

PRIMER REGISTRO DE DOLINAS EN ARENISCAS DEL PARAGUAY Y SU IMPORTANCIA HIDROGEOLÓGICA Y TURÍSTICA PARA LA REGIÓN

FIRST RECORD OF DOLINES IN SANDSTONE IN PARAGUAY AND ITS HYDROGEOLOGICAL AND TOURISTIC IMPORTANCE FOR THE REGION

VICTOR FILIPPI^{1,2}; SONIA MOLINAS¹

¹Dirección de Investigación, Facultad de Ciencias Exactas y Naturales de la Universidad Nacional de Asunción. ²E-mail: acrosinum@gmail.com

Resumen: Se da a conocer el primer registro de dolinas en el Paraguay, constituidas por rocas de areniscas pertenecientes a la Formación Aquidabán, correlativas con la Formación Aquidauana del Brasil de edad Carbonífera. Se expone su importancia como acuífero local y como atractivo turístico teniendo en cuenta su proximidad con Mato Grosso do Sul conocida por su turismo de naturaleza y aventura.

Palabras clave: dolinas, hidrogeología, Bella Vista Norte, Paraguay, arenisca.

Resumen: The first record of dolines from Paraguay is given. They occur in sandstone belonging to the Aquidaban Formation, correlative with the Carboniferous Aquidaban Formation of Brasil. Its importance as local aquifer and as touristic attractive is exposed, taking into account its proximity to Mato Grosso do Sul, a region well known for its nature and adventure tourism.

Keyword: dolines, hydrogeology, Bella Vista Norte, Paraguay, sandstone.

INTRODUCCIÓN

Sistemas kársticos son conocidos en el Paraguay en localidades cercanas a la ciudad de Vallemí en el departamento de Concepción, formadas en las rocas del Grupo Itapucumí de edad Ediacariana y de composición mayoritariamente calcáreas, otras “cavernas” pero construidas en areniscas son conocidas en la localidad de Tobatí en rocas de la Formación Tobatí, de edad Silúrica. Una revisión de la arquitectura de estas “cavernas” indica que son productos de colapsos y no de disolución como en el caso de los karst. En el Paraguay no existen registros de dolinas en areniscas como las que ocurren en las localidades de Jardín y Bonito (MS) en Brasil (William SallunFilho & Ivo Karmann, 2007).

Las dolinas denominadas Ojo de Mar y Kururu Kua ubicadas en la localidad de Rinconada, Bella Vista Norte, Departamento del Amabay, la primera con una profundidad de 18m y la segunda se ha alcanzado en buceos la profundidad de 80m, pero aún continua con profundidad total desconocida, constituyen las primeras dolinas descritas en areniscas y con reserva de agua en este tipo de estructura geomorfológica.

MATERIALES Y MÉTODOS

Se llevó a cabo una campaña de exploración a la dolina Ojo de Mar y dos campañas a la dolina de Kururu Kua en las localidades de Rinconada, Bella Vista Norte, Departamento de Amambay (Fig. 1) en las que se realizaron buceos técnicos a profundidades de 18 y 80m respectivamente. En la primera fase de exploración al Kururu Kua los buceos fueron realizados con equipos de aire comprimido, en cambio, en la segunda fase fue utilizada una mezcla Trimix. A cada 10 metros se tomaron muestras de rocas para la caracterización litológica. En el interior de la dolina se tomaron datos de direcciones de las fracturas (Culver, D., White, W., 2005). Se consultaron datos de pozos en localidades cercanas para la captación de aguas subterráneas a fin de tener una idea sobre la distribución del acuífero en subsuelo.

MARCO GEOLÓGICO

Grupo Itapucumí

El Grupo Itapucumí de edad Ediacariana se encuentra constituido por las formaciones Vallemí, Camba Jhopo, Tagatiya Guazú y Cerro Curuzu, posee una potencia superior a los 400m y de composición

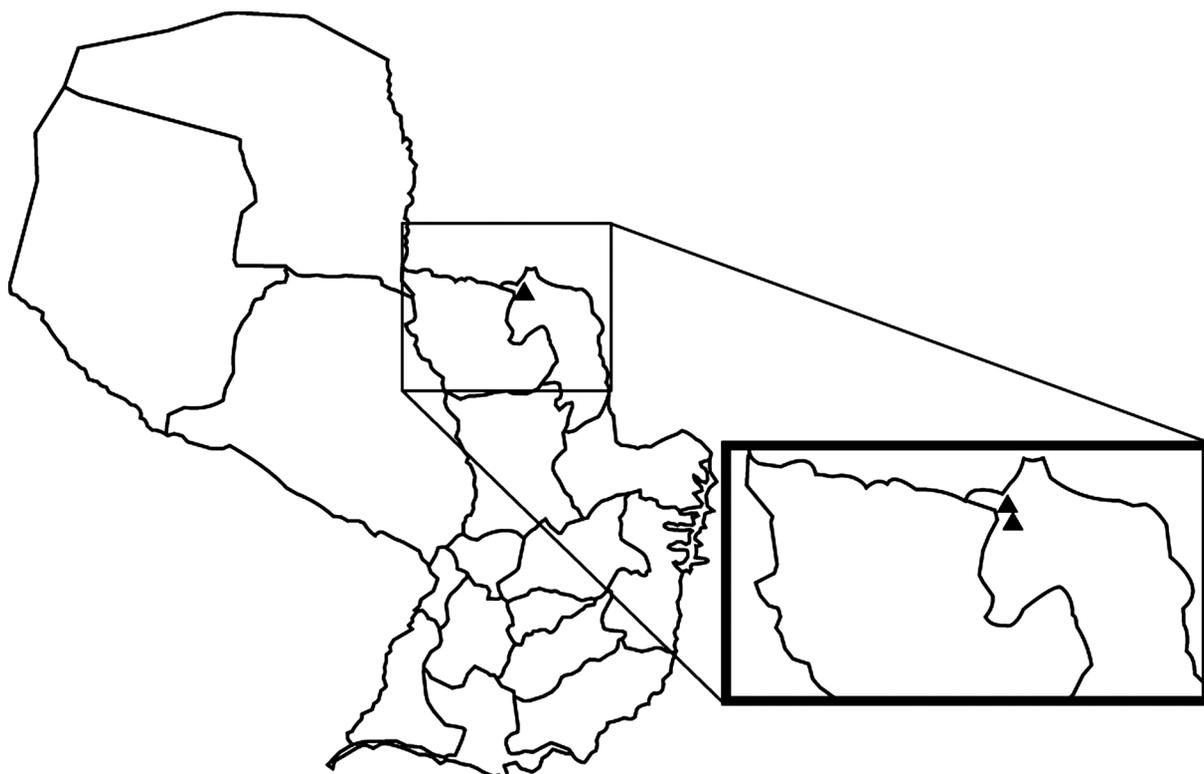


Figura 1. Mapa de ubicación de las dolinas en la localidad de Rinconada, Bella Vista.

mayoritariamente carbonática y en menor grado terrígena y mixta (Warren et al. 2011).

El grupo reposa sobre las unidades del basamento en discordancia angular. Posee continuidad hacia el E bajo la cobertura sedimentaria más joven, de edad Carbonífera, Formación Aquidabán, como se puede observar en la Ruta Bella Vista - San Carlos (PAR/86).

Originalmente fue descrita por Boettner (1947) y nombrada como Serie Itapucumí por Harrington (1950) y redefinida por Wiens (1986) como Grupo Itapucumí proponiendo dos formaciones, Vallemí y Camba Jhopo respectivamente. Recientemente Warren et al. (2011) introducen las formaciones Tagatiya Guazu y Cerro Curuzu atendiendo a una revisión litoestratigráfica más precisa y teniendo en cuenta la presencia de Claudina, thrombolites y otros organismos fósiles.

Formación Aquidaban

La Formación Aquidabán está expuesta en el área,

al N de la Falla del Jejuí/Aguaray Guazú, y sigue aflorando en el Estado de Matto Grosso del Sur, Brasil, y denominada como Formación Aquidauana (PAR/86). Abarca un área de 12.097 km², en el Paraguay Oriental, en la Región del Alto del Apa. El contacto basal está en discordancia erosiva con las rocas del Grupo Itapucumí (Ediacariano) y del Basamento Cristalino (Pre-Cámbrico). El techo está en discordancia erosiva con los sedimentos de la Formación Misiones, de edad Jurásico/Cretácico (PAR/86). Su espesor se estima en aproximadamente 300 y 500m. Se le atribuye un ambiente de deposición fluvio-glacial, aunque Herbst (1979) y Fulfaro (1996) señalan que no existen pruebas definitivas sobre dicho ambientes y la edad, atribuyendo más bien a eventos de *mudflows*.

La litología característica de esta formación consiste en unas areniscas basales (preglacial?) con granulometría fina; color marrón violeta a rosado, con nódulos de diagénesis secundaria y finas capas de siltita roja ladrillo y una secuencia glacial,

consiste en varios horizontes de tillitas, siltitas y varvitas, con intercalación de bancos de areniscas semejantes a las areniscas preglaciales, coloración también similar. La tillita tiene una matriz arenosa fina/arcillosa de color marrón oscuro, con numerosos cantos o fragmentos de cuarcitas, cuarzo de veta, pórfido, granito, pegmatita, etc. El horizonte más joven de la tillita contiene bloques redondeados de hasta 1 m³ de granito, gneis, cuarcita, esquisto, pórfido, arenisca, etc.

LAS LOCALIDADES DE ESTUDIO

Kururu Kua: (21J 525877E/7534068S)

La dolina de Kururu Kua posee una forma elíptica con un eje mayor de $\pm 50\text{m}$ y orientación de 300° y un eje menor $\pm 30\text{m}$ y orientación de 40° . Posee una profundidad de aproximadamente 130 metros desde la altura del suelo hasta el inicio del cono de derrumbe (Fig. 2). No se han localizado las rocas carbonáticas, pero las mismas se encuentran mapeadas a una distancia de 6km al noroeste de la dolina (Cruz Campanha 2010). La dolina fue formada en una arenisca de granulación fina a media, con selección moderada, granos subredondeados a subangulares, baja esfericidad, leve matriz arcillosa, poco cementada y baja dureza. Exhibe una gran cantidad de fracturas con orientación SW. En la

campana realizada en el mes de octubre, posterior a unas precipitaciones intensas, pudieron observarse nidos de avispas (*Polistes* sp) aún fijos a las paredes como también plantas de helechos aún verdes a una profundidad de 20m por debajo del espejo de agua (Fig. 3). Estas evidencias indican periodos de elevada variación de la columna de agua.

En pozos realizados en las localidades de Santa Ana del Apa (21K 533492E/7538177S) y Rinconada (21K 53588E/7527940S) se ha perforado secuencias de areniscas y lutitas, y tampoco se han localizado las rocas calcáreas en estos pozos. Los mismos entregaban caudales muy bajos de 1.500 l/h (75m de profundidad) y 500 l/h (160m de profundidad) contrastando con la capacidad de la dolina la cual muestra un comportamiento hidrogeológico con grandes variaciones de la columna de agua.

Ojo de Mar: (21J 527356E/7532493S)

Está ubicada en el mapa geológico del Paraguay en rocas areniscas de la Formación Aquidabán, posee forma subelítica con un eje mayor de 137m y orientación de 268° y el eje menor con 75m y orientación 5° (Fig. 4). Las areniscas son semejantes a las del Kururu Kua en cuanto a su textura. No fueron observadas fracturas y el cono de derrumbe presenta una suave inclinación y una elevación del ápice a

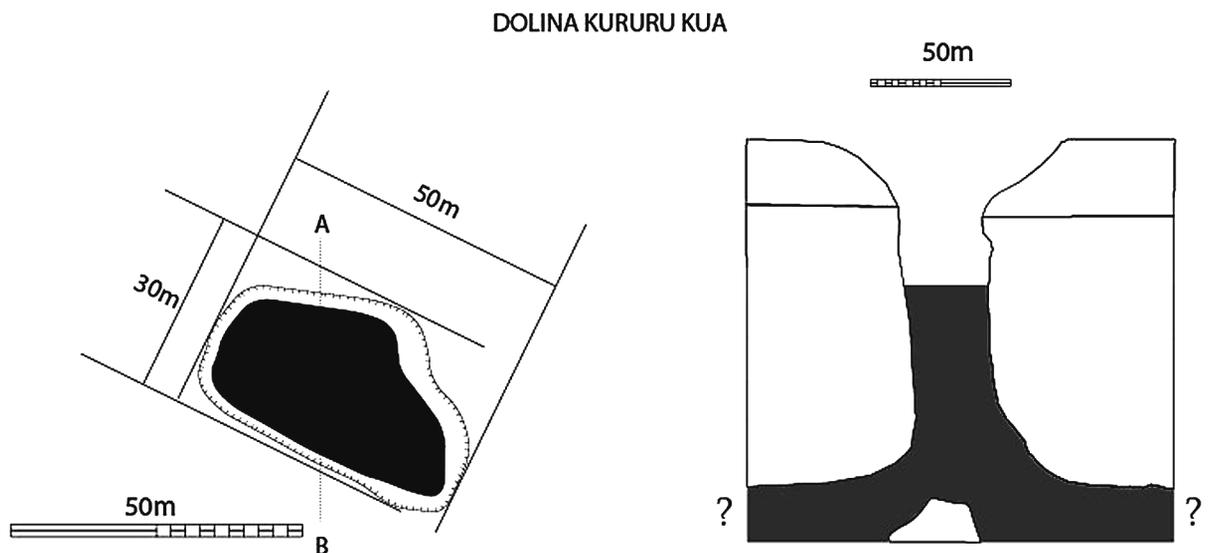


Figura 2. Esquema de la dolina KururuKua, en planta. A-B línea de perfil.



Figura 3. Helecho a profundidad de 20m, fijo a las paredes rocosas.

la base que no supera los 2m. Tampoco fue posible constatar variaciones de la columna de agua, pero no se descarta la posibilidad de un comportamiento hidrogeológico similar a la dolina de Kururu Kua debido a las analogías geológicas entre ambas, perteneciendo a la misma formación.

Interés Turístico

Desde la ciudad de Asunción hasta Bella Vista Norte son 480Km, de los cuales 400Km se realizan por ruta asfaltada y 80 por camino de tierra, que con lluvias fuertes o prolongadas dificultan en gran manera el acceso. Entre la ciudad de Bonito (Mato Grosso do Sul) y Bella Vista Norte existe una distancia de 135 km de camino pavimentado para tránsito en todo tiempo.

Partiendo de Bella Vista Norte hasta la estancia donde se encuentra la dolina Kururu Kua, el camino de tierra de 50 Km es apto si las lluvias no son intensas y prolongadas.

Transitando por el mismo es común ver aves

como Tucanes (*Ramphastos toco*), Papagayos rojos (*Ara chloroptera*), como así también varias rapaces, entre los mamíferos, los más vistos regularmente son los monos Kaíparaguay (*Cebus sp.*), nutrias (*Lontralongicaudis*) y venados (*Mazama gouazoubira*). Este camino atraviesa el Parque Nacional Bella Vista.

La estancia donde se encuentra ubicada la dolina Kururu Kua posee todas las comodidades como baño moderno, cocina, agua potable, zona para camping y amplias habitaciones. Cómodamente puede albergar un total de 18 personas.

Se accede al Kururu Kua atravesando el bosque, por un camino accesible para camionetas todo terreno, lo que permite transportar sin problemas los equipos de buceo hasta la zona de rapel.

Desde la misma estancia también es posible llegar fácilmente a la dolina Ojo de Mar, la cual cuenta con un sendero hasta el espejo de agua facilitando el transporte de equipos y personas con camionetas.

Descender al espejo de agua del Kururu Kua

exige una excelente condición física, debido al rapel y ascenso con fraccionamientos que deben realizarse, atravesando niveles de vegetación en las paredes de la roca arenisca. Esta roca, muy friable dificulta en gran manera la realización de anclajes en las paredes para la fijación de estructuras como plataformas para descenso y ascenso.

Es necesario realizar un mapeamiento acabado de la dolina Kururu Kua y la colocación de vías para realizar los buceos. Este mapeamiento también permitiría ubicar zonas de alto riesgo, ya que se han visto fracturas y grandes bloques de roca sueltas. Otro fenómeno, lo constituye la rápida absorción de las burbujas de aire producidas en el buceo al entrar en contacto con la roca, este fenómeno también debe ser estudiado a profundidad, debido

a que pueden acumularse grandes burbujas que ocasionarían derrumbes, por lo que en algunas zonas las inmersiones deberían realizarse con equipos rebreather.

Las aguas cristalinas del Kururu Kua permiten fácilmente bucear a profundidades de hasta 30 metros con un mínimo de iluminación artificial en las horas en las que el sol da directamente al agua y con equipos normales para buceo recreativo (Fig. 5), además su profundidad permite buceos más técnicos con el uso de mezclas trimix

Ojo de Mar sin embargo presenta menos exigencia, su espejo de agua se encuentra cercano al borde, no se han visto zonas con rocas sueltas ni fracturas, y puede realizarse buceo para personas sin mucha experiencia.

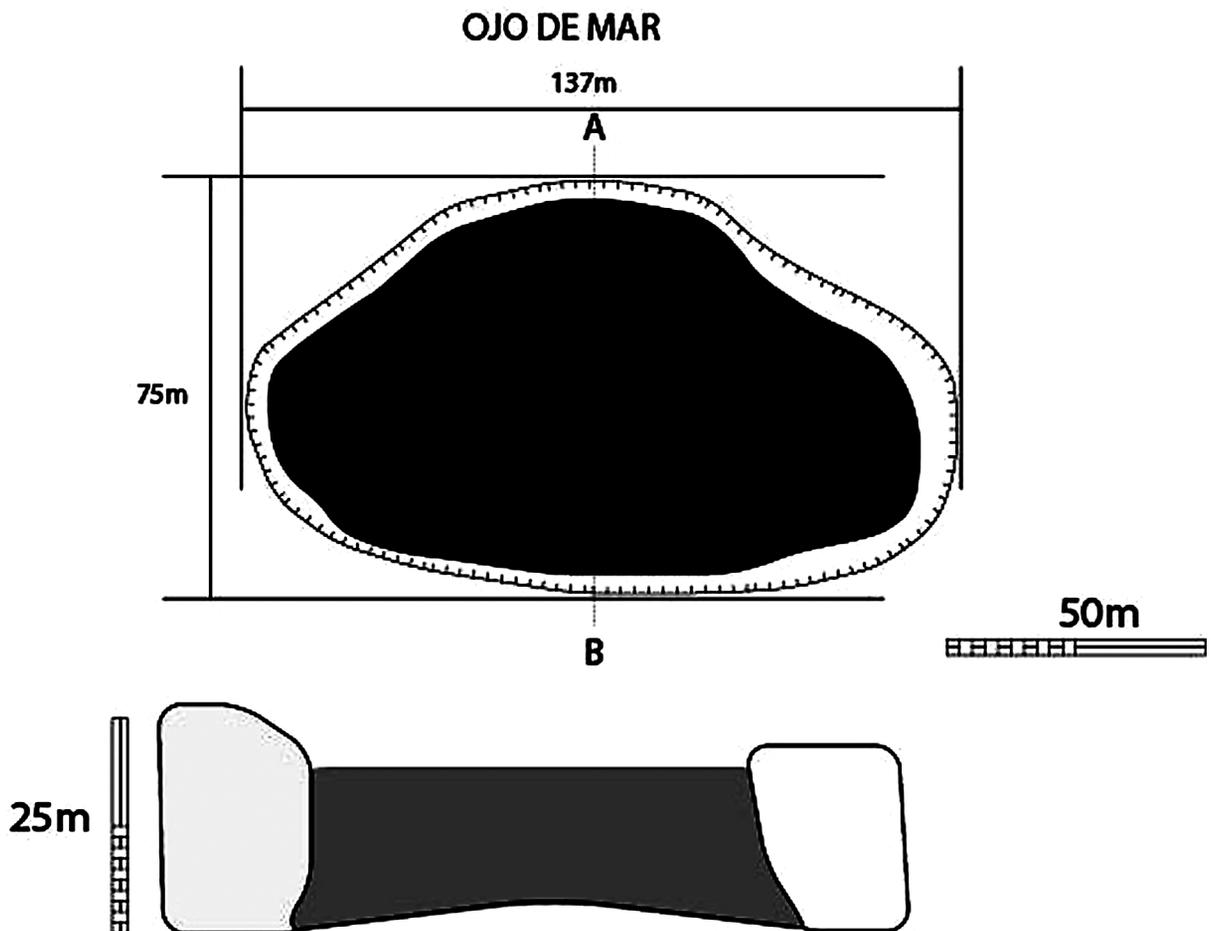


Figura 4. Esquema de la dolina Ojo de Mar, en planta. A-B línea de perfil.



Figura 5. Buceo con equipo de aire comprimido. Profundidad de $\pm 30\text{m}$.

CONCLUSIONES

Las dolinas KururuKua y Ojo de Mar, la primera una de las más profunda descubiertas hasta ahora, poseen una importancia hidrogeológica interesante, teniendo en cuenta que en localidades cercanas como Rinconada y Santa Ana del Apa se han realizado perforaciones para captación de aguas subterráneas con caudales muy bajos.

La formación Aquidabán, con características geológicas similares a las del Brasil presenta capacidad para contener más dolinas como las descubiertas hasta ahora, por lo cual es de suma importancia la realización de más expediciones a zonas vecinas y la realización de un plan de manejo turístico en un marco de cooperación transfronterizo con en el estado de Matogrosso do Sul el cual recibe anualmente la visita de casi un millón de turistas, siendo casi 200 mil extranjeros. El sector movimenta cerca de US\$ 300 millones de dólares por año y genera en torno de 20 mil empleos (Caio Sergio 2001).

AGRADECIMIENTOS

A los doctores Luis Eduardo Robaina y Thiago Bazzan de la Universidad Federal de Santa María, Río Grande do Sul, Brasil y a los doctores Ivo Karmann y Víctor Velázquez de la Universidad de São Paulo, Brasil, por los aportes bibliográficos y revisión del manuscrito. A la empresa AventuraXtrema, en la persona del Ingeniero Raúl Santiviago y su equipo técnico, por la asistencia y apoyo en la realización de las expediciones. A las empresas Ygarapé Tour y Bonito Scuba por el apoyo técnico y logístico para la realización de las inmersiones de buceo. A José

Lorenço Barroco Neto “Tuta” por la realización del buceo profundo con equipo Trimix, así como los datos aportados en dicha inmersión.

BIBLIOGRAFÍA

- Boettner, R., 1947. Estúdio geológico desde Puerto Fonciére hasta Toldo-Cué. Revistade la Facultad de Química y Farmacia de la Universidad Nacional del Paraguay 3,9-14.
- Caio Sergio. 2001. La Tendencia del Desarrollo del Potencial Hotelero de la Región de Bonito, Mato Grosso, Brasil, apoyado en el Turismo Ecológico. 8th European Real Estate SocietyConference (26-29 June 2001) Alicante, España. http://eres.scix.net/cgi-bin/works/Show?eres2001_129
- Eckel, E.B., 1959. Geology and Mineral Resources of Paraguay: A Reconnaissance, vol.327. USGS Professional Papers, pp. 1-110.
- Fulfaro, V. 1996, Geología del Paraguay Oriental, Magmatismo Alcalino en Paraguay Central-Oriental Relaciones con Magmatismo Coeval en Brasil. Comin-Chiaramonti, P. & Gomes, C.B. Edusp/Fapesp, Sao Paulo, 17-29.
- GinaldoAdemar da Cruz Campanha, Lucas Warren, Paulo César Boggiani, Carlos Henrique Grohmann, Alberto Arias Cáceres, 2010, Structural analysis of the Itapucumí Group in the Vallemí region, northern Paraguay: Evidence of a new Brasiliano/Pan-African mobile belt. Journal of South American Earth Sciences, 11p. doi:10.1016/j.jsames.2010.04.001.
- Harrington, H.J., 1950. Geología del Paraguay Oriental. Contribuciones Científicas la Facultad de Ciencias Exactas. Físicas y Naturales de Buenos Aires, 82 pp.
- Herbst, R (1979). Paleontological and Stratigraphic Research in Paraguay. Research Reports, National Geographic Society. : 10pp
- Proyecto PAR 83/005. 1986 Mapa geológico del Paraguay. Comision Nacional de Desarrollo Regional – Ministerio de Defensa Nacional, Asunción, 270pp.

- Warren, L.W., Fairchild, T.R., Gaucher, C., Boggiani, P.C., Poiré, D.G., Anelli, L.E., and Inchausti, J.C.G., 2011, Corumbella and in situ Cloudinain association with thrombolites in the Ediacaran Itapucumi Group, Paraguay: *Terra Nova*, v. 23, p. 382–389.
- Wiens, F., 1986. Zur lithostratigraphischen, petrographischen und strukturellen Entwicklung des Rio Apa-Hochlandes, Nordost-Paraguay. *Clausthaler Geowissenschaftliche Dissertationen*, vol. 19, 280 pp.
- William Sallun Filho & Ivo Karmann, 2007, Dolinas emarenitos da Bacia do Paraná: evidências de carste subjacente em Jardim (MS) e Ponta Grossa (PR). *Revista Brasileira de Geociências*, 37(3): 551-564pp.