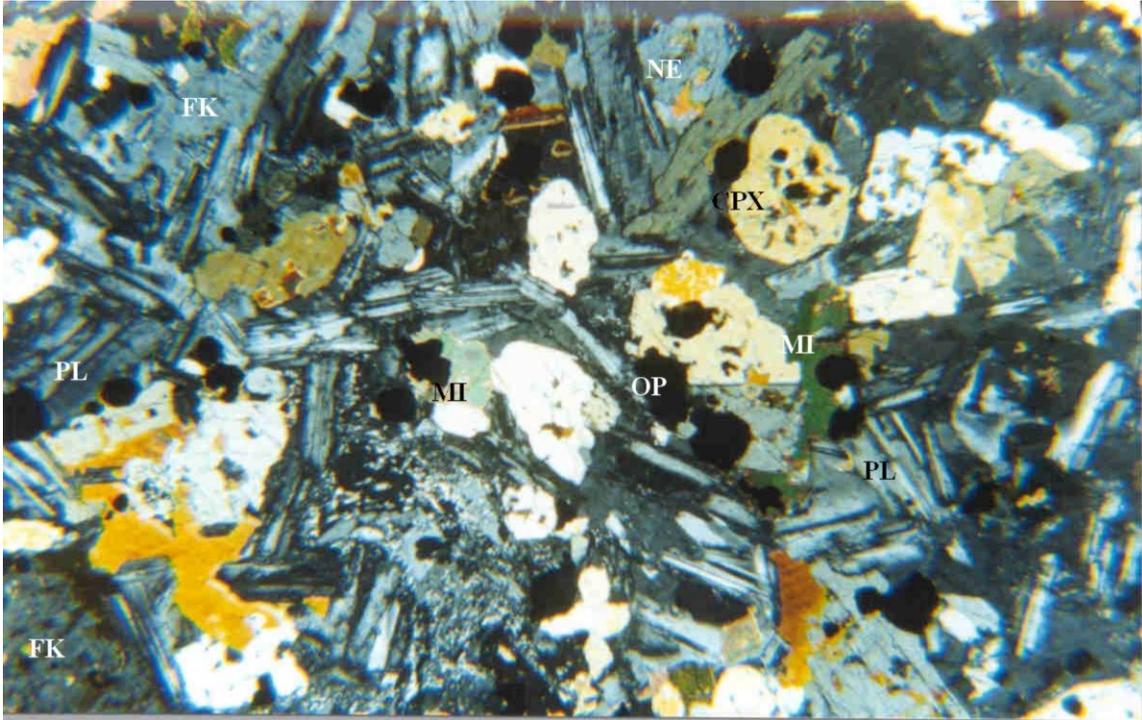


Foto 14: Lámina delgada de essexita de la Suite Magnética Sapucaí, CPX: clinopiroxeno, MI: biotita, FK: feldespato potásico, PL: plagioclasa, OP: opacos y NE: nefelina. Luz polarizada 4X.

Los clinopiroxenos en general forman cristales equidimensionales subhedrales a anhedrales de aproximadamente 1 cm de diámetro. Poseen hábito prismático de base hexagonal, a veces con bordes irregulares por la presencia de anfíbol y biotita marginal. En luz paralela estos cristales se presentan incoloros, verde claro a marrón claro, débilmente pleocroicos; en luz polarizada exhiben frecuentemente zoneamiento e inclusiones de minerales opacos y biotita.

La plagioclasa cálcica se presenta fresca

, en forma de cristales subhedrales y tabulares, con maclas polisintéticas a veces zonadas. Contienen inclusiones de pequeños granos de opacos, apatito y ocasionalmente biotita.

El feldespato alcalino es de tipo ortoclasa y ocurre como grandes cristales de aproximadamente 1 cm de diámetro, generalmente poikilíticos; presenta hábito tabular y a veces se halla alterado.

La biotita laminar, subhedral aparece en forma aislada o en agregados con

pleocroísmo, de color marrón oscuro hasta claro: En algunos cristales el pleocroísmo es más intenso, con tonalidades castaño-rojizos y casi siempre aparece asociado o envuelto por minerales opacos.

Como accesorios se encuentran apatito, opacos y nefelina. La leucita es un feldespatoide que rellena los intersticios de la roca. El apatito posee forma subhedral, hábito prismático entre 0.2–0.6 mm, ocurre generalmente como granos aislados o en forma de inclusiones en otros minerales. Los opacos aparecen aisladamente y también como inclusiones en los minerales ferromagnesianos o también en estrecha relación con la biotita.

Extrusivas

Traquita Alcalina

Esta roca aparece en los cerros de Capiitindy y Yoveré. El primero está situado a 13.5 km de la ciudad de Villarrica y 6.5 km al este de la localidad de Mbocayaty, mientras que el segundo se halla ubicado al sur de la Cordillera del

Ybytyruzú. El Cerro de Capiitindy, en ciertos lugares se halla cubierto por suelo arenoso rojizo, debido a la impregnación de material ferruginoso, proveniente de la meteorización de areniscas de la Formación Misiones, las cuales afloran al noroeste del mismo.

La traquita alcalina de color rosado claro presenta textura porfirítica, algunos de ellos presenta apariencia moteada, debido a la presencia de minerales máficos orientados. De hábito prismático (piroxeno) y cristales de forma subanhedral, de color blanco lechoso (zeolita y/o feldespato alcalino). El color de la matriz es marrón claro, pero varía su color dependiendo del contenido de máficos. Esta roca contiene aproximadamente 2% de magnetita diseminada, como mineral accesorio. Estos producen una fuerte anomalía en el registro aeromagnético (TAC 1979). Algunas rocas aflorantes en las inmediaciones del cerro exhiben marcada textura pseudo-orbicular, debido a la presencia de cavidades de aproximadamente 2.5 cm de diámetro, rellenas con minerales de color blanco lechoso (zeolita), y que probablemente

representa una alteración hidrotermal posterior.

Petrografía

En láminas delgadas (Foto 15) la traquita alcalina presenta textura porfírica fluidal con fenocristales de egirina-augita de unos 5 mm de largo, de forma subhedral a euhedral, con marcado pleocrísmo, de color verde claro a amarillento y hábito prismático. En luz polarizada presenta normalmente macla simple y zonada,

normalmente con inclusiones de magnetita, apatito y esfena, finamente diseminada.

La matriz consiste de innumerables microlitos de sanidina en disposición subparalela a la dirección de flujo, en el cual resaltan los fenocristales de augita y algunos de apatito. La sanidina se presenta en cristales simples con macla de Carlsbad, moderadamente turbia, debido a la alteración y por la presencia de inclusiones submicroscópicas de óxido de hierro, de color rojo.

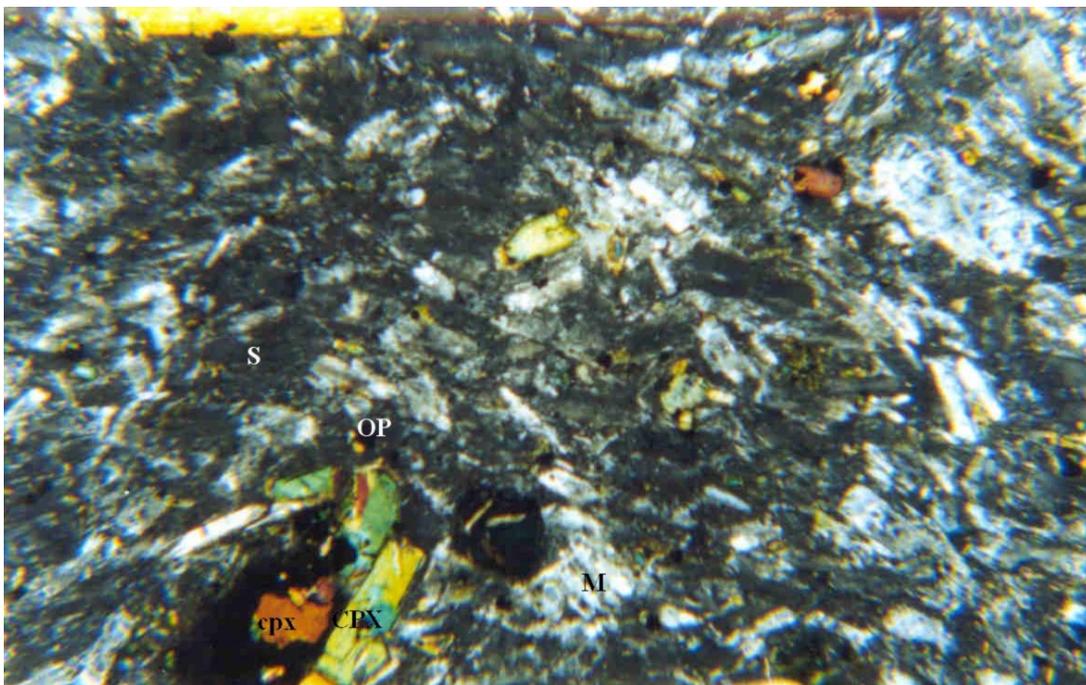


Foto 15: Lámina delgada de traquita alcalina de la Suite Magmática Sapucaí; CPX: clinopiroxeno, M: matriz, OP: opacos, S: sanidina. Luz polarizada 4X.

El apatito, la esfena y la magnetita son los minerales accesorios principales, los mismos forman cristales euhedrales bien desarrollados: El olivino presenta hábito prismático a hexagonales y ocurre aisladamente o formando agregados a veces con la egirina-augita, algunos cristales son grandes y alcanzan 0.75mm y están bordeadas por el flujo de sanidina de la matriz, indicando que la misma ha cristalizado después de la consolidación de la mesostasis. La esfena en cambio presenta hábito pseudorrómbico, relieve alto, color marrón claro y oscuro con pleocroísmo en luz paralela, constituye el principal mineral accesorio de la roca.

La naturaleza alcalina de la roca es evidenciada por la presencia de nefelina y sodalita en la matriz, aisladamente o formando agregados y constituyen aproximadamente el 2% de la roca. Minerales secundarios de calcita también están presentes como accesorios en la matriz y también como inclusiones en los feldespatoides.

La traquita del Cerro Capiitindy contiene xenolitos de rocas máficas. Ella está constituida principalmente por hornblenda

y en menor cantidad augita y andesina, incorporados como xenolitos máficos durante la ascensión del magma.

Diques

Tefrita

Esta roca ocurre como pequeños diques, ubicados al suroeste de la cordillera del Ybytyruzú, en las inmediaciones del Cerro Santa Elena y en la Cantera de Aguapety Portón, cortando las rocas intrusivas. La misma se presenta como una roca de color gris oscuro a negro, de textura porfirítica, con gran predominio de la matriz sobre los fenocristales.

Bajo el microscopio (Foto 16) se presenta como roca mesocrática, de textura porfirítica fina, constituida por fenocristales de leucita, conteniendo abundante inclusiones poikilíticas de finas láminas de mica y pequeños gránulos de clinopiroxeno. La leucita posee forma subredondeada a cúbica, a veces con bordes irregulares debido a la presencia de aureolas de reacción con la matriz.

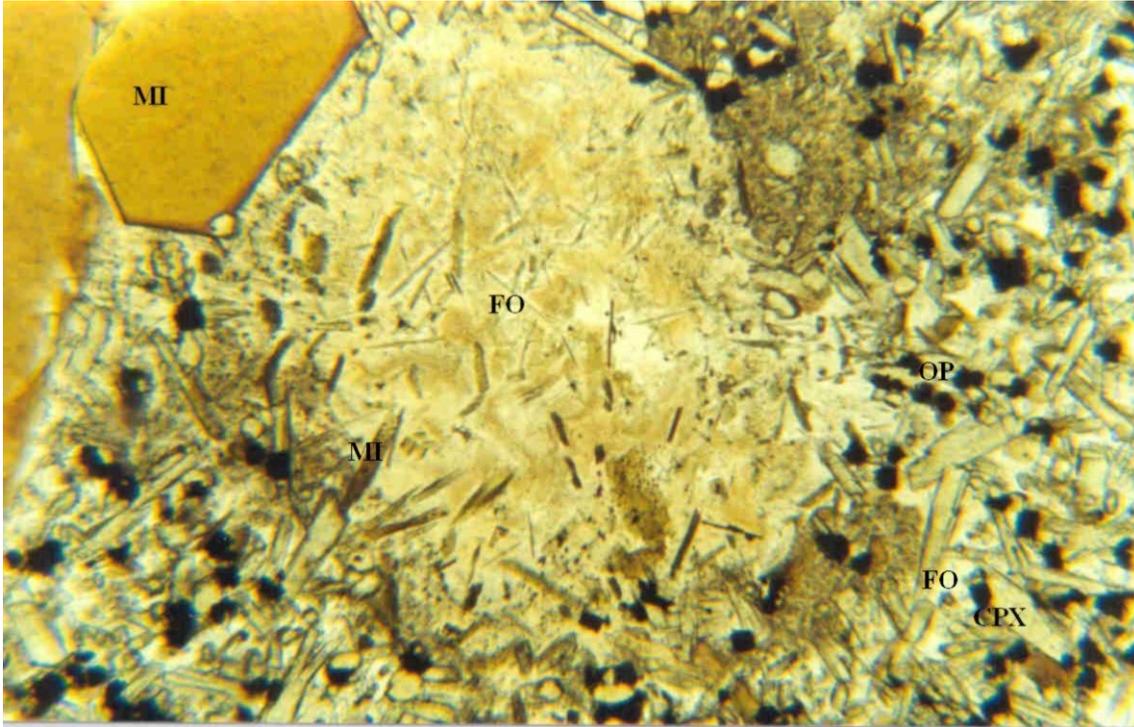


Foto 16: Lámina delgada de tefrita de la Suite Magmática Sapucaí; MI: mica, FO: leucita, CPX: clinopiroxeno y OP: apacos. Luz paralela 10X.

La tefrita presenta además como fenocristales, cristales laminares de mica, de formas subhedrales (flogopita). En nícoles paralelos presentan color marrón claro a oscuro, con fuerte pleocroísmo. Otro constituyente principal de esta roca es el clinopiroxeno de color verde claro a amarillento, débilmente pleocrico, de hábito prismático corto, a veces granular. Estos se observan como fenocristales de menor tamaño, frecuentemente formando agregados

La matriz es de grano fino y está constituida principalmente por microcristales granulares a prismáticos de clinopiroxenos, finas láminas de mica, plagioclasas, nefelinas y minerales isótropos (feldespatoide?). Como accesorios ocurren apatito, minerales opacos y carbonato secundario; este último como inclusiones en los fenocristales de leucita.

Por otro lado, numerosas ocurrencias de diques principalmente de lamprófido, se encuentran en el área de la Hoja

Villarrica. Las mismas se distribuyen en inmediaciones de la Cordillera del Ybytyruzú, siendo más frecuente su presencia al oriente del mismo. Estos se hallan encajados en rocas sedimentarias de la Formación Misiones y del Grupo Independencia, en direcciones preferenciales (NW-SE y NE-SW) y están aparentemente asociados a alineamientos regionales. Los diques poseen normalmente entre 1 y 3 m de anchura.

Por lo general están alterados, presentando colores gris oscuro a marrón oscuro a veces gris verdoso, de textura marcadamente porfirítica, donde resaltan los fenocristales euhedrales no alterados de mica (flogopita ?). La mica se presenta con color marrón oscuro, en cristales de unos 3 cm de diámetro, e inmersos en una matriz afanítica, de color gris oscuro, alterada en su mayor parte. Algunos diques de lamprófidos contienen como xenolitos roca ácida intrusiva (granito).

Eckel, 1959 y Putzer, 1962 clasificaron estos lamprófidos como pórfidos micáceos, haciendo resaltar el carácter alcalino de los mismos. En cambio Bitschene, 1987 los clasificó como fonolita lamproítica. Según este autor los

mismos contienen una asociación mineralógica constituida por biotita, clinopiroxeno y feldespato alcalino, tanto como fenocristales y componentes de la matriz.

Geocronología

Comte y Hasui, 1971 dataron por el método K-Ar, una muestra de basalto toleítico de la Cordillera del Ybytyruzú, obteniendo una edad de 127 ± 10 Ma. en roca total para esa muestra. Estos mismos autores dataron también rocas alcalinas intrusivas de Mbocayaty, obteniendo edades de 820 ± 85 Ma. en minerales y 960 ± 100 Ma. en roca total. Posteriormente Bitschene & Lippolt, 1984 dataron por el método K-Ar una muestra de nefelina-sienita de Mbocayaty, obteniendo una edad de 128 ± 4.5 Ma. en concentrado de biotita.

Localidad	Roca	Preparado	Edad
Aguapety Portón	essexita	roca total	132.9±5 Ma.
Cerro Km 23	malignita	biotita	131.9±5.0 Ma.
Cerro Km 23	malignita	feldespato	115.8±4.2 Ma.
Mbocayaty	nefelina sienita	biotita	128.2±4.5 Ma.
Cordillera del Ybytyruzú	nefelina sienita	clinopiroxeno	116.7±8.4 Ma.
Cerro Capiitindy	traquita	biotita	125.9±4.6 Ma.
Cordillera del Ybytyruzú	fonolita lamproito	biotita	128.8±4.0 Ma.
Cordillera del Ybytyruzú	fonolita lamproito	clinopiroxeno	165.6±16.0 Ma.
Cordillera del Ybytyruzú	lamprófido	biotita	124.6±4.6 Ma.

Tabla 2: Cuadro de las determinaciones de edad por método K-Ar, realizado por Bitschene, 1987.

En un análisis del cuadro de determinaciones de edad por el método K-Ar de Bitschene, 1987, es posible verificar que el intervalo de pulsaciones magmáticas se extiende de 166 a 117 Ma., descartándose los dos valores anormales de Comte y Hasui, 1971 para la intrusivas de la localidad de Mbocayaty.

Por otro lado, además de los datos radiométricos K-Ar, algunas edades obtenidas por el método Rb-Sr también fueron realizadas por Bitschene, 1987 y Velásquez et al., 1990 b (Tabla 3). las

rocas analizadas por este último autor corresponden a rocas petrográficamente clasificadas como essexita, sienodiorita y malignita, de la suite intrusiva. Los análisis fueron realizadas en roca total y en concentrados de minerales (biotita y feldespato alcalino). La muestra de malignita proveniente del cuerpo intrusivo de Mbocayaty representa los puntos con los valores obtenidos en roca total (rt), biotita (bi) y feldespato alcalino (Fa), con una edad de 127.8 ± 7.2 Ma. y una razón inicial (Ro) de 0.70735 ± 7 y con $MSWD = 0.138350$ (Fig. 6).

Localidad	Material	Litología	Rb (ppm)	Sr (ppm)	$^{87}\text{Rb}/^{86}\text{Sr}$	$^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$	Ro	Referencias
Ybytyruzú	roca total	malignita	115	1385	0.240	0.70737(± 3)	0.70693	Bitschene, 1987
Ybytyruzú	roca total	lamprofido	117	1049	0.322	0.70821 (± 4)	0.70761	Bitschene, 1987
Ybytyruzú	roca total	tefrita	130	1038	0.362	0.70800 (± 3)	0.70734	Bitschene, 1987
Capiitindy	roca total	traquita	79	2048	0.112	0.70775	0.70756	Bitschene, 1987
Mbocayaty	roca total	essexita	172	1637	0.304	0.70773(± 2)	0.70717	Bitschene, 1987
Mbocayaty	roca total	malignita	162	1617.5	0.290	0.70786(± 19)	0.70736	Velásquez et al., 1990 b
Mbocayaty	biotita	malignita	132	308.5	1.239	0.70960(± 19)	0.70748	Velásquez et al., 1990 b
Mbocayaty	Feldesp. alcalino	malignita	107	3361	0.092	0.70755(± 37)	0.70739	Velásquez et al., 1990 b
Aguapety Portón	roca total	essexita	100	1963	0.147	0.70745(± 2)	0.70718	Bitschene, 1987
Aguapety Portón	roca total	malignita	98	1698.5	0.167	0.70758(± 22)	0.70729	Velásquez et al., 1990 b
Aguapety Portón	biotita	malignita	166.5	110	4.384	0.71437(± 43)	0.70689	Velásquez et al., 1990 b

Tabla.3: Cuadro de datos isotópicos de rocas magmáticas de la Hoja Villarrica, realizados por Bitschene, 1987 y Velásquez et al., 1990 b.

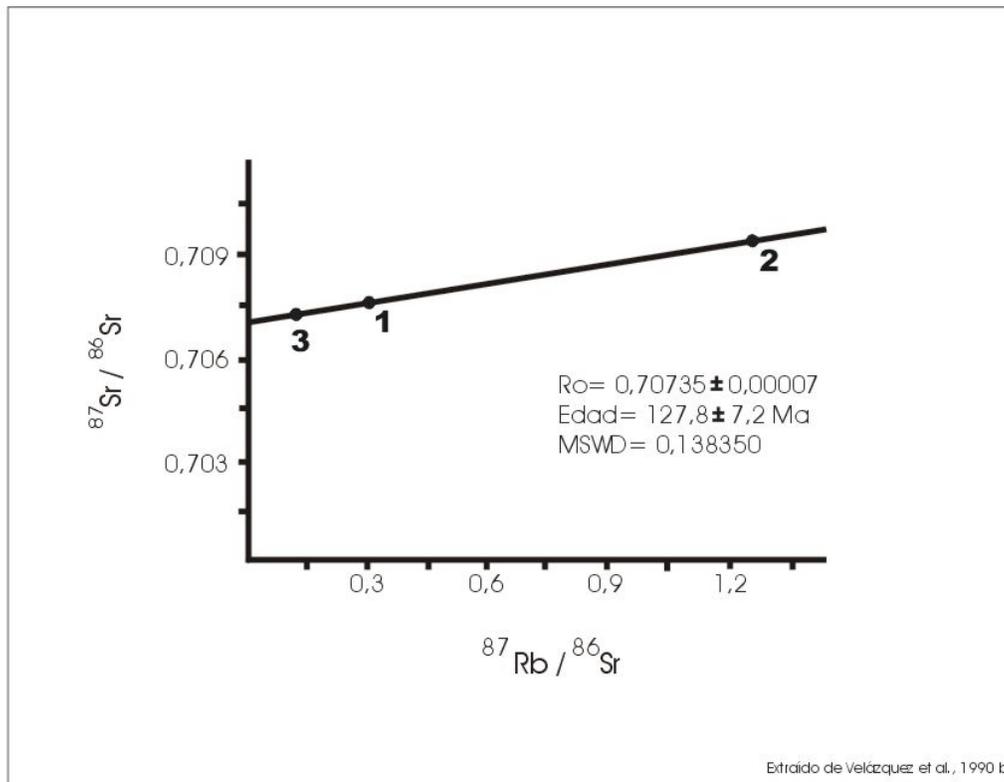


Fig. 6: Diagrama isocrónico Rb/Sr para el cuerpo alcalino de Mbocayaty (1. Malignita (Rt); 2. Malignita (Bi); 3. Malignita (Fa)).

7.5. Sedimentos heterogéneos aluviales y coluviales (q_2)

Los sedimentos aluviales y coluviales ocupan pequeñas áreas en el mapa, como depósitos de pie de monte, como sedimentos residuales y como amplios arenales en las planicies de inundación de ríos y arroyos (Foto 17). Mineralógicamente estos sedimentos son

heterogéneos, consistiendo principalmente de minerales de cuarzo y minerales arcillosos, dependiendo del tipo de roca del que provienen.

Los sedimentos de pie de monte circundante a áreas elevadas, ubicados en los alrededores de la serranía del Ybytyruzú constituyen principalmente grandes espesores de arenas y/o



Foto: 18: Sedimentos heterogéneos aluviales y coluviales, margen del Río Tebicuary.

fragmentos de areniscas circundando las laderas de los paredones arenosos. El espesor de estos sedimentos es muy variado, ya que depende principalmente de la topografía.

La ubicación estratigráfica de estos sedimentos es la relacionada por el modelado de la topografía y sedimentación en áreas bajas y de drenaje, por lo cual su edad relativa estaría principalmente asociada al Cuaternario

7.6 Sedimentos de planicie húmeda (q_1)

Los sedimentos de planicie húmeda cubren las áreas bajas, principalmente los márgenes del Río Tebicuary-mí y sus afluentes. 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 en las zonas más bajas, consisten principalmente de material arcilloso y en algunas zonas con alto contenido de materia orgánica (Foto 18).



Foto: 18: Sedimentos arcillosos de planicie húmeda

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

8. TECTÓNICA

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 cratónicos, durante tiempos geológicos antiguos, reactivadas posteriormente.

1. El Ciclo Tectónico Transamazónico es el ciclo más antiguo y está representado por rocas metamórficas y metasedimentarias de la Suite Villa Florida, aflorantes al sur del área de esta hoja. Dataciones en circones de

2. anfibolitas arrojaron edades de 2.240 y 2.040 Ma (Lohse, 1990).

3. El Ciclo Tectónico Brasileño (700 / 450 Ma) tuvo su influencia en la formación 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 estructuración inicial del basamento de la cuenca es poco conocida, direcciones estructurales dominantes noroeste y noreste controlarían la sedimentación paleozoica subsecuente

4. A partir del Carbonífero Inferior un levantamiento regional por compresión, atribuido a la Orogénesis Eohercyniana (López Gamundi & Rosello, 1993), 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 del Paraná. Este hiatus es evidenciado por la discordancia entre las secuencias Ordovícica/Silúrica/Devónica con la Permocarbonífera, reanudándose la sedimentación a partir del Carbonífero Superior. En el área central de la Hoja

Villarrica, la presencia de estructuras negativas condiciona una pronunciada entrada de la sedimentación paleozoica superior en dirección este – oeste, marcando la fase embrionaria del Rift de Asunción.

5. El Ciclo Tectónico Sudatlántico reestructura la Cuenca del Paraná partir del Triásico (Putzer, 1962), como consecuencia de la apertura del Atlántico Sur. Este evento tectónico reactiva la estructuración del Rift de Asunción, en forma de un complejo sistema extensional, con direcciones generales noroeste/sureste. Esta estructura es el elemento tectónico principal de la hoja, ya que la misma conforma un juego de direcciones que basculan los bloques y controlan la intrusión de diques y sills del evento magmático del ciclo (Fig. 7). Trabajos recientes sugieren que el rift fue generado bajo un régimen tectónico transcurrente dextral, cuyo binario posee orientación este-oeste (Velázquez et al, 1998).

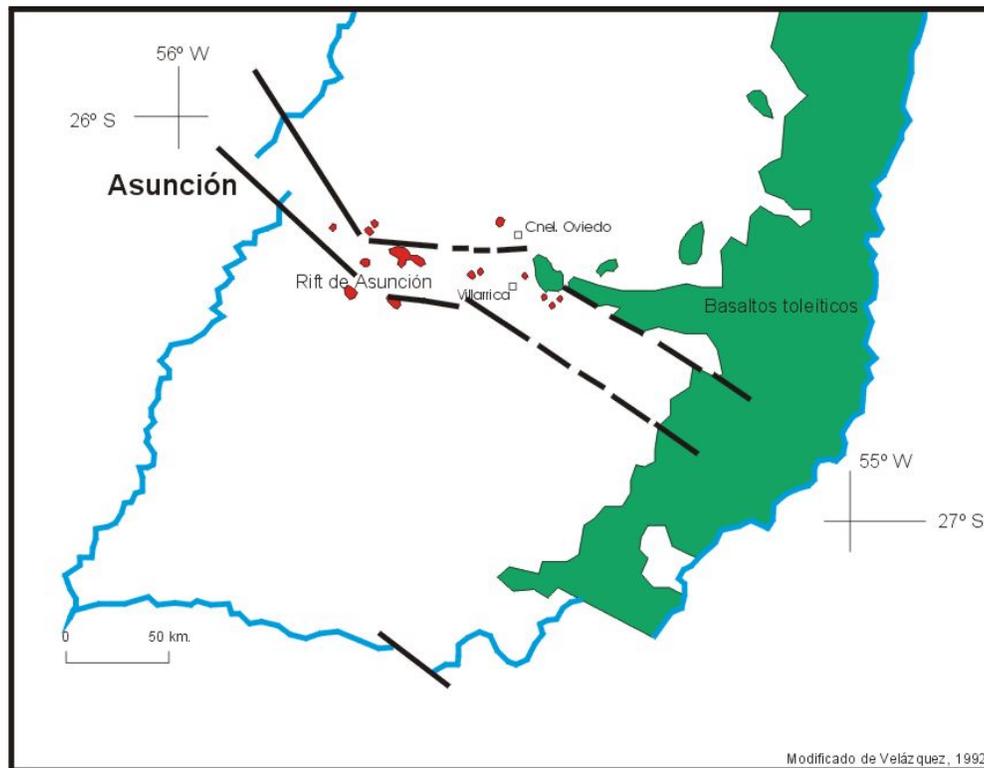


Fig. 7: Localización estructural del Rift de Asunción

6. El Ciclo Tectónico Andino en el Paleógeno no está directamente evidenciado en el área, pudiendo haber reactivado estructuras anteriores y definido regionalmente la morfología actual de la zona.

9. GEOLOGÍA HISTÓRICA

Las características tectónicas y geológicas de la Cuenca del Paraná en Paraguay

Oriental, pueden ser definidas por cuatro grandes secuencias de sedimentación, abortadas por ciclos tectónicos, algunos de ellos acompañados con magmatismo. Estos ciclos tectónicos condicionan la sedimentación en la cuenca. Tres de estas unidades sedimentarias se desarrollan en el Paleozoico y la cuarta en el Mesozoico.

El Ciclo Tectónico Brasiliano tuvo amplia repercusión en la formación y modelado de la Cuenca del Paraná, este 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 de las secuencias paleozoicas y mesozoicas subsecuentes.

La primera secuencia sedimentaria 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 y posterior regresión.

Las rocas devónicas dispuestas en discordancia sobre la anterior pertenecen a la segunda secuencia, con sedimentación en facies continentales y marinas. La secuencia devónica es interrumpida por un evento tectónico. Este evento como efecto de reajuste ante la colisión continental, reestructura la cuenca en el Carbonífero Inferior, reanudándose la sedimentación en el Carbonífero Superior. Esta secuencia se

deposita en discordancia erosiva sobre las dos secuencias anteriores.

La tercera secuencia carbonífera/pérmica se deposita con características ambientales muy variadas, inicialmente bajo condiciones glaciares y periglaciares, transgresivas y finalmente regresivas, depositando una sucesión clástica de sedimentos en facies ambientales continentales, transicionales y marinos rasos. Esta tercera secuencia de sedimentación es abortada por la tectónica del Ciclo Sudatlántico, a partir del Triásico, por efecto de la apertura del Atlántico Sur.

El Ciclo Tectónico Sudatlántico es responsable de reestructuración de 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 dislocamiento diferenciado de sus bloques componentes, con una dirección general noroeste/sureste. Esta estructura es denominada regionalmente *Rift* de Asunción (DeGraff & Orue, 1984).

Esta estructura controla la sedimentación Premo-carbonífera en el seno de la estructura y el derrame de los basaltos toleíticos sobreyaciendo en parte a la sedimentación Triásica; como así también la intrusión de rocas alcalinas del último evento de la fase magmática del ciclo.

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

Por último, 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.

10. GEOLOGÍA ECONÓMICA

Arcillas para cerámica:

Los sedimentos clásticos finos de planicie húmeda cubren principalmente las zonas bajas que ocurren en las cercanías del Río Tebicuary-mí y grandes arroyos (Aguapety, Doña Gervacia, Perulero, Bola Cua y Ñumí). Estos materiales, consisten principalmente de material arcilloso, con elevado contenido de materia orgánica y su utilización principal es la de materia prima para la fabricación de productos cerámicos para la construcción (ladrillos, tejas, tejuelón, pisos cerámicos y otros).

Rocas de aplicación en construcción civil y obras viales

Basaltos:

Ocurre en la Hoja Villarica, principalmente en la cordillera del Ybytyruzú; otros afloramientos menores se encuentra en la localidades de Paso Yobay al este y al norte de la hoja, en la

cantera Bolas Cuá (en explotación) .Las características de emplazamientos de los cuerpos basálticos comunemente ocurren en forma de sills, diques y lavas. En estado fresco, la misma se utiliza como materia bruta (para construcción de empedrados y muros) y triturada en la preparación de mezcla para hormigón y mezclado con asfalto para construcción de pavimentos para rutas. Igualmente la misma roca en estado de alteración es aprovechada para la construcción de caminos enripiados

Areniscas:

Las arenisca de la Formación Misiones se presentan de dos maneras, con estructura columnar, como la que ocurre en la cantera Tacuara y areniscas masivas y/o estratificadas. En general las arenisca de la Formación son explotados en pequeña y mediana escala, con fines ornamentales, para la industria de la construcción y empedrados de calles.

Rocas alcalinas:

Las rocas alcalinas son aprovechadas para la industria de la construcción. Las mismas están siendo explotadas en forma de canteras. En el Cerro Aguapety Portón

se explotan rocas alcalinas para la producción de piedra bruta y triturada, para las construcciones civiles y viales de la zona; aproximadamente 60 % del cerro ya fue explotado.

Otra propiedad para estas rocas, no explotadas hasta el momento es su utilización como rocas pulidas para usos ornamentales.

Concreciones ferruginosas-lateríticas (ripio o canga):

Las primeras referencias sobre la ocurrencia de concreciones en el Paraguay Oriental se debe a Bertoni, 1912, Eckel, 1959 y Putzer, 1962. Estos autores mencionaron la presencia de material concrecional en diversos puntos de la Región Oriental.

En el área de la Hoja Villarrica las ocurrencias de material lateítico-ferruginoso se encuentra en el camino Villarrica - Ñumí (en la inmediaciones del desvío a la Colonia 14 de Mayo) y en la misma ciudad de Villarrica.

En ellas el material se encuentra en la zona de contacto entre las formaciones Tacuary y Misiones. La ocurrencia de las

mismas es en espesas capas soportando pequeñas elevaciones topográficas.

El material es usado principalmente para enrripados ya que las mismas una vez compactados presentan alta resistencia a.

la erosión Las especificaciones técnicas sobre las condiciones de uso está basado en la plasticidad, capacidad de soporte y susceptibilidad del material a la extracción económica.

11. BIBLIOGRAFÍA

ASOCIACION DE GEOLOGOS DEL PARAGUAY; 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.

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.

BERTONI, M.C.; 1912: Descripción física e económica del Paraguay. Mapa del Paraguay Oriental; 1:1.200.000, Asunción.

BHP; 1999: Paraguay Coal Exploration. Exploration Undertaken by BHP World Exploration Inc: in Eastern Paraguay between January 1999 and March 1999. Final Reporte. Asunción.

BITSCHENE, P.R. & LIPPOLT, H.J.; 1984 b: Geologie der Cordillera der

Ybyturuzu in Ostparaguay: ein Mesozoischer alkali-intrusiv-Komplex am Westrand des Paranabeckens. Geowiss. Lat. Amer. Koll. Marbug, Tag.- Heft: 33-34.

BITSCHENE, P.R. & LIPPOLT, H.J.; 1986: Acid magmatites of the Brasiliano Cycle in East Paraguay,- Zbl. Geol. Paläont. Teil 1, 9/10: 1457/1468, Stuttgart.

BITSCHENE, P. R.; 1987: Mesozoischer und känozoischer anorogener Magmatismus in Ostparaguay: Arbeiten zur Geologie und Petrologie zweier Alkaliprovinsen. PhD Thesis, Heidelberg University, 317 p.

CARLSON, L.A.; 1981: Proposed formation names. Anschutz Co., TAC Int. Rep., Archivo DRM-MOPC, Asunción.

COMIN-CHIARAMONTI, P.; CUNDARI, A.; GOMES, C.B.; PICCIRILLO, E.M.; BELLINI, G.; VELAZQUEZ, V.F. & DE MIN, A.; 1991 d: 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.; 1990 a: 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.

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.

DELLA FAVERA, J.C.; 1996: Curso de Sistemas Depositionais- Notas de Aula U.E.R.J., 73 p, Rio de Janeiro.

DIRECCION DE RECURSOS MINERALES – M.O.P.C.; 1966: Cuadrícula 40 Itá y Cuadrícula 41 Coronel Oviedo, Plan de Prospección Geológica y Mineral, 50 p., Asunción.

ECKEL, E.B.; 1959: Geology and mineral resources of Paraguay. A reconnaissance. United States Geological Survey,- Prof. Paper 327, 110 p., Washington.

GONZALEZ, M.E.; 1998: Mapa Geológico de la República del Paraguay 1:100.000 Hoja 5569 San José Texto Explicativo,- MOPC-BGR, 42 p., Asunción.

GONZALEZ, M.E.; 1999: Mapa Geológico de la República del Paraguay 1:100.000 Hoja 5670 Coronel Oviedo Texto Explicativo,- MOPC-BGR, 30 p., Asunción.

GONZALEZ, M.E.; 2000: Estratigrafía do Grupo Independencia na área da folha Coronel Oviedo, República do Paraguay. Dis Mestr. Univ. do Rio de Janeiro, 168 p. Rio de Janeiro.

GONZALEZ, M.E.; BARTEL, W.; LAHNER, L. & MUFF, R.; 199: Mapa Geológico de la República del Paraguay 1:100.000 Hoja 5569 San José,- MOPC-BGR, 1 mapa, Asunción.

GONZALEZ, M.E. & LAHNER, L.; 1998: Mapa Geológico de la República del Paraguay 1:100.000 Hoja 5670 Coronel Oviedo,- MOPC-BGR, 1 mapa, Asunción.

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.

GONZALEZ, M.E.; WIENS, F.; MUFF, R.; 1994: Estratigrafía del Paleozoico inferior en el Bloque Cordillera, Paraguay Oriental; Quinta Reunión Argentina de Sedimentología, p. 247-253, Tucumán Argentina.

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 Lycopsidae arborecentes en el pérmico (Serie Independencia) del Paraguay.- De Ameghiniana, tomo IX, N° 3, p. 258/264, Buenos Aires.

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.

LIVIERES, R.A. & QUADE, H.; 1987: Distribución regional y asentamiento tectónico de los complejos alcalinos del Paraguay.- ZbL. Geol.Paläont., Teil I, (7/8): 791 – 805.

LOHSE, B.; 1990: Petrographische und geochronologische Erkenntnisse über den Westteil des Tebicular 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 Eo-hercynian 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.

MARIANO, A.; 1978: Report on Alkaline Rock, Exploration in Southern Paraguay and Supplement on exploration

in the area of Pedro Juan Caballero.- TAC. Rep. Int. 133 p.

MILANI, E. J.; 1997: Evolução tecnoestratigráfica da Bacia do Paraná e seu relacionamento com a Geodinâmica Fanerozoica do Gondwana Sul-ocidental. Diss. Doc, Univ. Fed. Rio Grande do Sul, 255 p, tomo II ilustr., Rio Grande do Sul.

MILANI, E. J. & DAEMON, R.F.; 1992: Revisão bio e litoestratigráfica da seção siluro-devoniana dos poços Asunción 1 e Asunción 2 (PECTEN, Paraguay). PETROBRÁS/NEXPAR, 19 p. Informe interno. Curitiba – Brasil.

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.

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.

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, N° 3, p. 168/174.

SÖLLNER, F.; LAMMERER, B.; WEBER-DIEFENBACH, 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 1, (7/8): 729/741, Stuttgart.

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.

TEXACO; 1989: Registro del Pozo Mallorquin 1. Texaco Exploration & Production Technology Department. Archivo D.R.M. San Lorenzo.

THORNBURG, J.B.; THOMAS, A.R.; JOHANSEN, S.J.; 1992: The San Miguel Formation: Mid Permian, Postglacial Sedimentation in the Western Paraná Basin, Southeastern Paraguay. Texaco

Exploration & Production Technology Department, 40 p, Houston.

VAN WAGONER, J.C.; MITCHUM, R.M.C.; CAMPION, H.M. & RAHMANIAN, V.D.; 1990: Siliciclastic sequence stratigraphy in well logs, cores and outcrops: concepts for high-resolution correlation of time and facies. A.A.P.G. Series, n. 7, 55 p.

VELAZQUEZ, V.F.; 1992: Provincia Alcalina Central, Paraguai centro-oriental: Aspectos tectônicos, 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 Paraguai: aspectos geocronológicos.- *Geochim. Brasil*, 6: 23-35, São Paulo.

VELAZQUEZ, V.F.; GOMES, C.B. & COMIN-CHIARAMONTI, P.; 1996:

Magmatismo alcalino do Paraguai: uma revisão e atualização das províncias. *Bol. I6 – USP, Sér. Cient.*, 27: 61-79.

VELAZQUEZ, V.F.; KAWASHITA, K.; GOMES, C.B. & COMIN-CHIARAMONTI, P.: 1990b: Provincia alcalina central, Paraguai: datos geocronológicos preliminares.- 1er Coloquio de Rocas Magmáticas de Paraguay. Universidad Nacional de Asunción/Instituto de Ciencias Básicas, abstr., San Lorenzo.

VELAZQUEZ, V.F.; RICCOMINI, C. & GOMES, C.B.; 1998: Tectónica mesozoica no Rift de Assunção, Paraguai Oriental. In: *Congreso Brasileiro de Geología*, 40. SBG, p. 112. Belo Horizonte.

WIENS, F.; 1991: Exploración Mineral en Paraguay Oriental. Informe de Geoconsultores, 298 p. Asunción – Paraguay.

WOLFAT, R.; 1961: Stratigraphie und Fauna des älteren Paläozoikums (Silur./Devon.) in Paraguay.- *Geol. Jb.*, Bd. 78, 29/102 p., Hannover.

