



Litología de la Formación Paraguari a orillas del Río Paraguay en Itapiru – Villeta, Paraguay

Lithology of the Paraguari Formation along the banks of the Río Paraguay in Itapiru – Villeta, Paraguay

Moisés Gadea¹ & Rodrigo Osorio²

¹Departamento de Geología, Facultad de Ciencias Exactas y Naturales - Universidad Nacional de Asunción, Asunción, Paraguay.

²Departamento de Educación a Distancia. Facultad de Ciencias Exactas y Naturales – Universidad Nacional de Asunción, Asunción, Paraguay.

Resumen.- Se ha reconocido la presencia de exposiciones de rocas del Paleozoico Inferior a orillas del Río Paraguay, en la zona de Angostura. Las litologías observadas son conglomerados y areniscas conglomerádicas intercaladas entre sí, y se ajustan a las descripciones de la Formación Paraguari. En el presente trabajo se destacan estos afloramientos como una manifestación muy occidental de esta unidad geológica, en relación a los reportados anteriormente en otras localidades de Paraguay.

Palabras Clave: *Conglomerados, Areniscas Conglomerádicas, Formación Paraguari, Itapiru, Paraguay*

Abstract.- The presence of exposures of Lower Paleozoic rocks on the riverside along the Río Paraguay nearby the town of Angostura. These lithological types are interbedded with conglomerates and pebbly sandstones, and they fit with the descriptions of the Paraguari Formation. In the present work these outcrops are noted as an extreme western position of these geological units, in relation with others previously reported at other sites.

Key Words: *Conglomerates, Pebbly Sandstones, Paraguari Formation, Itapiru, Paraguay*

Itapiru es la zona donde el Río Paraguay presenta un quiebre angular, un estrecho en el borde meridional-occidental del departamento Central, en las cercanías de Puerto Angostura. A orillas del río en el territorio paraguayo se exponen dos salientes rocosas conformadas por areniscas y conglomerados, y con el propósito de organizar los datos para presentarlos, a estos promontorios se los denomina aquí *Itapiru 1* e *Itapiru 2*; cuyos baricentros se expresa geográficamente según -25.572610° , -57.586106° ; -25.569796° , -57.595807° ; superficialmente extendidos en 2.7 y 4.5 hectáreas, respectivamente (Fig. 1).

Itapiru 1 se aleja de Puerto Angostura a una distancia que supera por poco 1 km hacia el oeste, siguiendo la línea de la orilla del río. En lo que hace a Itapiru 2, este afloramiento se posiciona hacia el oeste de Itapiru 1 a unos 600 metros, y que no muestran continuidad espacial aparente entre sí. Comprobado *in situ*, y también por medio de imágenes satelitales (Google Earth Pro 2020), se reconocen bloques rocosos alar-

gados en forma de escollos de poca extensión no lejos de los macizos rocosos hacia el centro del cauce, especialmente en Itapiru 2.

Según el testimonio de habitantes del lugar, estos promontorios son divisados a medias en condiciones hidrológicas normales, y durante las crecidas permanecen completamente cubiertos bajo las aguas del río. Esta exploración fue llevada a cabo en noviembre del año 2020, en el tiempo de una de las bajantes más severas que el Río Paraguay había experimentado en décadas, por lo cual esta circunstancia facilitó para que se realice un reconocimiento apropiado de estas rocas debido a su grado de exposición.

Antecedentes

El término conglomerado se refiere a gravas consolidadas (Pettijohn, 1980), es decir, a rocas cuyos clastos son mayores a 2 mm (Huang, 1968), acompañados por una matriz y unidos por un cemento químico. A diferencia del anterior, las areniscas conglomerádicas son rocas cuyos



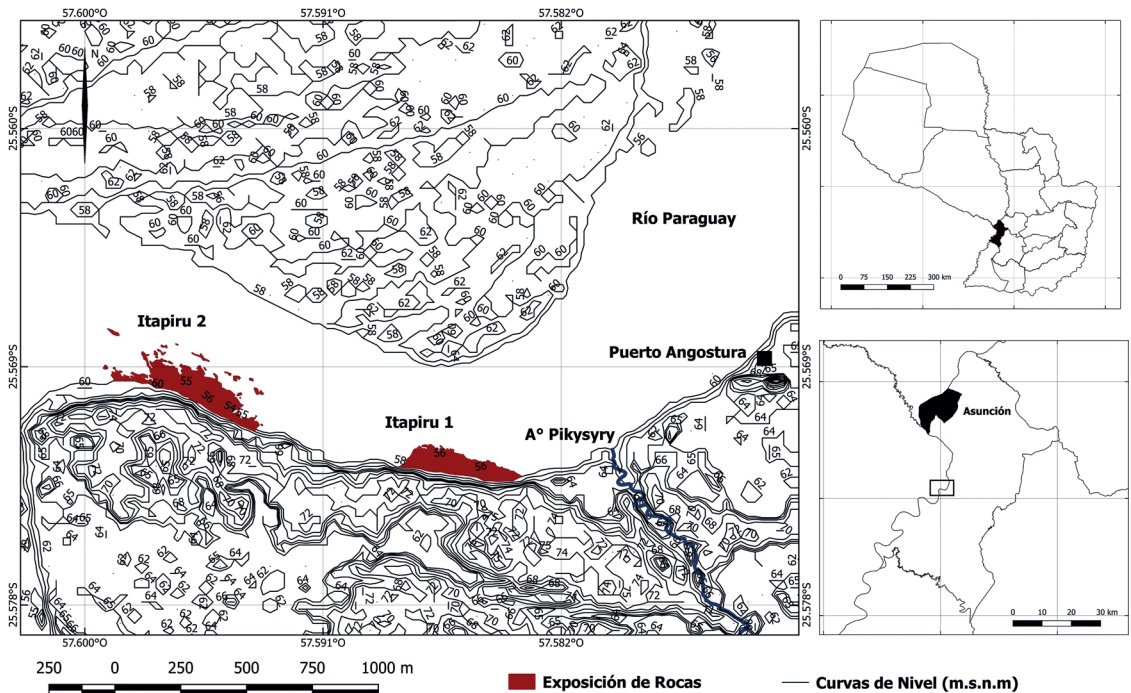


Figura 1. Situación geográfica de las exposiciones de conglomerados y areniscas conglomerádicas en la zona de Angostura. Estos tipos litológicos se manifiestan en forma de promontorios, en donde el Río Paraguay se desplaza en forma sinuosa.

fragmentos miden de 1/16 a 2 mm, usualmente constituidas por fracción arena y acompañadas por detritos de grava en un 10 a 25% según la clasificación de Greensmith (1979; in: Scasso & Limarino, 1997).

El *Conglomerado Paraguari* (Harrington, 1950), o el “*conglomerado basal*”, ha sido anteriormente reportado por diversos autores: Eckel (1959); Wolfart (1961); Putzer (1962); Proyecto PAR 83/005 (1986); Orué (1996); Geoconsultores (1998); González y Bartel (1998); Dionisi (1999), por citar algunos. Es la roca que constituye la unidad denominada *Formación Paraguari*, y se posiciona en la base del Grupo Caacupe, seguido por las Formaciones Cerro Jhú y Tobati (Proyecto PAR 83/005, 1986).

Su localidad tipo se localiza al NE de la ciudad de Paraguari, de allí su nominación como unidad geológica (González y Bartel, 1998), cuyo espesor varía entre 1 y 50 metros (Orué, 1996). Se comprueba la existencia de estos depósitos en la base de la cordillera de

los Altos y de Yaguarón (Harrington, 1972), San Bernardino, Pirayu, La Colmena, Roque González (Anónimo, 1966), Acahay, Ybycui, Quindy, Quyuhyo y en la región del lago Ypoa (Orué, 1996) en forma de lomadas sobresalientes (González y Bartel, 1998).

En las descripciones se coincide con el argumento que los conglomerados descansan sobre las riolitas y granitos de la Suite Caapucu (Cámbrico Inferior), y en zonas, sobre el Grupo Paso Pindó del Precámbrico. Los clastos de los conglomerados se componen por cuarzo de veta y cuarcitas (Geoconsultores, 1998), cuyas medidas son variables y que en ocasiones alcanzan los 30 centímetros de diámetro (Proyecto PAR 83/005, 1986), rodeados por una matriz arenosa de grano grueso (Harrington, 1950). Orué (1996) los define como sedimentos silicoclásticos, del tipo ortoconglomerados oligométricos y arcosas como litologías principales.

En términos granulométricos, existe una transición gradacional decreciente hacia areniscas arcósicas de grano grueso o conglomeráticas

con estratificación cruzada (Eckel, 1959), en ambientes paleodeposicionales continentales con abanicos aluviales y sistemas entrelazados de alta energía (Orué, 1996; González y Bartel, 1998) con paleocorrientes direccionadas hacia el oeste (Almeida, 2005). Un trenzado fluvial o entrelazado (“*braided*”) se refiere a un patrón de múltiples canales separados por barras o islas temporales (Miall, 2014).

La gradación normal de los conglomerados señala variaciones de las condiciones hidrodinámicas del paleocauce, que involucra disminución de la energía de sedimentación, con interludios de flujos de mayor capacidad de transporte, hasta que ya no se manifiestan en las posteriores secuencias sedimentarias, como se observa en los niveles superiores de las areniscas de la Formación Cerro Cerro Jhû.

Según González y Bartel (1998), las secuencias indiferenciadas de las formaciones Cerro Cerro Jhû y Tobati se inician con areniscas gruesas y medias, intercaladas con areniscas conglomerádicas en contacto transicional (Harrington, 1972) con los conglomerados infrapuestos de la Formación Paraguari. Almeida (2005) incluye no sólo a los conglomerados como litología dentro de la Formación Paraguari, sino también a las areniscas conglomerádicas, interestratificadas entre sí en la base, con transición gradacional normal hacia el techo hasta la interfase con las areniscas arcósicas de la Formación Cerro Jhû.

Eckel (1959) señaló que los granitos de San Bernardino, al menos en parte, son superpuestos por el conglomerado basal de la Formación Paraguari. Estas rocas de la Suite Caapucu fueron datados radiométricamente, y el resultado arrojó una edad de 532 ± 5 millones de años (Dionisi, 1999), que pertenece al dominio temporal del Cámbrico Inferior en la etapa del denominado Fortuniano. Por tal motivo, se afirma que los conglomerados basales son de edad post-Cámbrico Inferior.

Por métodos paleontológicos, se ha sabido que la fauna marina de la Formación Vargas Peña corresponde al Llandoveryano Inferior (Proyecto

PAR 83/005, 1986), en un lapso de los

443 ± 1.5 y 433.4 ± 0.8 millones de años (CIE, 2020), por el fósil *Climacograptus innotatus brasiliensis* (Dionisi, 1999). Así también, que la Formación Boquerón (Orué, 1996) ha sido correlacionada con la Formación Iapó del Brasil, unidad correspondiente a los depósitos de la glaciación durante el Ordovícico Superior (Assine, 2001). Teniendo en cuenta que los conglomerados basales se sitúan anteriores a los mencionados sedimentos en la sucesión estratigráfica, se restringe la edad de los conglomerados basales y las areniscas conglomerádicas desde los 532 ± 5 (Cámbrico Inferior) hasta al menos $\sim 458.4 \pm 0.9$ millones de años, en el Ordovícico Superior (CIE, 2020) con el inicio de la glaciación.

Por medio de correlaciones estratigráficas regionales en la cuenca del Parana, Geoconsultores (1998) asigna a estos horizontes silicoclásticos como del Darriwiliano, etapa del Ordovícico Medio-Superior. Actualmente es de aceptación general una edad Ordovícica para esta unidad geológica.

Contexto Geológico

Las descripciones geológicas en la zona escasean. Sin embargo, el trabajo de autor anónimo (Anónimo, 1966) ha realizado exploración en la zona de Villeta y Nueva Italia, donde ha reconocido numerosas canteras y exposiciones rocosas estimando que podrían pertenecer al Silúrico de la Formación Caacupe (actualmente conocido como Grupo Caacupe).

González y Bartel (1998) señalan en su mapa geológico regional la presencia del Ordovícico a sur del *rift* de Asunción hasta las orillas del río Paraguay en la zona de Villeta; y a Itapiru, un poco más al sur, donde se lo mapea como perteneciente a la Suite Magmática de Caapucu.

Godoy (2019), en su trabajo de grado, realizó una exploración general de la región del Alto Villeta - Nueva Italia, que presenta una forma de herradura y se expresa hacia el NO-SE en el sector meridional del departamento Central. En dicho trabajo se propone que las litologías

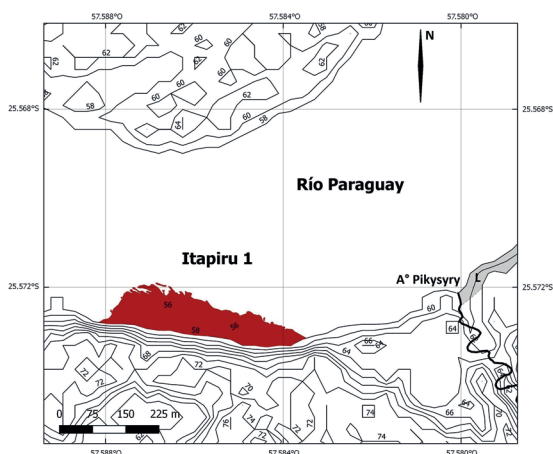


Figura 2. Exposición de macizo rocoso en Itapiru 1. L) Lutita (Fig. 3.1).

manifiestas corresponden a rocas pertenecientes a la unidad geológica conocida como el Grupo Caacupe, con las Formaciones Cerro Jhû, Tobati y Boquerón reconocidas.

Otros trabajos tenían como objetivo investigar acerca de las tillitas y diamictitas de la Formación Boquerón en Villeta y Nueva Italia. Orué (1996); Rotela (2016); Salinas *et al.* (2019); Gadea *et al.* (2020), mencionaron afloramientos de estas litologías glaciogénicas en diversos lugares de la zona.

Resultados

Itapiru 1 (Fig. 2)

Camino a las salientes orillando el río, desde Puerto Angostura hasta el arroyo Pikysyry, se

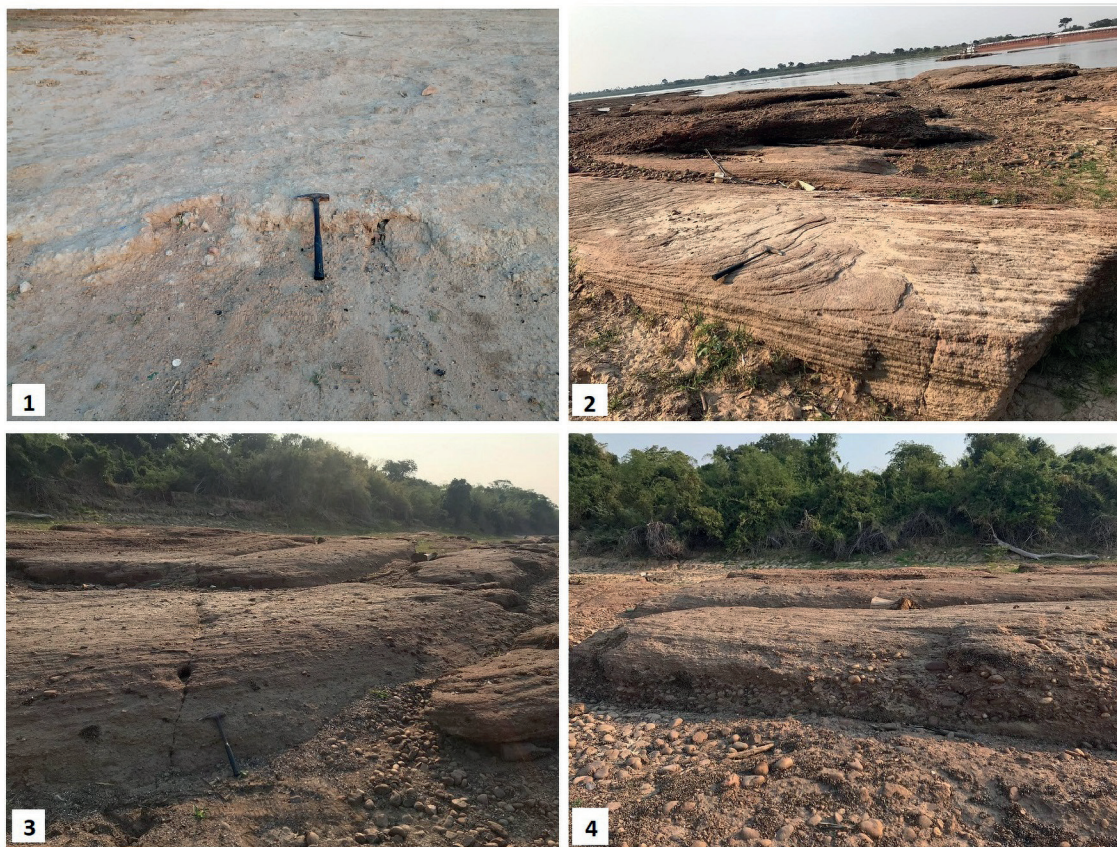


Figura 3. Itapirú 1 e inmediaciones del Puerto Angostura y del arroyo Pikysyry. 1) Exposición de lutitas masivas en las inmediaciones del puerto Angostura y el arroyo Pikysyry. 2-4) Litologías y secuencia estratigráfica reconocidas en Itapiru 1. 2) Estratificación cruzada deprimida en arenisca conglomerádica superpuesta por capas de conglomerados. 3) Imbricación en areniscas conglomerádicas. 4) Conglomerados en contacto gradacional normal con areniscas conglomerádicas.

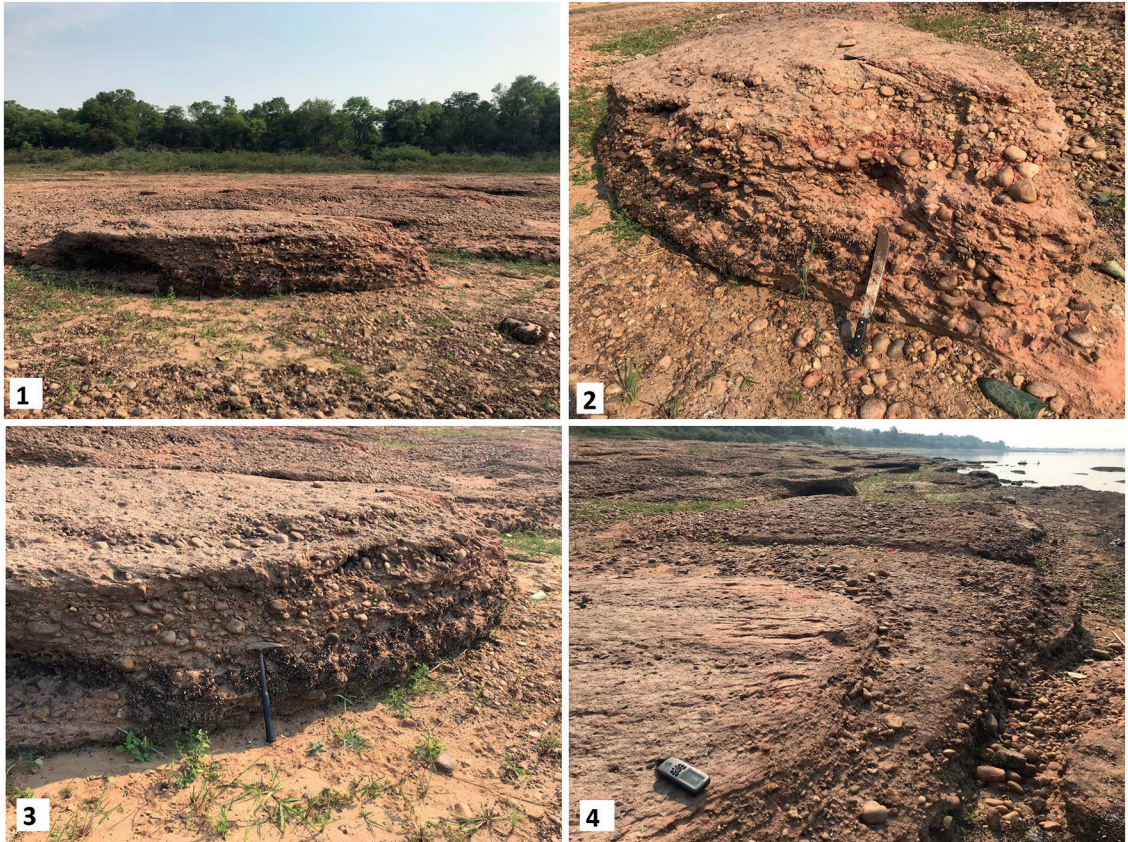


Figura 4. El conglomerado basal en Itapiru 1 a orillas del río Paraguay. **1-2)** Clasto-soportado, con matriz de grano grueso, hematítico. Numerosos clastos fueron desprendidos por denudación fluvial. **2)** Bloques separados por tectonismo y procesos erosivos. **3)** Protuberancia con imbricación patente. **4)** Gradación normal entre conglomerados y areniscas conglomerádicas.

han reconocido lutitas blanco-grisáceas, masivas y afosilíferas (Fig. 3.1). Cruzando el arroyo, sucedáneas a las lutitas, se manifiestan suelos arcillosos residuales aledaños a los promontorios en zona boscosa.

En Itapiru 1 se comprueba una secuencia intercalada de areniscas conglomerádicas (“*pebbly sandstone*”) con estratificación horizontal y con cantos rodados dispersos en su matriz con notable imbricación (Figs. 3.3 y 3.4).

Inmediatamente por debajo, se manifiesta en contacto gradacional el conglomerado basal de la Formación Paraguari (Figs. 4.1-4.4). Según los aspectos texturales reconocidos, se los describe como ortoconglomerados petromícticos, masivos, clasto-soportados, en proporción

aproximada de 60 – 40%; con clastos de cuarzo de veta, ftanitas y cuarcitas que a veces superan los 10 centímetros de diámetro, en una matriz de material clástico de grano grueso, arcósico y con cemento hematítico. Presenta estructura sedimentaria del tipo imbricación, tal como en su localidad tipo.

Infrayaciendo a los conglomerados, se reporta una arenisca conglomerádica con estratificación cruzada e inclinada/deprimida (24° hacia el norte), del tipo “*trough cross-set*” (Cozzi *et al.*, 2012) de espesores no determinados (Fig. 3.2) y con incipiente lajamiento en exposiciones muy escasas.

En principio, se verifica a los conglomerados entre dos estratos de areniscas conglomerádicas.

Esto se interpreta como alternancias de energías de sedimentación, con bancos de depósitos fluviales representados por las areniscas conglomerádicas (Odumodu, 2014) y sedimentos de alto flujo en sistemas fluviales entrelazados que depositaron a las capas de los conglomerados (González y Bartel, 1999).

A las areniscas conglomerádicas dispuestas en la sección de ubicación más inferior, según lo observado en el lugar, condice con la descripción litoestratigráfica de Almeida (2005), cuando escribió acerca de esas rocas, que se tratan de areniscas conglomerádicas de grano grueso a muy grueso; y ese autor se explayó aún más al respecto: estratificación cruzada planar (crestas rectas) de pequeño o mediano porte, originadas por corrientes fluviales en una dirección preferencial.

Cada litofacies en Itapiru 1 (Fig. 5.A.) refleja las condiciones hidrodinámicas específicas en el momento de la sedimentación, y son interpretadas como sigue: 1. Arenisca conglomerádica

con estratificación horizontal e imbricación. Representan los depósitos progradantes y de menor energía de sedimentación en relación a los conglomerados. 2. Conglomerados masivos. Como depósitos de relleno del cauce longitudinales de flujo alto 3. Areniscas conglomerádicas con estratificación planar deprimida. Son bancos fluviales transversales progradantes como relleno de cauce. Rizaduras de crestas rectas (Miall, 1996; Sánchez-Moya y Sopeña, 2015).

El lugar se encuentra muy tectonizado, con diaclasas según NNO – SSE (N10°O); ONO – ESE (N62°O) y subordinadamente ENE – OSO (N83°E) (Fig. 5B). Según González y Bartel (1998), estos juegos de orientaciones corresponden a los pulsos tectónicos activos durante la evolución del *rift* de Asunción.

Se ha reconocido en el lugar bloques dispersos aislados y protuberancias como relictos que se los interpreta como productos erosivos fluviales, regulados inicialmente por los efectos tectónicos. Numerosos cantos rodados fueron

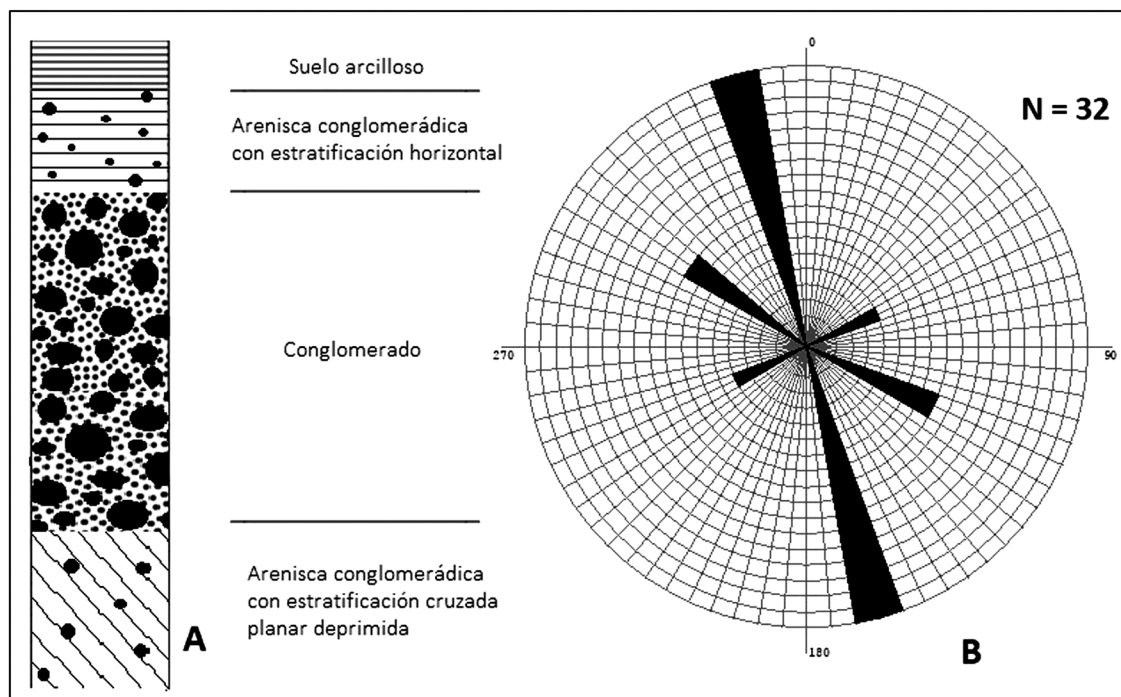


Figura 5. Esquema litoestructural en Itapiru 1. **A)** Sección estratigráfica (no a escala) **B)** Direcciones preferenciales de fracturas.

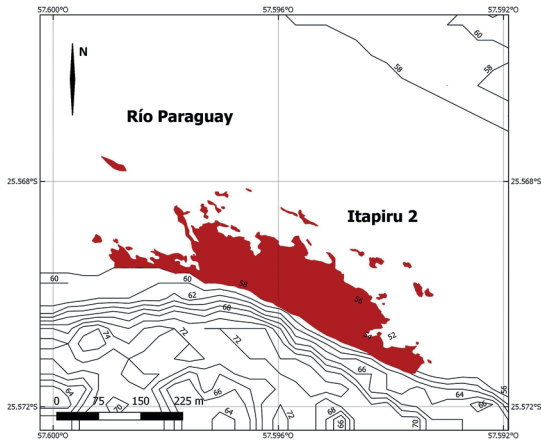


Figura 6. Exposición del macizo rocoso en Itapiru 2.

desprendidos de su contexto original debido a la correntada fluvial, que embiste en sentido suroeste en la curva del río donde se localiza Itapiru 1. Unos pocos escollos aislados del mismo material se encuentran en contacto con el río.

Itapiru 2 (Fig. 6)

En este promontorio se ha comprobado que las rocas son areniscas conglomerádicas con dos tipos diferentes de estratificación cruzada: 1. Inclinada/deprimida (“*trough cross-set*”) hacia el norte (Figs. 7.1 y 7.3), predominante, y que ya fue reconocida en Itapiru 1 por debajo de los conglomerados; y 2. Acanalada (Fig. 7.4). El segundo tipo de arenisca es escaso, al menos en superficie, y se lo ha observado en lugares restringidos por debajo de la primera.

Las litofacies de las areniscas 1 y 2 reflejan siguientes estructuras y determinados tipos de sedimentación: 1. bancos fluviales transversales progradantes como relleno de cauce (Miall, 1996). Rizaduras de crestas rectas (Sánchez-Moya y Sopena, 2015); y 2. bancos transversales, dunas migrantes de bajo flujo. Rizaduras de crestas sinuosas (Miall, 1996; Sánchez-Moya y Sopena, 2015).

En Itapiru 2 los conglomerados y las areniscas están suprapuestas (Figs. 3.3-3.4). Como en Itapiru 1 no fueron reconocidos, se interpreta que ellos fueron erosionados por procesos flu-

viales recientes (Fig. 8A).

Las líneas de diaclasas son según NNO – SSE (N10°O); ONO – ESE (N62°O) (Fig. 8B)



Figura 7. Itapiru 2 1) Areniscas conglomerádicas con estratificación cruzada deprimida. 2) Lajamiento incipiente. 3) Bloques de areniscas conglomerádicas desgarrados del macizo principal. Peñascos en el río. 4) Arenisca conglomerádica con estratificación cruzada acanalada.

y guardan semejanza con Itapiru 1. Por tal razón, y por la cercanía entre ambos, se considera que fueron afectados por los mismos eventos tectónicos.

Numerosos bloques desprendidos se encuentran dispersos en el lugar, como consecuencia de los procesos erosivos posteriores a la deformación del macizo. Se ha realizado un conteo de islotes en el río por medio de imágenes satelitales, y son como una veintena, en mayor cantidad que en Itapiru 1, alargados, cuyos ejes máximos de elongación se alinean según los elementos estructurales de los macizos y de la dirección del río en la zona (Fig. 6 y 7.3).

El lajamiento leve observado en la superficie superior de estas rocas (Fig. 7.2) señala meteorización física, mecánica por descompresión, lo cual insinúa exhumación por eliminación de carga litostática.

Discusión

En Itapiru 1 y 2 se han comprobado manifestaciones de rocas silicoclásticas intercaladas, del

tipo conglomerados y areniscas conglomerádicas de espesores indeterminados. Por las descripciones texturales de estos materiales y por el escenario geológico regional, se los relaciona con la Formación Paraguari (Fig. 9). Esta secuencia de rocas se ajusta al modelo estratigráfico para la base del Grupo Caacupe, de Almeida (2005).

El ambiente sedimentario corresponde a uno fluvial del tipo entrelazado, con cuatro litofacies reconocidas y que se las describe en secuencia, desde la porción superior hacia el interior del macizo rocoso: 1. arenisca conglomerádica con estratificación horizontal e imbricación de clastos (sección progradante y gradacional normal de los conglomerados infrayacentes). 2. Conglomerado masivo, similar a aquellos que aparecen en la Formación Paraguari (régimen de flujo paróxico, depósitos de relleno longitudinal del cauce). 3. Arenisca conglomerádica con estratificación planar deprimida (bancos transversales progradantes) con crestas rectas. 4. Arenisca conglomerádica con estratificación

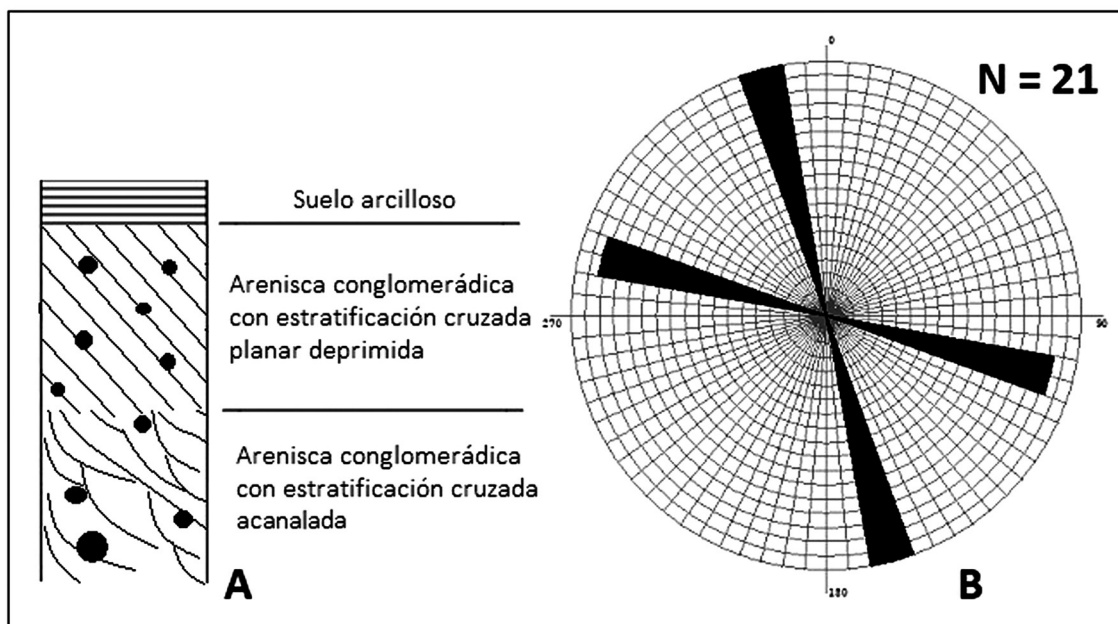


Figura 8. Esquema litoestructural en Itapiru 2. **A)** Sección estratigráfica (no a escala). Una secuencia de areniscas conglomerádicas con diferentes tipos de estratificación, que derivan de los diferentes regímenes de flujo. **B)** Orientación de estructuras características del desplazamiento del rift de Asunción (González y Bartel, 1998).

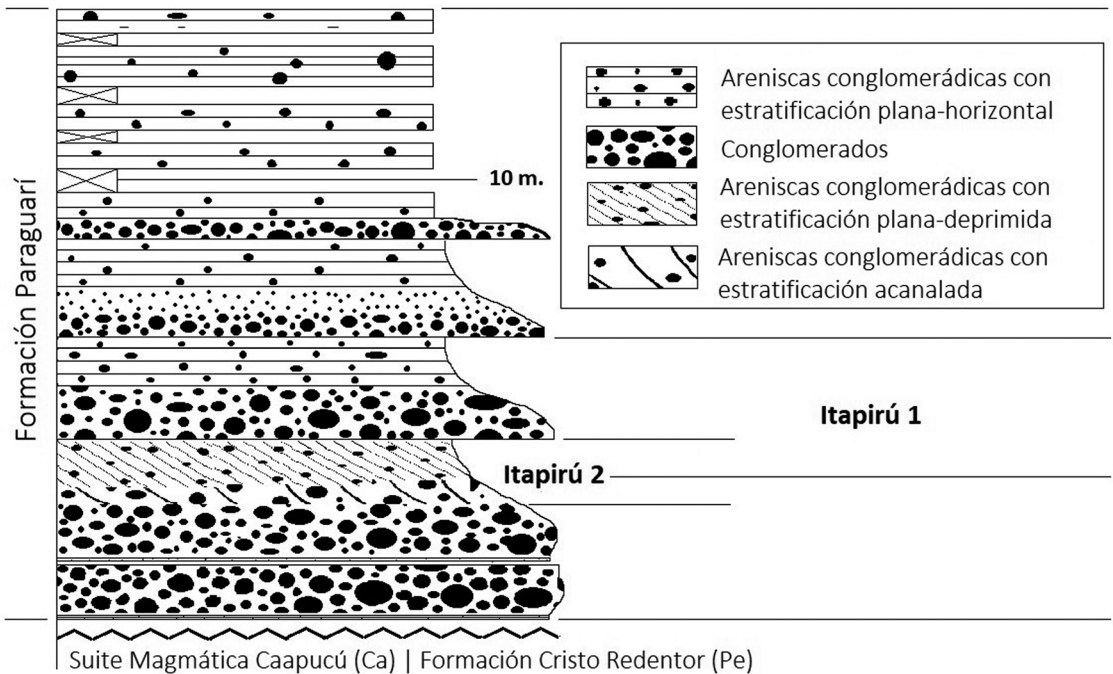


Figura 9. Esquema litoestratigráfico de la Formación Paraguari y en él, las rocas reconocidas en Itapiru 1 y 2 (modificado de Almeida, 2005).

acanalada (bancos transversales progradantes, dunas migrantes en estadios de flujos bajos) con crestas sinuosas.

El sentido de las estructuras en ambos promontorios señala deformación del Jurásico – Cretácico, característico del *rift* de Asunción. La secuencia en Itapiru 2 se encuentra más erosionada que la que aparece en Itapiru 1.

En las localidades de Villeta, Nueva Italia y alrededores, se han observado unidades geológicas del Grupo Caacupe del tipo Formación Cerro Jhû y Tobati, y con este reconocimiento de los conglomerados se completa de toda la serie del Grupo en la zona. Los conglomerados de Itapiru se sitúan casi en los mismos paralelos geográficos que los conocidos en Paraguari, y se constituye en una manifestación muy occidental de los ya reportados anteriormente.

Literatura

Almeida, R.P. (2005). *Tectónica e sedimentação do Ediacarano a Ordoviciano: Exemplos*

do Supergrupo Camacua (RS) e do Grupo Caacupe (Paraguai Oriental). Tesis de Doutoramiento. Universidad de São Paulo (USP) - Instituto de Geociências. xi + 203.

Assine, M.L. (2001). O ciclo Ordoviciano/Siluriano na Bacia do Parana e correlação em outras bacias Gondwânicas. Pp. 9–17, in Melo, J.H. & Terra, G.J.G. (Eds.). *Correlação de Seqüências paleozóicas sul-americanas*. PETROBRAS / CENPES: Rio de Janeiro. Série Ciência-Técnica-Petróleo - Seção Exploração de Petróleo, 20: 222 pp.

Cozzi, A., Rea, G. & Craig, J. (2012). From global geology to hydrocarbon exploration: Ediacian – Early Cambrian petroleum plays of India, Pakistan and Oman. Pp. 131–162, in Bhat, G. M., Craig, J., Thurow, J. W., Thusu, B. & Cozzi, A. (Eds.). *Geology and Hydrocarbon Potential*

- of Neoproterozoic–Cambrian Basins in Asia*. Geological Society, London, Special Publications, 366: viii + 1–304.
- Odumodu, C.F. (2014). Pebble form indices as signatures of the depositional environment of the Benin Formation along Atamiri River, Uli, South-Eastern Nigeria. *International Journal of Scientific & Technology Research*, 3(1): 23–32.
- Dionisi, A. (1999). *Mapa Geológico de la República del Paraguay. Hoja Caacupe 5470*. Asunción, Paraguay: Dirección del Servicio Geográfico Militar. 30 pp.
- Eckel, E. (1959). Geology and mineral resources of Paraguay – a reconnaissance. *Geological Survey Professional Papers*, 327: v + 1–110.
- Gadea, M., García, L., Godoy, I., Robles, D., Olmedo, I., Guillén, L., Britez, L., Caballero, M. & Benítez, P. (2020). Glaciación en el Ordovícico Superior: el registro litológico en Paraguay del evento geológico responsable de la primera extinción masiva. *Boletín del Museo Nacional de Historia Natural del Paraguay*, 24(1): 21–27.
- Geoconsultores. (1998). *Potencial de Hidrocarburos del Paraguay (áreas de interés prioritario para exploración). Tomo I*. Asunción. Paraguay: Servicio de Consultoría en Apoyo al Sector de Hidrocarburos del Paraguay. 98 pp.
- Godoy, I.S. (2019). *Explotación Sustentable de los Recursos Físicos en el Sector Meridional del Departamento Central*. Tesis de Grado. San Lorenzo, Paraguay: FaCEN-UNA. 66 pp.
- González, M. E. & Bartel, W. (1998). *Mapa Geológico de la República del Paraguay. Hoja Paraguari 5469*. Texto Explicativo. Asunción, Paraguay: Dirección del Servicio Geográfico Militar. 42 pp.
- Harrington, H.J. (1950). Geología del Paraguay Oriental. *Contribuciones Científicas de la Facultad de Ciencias Exactas, Físicas y Naturales, Serie E, Geología*, 1: 1–88.
- Harrington, H.J. (1972). Silurian of Paraguay. Pp. 41–50, in Berry, W.B.N. & Boucot, A.J. (Eds.). Correlation of the South American Silurian Rocks. *The Geological Society of America Special Papers*, 133: 1–59 + 3 maps.
- Huang, W. (1980). *Petrología*. Primera Edición en Español. Mexico DC, Mexico: Unión Tipográfica Editorial Hispano-Americana. 246 pp.
- Miall, A. (1996). *The Geology of Fluvial Deposits: Sedimentary Facies, Basin Analysis, and Petroleum Geology*. Berlin, Heidelberg, Germany: Springer Verlag. xvi + 582 pp.
- Miall, A. (2014). *Fluvial Depositional Systems*. Springer Geology. Cham, Switzerland: Springer. ix + 316 pp.
- Orué, D. (1996). Síntese da geologia do Paraguai Oriental, com ênfase para o magmatismo alcalino associado. *Dissertação de Mestrado*. São Paulo, Brasil: Instituto de Geociências, Universidade de São Paulo. xi + 203 pp.
- Pettijohn, F. (1980). *Rocas Sedimentarias*. 4ª edición. Buenos Aires, Argentina: Eudeba. 731 pp.
- Proyecto PAR 83/005, (1986). *Mapa Geológico del Paraguay*. Texto Explicativo. Asunción, Paraguay: Dirección del Servicio Geográfico Militar. iii + 2 pp.
- Putzer, (1962). *Geologie von Paraguay*. Beiträge zur Regionalen Geologie der Erde, 2. Berlin, Germany: Borntraeger Science Publishers. xii + 184 pp.
- Rotela, G. (2016). *Sedimentología y estratigrafía de las manifestaciones de sedimentos glaciógenos en el intervalo Ordovícico-Silúrico en el departamento Central del Paraguay y su correlación con la Formación Boquerón*. Trabajo de grado. San Lorenzo, Paraguay:

- Facultad de Ciencias Exactas y Naturales, Universidad Nacional de Asunción. 42 pp.
- Salinas, N., Rotela, G. & Cubas, N. (2019). Reconocimiento preliminar de diamictitas aflorantes en la localidad de Takuruty, Villeta. *Reportes Científicos de la FaCEN*, 10(2): 91–100.
- Sánchez-Moya, Y & Sopeña, A. (2015). Aprendiendo a leer en las estratificaciones cruzadas. *Enseñanza de las Ciencias de la Tierra*, 23(2): 148.
- Scasso, R.A. & Limarino, C.O. (1997). Petrología y Diagénesis de Rocas Clásticas. 2ª Edición. *Publicaciones Especiales de la Asociación Argentina de Sedimentología*, 1: xii + 257 pp.
- Wolfart, V.R. (1961). Stratigraphie und Fauna des älteren Paläozoikums (Silur, Devon) in Paraguay. *Geologisches Jahrbuch*, 78: 29–102.