

Un acercamiento a la geología del Cerro Yaguarón

An approach to the geology of Yaguaron Hill

Romina Mariel Celabe Gaona¹ , Moisés Alejandro Gadea Villalba¹ ,
Néstor Damián Salinas Franco¹ 

¹ Universidad Nacional de Asunción, Facultad de Ciencias Exactas y Naturales. San Lorenzo, Paraguay.

Autor correspondiente: rominacelabe@facen.una.py

Resumen: El Cerro Yaguarón es una meseta conformada por areniscas rojas del Grupo Asunción. Se constituye como un cerro testigo localizado en el Arco de Asunción, en el segmento occidental del *Rift* de Asunción. Su forma de meseta se originó por un modelado erosivo por avulsión, posterior a la epirogénesis vertical positiva en la reactivación del Arco de Asunción durante del Ciclo Tectónico Andino en el Cenozoico Inferior.

Palabras clave: Arco de Asunción, cerro testigo, relicto de erosión.

Abstract: The Yaguaron Hill is a plateau made up of red sandstones from the Asunción Group. It is constituted as a witness hill located in Asunción Arch, in the western segment of the Asunción *Rift*. Its plateau shape originated from an erosive modeling by avulsion, after the positive vertical epirogenesis of reactivation the Asunción Arch during of the Andean Tectonic Cycle in the Lower Cenozoic.

Keywords: Asunción Arch, witness hill, erosion relict.

1. INTRODUCCIÓN

El Cerro Yaguarón ha sido desde hace muchos años un lugar muy concurrido, tanto por visitantes locales como por extranjeros, en vista de que posee



múltiples atractivos, especialmente en lo que hace a los aspectos paisajísticos, culturales y geológicos, y que actualmente se encuentra incorporado como uno de los potenciales geositos dentro del primer proyecto de geoparque en el país^(1,2). Con relación a su geología, las descripciones en la literatura preexistente son muy escasas y generales, por lo que el objetivo del presente trabajo de investigación se basa en realizar la identificación de la litología del Cerro Yaguarón, así como su geomorfología y las estructuras sedimentarias presentes, para que de ese modo se pueda complementar la información científica disponible sobre dicha zona.

El área de estudio se encuentra localizada en el distrito de Yaguarón con una superficie total de 192 km², situado en el departamento de Paraguari, en la Región Oriental de la República del Paraguay a 48 km de Asunción. El cerro se emplaza aledaño al casco urbano de la ciudad de Yaguarón hacia el flanco suroeste (Figura 1), según las coordenadas geográficas 25°34'17''S, 57°17'40''O. El principal acceso al cerro es la Ruta Internacional N°1 Mariscal Francisco Solano López, la cual le brinda facilidad para una afluencia masiva durante casi todo el año.

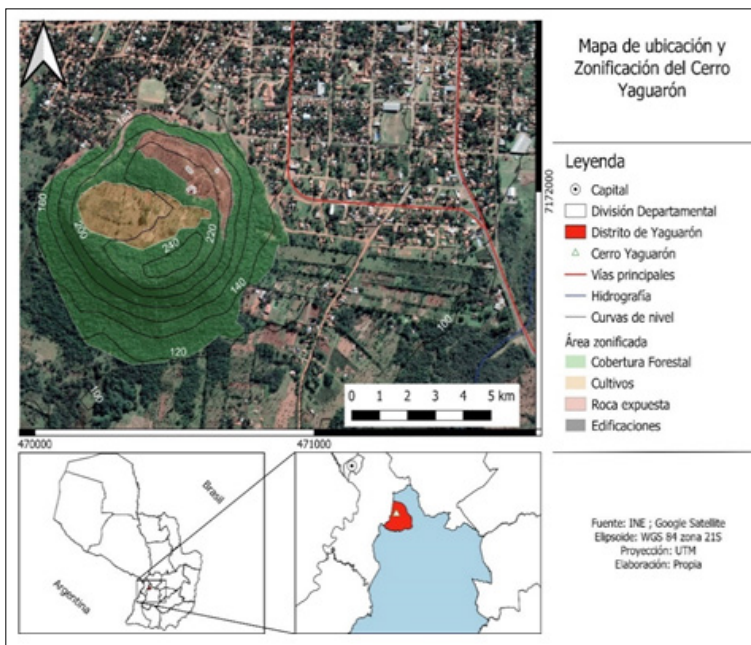


Figura 1. Mapa de localización del Cerro Yaguarón.

Fuente: Propia de los autores.

En relación a la geología, este cerro está conformado por rocas del tipo arenisca que fue inicialmente descrita por Harrington⁽³⁾ como una roca de color rojo oscuro, de grano mediano a grueso y los gránulos de cuarzo altamente redondeados, con matriz arcillosa-hematítica, silicificada por acción hidrotermal. El mismo autor la relacionó con la Formación Misiones, también Eckel et al.⁽⁴⁾, Anónimo⁽⁵⁾ y The Anschutz Co.⁽⁶⁾ compartieron esta definición.

Posteriormente, fue reclasificada de Formación Misiones (Jurásico) a Formación Patiño (Cretácico), categorizado con este nombre por Spinzi⁽⁷⁾ pero solo refiriéndose a la secuencia conglomerática y fanglomerática aflorante de los alrededores del Cerro Patiño, Itauguá. En el texto explicativo correspondiente a la Hoja Geológica de Paraguari, escrito por González et al.⁽⁸⁾, se menciona a la secuencia como relleno de una fosa denominada Graben de Ypacaraí⁽⁹⁾ y asignándola al Grupo Asunción, teniendo en cuenta que esta nominación primero fue utilizada por Gómez⁽¹⁰⁾. En el trabajo citado, se describe a esta Formación como rocas poco consolidadas y friables, excepto en los cerros con alta silicificación (cerros Yaguarón y Curupayty, Yaguarón), con fanglomerados basales y en el techo areniscas de granulometría fina, muy buena selección y redondez.

La tectónica es un aspecto muy relevante en cuanto al origen y evolución del Cerro Yaguarón, y se menciona como principal configurador del paisaje al *Rift* de Asunción, este es un sistema tectónico distensional intracontinental, de dirección local preferencial NO-SE, de fallas normales y dislocamiento diferenciado de sus bloques componentes⁽⁸⁾ y se trata de una estructura asociada genéticamente a la separación de Gondwana y consecuente a la apertura del Atlántico Sur denominado Ciclo Tectónico Sudatlántico que reestructura la Cuenca del Paraná⁽¹¹⁾.

En el trabajo de Velázquez et al.⁽¹³⁾, se señala que el *Rift* de Asunción presenta tres segmentos: El segmento occidental NO-SE con aproximadamente 90 km de longitud desarrollándose hacia el SE desde los alrededores de Asunción entre Benjamín Aceval y Paraguari con expresivas anomalías gravimétricas y magnetométricas; el segmento central con orientación E-O de Paraguari a Villarrica, con aproximadamente 75 km de longitud; y el segmento oriental instalado a partir de Villarrica hacia el sureste en un trecho menos definido, nuevamente la orientación es NO-SE hasta la región de la cordillera del Ybyturu, con extensión de 40 km (Figura 2). A partir de estudios realizados de diques, fallas y diaclasas, diversos autores⁽⁸⁻¹³⁾ proponen que el *rift* fue generado bajo régimen tectónico.

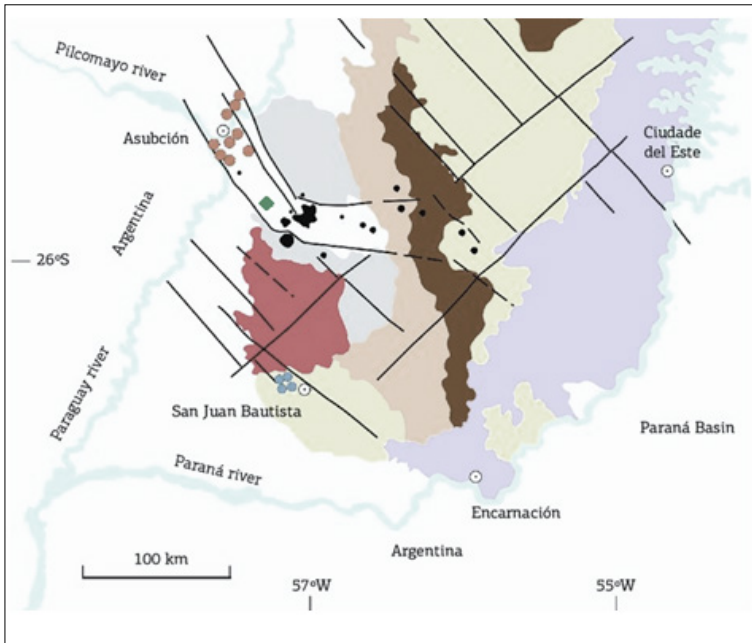


Figura 2. Mapa geológico esquemático de la región centro sur del Paraguay mostrando el Rift de Asunción como una estructura limitada por lineamientos. El *diamante verde* muestra la ubicación del Cerro Yaguarón en el centro de esta estructura.

Fuente: Modificado de Gomes et al.⁽¹²⁾

El Rift de Asunción vuelve a reactivarse durante el Ciclo Tectónico Andino (Paleógeno), proporcionándole su morfología actual. La reactivación profunda de las estructuras existentes y la formación de nuevas direcciones, permite el emplazamiento de magmatitas alcalinas de edad principalmente Eocénica con forma de *stocks* y diques en la estructura tectónica general⁽⁸⁾. La morfología del rift posterior al Ciclo Tectónico Andino, fue modelada por erosión y redepositada en los valles como sedimentación subsecuente hasta la actualidad⁽⁸⁾.

González et al.⁽⁸⁾ menciona al Cerro Yaguarón como un cerro testigo, con alta silicificación por efecto de intrusiones ígneas locales. Muñoz⁽¹⁴⁾ describe un cerro testigo como el producto de la última fase del proceso evolutivo de modelado por erosión, donde se amplían los surcos donde afloran los materiales blandos subyacentes, y en la correlativa disminución del tamaño de las mesetas, las cuales pueden llegar a reducirse a relieves puntuales y aislados definibles.

Considerando esto, se argumenta que el cerro Yaguarón fue modelado en consecución a los siguientes procesos geológicos; primeramente, el relleno de la fosa (Graben de Ypacaraí) durante el establecimiento del *Rift* de Asunción y conformación de las litologías integrantes del Grupo Asunción; seguidamente, epirogénesis vertical positiva del Grupo Asunción en la reactivación del Arco de Asunción⁽¹³⁾ durante el Ciclo Tectónico Andino en el Cenozoico Inferior. El mismo es modelado por decapitamiento (avulsión) luego del levantamiento del arco mencionado, en donde las rocas de mayor resistencia han permanecido ante los procesos de denudación regional. Por último, se produce la configuración geomórfica del Cerro Yaguarón durante el Cenozoico.

2. MATERIALES Y MÉTODO

El estudio fue realizado en gabinete y en el campo. En la primera etapa se realizaron la recopilación de la literatura existente y confección de mapas geográficos, altimétricos y de perfiles del macizo rocoso, utilizando el *software Qgis*. En segundo término, el trabajo de campo consistió en el reconocimiento geomorfológico y litológico del cerro, así como su descripción y de las estructuras sedimentarias observadas.

3. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

En muestras tomadas en la base del Cerro Yaguarón, se observa arenisca arcósica de grano fino, y según las observaciones texturales se la describe con mala selección granulométrica y buena selección mineralógica. La fracción clástica alcanza aproximadamente en contenido a un 70 a 80% del total, por lo cual la roca es clasto-soportada. Cualitativamente, se la observa muy porosa y silicificada, se reconoce la presencia de biotita como accesorio y precipitados químicos secundarios de pirolusita. Los clastos se presentan redondeados a subredondeados y su matriz es del tipo arcilloso. En la misma, además se visualizan fragmentos líticos máficos. En zonas restringidas, especialmente en el sector central del cerro, las muestras analizadas exhiben una granulometría menor en relación con los otros extremos del cerro.

Según las observaciones macroscópicas de las rocas en la zona del techo del Cerro Yaguarón, se ha comprobado una silicificación importante y la misma aporta un brillo de mayor intensidad a la roca en comparación con las muestras anteriores, que se presentan más opacas. La granulometría va decreciendo de la base al techo, indicando que el flujo de energía de depositación va disminuyendo en forma notoria. Las muestras tomadas de los tres puntos presentan una coloración rojo índigo debido a precipitados químicos de hematita, que indican un ambiente continental, oxidante (Figura 3).



Figura 3. Arenisca correspondiente a la litología del Cerro Yaguarón.
Fuente: Propia de los autores.

Con respecto a la geomorfología, el Cerro Yaguarón presenta una morfología de meseta, que según Easterbrook⁽¹⁵⁾ se trata de un accidente geográfico consistente en una elevación que presenta una cima plana, con acantilados abruptos.

Las mesetas se forman por la meteorización y erosión de rocas estratificadas horizontalmente, levantadas por la actividad tectónica. Las variaciones en la capacidad de los diferentes tipos de rocas para resistir la intemperie y por ende la erosión es lo que causa que los tipos de rocas más débiles sean erosionados, dejando las rocas más resistentes topográficamente más altas en relación a su entorno. Este proceso se denomina erosión diferencial⁽¹⁵⁾.

El Cerro Yaguarón se extiende con una superficie de base aproximada de 49 hectáreas, y en su cima con 12 hectáreas. El eje máximo de elongación de la meseta mide 585 metros, con una orientación ONO-ESE (Figura 4). Su cima es horizontal, y sus vertientes empinadas hacia los flancos.

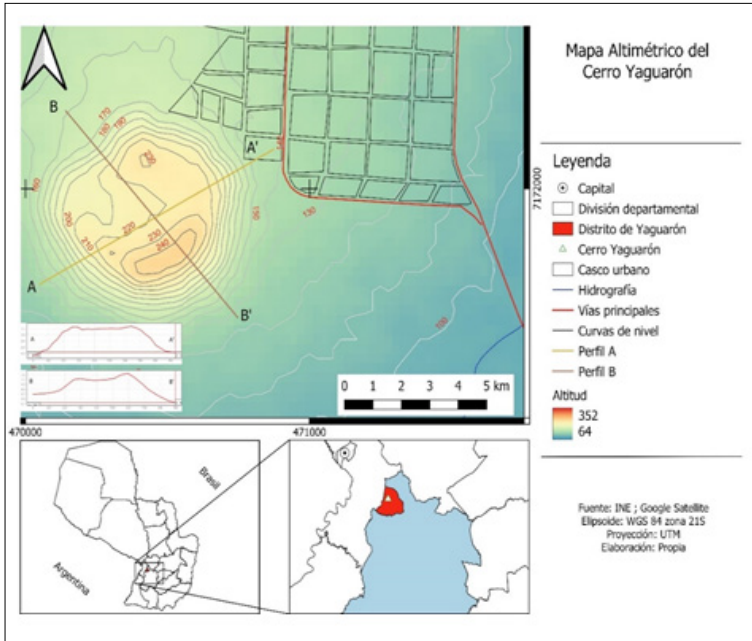


Figura 4. Mapa de elevación y corte topográfico del cerro Yaguarón.
Fuente: Propia de los autores.

3.1. Estructuras Sedimentarias

Según Martini citado por Gutiérrez⁽¹⁶⁾, las superficies de las rocas pueden estar afectadas por meteorización diferencial, y esta puede dar lugar al desarrollo de distintos tipos de microformas. Todas ellas pueden encontrarse en un mismo afloramiento rocoso.

a) Grietas de desecación

Las mismas fueron identificadas en la cima del Cerro Yaguarón (Figura 5A). Las grietas de desecación en rocas sedimentarias indican depositación superficial en ambientes de sequías periódicas⁽¹⁷⁾.

b) Alveolos

En la parte basal del cerro Yaguarón, se encontraron dispuestos grandes bloques desprendidos de arenisca silicificada; el mismo material que compone al cerro mencionado. En ellos se observaron pequeñas oquedades

circulares de escasos centímetros de diámetro, no muy alejadas entre sí (Figura 5B). Las mismas se describen como alveolos. Gutiérrez⁽¹⁶⁾ los define como oquedades redondeadas, de tamaño centimétrico que en ocasiones acribillan la roca por completo. Según el mismo autor, también se observan sobre bloques desprendidos. Su origen es controvertido y se atribuyen a la erosión eólica. Mottershead citado por Gutiérrez⁽¹⁶⁾ señala una velocidad mínima de meteorización de 1 mm/año para la formación de los mismos.

c) Ondulitas (*ripple marks*)

Así como las grietas de desecación, las ondulitas o *ripple marks* se observaron en la zona de la cima del cerro estudiado (Figura 5C). Las mismas presentan formas notablemente asimétricas. Monroe y Wicander⁽¹⁸⁾ describen la formación de las ondulitas como producidas por la acción del agua o viento sobre la arena cuando este formaba un depósito no consolidado, generando una estructura sedimentaria. El agua propiamente dicha y el aire forman *ripple marks* con caras asimétricas, pero el oleaje, con sus oscilaciones desarrolla marcas que se presentan en forma simétrica. Estas estructuras señalan que la cima del cerro se encontraba, si no en la base misma de la superficie, en cotas inferiores, donde existía al menos un curso hídrico.

d) Tafoni

La “Huella de Santo Tomás”, asociada durante generaciones a una huella (icnita) humana según la creencia popular, se encuentra en el sustrato rocoso en la cima del Cerro Yaguarón. La misma se presenta en forma de una cavidad con una morfología que, aunque aparenta semejanza con una icnita humana, es observable una gradación erosiva en la oquedad, siendo la parte central más profunda que correspondería a una estructura del tipo tafoni (Fig.5D). Gutiérrez⁽¹⁶⁾ describe los tafonis como secciones circulares o elípticas, excavadas por erosión; en las areniscas se originan en zonas de menor cementación. En el interior de estas oquedades no suelen existir detritos o rellenos arenosos porque el material disgregado es fácilmente evacuado por deflación eólica o por acción de las aguas. Estas estructuras están asociadas por su génesis a los alveolos.

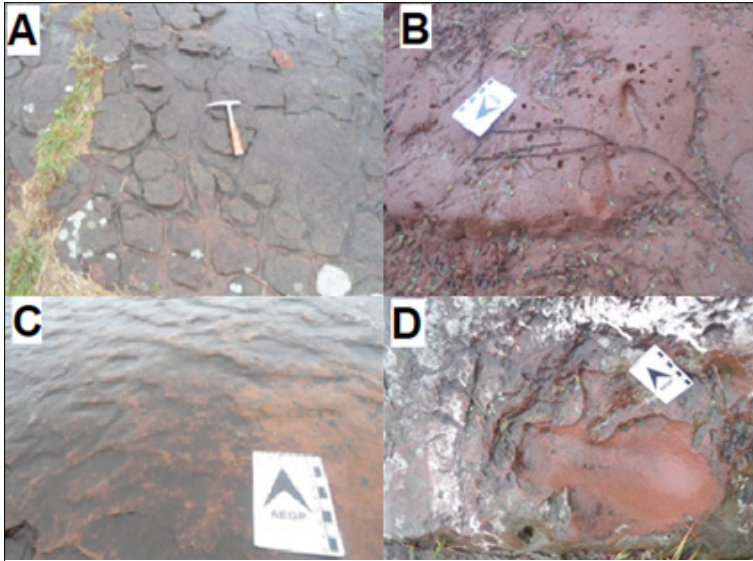


Figura 5. Estructuras sedimentarias presentes en el Cerro Yaguarón: (A) Grietas de desecación en la cima del cerro; (B) Alveolos dispuestos en la base del cerro; (C) Ondulitas o *Ripple Marks* en la cima del cerro; (D) “Huella de Santo Tomás”, una estructura tipo tafoni en la cima del cerro. Fuente: Propia de los autores.

4. CONCLUSIÓN

Las areniscas observadas en el Cerro Yaguarón se presentan de forma masiva principalmente, e indican un ambiente oxidante y continental, por la coloración rojiza producto de la hematita. Por medio de las estructuras sedimentarias reconocidas, se deduce que las rocas fueron sedimentadas en ambientes fluviales, y las mismas se localizan en el escenario geológico del Grupo Asunción, depositado bajo un régimen tectónico intracontinental correspondiente al *Rift* de Asunción.

Posterior a la sedimentación, el *rift* se reactiva durante el Ciclo Tectónico Andino, el cual genera un movimiento vertical, acompañado de intrusiones magmáticas, que han silicificado las areniscas integrantes del cerro, confiriéndole así resistencia ante los procesos erosivos posteriores y permaneciendo como cerro testigo con forma de meseta.

CONTRIBUCIÓN DE LOS AUTORES

RC: Búsqueda de literatura, recolección y análisis de datos, redacción del manuscrito; MG: Análisis de datos, edición y revisión del manuscrito; NS: Elaboración de mapas, edición y revisión del manuscrito.

CONFLICTO DE INTERÉS

Los autores declaran no tener conflicto de interés con respecto al presente artículo de investigación.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. López D, Salinas N, Celabe R, Espínola C, Ayala H, Velazquez C, Riquelme G, Rivela J. Recorridos guiados por patrimonios geológicos para el ciclo escolar básico y el nivel medio en la educación paraguaya. In Memorias de las Jornadas Nacionales y Congreso Internacional en Enseñanza de la Biología. 2021; 3(Extraordinario):39-41
2. Salinas N, López D, Celabe R, Ayala H, Velázquez C, Espínola C. Evaluación preliminar del valor científico de geositos propuestos para un proyecto de geoparque en Paraguay. III Jornadas Científicas de Geología del Paraguay. Asociación de Geólogos del Paraguay; 2021.
3. Harrington, HJ. Geología del Paraguay oriental. Universidad de Buenos Aires, Fac. Cs. Exactas y Naturales, Contribuciones Científicas, Serie E, Geología 1. 1950;1-88.
4. Eckel EB, Charles M, Tirado P. Geology and mineral resources of Paraguay a reconnaissance, with sections on Igneous and metamorphic rocks and soils. Geological Survey Professional Paper. 1959;327.
5. Ministerio de Obras Públicas y Comunicaciones. Cuadrícula 40 Itá y Cuadrícula 41 Coronel Oviedo, Plan de Prospección Geológica y Mineral. Asunción: MOPC, Dirección de Recursos Minerales; 1966.
6. The Anschutz Co. Geological map eastern Paraguay 1:500.000 TAC int. Rep. San Lorenzo: Archivo DRM-MOPC; 1981.
7. Spinzi AM. Consideraciones sobre una formación de conglomerados en Areguá y alrededores. Informes Científicos, ICB – UNA. 1983;4.

8. González M, Bartel W, Lahner L, Wiens F. Texto explicativo del mapa geológico de la República del Paraguay, Escala 1:1.000.000. Hoja Paraguairí 5469. Asunción: MOPC, Dirección de Recursos Minerales, Instituto Federal de Geociencias y Recursos Naturales (BGR). 1998.
9. Degraff JM, Franco R, Orué D. Interpretación geofísica y geológica del valle de Ypacaraí (Paraguay) y su formación. Revista de la Asociación Geológica Argentina. 1981;36(3):240-256.
10. Gómez D. Consideraciones morfoestructurales y estratigráficas de la Antiforma de Asunción y su relación con la Exploración de Aguas Subterráneas. Primer Simposio sobre aguas subterráneas y perforación de pozos en el Paraguay. Asunción, 1991.
11. Carvallo F, Villar F. Acuífero Patiño, Fuente de Agua Estratégica del Gran Asunción. Revista de la Facultad de Ciencias y Tecnologías. 2016(7);51-77.
12. Gomes C de B, Comin-Chiaramonti P, Velázquez VF. A synthesis on the alkaline magmatism of Eastern Paraguay. Brazilian Journal Geology [Internet]. 2013;43(4):745-61. Disponible en: <http://bjg.siteoficial.ws/2013/n.4/m.pdf>
13. Velázquez VF, Riccomini C, Gomes C, de Figueredo L, Figueredo C. Relaciones tectónicas del magmatismo alcalino del este de Paraguay. Revista do Instituto Geológico. 1998;19(1-2):43-49.
14. Muñoz J. Geomorfología General. 3ª ed. Madrid: Síntesis; 2000.
15. Easterbrook D. Surface Processes and Landforms. Upper Saddle River, NJ: Prentice Hall; 1999.
16. Gutiérrez M. Geomorfología. Madrid: Pearson Educación. 2008.
17. Carenas M, Giner J, González J, Pozo M. Geología. 3ª ed. Madrid: Paraninfo, 2014.
18. Monroe J, Wicander R. The Changing Earth: Exploring Geology and Evolution, 2ª ed. Belmont: West Publishing Company; 1997.