

# Geología del Paraguay Oriental

V.J. Fulfaro

**Magmatismo Alcalino en Paraguay Central-Oriental  
Relaciones con Magmatismo Coeval en Brasil.  
Comin-Chiaramonti, P. & Gomes, C.B. (eds)  
1996. Edusp/Fapesp, Sao Paulo, pp.17-29.**

## RESUMEN

El Paraguay Oriental se encuentra en la antigua margen occidental de Gondwana, el cual incluye el límite occidental de la Cuenca del Paraná. El marco de trabajo geológico del Paraguay Oriental incluye dos altos de basamentos cristalinos Precámbricos, el Caapucú al sur y el Alto Apa al norte, los cuales se encuentran divididos por un gran bloque fallado, un aulacógeno, aquí denominado el Bajo de San Pedro. En su porción central, este aulacógeno se encuentra rellenado con rocas sedimentarias que en rango de edad son posiblemente Cambriano al Mesozoico Inferior. La presencia entre dos grandes cratones, el margen final en el norte del Cratón del Río de la Plata (el Alto de Caapucú) y el margen final en el sur del Cratón del Amazonas (el Alto Apa), de un aulacógeno con mas de 5,000 mts de depósitos sedimentarios (el Bajo de San Pedro) mas la proximidad de la cadena Andina hace del Paraguay Oriental una importante región de estudio justificadamente y también para mejor comprensión de la cuenca del Paraná. La distribución de depósitos Paleozoico-Mesozoico del Paraguay han sido influenciado grandemente por dos eventos mayores - la separación de América de África y la orogenia Andina - . Evidencia de esto deviene del estudio de patrones afloramiento, el marco de trabajo estructural del Paraguay central-oriental e identificación de de dos grandes quiebres en el registro estratigrafico.

## INTRODUCCION

La Republica del Paraguay en Sur América central posee un área de 406.752 Km<sup>2</sup> y es dividido por el río Paraguay en dos grandes partes tradicionalmente denominados Paraguay Occidental (Gran Chaco) al oeste y el Paraguay Oriental al este, que son totalmente diferentes en geomorfología, geología, suelos, vegetación y clima. Este trabajo trata de la geología del Paraguay Oriental, el cual incluye el límite occidental de la Cuenca del Paraná, una cuenca cratónica de de 1,200,000 Km<sup>2</sup> ocupando parte de Brasil, Uruguay y Paraguay. Sólo en Paraguay la Cuenca cubre un área de 110,000 Km.<sup>2</sup>.

El área aquí reportada, con 160,000 Km<sup>2</sup>, es limitada por el río Paraguay al oeste, el río Apa al norte y el río Paraná al este y sur (Fig.1). Los ríos Paraná y Paraguay están clasificados entre los 15 ríos más grandes del mundo. La parte oriental de Paraguay fue originalmente en su mayor parte cubierta por bosques de vegetación subtropical en contraste a las planicies cubiertas por arbustos y vegetación del tipo “cerrado” del usualmente clima seco del Gran Chaco. Debido a la masiva ocupación humana, ciudades modernas como Concepción y Pedro Juan Caballero al norte, Coronel Oviedo y Villarrica en el centro, Ciudad del Este al este y Encarnación al sur se desarrollan rápidamente (Fig.2). Aun así, gran parte del Paraguay Oriental consiste mayormente en tierras de cultivo y grandes áreas son predominantemente rurales.

Las primeras noticias de este país fue llevada a Europa por Ulrich Schmidl, quien exploró el río Paraguay en 1564. Posterior a eso el padre jesuita Sepp (1697) comentó acerca de la geografía de la región. Charlevoix (1747) realizó las primeras observaciones geográficas del país. También en el mismo siglo Azara (1790) proveyó una descripción geográfica del Paraguay. Los trabajos pioneros acerca de la geología y mineralogía de Paraguay fue realizada por Mersay (1860), Du Graty (1865), Hisbsch (1891), Milch (1895), pero solo en la segunda parte del siglo veinte han empezado los estudios geológicos regionales en Paraguay (Carnier, 1911; Goldschlag, 1913; Harrington, 1950, 1956; Eckel, 1956; Putzer, 1962).

Hasta 1982 todos los documentos que tratan de la geología del Paraguay Oriental fueron basados mayormente en observaciones de afloramientos a pesar de que grandes áreas de afloramientos en el país no abundan. La mayoría de estas publicaciones se relacionan a la región de elevaciones en el Paraguay central-oriental con sus moderados a buenos afloramientos. En todo el Paraguay Oriental existen sólo dos perforaciones profundas (Asunción n° 1 y n° 2, con profundidades de 3,223 m y 2,985 m, respectivamente), los cuales han contribuido grandemente a nuestros conocimientos. Éstos fueron perforados en los años 1981/1982 por Pecten-Occidental-Trend con latitud 24°04'12.55" S y longitud 56°56'2712.42"W (Asunción n° 1) y latitud 23°41'47.96"S y longitud 56°35'2.38"W (Asunción n° 2).

La descripción geológica que se presenta aquí se basa en bibliografía y de mi propia experiencia, como resultado de muchos viajes de investigación al Paraguay, que condujo a la publicación del Mapa Geológico del Paraguay a escala 1:1,000,000 (1986), con el apoyo del Programa de Desarrollo de las Naciones Unidas (UNDP) y el gobierno paraguayo (Proyecto PAR-83/005).

La principal bibliografía acerca del Paraguay Oriental incluye: Eckel (1959) y sus referencias; Wolfart (1961); Putzer (1962); Fúlfaro & Landim (1971); Comte & Hasui (1971); Palmieri (1973); OEA (1975); Stormer et. al. (1975); Wiens (1982); Palmieri & Velázquez (1983) y sus referencias; Petri & Fúlfaro (1983) y sus referencias; Almeida & Hasui (1984) y sus referencias; Ramos (1984); Bellieni et al. (1986); Gomez Duarte (1986); Zalán et al. (1987); Bitschene & Lippolt (1986); Bitschene (1987); Kanzler (1987); Comin-Chiaramonti et al. (1992) y sus referencias; Velázquez (1992).

## MARCO TECTÓNICO Y EVOLUCION

La geología del Paraguay Oriental se entiende mejor relacionando sus secuencias estratigráficas y patrones de afloramiento a su evolución tectónica del Paleozoico y Mesozoico.

Las rocas cristalinas del Precámbrico-Eopaleozoico del Paraguay Oriental ocurren en dos altos estructurales, uno al sur denominado Caapucú y el otro al norte, el Alto Apa (Fig.1). Aislados y menores afloramientos de estas rocas se encuentran presentes en los valles de Ypacaraí y Acahay, en el centro del país y a lo largo del río Paraguay desde Asunción al límite norte del país en el valle del río Apa.

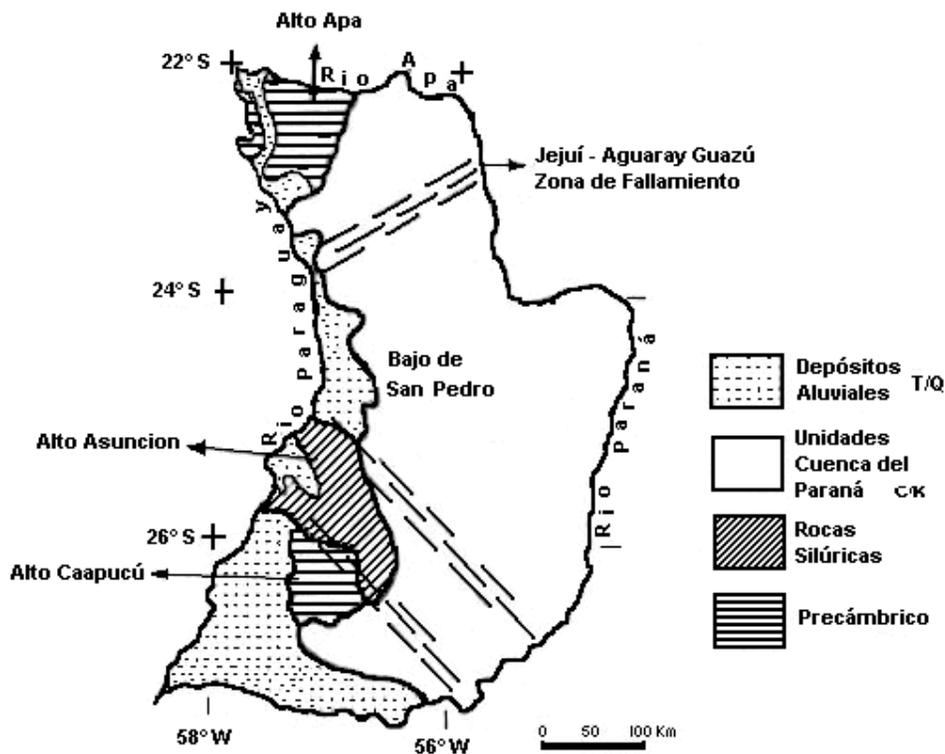


Figura 1 - Aspectos geológicos y geotectónicos del Paraguay Oriental.

El Alto Caapucú, previamente denominado “Saliente de Pilar” o “Precámbrico Sur”, tiene un área de 4000 km.<sup>2</sup> y se expone en una banda NW-SE entre las ciudades de Quindy y San Juan Bautista. Es considerado ser la más importante exposición noroccidental del Cratón del Río de la Plata. Su topografía es de bajo relieve con numerosas áreas pantanosas localmente llamadas “esteros”. Los puntos topográficamente mas elevados son elevaciones de rocas porfíricas graníticas. Kanzler (1987) dividió estas zonas en tres, de sur a norte.

La mas al sur, mayormente consiste de orto a paragneisses, migmatitas, anfibolitas, talco esquistos y diques riolíticos agrupados en el Complejo Rio Tebicuary. Se cree que corresponde al Proterozoico Inferior o incluso más antiguo. La zona central incluye los Grupos Paso Pindó y Villa Florida. Las rocas del Grupo Paso Pindo consisten en

conglomerados interdigitados, areniscas y siltitas, todos ellos ligeramente metamorfoseados. El Grupo Villa Florida, de origen magmático y metamórfico, consiste en granitos, riolitas, granodioritas, cuarzitas, gneisses, anfibolitas y mármoles y serpentinitas en pequeñas proporciones. Ambos grupos son considerados ser del Proterozoico Medio en edad. La zona norte del Alto de Caapucú expone el Grupo Caapucú, de edad Proterozoico Superior, con granitos, riolitas, y algunas rocas piroclásticas asociadas. Esta área atravesó un importante evento magmático durante el Cambriano Inferior – Ordovícico Inferior (576 a 480 MA, Ciclo Brasileño, cf. Almeida & Hasui, 1984).

Los afloramientos del Alto Apa se distribuyen desde el Río Apa (Fig.2) hacia el sur hasta el paralelo 22°50'S y presenta cierta forma triangular. Ellos incluyen las rocas Precambrianas cristalinas cubiertas por limolitas metamorfoseadas de edad Vendiano (cerca del límite Proterozoico/Fanerozoico). La más antigua unidad estratigráfica es el Complejo Basal del Apa consistiendo en gneisses máficos, granitos, metasedimentos e intrusivas granítica-pegmatíticas. La edad de esta unidad se considera del Proterozoico Inferior (Proyecto PAR-83/005). En su parte superior del Complejo Basal, se encuentra en discontinuidad el Grupo San Luís, que incluye los antiguos Grupos Estrella y Centurión de edad Proterozoico Medio. Se inicia con un conglomerado basal. El grupo es mayormente una secuencia vulcano-sedimentaria con metamorfismo de bajo grado y algún grado de deformación. Sus metasedimentos corresponden a areniscas arcóscicas, areniscas, conglomerados y filitas, siendo los tipo-rocas magmáticas representadas por granitos y efusivas piroclásticas, riolitas y metavolcánicas. El Grupo San Luís fue fuertemente afectado por las intrusiones Cretácicas que también generaron un generalizado buzamiento hacia el este.

El Grupo Itapucumí de edad Vendiana descansa sobre las previas unidades con fuerte discontinuidad angular. La base de este grupo presenta un conglomerado basal que varía hacia arriba en arenisca arcóscica. Sin embargo, se compone primordialmente de limolitas con intercalación de capas de oolitas y arcillas y también probablemente intercalados con niveles estromatolíticos; podría también contener cuerpos de mármol (Fig.2) El Grupo Itapucumí presenta un área de exposición de 2,075 Km.<sup>2</sup> en el Paraguay Oriental mas 45 Km.<sup>2</sup> en el adyacente Gran Chaco. Se lo correlaciona con el Grupo Columba que aflora en continuidad vecindario con Brasil. Intrusiones de granitos, dioritas, monzonitas, y rocas de metamorfismo de contacto como hornfels y efusivas del tipo riolitas, riolitas, dacitas de edad Proterozoico Superior ocurren en la región de Centurión. Estas rocas han sido incluidas en el Grupo San Ramón, a pesar de que sus relaciones con el Grupo Itapucumí no se encuentran bien establecidas.

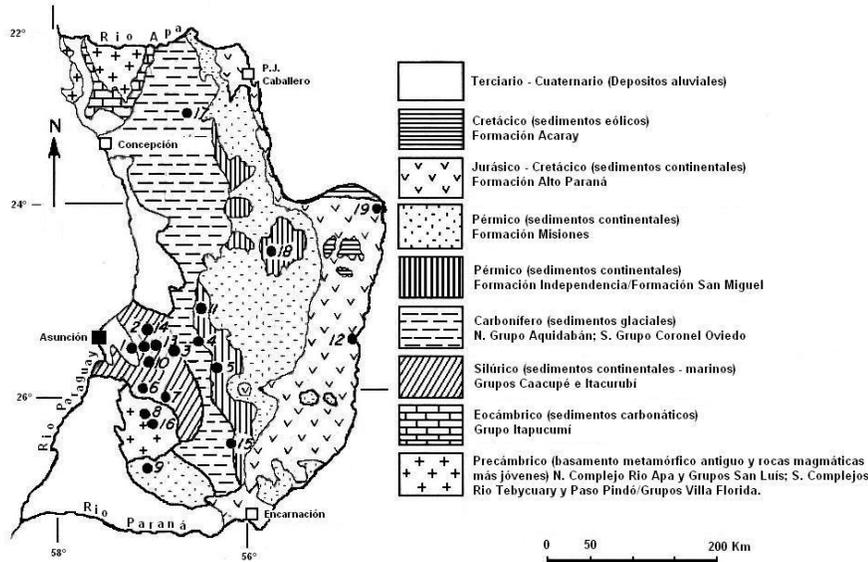


Figura 2 - Mapa geológico esquemático del Paraguay Oriental (simplificado posterior al Proyecto PAR 83/005. 1986, y Occidental Company. 1987)  
 Localidades como sigue: 1. Ypacarai-Itagua; 2. Caacupé; 3. Itacurubi; 4. Coronel Oviedo; 5. Villarrica; 6. Quindy; 7. Ouyquyhó; 8. Caapucú; 9. San Juan Bautista; 10. Paraguari; 11. Carayaó; 12. Ciudad del Este; 13. Eusebio Ayala; 14. Tobatí; 15. Yuty; 16. Villa Florida; 17. Yby Jahu; 18. Curuguaty; 19. Salto del Guairá.

El Alto Apa, probablemente el punto de afloramiento más sureño del Cratón del Escudo Central Brasileiro (Cratón Amazónico), presenta una geomorfología básicamente dominada por sus litologías locales. Las rocas meta-volcánicas y metasedimentarias de su sector noroeste forman bajas pero distintas elevaciones con niveles de diferencia de 150 a 200 m. Estos cerros tienen un patrón de forma semi-circular y abierto hacia el oeste. Hacia el suroeste las limolitas subyacen con inclinación moderada del tipo “plateau” hacia el oeste-suroeste. Su límite oriental se define por un escarpe de 50 a 100 m de la limonita tipo “plateau”. Las rocas cristalinas en el área norte del Alto Apa con topografía monótona con anchos, abiertos y bajos cerros. Con la excepción de las elevaciones de las elevaciones mayores de la región Centurión hacia el noroeste, todo el terreno en cuestión se presenta pendientes casi nulas con vegetación del tipo “cerrado”.

El Fanerozoico del Paraguay Oriental presenta dos cuencas mayores – sedimentos Ordovícico/Silúrico y Devoniano del Paleozoico Inferior que fueron depositándose sobre un margen convergente con la placa paleo-Pacífico siendo subducido por el Continente Gondwana (Fulfaro et al., 1982; Gohrbandt, 1992), donde las unidades Permo-Carboníferas de la Cuenca del Paraná fueron depositadas en una cuenca cratónica.

La sección Paleozoico-Mesozoico en aquellas cuencas tienen un gran rango de espesor de posiblemente menor a 100 m en afloramiento en los altos estructurales hasta casi 6,000 m en el Bajo de San Pedro (Figs. 1 y 4). Esta sección Fanerozoica consiste casi enteramente de areniscas y arcillas porque la región se encontraba en altas paleolatitudes. Las areniscas pueden ser dos o tres veces más abundantes que las arcillas.

## EVOLUCION ESTRATIGRÁFICA

Los afloramientos Precámbricos están separados en dos partes por el Bajo de San Pedro, el cual parece ser parte de un lineamiento mayor que atraviesa la parte sureña de Sur América. Litherland & Bloomfield (1981) nombró este lineamiento como el lineamiento Chiquitos en Bolivia y en la Cuenca del Paraná es llamado el lineamiento Yguazu (Fulfaro et al., 1982). El registro estratigráfico Fanerozoico del Paraguay Oriental se inicia con los depósitos Ordovícico Superior-Silúrico (Fig.3).

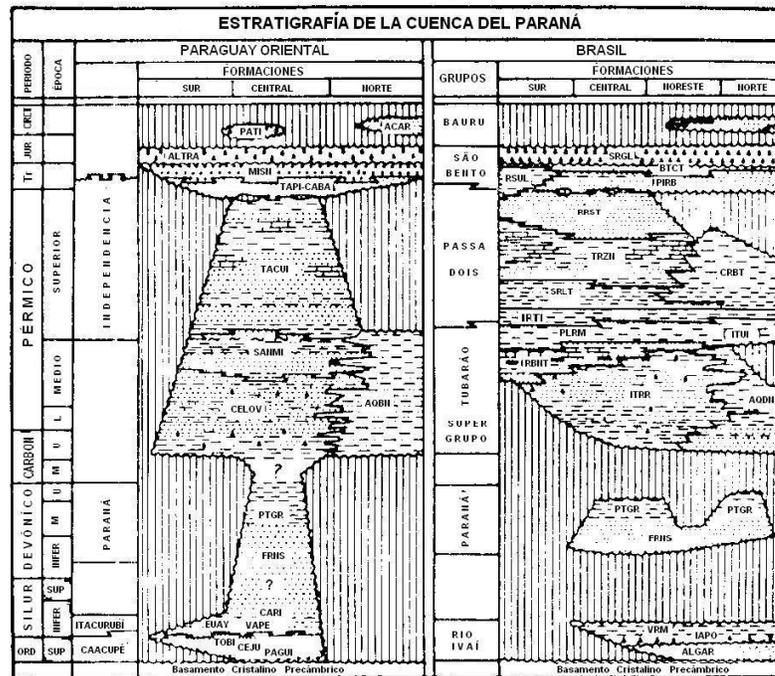


Figura 3 - Columna litoestratigráfica de la Cuenca del Paraná. Paraguay Oriental: PAGUI (Fm. Paraguari). CEJU (Fm. Cerro Jhu). TOBI (Fm. Tobati). EUAY (Formación Eusebio Ayala). VAPE (Formación Vargas Peña). CARI (Fm. Cari). CELOV (Fm. Coronel Oviedo). AQBH (Fm. Aquidabán). SANMI (Fm. San Miguel). TACUI (Fm. Tacuary). TAPI (Fm. Tapytá). TABA (Fm. Tabacua). MISN (Fm. Misiones). ALTRA (Fm. Alto Paraná). PATI (Fm. Patiño). ACAR (Fm. Acaray); cf Proyecto PAR 83/005. Brasil: IAPO (Fm. Iapó). VRM (Fm. Vila Maria). ALGAR (Fm. Alto Graças). FRNS (Fm. Furnas). PTGR (Fm. Ponta Grossa). AQDN (Fm. Aquidauana). ITRR (Grupo o Subgrupo Itararé). RBNT (Fm. Rio Bonito). PLRM (Fm. Palermo). ITUI (Fm. Tatui). IRTI (Fm. Irati). SRLT (Fm. Serra Alta). CRBT (Fm. Corumbatai). TRZN (Fm. Terezina). RRST (Fm. Rio do Rasto). RSUL (Fm. Rosário). PIRB (Fm. Pirambóia). BTCT (Fm. Botucatu). SRGL (Fm. Serra Geral). Modificado de Stevaux & Perinotto (1989).

Al sur del Alto de Asunción el contacto de los depósitos Ordovícico-Silúrico con el basamento Precámbrico aflora en las áreas Quindy-Quyquyhó y La Colmena-Acahay, el margen norte del Alto Caapucú (Fig. 2). Depósitos Silúricos indican una conexión marina con el océano occidental proto-Pacífico con el mar cruzando el área del Chaco y alcanzando el Paraguay Oriental por medio de un aulacógeno limitado, en esta parte del país, por el Alto Apa al norte y el Alto Caapucú al sur. El remanente de este antiguo aulacógeno es ahora representado por el bloque fallado de San Pedro, el así llamado Bajo de San Pedro. Por lo tanto, el principal marco tectónico de trabajo del Paraguay Oriental incluye cinco elementos: El Alto Caapucú, el Alto Asunción con el valle tipo rift de Ypacaraí, el Bajo de San Pedro, y el Alto Apa. Estos fueron formados y activados en diferentes épocas. Colectivamente, estos elementos tectónicos controlan los presentes patrones de afloramientos y han influenciado grandemente en la antigua sedimentación.

El rígido control tectónico de estas unidades en las áreas aflorantes (Fig.1) es una expresión de antiguas líneas estructurales que fueron reactivadas varias veces durante el

Fanerozoico. Como se demostró claramente por interpretaciones paleogeográficas, uno de los aspectos tectónicos más importantes de Paraguay, el Arco de Asunción, mal definido como estructura cratónica, no existió sino desde el Silúrico.

Los depósitos Ordovícico-Silúricos pertenecen a los Grupos Caacupé e Itacurubí (Figs. 2 y 3). Los Grupos Caacupé e Itacurubí juntos forman una sección de cerca de 1,000 m. En su fase superior esta sección aparentemente continua aparece una convincente fauna Llandoveryana (Silúrico Inferior) en las arcillas de Vargas Peña (Wolfart, 1961). La edad de las rocas sedimentarias subyacentes es incierta, pero sus partes inferiores han sido consideradas como del Ordovícico Superior (Aceñolaza & Baldis, 1987). En el siguiente texto estos dos grupos son referidos como Silúricos. El Grupo basal Caacupé se divide en Formaciones Paraguarí, Cerro Jhu y Tobatí. Desde la base hasta la cima los fanglomerados de Paraguarí, areniscas de grano grueso con estratificación entrecruzada y arcosas representan el clásico estagio inicial de relleno de material terrígeno clástico de un aulacógeno. El siguiente estagio se representa por las Formaciones Cerro Jhu y Tobatí, de ambiente de playa, aguas poco profundas, areniscas marinas. Las areniscas continentales de estratificación cruzada de la Formación Cerro Jhu presentan un contacto transicional con las rocas de la Formación Paraguarí, y evolucionan hacia arriba en areniscas bien seleccionadas de la Formación Tobatí, que fueron denominadas arenas “sacaroidales” por Eckel (1959). Las tres unidades del Grupo Caacupé representan la secuencia clástica basal de la transgresión marina del Ordovícico-Silúrico. El contacto transicional superior del Grupo Caacupé con el Grupo Itacurubí demuestra que la secuencia superior Caacupé es la parte basal de una transgresión marina.

El Grupo Itacurubí incluye las formaciones marino-fosilíferas Eusebio Ayala, Vargas Peña y Caryí. La unidad Eusebio Ayala es transicional con las areniscas “sacaroidales” subyacentes de Tobatí y consiste mayormente en capas rítmicas de areniscas micáceas finas y arcilla con intercalación de capas de conglomerado representando, probablemente, los estadios finales de lejanos deltas marginales. Un ambiente marino poco profundo se infiere para esta unidad.

Las unidades de arcillas de Vargas Peña presentan pocos afloramientos. En su localidad tipo cerca de la ciudad de Itaguá al oeste del Valle de Ypacaráí, que se trata de una dominante arcilla micacea erosionada de color blanco a amarillo. Vargas Peña presenta un contacto transicional con la subyacente Formación Eusebio Ayala, el cual contiene una abundante fauna del Silúrico Inferior que consiste de braquiópodos, mollusca, graptolites, trilobites, etc. (DeGraff, 1981). Este conjunto indica un ambiente marino somero.

La parte más superior del Grupo Itacurubí, los sedimentos marino fosilíferos de la Formación Caryí, es representado por areniscas finas a media, con capas de estratificación cruzada intercalada con capas horizontales de areniscas y arcillas finas, micáceas. La fauna de esta unidad sugiere un ambiente marino de golfos y bahías, con fuerte influencia continental. Comúnmente considerada como el inicio de la regresión Silúrica, la Formación Caryí puede en realidad representar solo un estagio oscilatorio de la transgresión Silúrica. En Cerro Loma Caryí, cerca de la ciudad de Itacurubí de la Cordillera, las litologías de Formaciones Caryí y Eusebio Ayala se interdigital. También a lo largo de la ruta Emboscada-Arroyos y Esteros, 8 Km. del río Piribebuy, un afloramiento demuestra transición lateral de las areniscas Caryí a las arcillas de la Formación Vargas Peña.

La extensión de las rocas Silúricas del Paraguay hacia la parte oriental de la Cuenca del Paraná en subsuperficie es motivo de controversia. Depósitos de misma edad ocurren en la parte norte de la Cuenca del Paraná en el estado de Goiás, donde se denominan Formación Vila María. Zalán et. al. (1987) han hecho una correlación de cuenca de las unidades del Silúrico por medio de perforación de pozos para establecer correlación con las capas del Silúrico en el Paraguay y las capas de Vila María en subsuperficie. Rocas de edad similar ocurren en Bolivia y Perú en el cinturón móvil Andino. En el cratón Sur Americano, capas del Silúrico también ocurren en las cuencas de Parnaíba y del Amazonas como indicador de una antigua conexión del mar paleo-Tethys boreal. Por lo tanto, aparentemente existía un mar que conectaba el Paraguay Oriental con Bolivia y Perú. De todos modos, la extensión oriental de este mar hacia el Brasil es incierta. Milani (1992) presentó una paleogeografía tentativa para la Cuenca del Paraná en el tiempo Ordovícico-Silúrico. Sin embargo, su interpretación es completamente diferente a éste trabajo.

Harrinton (1950) asignó a los depósitos de Itacurubi como Devónicos basado en correlación con capas Devónicas en el sector oriental de la Cuenca del Paraná. Esta mala interpretación fue corregida por Wolfart (1961), quien identificó el conjunto faunístico como del Silúrico Inferior (Llandoveryano). Desde la publicación del trabajo de Wolfart y el trabajo de Putzer (1962), es de creencia general de la no existencia de rocas Devónicas en el Paraguay Oriental y en todo el margen occidental de la Cuenca del Paraná.

Esfuerzos hechos para exploración de petróleo en el Paraguay Oriental en la última década han guiado al descubrimiento de sedimentos Devónicos al norte del Alto de Asunción (Fig. 4), entre los ríos Ypané y Jejuí-Aguaray Guazú. Los pozos de perforación n° 1 y n° 2 (Pecten-Occidental-Trend) han encontrado en 370 y 265m, respectivamente, capas Devónicas en el bloque fallado de San Pedro. La correlación de estos sedimentos con unidades de Furnas y Ponta Grossa parece estar bien establecida.

En el primer pozo, la Formación Furnas se presenta desde los 2,050 a 2,240 m y se representa por areniscas conglomeráticas, arcosas y capas de arcilla cortadas en varios niveles por rocas intrusivas. La Formación Ponta Grossa se presenta desde los 1,870 a 2,050 y consiste en arcillas con algunas capas de areniscas de hasta 5 m de espesor. En el pozo de perforación Asunción n° 2, Furnas ocurre entre los 2,077 y 2,275 m y su litología es de algún modo diferente del pozo n° 1. La Formación Ponta Grossa ocurre entre los 2,000 a 2,077 m.

La presencia de capas Devónicas en estos dos pozos conecta los a los amplios depósitos Devónicos de Perú y Bolivia, que atraviesa Paraguay hacia los depósitos de la Cuenca del Paraná. También, la existencia de los estratos Devónicos en el Bajo de San Pedro demuestra que esa sedimentación se extiende mas allá de sus presentes límites preservados. Posterior a eso, la actividad del Arco de Asunción condujo a la erosión de muchos de estos depósitos Devónicos los cuales aún se preservan en el Bloque de San Pedro. Una buena correlación de los sedimentos Devónicos preservados en el Bloque de San Pedro indican que formaron parte de una cuenca de mucho mayor extensión y que no fueron depositados como relleno aislado de graben.

En el Paraguay Occidental (Área del Chaco), los sedimentos Devónicos afloran en la Región de Cerro León en un área de 2,000 Km.<sup>2</sup> cerca del Lago Palmar de las Islas.

Estas capas Devónicas del área del Chaco se denominan como la Formación San Alfredo. Las areniscas micaceas de San Alfredo tienen al menos 2,000 m de espesor. Estos afloramientos, según Gómez Duarte (1986), forman parte de un Alto Central o levantamiento de Cerro León que ocurrió en el Cretácico. Fuertes fallamientos tectónicos de bloques ocurrieron durante el Cretácico y se relaciona al rifting inicial y tardío de la deriva de Sur América de África.

El contacto de los afloramientos Silúricos con la sección posterior del Carbonífero en el Paraguay Oriental ocurre en una zona de falla (Figs. 1 y 4). Un importante aspecto es la fuerte diferencia entre la tendencia estructural del NW presentada por las unidades mapeadas de afloramientos Silúricos y la orientación N-S de las capas del Paleozoico Tardío de la Cuenca del Paraná. El acuñaamiento N-S de las capas del Paleozoico Tardío, su inclinación hacia el este y su correlación con el resto de la Cuenca del Paraná indica que el Arco de Asunción fue una barrera efectiva a este tiempo entre la Cuenca del Paraná y la región Chaco. Una nueva configuración de cuenca parece estar establecida a este tiempo.

En el Paraguay Oriental las capas del Permo-Carbonífero yacen en discontinuidad sobre el Precámbrico, Silúrico y Devónico. Fúlfaro et. al. (1982) describió un periodo de prolongada erosión luego del levantamiento en el Carbonífero Inferior. Fuera del Bloque de San Pedro, éste periodo de erosión produjo la erosión de todos los depósitos Devónicos.

La unidad principal del así denominado rocas del Carbonífero del Paraguay es la Formación Coronel Oviedo en la parte central del país. Al norte, en la región del Alto Apa, esta unidad se interdigita con la Formación Aquidabán (Figs. 2 y 3). No existe evidencia práctica de que estas rocas sean verdaderamente del Carbonífero en edad a pesar de que en la literatura antigua se sugiera de ese modo. Actualmente, se cree que la Formación Coronel Oviedo se correlaciona con la Formación Itararé en Brasil de edad Carbonífero (Estefaniano)-Pérmico.

La Formación Coronel Oviedo aflora en el centro-este del Paraguay al sur de la falla del Jejuí Aguaray-Guazú y se extiende hacia el límite norte del Alto Caapucú. Consta de un cinturón de afloramiento de 5 a 35 Km. en dirección W-E comúnmente atenuado por depósitos Cuaternarios. Al norte de esta zona de falla se interdigitan las típicas litologías de las Formaciones Coronel Oviedo y Aquidabán.

La Formación Coronel Oviedo contiene diamigritas, comúnmente referidas como tillitas, areniscas y finas intercalaciones de capas de argillitas. Los afloramientos son pobres y escasos. En el Paraguay Oriental se encuentran los extensos llanos pantanosos, los “esteros” y ésta formación aflora en medio en forma de cinturón. Estas áreas pantanosas son una combinación de un substrato argilliceo y reactivación tectónica del Cuaternario, el cual ha producido el mosaico del bloque de fallamiento del Paraguay Oriental.

En adición a las tillitas y areniscas previamente mencionadas, también se encuentran arcillas del tipo varvítico. Doce kilómetros al norte de la ciudad de Coronel Oviedo en la región de Carayaó, tills supra-glaciares están presentes. La interpretación de posibles ambientes deposicionales de esta formación son siempre complicadas debido al intenso tectonismo en esas áreas y la amplia cubierta de sedimentos Cuaternarios.

Al norte, la Formación Aquidabán cubre un área de afloramiento de 12,097 Km.<sup>2</sup>. La formación sobreyace en disconformidad con las limolitas del Precámbrico Superior (Vendiano) de la Formación Itapucumí; su contacto superior también se encuentra en disconformidad con las areniscas del Triásico-Jurásico de la Formación Misiones. Su principal característica de las areniscas de Aquidabán es su color rojo.

Las Formaciones Coronel Oviedo y Aquidabán contienen diamigtitas y cantos estriados y, por lo tanto, indican su origen glacial. A pesar de eso, también existen numerosas evidencias de deposición fluvial y sugieren lavado o retrabajado marginal de depósitos glaciales. Otra evidencia de retrabajado cerca del frente de un glacial son los depósitos de flujo de lodo.

En el Paraguay Occidental en el Chaco, rocas sedimentarias del Carbonífero están presentes en las Cuencas de Carandaytý y Curupaytý. Aquí ellos llevan el nombre del Grupo Palmar de las Islas y son divididos en las Formaciones San José y Cabrera. Estas dos unidades se extienden hacia Bolivia con diferentes nombres.

El Grupo Pérmico Independencia (Figs. 2 y 3) consiste en las Formaciones San Miguel y Tacuary. El nombre de Series Independencia fue dado por Harrington (1956). Eckel (1959) consideró a estos depósitos en Paraguay que pertenecen al Sistema Santa Catalina. Siguiendo al trabajo más anterior de White (1908), quien primero estableció una secuencia estratigráfica para la Cuenca del Paraná en Brasil, Putzer (1962) adoptó las Series Passa Dois para la unidad. En su descripción de la hoja MOPC41, fue denominado Series Ybyturuzú. Wiens (1982) ha propuesto la siguiente división de la sucesión Pérmica: San Miguel, Tacuary, Tapyta y Cabacua. Durante la revisión estratigráfica del Proyecto PAR 83/005, las dos unidades tardías fueron desechadas y la Formación San Miguel y Tacuary se agruparon en el Grupo Independencia.

La Formación San Miguel aflora desde la región de Carayaó al norte al área de Yuty al sur. No está presente al norte de la zona de falla del Jejuí-Aguaray Guazú. La formación consiste en areniscas, capas argillíticas, y diamigtitas en contacto transicional con la subyacente Formación Coronel Oviedo. Hutchinson et. al. (1979) describió capas de conglomerados en su base los cuales son sucedidos por areniscas alternando con arcillas, todos depositados en ambiente fluvial, lacustre, deltaico y marinos poco profundos. Madera fósil es característico de ésta unidad no sólo en Paraguay sino también en los otros sectores Pérmicos de la Cuenca del Paraná.

El contacto superior de la unidad San Miguel con la Formación Tacuary es muy difícil de observar, pero parece ser transicional. La Formación Tacuary está conformada por una sucesión rítmica de siltitas, arcillas, areniscas finas y algunos carbonatos, los cuales son en general oolíticos. Una de sus características de sus afloramientos se da por su gran variedad de colores. La fauna de ésta unidad consiste principalmente de moluscos, ostrácodos y crustáceos. Su deposición ocurrió en un mar Pérmico somero. Esta asociación permite su correlación con la Formación en la parte brasileña de la Cuenca del Paraná.

La Formación Tacuary, como todas las unidades previas del Paleozoico, tiene su límite norte en la zona de falla del Jejuí-Guazú que también es el límite norte del Bloque de San Pedro. Al norte de ésta zona de falla solo se encuentra la arenisca roja de la Formación Aquidabán. La remoción de las capas post-Aquidabán ocurrió

probablemente en el Triásico. Por lo tanto, una fuerte discontinuidad erosional parece separar las Formaciones del Mesozoico de las del Paleozoico.

Areniscas eólicas de la Formación Misiones (Fig. 2), que se correlacionan con las areniscas Botucatu del Brasil, descansan sobre sedimentos Silúricos, Carboníferos y Pérmicos y, por lo tanto, demuestra que el levantamiento central-oriental del Paraguay ocurrió antes de ésta deposición. Estas relaciones se verifican mejor en la región del Arco de Asunción (Fig. 4). La Formación Misiones tiene dos diferentes facies deposicionales con interdigitamiento, una arenisca fluvial con material intersticial, y otra sobreyacente arenisca eólica bien seleccionada. La secuencia fluvial fue dividida por Wiens (1982) en Formaciones Tapytá y Cabacú. Estas unidades deberían desecharse. Capas conglomeráticas se intercalan con éstas areniscas y frecuentemente los cantos indican acción del viento y son interpretados como verdaderos indicadores de ambientes eólicos. En el área del Cerro Yaguarón a Paraguari estas areniscas son atravesadas por rocas alcalinas intrusivas que pertenecen a la Formación Sapucaí (Cretácico Inferior).

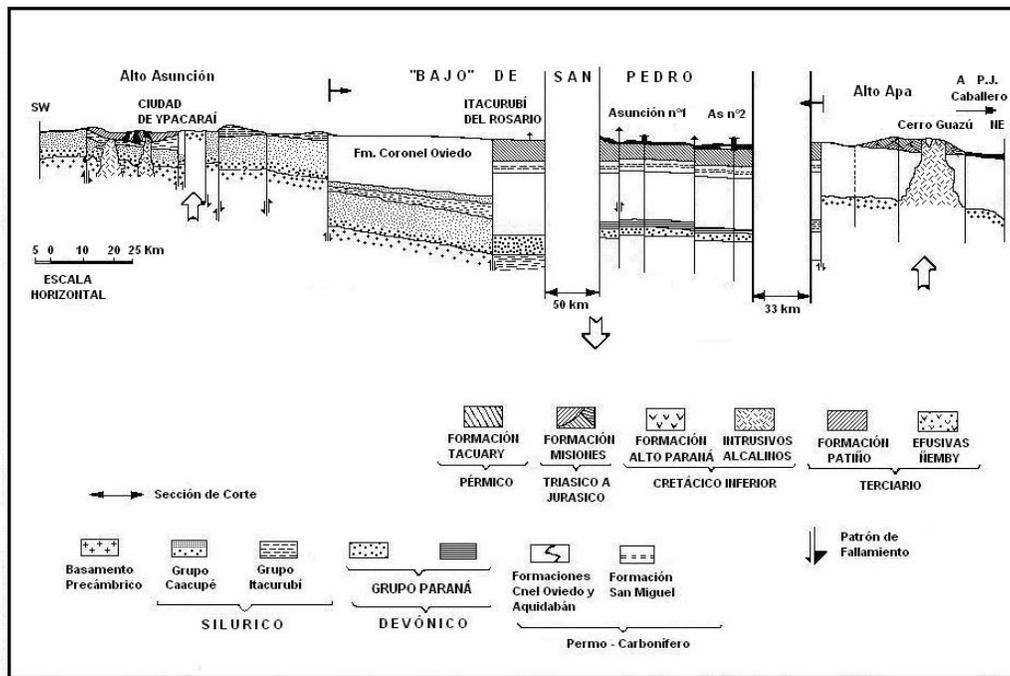


Figura 4 SW-NE Sección geológica del Paraguay Oriental.

Los grandes flujos de lava de edad del Cretácico Inferior presentes en la Cuenca del Paraná también están bien representados en Paraguay, donde allí se denomina Formación Alto Paraná (Fig.2). Esta formación aflora en una banda estrecha desde Pedro Juan Caballero al norte, hacia el sur de la Zona de Falla del Jejuí-Aguaray Guazú. Desde éste punto al sur el área de afloramiento se ensancha en el área del Bajo de San Pedro, estrechándose de nuevo hacia el sur del Alto Caapucú en dirección a Encarnación. Por lo tanto, su mayor área de exposición en el bloque fallado de San Pedro sugiere una tardía subsidencia post-Cretácico del rift.

Por arriba de los basaltos de la Formación Alto Paraná el mapa geológico de Paraguay indican pequeños afloramientos de depósitos correlativos al Grupo Bauru del Cretácico

Superior en Brasil. A pesar de todo es muy difícil encontrar estos depósitos en el campo de trabajo y tales áreas mapeadas pueden ser debido a interpretación de sensoamiento remoto. Esta secuencia se denomina Formación Acaray (Fig.2).

El Cenozoico en Paraguay es marcado por fuerte levantamiento como se muestra por la presencia de fanglomerados y rocas volcánicas en el Paraguay Oriental. La configuración final del así llamado Cuenca del Chaco, el cual empezó al final del Cretácico, se desarrollo en este tiempo. Cerca de la ciudad de Asunción y en todo el rift valley de Ypacarai, fanglomerados de la Formación Patiño fueron ampliamente depositados. En la localidad tipo en el Cerro Patiño, las capas de conglomerados gradados hacia arriba inicia con cantos tan grandes como de 40 cm. Tales conglomerados contienen una suite de todas las rocas que subyacen en la región. La Formación Patiño es atravesada por rocas volcánicas de la Formación Ñemby, los cuales están relacionados con el último movimiento en el Alto de Asunción. El establecimiento final del sistema de rift valley de Ypacarai ocurrió en este tiempo del Terciario.

La gran sedimentación Cuaternaria se relaciona con el río Paraguay (Fig.2), siendo en el área de la ciudad de Asunción que sus depósitos se denominan Formación San Antonio. Estos depósitos también incluyen sedimentos finos de hojas naturales y planos aluviales que contienen huesos de mamíferos fósiles del Cuaternario. Es impresionante el gran plano deltaico en la parte sur del país, donde el río Paraná y río Paraguay confluyen.

## **DISCUSION Y CONCLUSIONES FINALES**

La regresión del mar de Itapucumí en el Proterozoico Tardío (Fig.5) fue seguido por un levantamiento y consecuente erosión. Probablemente en el tiempo Cambro-Ordovícico el lineamiento Chiquitos formo un aulacógeno que atravesó el Paraguay. En este aulacógeno la sedimentación continental del Grupo Caacupé con los conglomerados fluviales de la Formación Paraguari inicio en el Ordovícico Superior (Fig.4).

La secuencia deposicional que había iniciado en el Ordovícico Superior continuó en el Siluriano, rellenando el aulacógeno y enterrando sus márgenes. El espesor preservado de la secuencia Silúrica es de 1,000 m y los delgados conglomerados fluviales basales (20 m) primero cambio rápidamente a las areniscas marinas seguidas por las arcillas fosilíferas del Llandoveryano.

Los originales límites norteños del mar del Silúrico probablemente no se extendió lejos de los límites del aulacógeno. Evidencia de esto deviene de dos factores – probable sedimentación continua del Silúrico-Devoniano en el aulacógeno donde mas allá los depósitos aulacógenos Devónicos descansan directamente sobre el basamento. Los originales límites del mar del Silúrico fueron probablemente cerca de aquellos del límite sureño actual presente de los conglomerados de la Formación Paraguari.

La distribución de los sedimentos Devónicos en Paraguay ha sido largamente un problema. Hasta recientemente las rocas Devónicas no fueron reconocidas en el Paraguay Oriental y la creencia generalizada era de que los sedimentos Devónicos estaban estrictamente localizados en el Paraguay Occidental y presentes solo en las cuencas Curupaytý y Carandaytý (Fig.5). Primero, fueron mal interpretados como si

fuesen del Silúrico. Luego fueron restringidos al Paraguay Occidental a pesar de que las isopacas de sedimentos Devónicos en Brasil sugirieron que deberían estar presentes en el Paraguay Oriental. El descubrimiento de rocas del Devoniano en subsuperficie (Pozos Asunción n° 1 y n° 2) clarifico este problema, porque demostró que el Devónico occidental se conecta con el Devónico de la Cuenca del Paraná por medio del enterrado mar en el Bloque de San Pedro (Fig. 5).

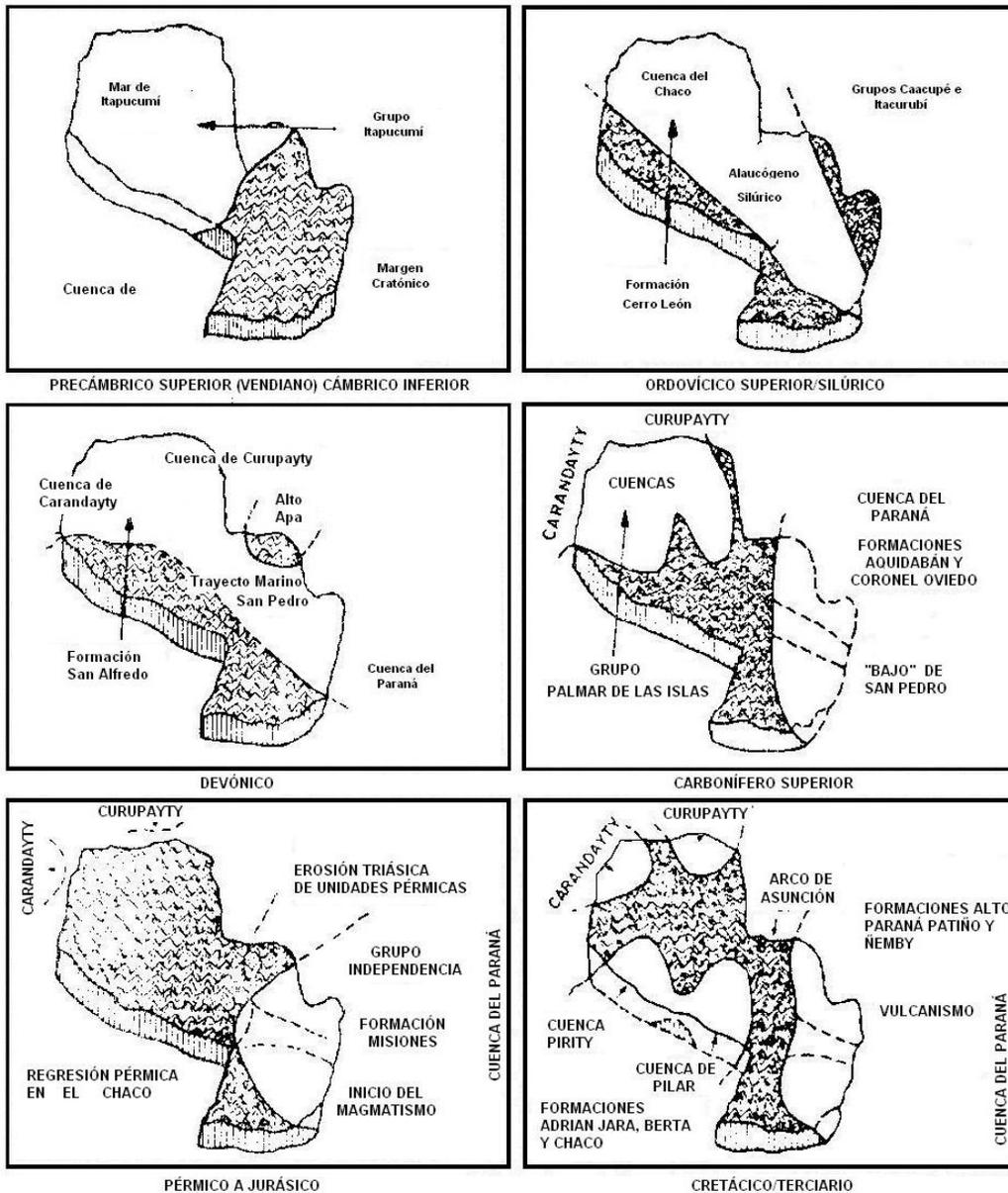


Figura 5 Evolución Paleogeográfica y Tectónica del Fanerozóico del Paraguay.

Luego de la sedimentación Devónica, hubo un intervalo de erosión en el Carbonífero Inferior. Capas del Carbonífero Superior de la Formación Coronel Oviedo yacen en discontinuidad con el Devónico. Este intervalo de erosión puede ser relacionado a los estadios iniciales de la colisión tardía entre el cratón Patagónico con el cartón Sur Americano. La Formación Coronel Oviedo representa el inicio de la sedimentación cratónica en esta parte de Gondwana. Debido a que esta parte de Gondwana se

encontraba a bajas latitudes, han sido distribuidos ampliamente los depósitos glaciales, y la mayoría de ellos consiste en diamigtones depositados en mar somero. Luego de estos eventos glaciales, hubo un levantamiento isostático en el tiempo Pérmico, la Formación San Miguel.

En el último tiempo del Pérmico, el Paraguay Oriental fue levantado, a diferencia de la parte Brasileña de la Cuenca del Paraná, donde la Formación Palermo, del Pérmico Superior fue depositada. El levantamiento de la parte sur de los Andes pudo haber sido responsable de esto y también de la intrusión de alcalinas de la Provincia Alto Paraguay de edad Permo-Triásico (Gomes et. al., 1993). Esta área de levantamiento se prolongó en el Triásico como demuestra la ampliamente extendida presencia de areniscas eólicas de Misiones a lo largo de toda la Cuenca del Paraná incluso mas allá de los límites de los depósitos Pérmicos.

En el Cretácico Inferior, ocurrió gran actividad magmática alcalina en zonas preferencialmente débiles en los Altos de Asunción y Apa y a lo largo de las zonas de fallamiento del Bloque de San Pedro. Estas intrusivas alcalinas son contemporáneas con los basaltos Cretácicos de la Formación Alto Paraná en Paraguay y la Formación Serra Geral en Brasil. Relacionado a este evento en el área de Asunción, un gran levantamiento ocurrió y produjo el rift valley de Ypacaraí, el cual fue rellenado con conglomerados (Formación Patiño) derivados de los depósitos Silúricos y Triásico-Jurasico. En el Terciario, volcánicas con mucho olivino, que en edad van de los 39 a 61 MA, fueron localmente extruídas (Formación Ñemby). Estas rocas volcánicas muestran derivación de litosfera subcrustal y demuestran que el rift de Ypacarai es un gran rift cratónico.

La geomorfología actual del Paraguay es mayormente herencia de los eventos tectónicos en el Cretácico-Terciario que se describieron anteriormente.

## **RECONOCIMIENTOS**

El autor quiere expresar agradecimientos para las revisiones críticas de éste documentos hechos por el Profesor Paul Edwin Potter de la Universidad de Cincinnati y actualmente en condición de Visitante del Instituto de Geociencias y Ciencias Exactas de la Universidad de Sao Paulo (UNESP).

## **REFERENCIAS**

**ACEÑOLAZA, F.G. BALDIS, B. (1987)** The Ordovician system of South America, correlation charts and explanatory notes. Episodes 22: 1-68.

**ALMEIDA, F.F.M. & HASUI, Y. (1984)** O Pré-Cambriano do Brasil. Editora Edgard Blücher Ltda.. São Paulo, 378p.

**AZARA, F. (1790)** Geografía física y esférica de las provincias del Paraguay y Misiones Guaranés. Anales Mus. Nac. Montevideo, V.1, 665p.

**BELLIENI, G.; COMIN-CHIARAMONTI, P.; MARQUES, L.M.; MARTINEZ, L.A.; MELFI, A.J.; NARDY, A.J.R.; PICCIRILLO, E.M.; STOLFA, D. (1986)** Continental flood basalts from the central-western regions of the Paraná plateau (Paraguay and Argentina): petrology and petrogenetics aspects. *Nenes Jb. Miner. Abh.*, 154: 111-139.

**BITSCHENE, P.R. (1987)** Mesozoicher und Kanozoicher magmatism in Ost Paraguay: Arbeiteznur Geologie und Petrologie zweier Alkaliprovinsen. Ph.D. Thesis, Heidelberg University, 317p.

**BITSCHENE, P.R. & LIPPOLT, J.H. (1986)** Acid magmatites of the Brazilian cycle in East Paraguay. *Zbl. Geol. Paläont, Teil I*, 9/10: 1457-1468.

**CARNIER, K. (1911)** Paraguay, Versuch zu einer morphologischen Betrachtung der Landschaftformer. *Mitt. Geo. Gesell.*, 29:1-50.

**CHARLEVOIX, P.F.X. (1747)** Histoire du Paraguay. Paris, 2608.

**COMIN-CHIARAMONTI, P.; CUNDARI, A.; GOMES C.B.; PICCIRILLO, E.M.; CENSI, P.; DE MIN, A.; BELLIENI, G.; VELÁZQUEZ, V.F.; ORUÉ, D. (1992)** Potasio dyke swarm in the Sapucaí Graben, eastern Paraguay: petrographical, mineralogical and geochemical outlines, *Lithos*, 28:283-301.

**COMTE, D. & HASUI, Y. (1971)** Geochronology of Eastern Paraguay by potassium-argon method. *Rev. Bras. Geoc.*, 1:33-43.

**DeGRAFF, J.M.; FRANCO, R.; ORUÉ, D. (1981)** Interpretación geofísica y geológica del Valle de Ypacarai (Paraguay) y su formación. *Rev. Assoc. Geol.,Arg.*, 36:240-256

**DU GRATY (1865)** La Republique du Paraguay, 2d. ed. C. Murquardt, Brussels, 407p.

**ECKEL, E.B. (1959)** Geology and mineral resources of Paraguay - A reconnaissance. *U.S. Geol. Surv. Prof. Paper*, 327:110p.

**FÚLFARO, V.J. & LANDIM, P.M.B. (1971)** A seqüência gondwânica ocidental: República do Paraguai. *An.XXV Congr. Bras. Geol.*, 2:241-246.

**FÚLFARO, V.F.; SAAD, A.R.; SANTOS, M.V.; VIANNA, R.B. (1982)** Compartimentação e evolução tectônica da Bacia do Paraná. *Rev. Bras. Geoc.*, 12:590-610.

**GOHRBANDT, K.H.A. (1992)** Paleozoic paleogeographic and depositional developments on the central proto-Pacific margin of Gondwana: their importance to hydrocarbon accumulation. *J. South Amer. Herat Sci.*, 6:267-287.

**GOLDSCHLAG, M. (1913)** Zur Petrographie Paraguay und Mato Grosso. *Mitt. Geog. Gessell.*, 8:293-301.

**GOMES, C.B.; COMIN-CHIARAMONTI, P.; DE MIN, A.; ROTOLO, S.G. and VELÁZQUEZ, V.F. (1993)** Provincia Alcalina do Alto Paraguai (Mato Grosso do Sul e Paraguai): características geoquímicas. 4° Congr. Bras.Geoq., Anais, p.55-58.

**GÓMEZ DUARTE, G. (1986)** Contribución al conocimiento de la geología del norte del Chaco paraguayo, Lagerenza, MOPC, Paraguay.

**HARRINGTON, H.J. (1950)** Geología del Paraguay Oriental. Fac. Ci. Ex., Fis. Mat., Contr. Cient., Ser. E., Geología

**HARRINGTON, H.J. (1956)** Paraguay In: Handbook of South American Geology. Geol. Soc. Amer. Mem., 65:99-114.

**HIBSCH, J.E. (1891)** Einige Gesteine aus Paraguay, Tscherms. Miner. Petr.Mitt., 12:253-255.

**HUTCHINSON, D.S. (1979)** Geology of the Apa High. T.A.C. (int. rep.). Asunción, 46p.

**KANZLER, A. (1987)** The southern Precambrian in Paraguay. Geological inventory and ge relation. ZBI. Geol. Paläont., Teil. I, 7/8:753-765.

**LITHERLAND, M. & BLOOMFIELD, K. (1981)** The Proterozoic history of Eastern Bolivia. Precambrian Research, 15:157-179.

**MERSAY, A. (1860)** Histoire physique, économique et politique du Paraguay et des établissements des Jésuites. Librairie L. Hochette & Cie., Paris, 486p.

**MILANI, E.J. (1992)** Intraplate tectonics and the evolution of the Paraná Basin, SE Brazil. Inversion tectonics of the Cape Fold Belt, Karoo and Cretaceous Basins of Southern Africa. In: M. Wit & I. Ransome (eds.). A.A. Balkema, p.101-108.

**MILCH, L. (1895)** Ubre Gesteine aus Paraguay. Tscherms. Miner. Petr. Mitt., 14:383-394.

**OCCIDENTAL COMPANY (1987)** Generalized geological map of Paraguay and adjacent areas. Asunción, Paraguay.

**ORGANIZACIÓN DE LOS ESTADOS AMERICANOS – O.E.A. (1975)** Cuenca del Plata, República del Paraguay – Proyecto Aquidabán. Desarrollo de la región nororiental Washington, 197p.

**PALMIERI, J.H. (1973)** El complejo alcalino de Sapukai (Paraguay Oriental), Ph.D. Thesis, University of Salamanca, 298p.

**PALMIERI, J.H. & VELÁZQUEZ, J.C. (1982)** Geología del Paraguay. Colección Apoyo a Catedra. Serie Ciencias Naturales, Ed. NAPA, Asunción, 65p.

**PETRI, S. & FÚLFARO, V.J. (1983)** Geología do Brasil. Fanerozóico T.A. Queiroz/EDUSP. São Paulo, 631p.

**PROYECTO PAR 83/005 (1986)** Mapa geológico del Paraguay. Comisión Nacional de Desarrollo Regional – Ministerio de Defensa Nacional, Asunción, 270p.

**PUTZER, H. (1962)** Die geologie von Paraguay Beitr. Reg. Geol.. Erde, 2:1-182.

**RAMOS, V.A. (1984)** Patagonia: un continente paleozoico a la deriva? Congr. Geol. Argentino, 9, Actas, 2:311-325.

**SEPP, P.A. (1697)** Reisebeschreibung nach Paraguay. Nürnberg, 820p.

**STEVAUX, J.C. & PERINOTTO, J.A.J. (1989)** O Subgrupo Guatá: XI Congr. Bras. Paleont. Anais, 5:26-33.

**STORMER, J.C.; GOMES, C.B.; TORQUATO, R.F. (1975)** Spinel lherzolita nodules in basanite lavas from Asunción, Paraguay. Rev. Bras. Geoc, 5:176-185.

**VELÁZQUEZ V.F. (1992)** Provincia Alcalina Central, Paraguai Oriental: aspectos petrográficos, tectônicos e geocronológicos. Ms.D. Dissertation, University of São Paulo, 119p.

**WHITE, I.C.(1968)** Relatório final da Comissão de Estudos das Minas de Carvão de Pedra no Brasil, Parte I, p.1-204.

**WIENS, F. (1982)** Mapa geológico de la región oriental. República del Paraguay, escala 1:500,000. Sim. Rec.Nat. Paraguay. Asunción, 9p.

**WOLFART, T.R. (1961)** Stratigraphie und fauna der alteren Paleozoikum (Silur-Devon) in Paraguay, Geologie JB, 78:29-102.

**ZALÁN, V.P.; WOLFF, S.; CONCEIÇÃO, J.C.J; SANTOS VIEIRA, I.; MENDONÇA STOLFI, M.A.; APPI, V.T.; ZANOTTO O.A. (1987)** A divisão tripartite do Siluriano da Bacia do Paraná. Rev. Bras. Geoc., 17:242-252.