

DESARROLLO TECTONO-SEDIMENTARIO DEL BLOQUE DE ASUNCION, PARAGUAY

F. Wiens, M.E. González y R. Muff

COOPERACION GEOLOGICA PARAGUAYO-ALEMANA
Casilla postal 1022
Asunción, Paraguay

ABSTRACT. The Asunción Block in eastern Paraguay represents a topographically elevated tectonic structure, limited by mesozoic fracture systems which were reactivated during the Cenozoic. The mesozoic structural style corresponds to Jurassic-Cretaceous distentional tectonics (South Atlantic Cycle, rupturing of Gondwanaland). The distentional tectonics are reflected at the northern edge of the Rio Tebicuary Subcraton by a complex system of NW and NNW trending faults. The Rio Tebicuary Subcraton is located approximately 10 km South of the Asunción Block and comprises rocks of Cambrian and Precambrian age, which are unconformably overlain by Ordovician clastic sediments. The faults to the N of the Rio Tebicuary Subcraton delimit a marked rift system, referred to as Rift of Asunción, in which several tectonic blocks are located. In the extreme northwestern part of the rift an aulacogen developed in the form of an asymmetric half-graben, tilted towards SW. The sedimentary infill of this aulacogen which during the Tertiary was lifted up, is referred to as Asunción Block.

The sedimentary infill of the Asunción Block is referred to as the Palacios Formation. At the bottom of this formation, conglomerates prevail, while the top section is mainly composed of grits and sandstones. Sedimentation started during Late Jurassic time on a basement of Ordovician to Silurian age, accompanied by Cretaceous magmatites. Age determinations of the K/Ar-method yielded age of $136,4 \pm 5,1$ my (Green *et al.*, 1991). The Upper Mesozoic sedimentary-magmatic cycle in the Paraná Basin is contemporaneous with the events in the Asunción Block.

Sedimentation concluded in the Eocene during a compressional tectonic reactivation event, possibly related to the Tertiary Andean Cycle. This tectonic event caused the structural uplift of the Asunción Block and led to the present topography. The uplift was accompanied by local nephelinitic magmatism. Absolute age determinations carried out by Bitschene (1987) on the nephelinitic intrusions yielded ages of 46 ± 7 my.

INTRODUCCION

En el marco de un proyecto de Cooperación Geológica entre la República del Paraguay y la República Federal de Alemania se ejecutan actualmente diversas tareas de investigación geológica-minera en el Paraguay oriental.

Mapeamientos geológicos recientes han llevado a un análisis geológico-estructural del Bloque de Asunción (Aerial Geophysics, 1979; González *et al.*, 1993). El Bloque de Asunción se ubica entre $25^{\circ}00' - 25^{\circ}40'S$ y $57^{\circ}10' - 57^{\circ}45'W$ sobre el margen izquierdo del Río Paraguay, comprendiendo el área alrededor de la ciudad de Asunción.

El Bloque de Asunción representa características estratigráficas y estructurales peculiares de un medio-graben dentro de una estructura extensional mesozóica, denominada

como Rift de Asunción. La sedimentación continental de relleno identificada en el Bloque de Asunción, acompañada por un magmatismo básico-alcalino Cretácico y una reactivación tectónica eocénica asociada a un magmatismo básico-nefelítico, permite una observación directa de los eventos mesozóicos en la parte central sudamericana. Son correlacionables al Bloque de Asunción otros medio-grabens en el Chaco paraguayo, el Chaco argentino, en Paraguay suroriental y la Mesopotamia argentina.

GEOLOGIA DEL BLOQUE DE ASUNCION

Se denomina como Bloque de Asunción un área abarcando alrededor de 1300 km^2 , ubicado entre el Valle de Ypacaraí al noreste, el Valle de Cañabé al suroeste y el Río Paraguay al oeste (Fig.1). El bloque tiene una forma triangular acunándose hacia Paraguairí; remanentes son expuestos en la región de Benjamín Aceval, Chaco paraguayo.

El Bloque de Asunción se ubica en el Rift de Asunción, una estructura extensional mesozóica, que ha fracturado el basamento cristalino y una cobertura ordovícica-silúrica circunyacente. El basamento cristalino se expone al sur del Bloque de Asunción en el Subcratón Río Tebicuary, compuesto por unidades precámbricas metamórficas y magmatitas indiferenciadas (Complejo Basal). Hacia el norte sobreyacen las Lutitas de Paraguairí (Precámbrico superior al Cámbrico). Intruyen desde el Precámbrico superior al Ordovícico inferior las Magmatitas de Caapucú (Fig.3). Estas últimas unidades se observan también en el Valle de Ypacaraí y en la zona de Paraguairí en afloramientos aislados.

Cubren el basamento en forma discordante y transgresiva sedimentos clásticos del Ordovícico inferior al Silúrico inferior, de ambientes deposicionales fluviales y marinos (Grupos Caacupé e Itacurubí; Escobar, 1978; Wolfart, 1959).

Estas sedimentitas forman el substrato basculado del Bloque de Asunción; y son observables en forma discontinua a lo largo de su margen oriental en bloques diferenciados tectónicamente.

Evolución tectono-estructural

Como respuesta intracratónica a la extensión y ruptura de Gondwana (Ciclo Sudatlántico) se desarrollan desde el Jurásico Tardío hasta el Terciario Temprano alrededor del

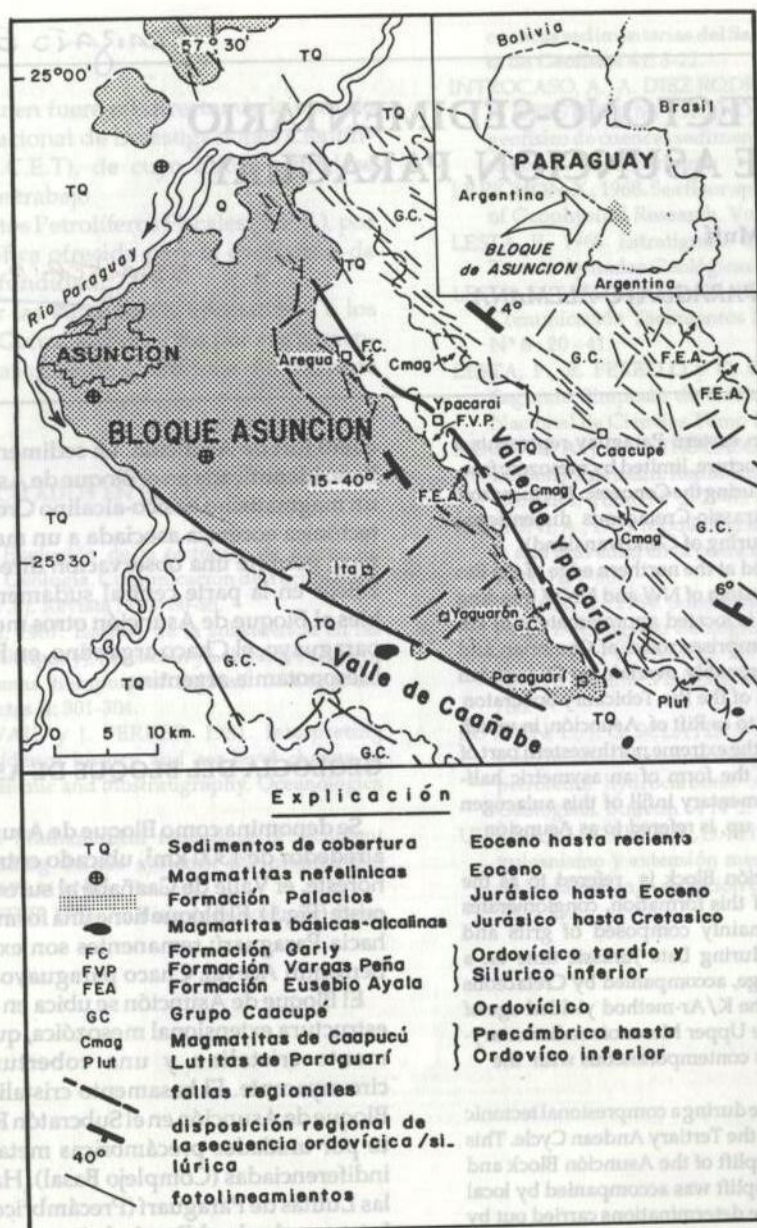


Figura 1 : Bosquejo geológico del Bloque de Asunción.

Subcratón Río Tebicuary áreas limitadas de distensión y subsidencia en bloques, acompañados por sedimentación continental y magmatismo básico-alcálico, identificados como sistemas del tipo rift (Degraff, 1985; Ulbrich & Báez, 1992). La orientación de estos sistemas es hacia el NW-SE o hacia el NE-SW.

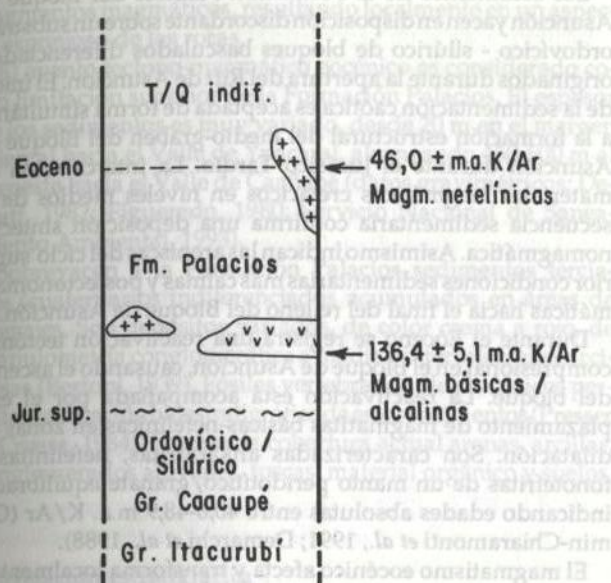
Hacia el norte del Subcratón Río Tebicuary se desarrolla el denominado Rift de Asunción. Es observable desde la ciudad de Asunción al NW hasta la ciudad de Mbuyapey al SE por una extensión de 150 km, registrando un ancho promedio de 60 km. En el extremo NW se pierde bajo sedimentos cenozoicos del Chaco paraguayo; en el extremo SE se difusa bajo sedimentos carboníferos-pérmicos de la Cuenca del Paraná.

El Rift de Asunción corresponde a un sistema de tectónica distensional lateral - transversal y movimientos verticales

combinados, dejando un margen pasivo y estable al SW (área del Subcratón Río Tebicuary), cortando al NE sedimentos ordovícicos-silúricos. A consecuencia de la extensión estructural se abren enjambres de fracturas hacia 290°-310° NW y vectoriales hacia 310°-330° NNW; reflejando sus conjugadas hacia 28°-39° NW. Como resultado se forman bloques basculados en forma diferenciada dentro del rift.

Hacia el extremo noroeste del Rift de Asunción se genera a causa de la combinación estructural hacia el NW y NNW un aulacógeno en forma triangular, referido como Bloque de Asunción. El aulacógeno se compone de un medio-graben asimétrico inclinado al SW contra la región estable del Subcratón Río Tebicuary (Valle de Caañabé), indicando el vértice en la ciudad de Paraguari al sureste y dejando expuestos bloques del substrato ordovícico-silúrico sobre el margen

BLOQUE DE ASUNCION



CUENCA DEL PARANA

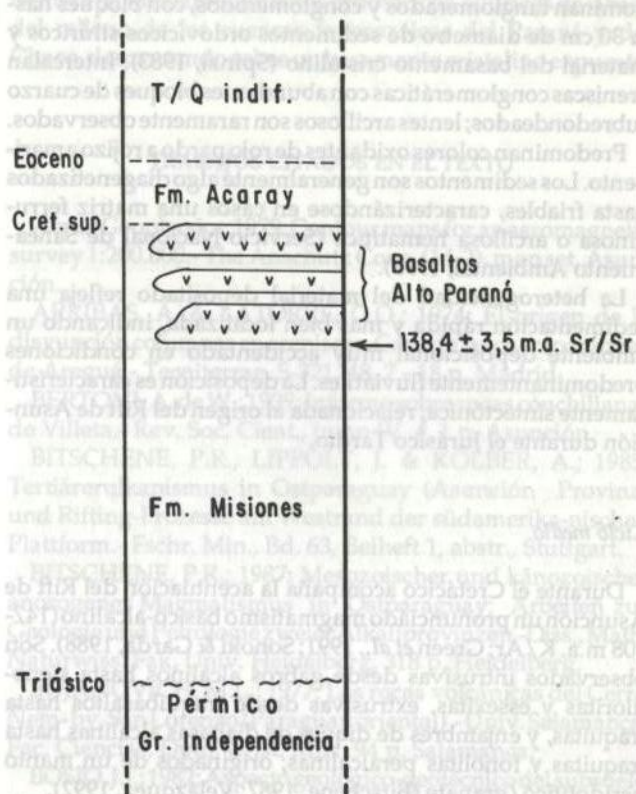


Figura 2 : Cuadro estratigráfico mesozóico comparativo.

oriental (Valle Ypacarai). Sedimentos sin- y postectónicos terrestres de la Formación Palacios rellenan el medio-graben del Bloque de Asunción. Magmatitas básicas-alcalinas cretácicas (147 - 108 m.a. K/Ar; Bitschene, 1987; Velázquez, 1992) acompañan la acentuación del Rift de Asunción y se emplazan a lo largo de estructuras favorables en forma de intrusivas, extrusivas - subextrusivas y diques.

Durante el Eoceno se registra una reactivación tectónica compresional (Ciclo Andino) afectando principalmente al Bloque de Asunción como zona de mayor inestabilidad dentro del Rift de Asunción (Bitschene *et al.*, 1985). A consecuencia de una compresión transversal se produce el ascenso del aulacógeno de Asunción, causando una inversión morfológica evidenciada en la topografía actual del Bloque de Asunción (barrancas sobre el Río Paraguay, espejos de fallas en el margen oriental sobre el Valle de Ypacarai; Bosio, 1982; Franco, 1980). Acompaña la tectónica cenozoica compresional en su apogeo un magmatismo básico-nefelínico (40,6-48,9 m.a. K/Ar; Bojanovich, 1977; Miraglia, 1965), emplazándose en zonas de dilatación en forma de intrusiones, diques y conductos de brechas volcánicas.

Registros de reajustes estructurales y acomodamiento de los bloques tectónicos originados en el Mesozóico se documentan hasta la actualidad a través de perceptibles manifestaciones telúricas (Comin-Chiaromonti & Orúe, 1990).

Secuencia estratigráfica

Simultáneamente a la apertura del medio-graben asimétrico mesozóico del Bloque de Asunción, con levantamientos marginales importantes controlados por fallas extensionales, se inicia una fuerte erosión en los flancos, proporcionando abundante material terrígeno inmaduro de origen sedimentario ordovícico-silúrico y del basamento cristalino en un ambiente fluvioacustre hasta eólico. Estos materiales representan el relleno algo caótico del Bloque de Asunción, indicando depósitos de taludes de monte, abanicos aluviales y arenas fluviales y eólicas, con escasas intercalaciones limolíticas a arcillosas (Spinzi & Franco, 1981; Spinzi, 1991). En el nivel medio del relleno participan igualmente fragmentos de magmatitas básicas-alcalinas cretácicas.

La secuencia sedimentaria de relleno del Bloque de Asunción es denominada como Formación Palacios (González *et al.*, 1993). Una subdivisión estratigráfica no es posible actualmente, ya que la distribución de unidades litológicas es discontinua, registrándose grandes variaciones laterales y verticales. Hallazgos paleontológicos no han sido identificados con certeza. La complicada estratigrafía en afloramientos es reflejo del ambiente deposicional complejo.

A consecuencia, la Formación Palacios será presentada en tres ciclos deposicionales, sin que estos ciclos sedimentarios sean reconocibles siempre en todo el Bloque de Asunción.

Ciclo inferior

En la base de los sedimentos de la Formación Palacios predominan fanglomerados y conglomerados, con bloques hasta 30 cm de diámetro de sedimentos ordovícicos-silúricos y material del basamento cristalino (Spinzi, 1983). Intercalan areniscas conglomeráticas con abundantes bloques de cuarzo subredondeados; lentes arcillosos son raramente observados.

Predominan colores oxidantes de rojo pardo a rojizo amarillento. Los sedimentos son generalmente algo diagenetizados hasta friables, caracterizándose en casos una matriz ferruginosa o arcillosa hematítica (Servicio Nacional de Saneamiento Ambiental, 1993).

La heterogeneidad del material depositado refleja una sedimentación rápida y mas bien localizada, indicando un ambiente deposicional muy accidentado en condiciones predominantemente fluviales. La deposición es característicamente sintectónica, relacionada al origen del Rift de Asunción durante el Jurásico Tardío.

Ciclo medio

Durante el Cretácico acompaña la acentuación del Rift de Asunción un pronunciado magmatismo básico-alcalino (147-108 m.a. K/Ar; Green *et al.*, 1991; Sonoki & Garda, 1988). Son observados intrusivos desde gabros alcalinos hasta sienodioritas y essexitas, extrusivas desde traquibasaltos hasta traquitas, y enjambres de diques de diabasas alcalinas hasta traquitas y fonolitas peralcalinas; originados de un manto peridotítico/granate (Bitschene, 1987; Velázquez, 1992).

Fragmentos de las magmatitas cretácicas son característicos durante la sedimentación del segundo ciclo deposicional de la Formación Palacios en el Bloque de Asunción. Forman niveles muy heterogéneos, donde se mezclan sedimentos mal clasificados, gradualmente más finos que en el ciclo inferior, con bloques, bloques y fragmentos heterogéneos de magmatitas cretácicas.

Los materiales depositados en el ciclo medio reflejan coloraciones rojas a gris amarillentas y rojizas pálidas, indican una típica matriz arcillosa hematítica originada probablemente por la intensa caolinización de los fragmentos magmáticos, son friables y presentan apenas localmente una cierta compactación notable.

Sigue vigente un ambiente deposicional predominantemente fluvial (González *et al.*, 1993).

Ciclo superior

En niveles superiores de la Formación Palacios se registran areniscas rojas mal clasificadas a bien seleccionadas, de granulometría media a fina y con niveles arcócosos a conglomeráticos (Spinzi & Franco, 1981). Presentan bancos masivos, de estratificación cruzada y de sedimentación rítmica, depositados en ambientes fluviales y eólicos. Marcan el contacto entre los bancos finas láminas de arcillitas, frecuentemente con rastros de fósiles. Los sedimentos son típicamente friables, cementados por una matriz arcillosa hematítica. Abundan concentraciones intersticiales de óxidos de hierro y manganeso.

Relación estratigráfica

Los sedimentos de la Formación Palacios del Bloque de Asunción yacen en disposición discordante sobre un substrato ordovícico - silúrico de bloques basculados diferenciados, originados durante la apertura del Rift de Asunción. El inicio de la sedimentación caótica es aceptada de forma simultánea a la formación estructural del medio-graben del Bloque de Asunción durante el Jurásico Tardío. La intercalación de materiales magmáticos cretácicos en niveles medios de la secuencia sedimentaria confirma una deposición sintectonomagmática. Asimismo indican las areniscas del ciclo superior condiciones sedimentarias más calmas y postectonomagmáticas hacia el final del relleno del Bloque de Asunción.

Durante el Eoceno se registra una reactivación tectónica compresional en el Bloque de Asunción, causando el ascenso del bloque. La reactivación está acompañada por el emplazamiento de magmatitas básicas-nefelínicas en zonas de dilatación. Son caracterizadas ankaratritas, nefelinitas y fonotefritas de un manto peridotítico/granate equilibrado, indicando edades absolutas entre 40,6-48,9 m.a. K/Ar (Comin-Chiaromonte *et al.*, 1991; Demarchi *et al.*, 1988).

El magmatismo eocénico afecta y transforma localmente a los sedimentos de la Formación Palacios. Así se registran alrededor de conos, diques y conductos volcánicos aureolas de silicificación en las areniscas, observables en cerros y lomadas como remanentes a la erosión. Inyecciones de diques en niveles de areniscas homogéneas causaron localmente una opalización de los sedimentos y su fracturación posterior en areniscas columnares (Aregúa y Benjamín Aceval; Arribas

CEN.	TERCIARIO	eoc.	Magmatitas nefelinicas	
		pal.		
MESOZOICO	CRETACICO	sup.	Magmatitas básicas - alcalinas	Fm. Palacios
		inf.		
	JURASICO	sup.	Discordancia	
PALEOZOICO	SILURICO	inf.	Grupo Itacurubi	Fm. Carly
				Fm. Vargas Peña
				Fm. Eusebio Ayala
	ORDOVICICO	sup.	Grupo Caacupé	Areniscas de Tobati
				Areniscas de Cerro Jhu
		inf.	Discordancia	
				Conglomerado de Paraguari
	CAMBRICO	sup.	Subcraton	Magmatitas de Caapucu (Eomg)
		med.		Rio Tebicuary
		inf.		
PRECAMBRICO				Complejo Basal

Figura 3: Estratigrafía de Paraguay central - oriental.

& Latorre; 1974; Spinzi & Franco, 1981). La cementación local igualmente resulta en una lixiviación selectiva de los sedimentos, específicamente del ciclo medio con participación de fragmentos magmáticos, resultando localmente en un aspecto esponjoso de las rocas.

El evento tectono-magmático eocénico es considerado como limitación superior de la Formación Palacios. El espesor de los sedimentos es muy variado, desde 20 m en el margen oriental hacia el Valle de Ypacarai, alcanzando 450-500 m al suroeste hacia el Valle de Caañabé (datos gravimétricos; Degraff, 1982; Figueredo, 1980; Servicio Nacional de Saneamiento Ambiental, 1993).

Sobreyacen a la Formación Palacios sedimentos terciarios/cuaternarios indiferenciados acumulados en áreas de drenajes. Son depósitos variados, de color crema a rojo, de granulometría conglomerática a media e intercalaciones arcillosas (Bertoni, 1939). Fósiles vertebrados pleistocénicos permiten la datación bioestratigráfica de estos sedimentos (Presser & Crossa, 1984). Forman la cobertura actual arenas, arcillas, conglomerados aluviales, toscas, material orgánico y suelos.

Correlación estratigráfica

La Formación Palacios en el Bloque de Asunción se correlaciona con depósitos similares de sedimentación terrestre en ambientes tectónicos mesozoicos de sistemas del tipo rift alrededor del Subcratón Río Tebicuary. Así, se observan parámetros parecidos en el Bloque de San Ignacio, Paraguay suroriental y en el medio-graben de Las Breñas, Chaco argentino (Chebli & Spalletti, 1977). También es contemporánea a los sedimentos de la Subcuenca de Pirity, Chaco paraguayo.

Se correlaciona asimismo con unidades superiores de las Formaciones Misiones y Acaray en la Cuenca del Paraná, Paraguay oriental (Fig.2).

RESULTADOS

- El Bloque de Asunción representa una secuencia sedimentaria de relleno en un medio-graben aulacógeno, originado durante la apertura del Rift de Asunción desde el Jurásico Tardío al Eoceno.

- La secuencia estratigráfica es denominada como Formación Palacios y puede ser subdividida en tres ciclos deposicionales gradacionales: un ciclo inferior de sedimentación caótica y heterogénea, un ciclo medio con participación de material magmático cretácico y un ciclo superior de areniscas heterogéneas.

- La Formación Palacios en el Bloque de Asunción expone en forma singular un área del período tectono-magmático mesozoico de ubicación intracratónica. Es además un ejemplo peculiar de la reactivación tectono-magmática eocénica de un área estructuralmente inestable en Sudamérica meridional extraandina.

- El Bloque de Asunción permite observaciones directas del desarrollo estructural-estratigráfico del Meso-Cenozoico, ya que áreas correlacionables en el Chaco paraguayo-argentino

y en la Cuenca del Paraná se encuentran cubiertos por extensos sedimentos más modernos.

- Además se observan en el área del Bloque de Asunción de manera particular sedimentos ordovícicos-silúricos de labase del relleno de las cuencas fanerozoicas del Paraná y del Chaco, descansando sobre un basamento cristalino expuesto.

TRABAJOS CITADOS EN EL TEXTO

Aerial Geophysics; 1979: Contour maps for an aeromagnetic survey 1:200.000.- The Anschutz Corp. (14-2), map set, Asunción.

ARRIBAS, A. & LATORRE, C.O.; 1974: El origen de la disyunción columnar en areniscas. Caso de las cuarzoarenitas de Areguá.- *Tecniterrae*, S-321, 48, 7 - 18 p, Madrid.

BERTONI, A. de W.; 1939: Informe sobre rocas conchilianas de Villeta.- *Rev. Soc. Cient.*, tomo IV, 4, 1 p, Asunción.

BITSCHENE, P.R., LIPPOLT, J. & KOLBER, A.; 1985: Tertiärerulkanismus in Ostparaguay (Asunción Provinz) und Rifting-Prozesse am Westrand der südamerika-nischen Plattform.- *Fschr. Min.*, Bd. 63, Beiheft 1, abstr., Stuttgart.

BITSCHENE, P.R.; 1987: Mesozoischer und känozoischer anorogener Magmatismus in Ostparaguay: Arbeiten zur Geologie und Petrologie zweier Alkaliprovinzen.- *Diss., Math. Naturwiss. Fak., Univ. Heidelberg*, 318 p, Heidelberg.

BOJANOVICH, M.L.; 1977: Las rocas volcánicas del Cerro Ñem-by, San Lorenzo (Paraguay oriental).- *Univ. Salamanca, Fac. Ciencias, Dpto. Crist. Min.*, 94 p, Salamanca.

BOSIO, J.J.; 1982: Aspecto geológico-geotécnico del subsuelo de Asunción y sus alrededores.- *Prim. Simp. Rec. Nat., UC*, 17 p, Asunción.

CHEBLI, G. & SPALLETTI, L.; 1977: Cuencas sedimentarias argentinas.- *Serie Correl. Geol. Nr. 6*, 512 p, San Miguel de Tucuman.

COMIN-CHIARAMONTI, P. & ORUE, D.; 1990: Geotermias en el valle de Ypacarai (Provincia de Asunción).- *1er Coll. Rocas Alc. Paraguay, UNA - Dpto. Geol.*, 4 p, San Lorenzo.

COMIN-CHIARAMONTI, P., CIVETTA, L., PETRINI, R., PICCIRILLO, E.M., BELLINI, G., CENSI, P., BITSCHENE, P.R., CASTILLO, A.M. & VELAZQUEZ, J.C.; 1991: Tertiary nephelinitic magmatism in eastern Paraguay: petrology, Sr-Nd isotopes and genetic relationships with associated spinel-peridotite xenoliths.- *Eur. J. Mineral.*, 3, 507 - 525 p, Stuttgart.

DEGRAFF, J.M.; 1982: Geologic structures associated with the Ypacarai valley, Paraguay, based on gravity and geologic data.- *Gravity Exploration, GEOS 551*, 35 p, San Lorenzo.

DEGRAFF, J.M.; 1985: Late mesozoic crustal extension and rifting on the western edge of the Paraná basin, Paraguay.- *Geol. Soc. Am.*, 98th an. meeting, abstr., Orlando.

DEMARCHI, G., COMIN-CHIARAMONTI, P., DE VITO, P., SINIGOI, S. & CASTILLO, A.M.; 1988: Lherzolite-dunite xenoliths from eastern Paraguay: petrological constraints to mantle metasomatism.- In: *Mesoz. flood volc., USP, Inst. Astron. Geofis.*, 207 - 228 p, Sao Paulo.

ESCOBAR, A.; 1978: Contribución al conocimiento de los invertebrados marinos de la lutita Vargas Peña (Silúrico inferior de las zonas Ypacarai e Itagua).- *ICOIUNA*, 55 p, Asunción.

- FIGUEREDO, C.A.; 1980: Estudio de la gravimetría del área de Asunción.- ICB, tesis, 7 p, Asunción.
- FRANCO, V.H., SPINZI, A.M. & GOMEZ, D.; 1980: Levantamiento Geol. Lab., 15 p, Asunción.
- GONZALEZ, M.E., GARCETE, A. & WIENS, F.; 1993: Mapa geológico del Paraguay, escala 1:100.000, Hoja 5469-Paraguarí.- Coop. Geol. Parag.-Alemana, informe interno + mapa, 30 p + anexos, Asunción.
- GREEN, P.F., SONOKI, I.K. & GARDA, G.M.; 1991: Análise de tracos de fissão em apatita de rochas alcalinas do Paraguai oriental e sua implicação para a exploração de hidrocarbonetos.- 3er Congr. Bras. Geoquím., abstr., Sao Paulo.
- MIRAGLIA, L.; 1965: Volcanismo pospliocénico del Paraguay.- Rev. Soc. Cient., tomo VIII, Nr. 2, 52 p, Asunción.
- PRESSER, J.B. & CROSA, V.F.; 1984: Informe preliminar sobre fósiles vertebrados pleistocénicos en la localidad de Ytororó; Dpto. Central.- MEC, Div. Gral. de Bienes Cult., 16 p, Asunción. Servicio Nacional de Saneamiento Ambiental, 1993: Perfiles de pozos perforados en el Bloque de Asunción.- Archivos internos, 55 p, perfiles descriptivos, San Lorenzo.
- SONOKI, I.K. & GARDA, G.M.; 1988: Idades K-Ar de rochas alcalinas do Brasil meridional e Paraguai oriental: compilación e adaptación a novas constantes de decaimiento.-

Bol. IG-USP, Ser. Cient., 19, 63-85 p, Sao Paulo.

SPINZI, A.M. & FRANCO, V.H.; 1981: Estudio geológico de Areguá (Cerros Coi y Chororí).- MOPC, DRM, Dpto. Geol. Lab., 17 p, Asunción.

SPINZI, A.M. & FRANCO, V.H.; 1981: Informe de sondeos en la ciudad de Areguá.- MOPC, DRM, Dpto. Geol. Lab., 9 p, Asunción.

SPINZI, A.M.; 1983: Consideraciones sobre una formación de conglomerados en Areguá y alrededores.- Inf. Cient., vol. 4, Nr. 1, 86 - 94 p, Asunción.

SPINZI, A.M.; 1991: La formación Patiño de la ciudad de San Antonio y alrededores (Paraguay).- Rev. Geol., APG, Nr. 1, 77-83 p, Asunción.

ULBRICH, H.H. & BAEZ, P.J.; 1992: The Asunción rift, eastern Paraguay: a preliminary interpretation.- Bol. IG-USP, Publ. Esp., Nr. 12, 139 - 140 p, Sao Paulo.

VELAZQUEZ, F.V.; 1992: Provincia alcalina central, Paraguay centro-oriental: aspectos tectónicos, petrográficos y geocronológicos.- Diss. maestr., USP, Inst. Geociencias, 119 p, Sao Paulo.

WOLFART, R.; 1959: Rezente Schrumpfungsrisse auf Trias-Sandsteinen in Paraguay.- Natur und Volk, 89, 12, 401 - 406 p, Frankfurt.