

## CUEVAS EN CUARCITAS PROTEROZOICAS DE LA GUAYANA VENEZOLANA (1971-2021): Medio siglo de exploraciones y estudios geoespeleológicos<sup>1</sup>

Franco URBANI P.<sup>2</sup> y Rafael CARREÑO B.<sup>3</sup>

### RESUMEN

Un tercio de Venezuela lo constituye el meridional Escudo de Guayana. En este vasto territorio afloran grandes cuerpos tabulares de cuarcita del Proterozoico, donde en el último medio siglo se han descubierto y estudiado las cuevas más largas y profundas del país y a su vez, las mayores del mundo en este tipo de roca.

Los primeros hallazgos los realiza la *Comisión Exploradora de la Gran Sabana* de 1939, pero son las exploraciones a Autana, Sarisariñama y Guaiquinima entre 1972 y 1976, las que abren este nuevo campo de la espeleología. Por tratarse de rocas "insolubles" la divulgación de estos descubrimientos causó un gran revuelo en el ámbito espeleológico internacional. Luego siguen dos décadas de arduo trabajo donde se estudian cerca de 60 cavidades. De estas actividades surgen varios modelos para explicar el origen y la morfología de las cuevas, proponiéndose su inicio con un proceso de *arenización* de la compacta roca primaria y, liberación de los granos individuales de cuarzo por *tubificación*. Ya en el siglo XXI, a partir del hallazgo de cavidades kilométricas en Roraima, Chimanta y Aután-tepui, se han publicados trabajos de gran impacto científico que tratan, tanto de los procesos de formación de espeleotemas mediados por microorganismos, como sobre la secuencia de eventos y condiciones que hacen posible llegar a los grandes sistemas cavernarios.

Así a lo largo de medio siglo de exploraciones, ocurre un lento pero continuo progreso de la ciencia espeleológica. Anteriormente este era un campo considerado casi imposible, pero a medida que avanzó el trabajo exploratorio, fueron surgiendo modelos para explicar la presencia de las cavidades y sus espeleotemas. Para los espeleólogos venideros todavía hay muchísimas localidades con potencial para encontrar nuevas cuevas. De allí surgirán otras ideas que permitirán seguir profundizando en el conocimiento del fascinante mundo de la espeleología en cuarcitas y, también en otros tipos de rocas siliciclásticas.

### ABSTRACT

A third of Venezuela is made up of the southern Guiana Shield. In this vast territory emerge large tabular bodies of Proterozoic quartzite, where in the last half century the longest and deepest caves in the country have been discovered and studied, and in turn, the largest in the world in this type of rocks.

The first discoveries were made in 1939 by the *Gran Sabana Exploration Commission*, but it is the explorations of Autana, Sarisariñama and Guaiquinima between 1972 and 1976, which opened this new field of speleology. Because they are "insoluble" rocks, the disclosure of these discoveries caused a stir in the international speleological community. Then follow two decades of hard work where nearly 60 cavities are studied. From these activities several models arose to explain the origin and morphology of the caves, proposing their beginning with a process of *arenization* of the compact primary rock and releasing the individual quartz grains by piping. Already in the XXI century, from the discovery of kilometer-long cavities in Roraima, Chimanta and Aután-tepui, studies of great scientific impact have been published that deal with both the processes of formation of speleothems mediated by microorganisms, as well as the sequence of events and conditions that make it possible to reach to the great cave systems.

Thus, throughout half a century of explorations a slow but continuous progress of speleological science occurred. Previously this was a field considered almost impossible, but as the exploratory work progressed, models emerged to explain the presence of the cavities and their siliceous speleothems. For future speleologists, there are still many locations with potential to find new caves. Further ideas will emerge to continue deepening our knowledge of the fascinating world of quartzite caves and also in other types of siliciclastic rocks.

*Palabras clave:* Rocas siliciclásticas, geoespeleología, espeleotemas, ópalo, exploración.

*Keywords:* Siliciclastic rocks, geoespeleology, speleothems, opal, exploration.

<sup>1</sup> Resumen extenso presentado en el II Congreso Colombiano de Espeleología, 9 julio 2021.

<sup>2</sup> Sociedad Venezolana de Espeleología / Universidad Central de Venezuela – Departamento de Geología / Individuo de Número de las Academias Nacional de Ingeniería y el Hábitat y de Ciencias Físicas, Matemáticas y Naturales.

<sup>3</sup> Sociedad Venezolana de Espeleología / Instituto Venezolano de Investigaciones Científicas - Centro de Ecología,

## INTRODUCCIÓN

Geológicamente hablando, el territorio venezolano puede dividirse en tres grandes provincias: 1- Un cinturón montañoso en el norte y oeste del país, generado por eventos compresivos cenozoicos debido a tectónica de placas; 2- los Llanos Centrales, donde afloran sedimentos psamíticos continentales mayormente cuaternarios y, 3- el Escudo de Guayana al sur del río Orinoco, con rocas de edades variables desde el Arqueozoico al Neoproterozoico.

En el cinturón septentrional se concentra la mayor cantidad de cuevas del país, abiertas en rocas carbonáticas de edades Cretácico Temprano al Mioceno. En los Llanos no hay cuevas, mientras que en el Escudo de Guayana en el último medio siglo se han estudiado notables cuevas que han llamado la atención a la espeleología mundial por abrirse en cuarcitas, un tipo de roca muy dura y considerada como "insoluble". En la zona de estudio estas rocas siliciclásticas tienen edades variables de Paleoproterozoico al Mesoproterozoico y fueron sometidas a un metamorfismo de muy bajo grado.

El presente texto constituye un "resumen extenso" dedicado a reseñar una parte de la historia reciente de la espeleología venezolana, en esa provincia geológica al sur del Orinoco.

## CRONOLOGÍA

La primera publicación venezolana donde se registra este tipo de cuevas, corresponde a la memoria de la Comisión Exploradora de la Gran Sabana de 1939, dirigida por el geólogo Santiago E. Aguerrevere. Desde entonces a través de vuelos en avionetas algunos pilotos reportan haber divisado cuevas en las mesetas del Escudo de Guayana. En 1962 el piloto Harry Gibson lleva a Charles Brewer Carías a sobrevolar el cerro Autana y observar la cueva que lo atraviesa, pero ha de pasar casi una década para su exploración.

En 1969 el prof. **William B. White** y colaboradores publican un trabajo pionero "*Karst en cuarcitas en Venezuela Suroriental*" (WHITE *et al.* 1969), que se basa en el estudio de diversas formas superficiales en la zona de Canaima y muestra la importancia de estos fenómenos.

La primera exploración organizada para estudiar una cueva de este tipo, fue coordinada por **Charles Brewer Carías** en septiembre de 1971 con el apoyo logístico de CODESUR. Se trasladan con helicóptero a la cumbre del prominente cerro **Autana**; descienden y topografían la cueva (e.g.: BREWER 1976). Esta fue la apertura en el medio científico de las grandes cuevas en cuarcitas de Venezuela.

Desde 1970 entra en el panorama el grupo de geólogos de CODESUR-MOP, que bajo la dirección de **Pablo Colvée** realizan extensos estudios en el Territorio Federal Amazonas y el Distrito Cedeño del Estado Bolívar (COLVÉE 1971). Así,

Colvée que había participado en la exploración de **Autana**, pero sin haber penetrado a la Cueva, con base a fotografías, descripciones y discusiones con Brewer, publica un trabajo donde postula un mecanismo de formación, proponiendo disolución de la roca en las etapas iniciales, especialmente en zonas de intersección de diaclasas y estratificación, seguido de ampliación de las galerías por abrasión por los clastos transportados, esto último debido a la observación de cantos rodados redondeados en los pisos de las galerías (COLVÉE 1972, 1973).

A partir mayormente de observaciones aéreas en Amazonas, **Eugenio Szczerban** y **Jorge Luis Gamba** generan un modelo de formación de las cuevas, que presentan en el II Congreso Latinoamericano de Geología celebrado en Caracas en noviembre de 1973 (GAMBA & SZCZERBAN 1973), que con más elaboración es publicado en SZCZERBAN & URBANI (1974) y SZCZERBAN (1976). Aparte de asumir disolución en las fases iniciales y posterior agrandamiento por erosión y desprendimientos, proponen un modelo en varias etapas. La novedad está en contemplar la generación de galerías horizontales controladas por lo que denomina como un "Estrato límite impermeable". Con una visión actual, este es el concepto más novedoso del modelo, adelantándose casi dos décadas al pensamiento actualmente aceptado del "Inception Horizon" de D. J. Lowe de 1992. En 1974, también se publica un artículo donde se concibe que estos hallazgos abren un nuevo campo de las investigaciones del karst (URBANI & SZCZERBAN 1974), lo cual se ha hecho realidad.

En el período se seguía de 1974, Charles Brewer Carías con un nutrido grupo de participantes de varias disciplinas, bajo el auspicio de la Sociedad Venezolana de Ciencias Naturales (SVCN) organiza una expedición a la meseta de **Sarisariñama**, donde descienden y estudian las dos grandes simas. Los hallazgos de la expedición tuvieron una gran difusión, lo que produjo mucho impacto internacional por lo novedad geoespeleológica y las grandes dimensiones de estas cuevas (e.g.: BREWER CARÍAS 1976). Estas simas recibieron los nombres Brewer Carías y Gibson (BREWER 1974), como simas Mayor y Menor (SZCZERBAN & URBANI 1974) y luego como simas Humboldt y Martel (DE BELLARD 1974), este último par de nombres refiriéndose a personajes ilustres del ámbito espeleológico y que resultaron en la toponimia más aceptada hoy día.

En diciembre de 1975, cuatro escaladores con el auspicio de la Dirección de Fronteras del MRE, realizan una exploración terrestre y después de tres días de escalada alcanzan la cueva del cerro **Autana**, donde realizan su levantamiento. Allí, **Wilmer Pérez La Rivade** la Sociedad Venezolana de Espeleología (SVE) colecta dos muestras que resultarán de gran importancia geoespeleológica, a saber: 1-*Espeleotemas coralinoideos*. En ellas se identifica ópalo, calcedonia y calcita, planteándose por primera vez -en forma tímida- la idea que las espeleotemas silíceas fueron formadas por factores biogénicos (URBANI 1976). 2-*Eflorescencia blanca*. Esta resultó estar constituida por un mineral nuevo para la ciencia, la *sveita*

[ $KAl_7(NO_3)4Cl_2(OH)_{16} \cdot 8H_2O$ ] (MARTINI & URBANI 1984). El nombre proviene de las siglas de la SVE

En 1976 se desarrolla una nueva expedición a **Sarisariñama** incorporando integrantes de la Federación Polaca de Alpinismo, coordinados por **Maciej Kuczynski** y de la Sociedad Venezolana de Espeleología (SVE) coordinados por **Juan Antonio Tronchoni**; se realiza el levantamiento topográfico de las dos grandes simas, incluyendo una nueva, la Sima de la Lluvia, con desarrollo de 1,3 km (EEPV 1976), que pasó a ser la primera caverna kilométrica conocida en esta litología y por casi dos décadas se mantuvo como la cueva de mayor desarrollo en el mundo en cuarcitas. De aquí surgen dos trabajos geoespeleológicos:

-Para explicar la "arenización" observada de las rocas, ZAWIDSKI, URBANI & KOISAR (1976) postulan la acción de alteración hidrotermal, en razón de que: 1- los geólogos de CODESUR en varias localidades habían observado intrusiones graníticas en Roraima, 2- la presencia de fracturas abiertas rellenas con drusas de cuarzo (especialmente en las simas Menor y de la Lluvia de Sarisariñama) y, 3- por la identificación de espeleotemas de litioforita, asumiendo que el Li procediera de pegmatitas. Este modelo luego fue descartado.

-En la Galería de los Guácharos de la Sima Menor (Bo.2), se observó que el crecimiento de las espeleotemas coralinoideas de ópalo estaban asociadas a masas de microorganismos de color negro de varios centímetros de espesor. Las muestras fueron enviadas de inmediato, pero los resultados publicados años luego por KUNICKA-GOLDFINGER (1982), quien identifica los microorganismos y concluye que las espeleotemas pueden haberse formado por mediación de sus ciclos de vida.

La nueva década comienza con una nueva escalada hasta la Cueva del cerro **Autana**. En enero de 1980 cuatro miembros de la SVE alcanzan la cueva y realizan un detallado levantamiento topográfico. Así mismo uno de los participantes (**Carlos Galán**) publica un trabajo donde presenta mejoras al modelo previo, apuntando a la disolución solo para las etapas más tempranas, pero seguido casi de inmediato por la activación de fenómenos clásticos permitiendo la ampliación de las galerías, incluyendo en ello la exfoliación (GALÁN 1982).

Desde 1980 hasta 1992 la **Sociedad Venezolana de Espeleología (SVE)**, con el apoyo logístico de EDELCA realizó numerosas exploraciones dentro del Parque Nacional **Gran Sabana** (e.g.: El Pauji, Aguapira, Marutani, Auyán, Yuriani, Kukenán, Tramen, etc.). Las expediciones fueron dirigidas mayormente por **Carlos Galán** y **Joris Lagarde**. Los resultados fueron 50 cuevas catastradas, tanto netamente verticales, como con algunos desarrollos horizontales. La plataforma Aonda resultó el primer lugar donde se pudieron identificar en el campo todos los elementos estructurales de un karst, enlazando múltiples cavidades, desde las fracturas de captación hasta la surgencia final del tepuy. De esta etapa surgen varios trabajos geoespeleológicos (URBANI 1986, GALÁN 1988, 1993, GALÁN & LAGARDE 1988), donde se van añadiendo nuevas observaciones para ir mejorando el modelo

general, que se iniciaba con la disolución del cemento intergranular, que con alcanzar tan solo c.4% del volumen de la roca maciza, se puede producir su "arenización". Luego deben existir las condiciones apropiadas para liberar los granos individuales de cuarzo. Para esto último se requiere alcanzar algún nivel inferior que permita la salida del agua, generando "tubificación" o "piping", a manera de un "reloj de arena". Las representaciones de los trabajos de Carlos Galán explican gráficamente el funcionamiento del sistema hidrogeológico y su relación con las formas superficiales. Con este modelo de cavemamiento los fenómenos pueden clasificarse como karst.

En los años 1990's se realizaron cuatro exploraciones con grupos europeos: En 1992 con personal del Club Alpino Italiano coordinados por **Roberto Bellomo** se topografiaron cañones y simas encima de la plataforma Aonda. En 1993 con espeleólogos del país Vasco bajo la coordinación de **Félix Alangua**, se exploraron los tepuis Acopán y Amurí del macizo de Chimantá. En 1993 y 1996 con la Sociedad Italiana de Espeleología y la Asociación La Venta, con la coordinación de **Tulio Bernabei**, se exploró la parte NO del macizo de Auyán-tepui. La sima Aonda aumenta su desnivel hasta -383 m y la Sima Auyán-tepui Noroeste alcanza 2,95 km de desarrollo. Aparte de las topografías publicadas en el Catastro Espeleológico de Venezuela, los trabajos de IPINA (1995), MECCHIA & PICCINI (1999) y otros, aportaron información de la química del agua, con cálculos de interés espeleogenético

El nuevo siglo empieza con la exploración de las cuevas en la parte sur del monte **Roraima**. Allí miembros de las sociedades espeleológicas de las repúblicas checa y eslovaca, coordinados por **Marek Audy** y **Brano Šmida**, levantaron entre 2002 y 2007 varias cavidades (AUBRECHT *et al.* 2012, VLČDEK *et al.* 2013). El hallazgo fue muy importante ya que la mayor de ellas, la Cueva Ojos de Cristal alcanzó dimensión kilométrica con galerías mayoritariamente horizontales, algo inusual para una región donde predominan las simas. En otras expediciones, esta misma cueva y sus vecinas fueron estudiadas por la SVE, junto a espeleólogos británicos y vascos; en cuatro salidas entre 2003 y 2005, se topografiaron y lograron empalmar un total de 10,8 km de galerías. Ésta se publica como Sistema Roraima Sur, que para ese momento pasa a ser la mayor caverna del mundo en este tipo de roca. De estas expediciones derivan tres trabajos geoespeleológicos referidos a: evolución del sistema (con galerías en niveles cada vez más profundos), geomorfología-hidrología y espeleotemas (GALÁN *et al.* 2005a,b, CARREÑO & URBANI 2005).

En 2002 con una expedición liderada por **Ch. Brewer Carías** a **Churi-tepui** del macizo de Chimanta, se da inicio a un importante período de exploraciones y estudios. Allí participa personal venezolano junto a espeleólogos de Chequia, Eslovaquia y Croacia. En sucesivas expediciones hasta 2009, se exploran 12 cuevas con un total de más de dos decenas de kilómetros de galerías (síntesis en AUBRECHT *et al.* 2012). A partir de sus estudios, Aubrecht y colaboradores

reavivan el tema de la clasificación de estos fenómenos entre karst o pseudokarst; ellos atribuyen las rocas blandas arenizadas a la ausencia de cementación primaria y no por disolución intergranular, favoreciendo la terminología de pseudokarst. Con esta misma idea también presentan un novedoso modelo para la formación y preservación de los tepuis. Esta tesis fue rebatida por SAURO *et al.* (2013). En cuanto al estudio de las espeleotemas se produjeron importantes avances referentes al proceso de su formación mediada por microorganismos (e.g.: AUBRECHT *et al.* 2012 y referencia allí contenidas).

En 2009 el grupo italiano **La Venta** liderado por **Francesco Sauro**, inicia un nuevo ciclo de exploraciones, primero exploran **Alkopán-tepui** donde topografiaron una cueva de 3,5 km. Allí colectan una espeleotema que resultó ser un nuevo mineral para la ciencia, la *rossiantonita*  $[Al_3(PO_4)(SO_4)_2(OH)_2(H_2O)_{14}]$ . En 2010 en el oeste de **Auyán-tepui** estudian la Cueva **Guacamayas**, con una excepcional cobertura de espeleotemas, llamando la atención el control espeleogenético que ejercen los niveles intercalados de óxido-hidróxidos de hierro (sus "banded iron formations"). Luego entre 2013 y 2016 en el NE de Auyán-tepui exploran una gran cueva que nombraron **Imawari Yeuta**. Una descripción puede consultarse en SAURO *et al.* (2013). Sucesivas publicaciones apuntan hacia el control estructural y litológico (SAURO *et al.* 2014). Los más recientes trabajos utilizan una amplia gama de métodos analíticos, con ello logran explicar los mecanismos de meteorización y de movilidad de la sílice y, como se ven afectadas por comunidades bacterianas quimiótroficas (e.g.: SAURO *et al.* 2018). Esta cavidad con sus 18,5 km pasa a ser la de mayor desarrollo de Venezuela, sobrepasando la Cueva del Samán, Sierra de Perijá, que está abierta en caliza de Cretácico.

En 2016 luego de cuatro décadas desde las primeras exploraciones a **Sarisariñama**, la Asociación La Venta realiza una nueva visita, dirigida por Francesco Sauro. Allí cartografiaron cuatro nuevas cavidades y a partir de las observaciones y estudios posteriores, se publica un trabajo que mejora el mecanismo espeleogenético y muestran el importante papel de niveles de óxido-hidróxidos de hierro que actuarían como horizontes iniciales para guiar el flujo del agua subterránea (SAURO *et al.* 2019).

Una revisión sobre la distribución, características y origen de las cuevas en areniscas y cuarcitas del mundo, puede consultarse en WRAY & SAURO (2017). Allí se refleja la importancia de las cuevas venezolanas.

## COMENTARIOS FINALES

En este medio siglo de exploraciones espeleológicas en la Guayana venezolana ha habido un lento, pero continuo avance de la ciencia espeleológica. Anteriormente este era un campo desconocido, insospechado o casi considerado imposible, pero a medida que avanzó el verdadero trabajo espeleológico de campo, fueron surgiendo ideas para explicar la presencia de estas cavidades.

Se han emitido muchas ideas para explicar la génesis de las cuevas, cada autor dependiendo de las cavernas estudiadas fue aportando nuevos datos que han sumado hasta el momento actual. Probablemente todos los modelos propuestos puedan tener al menos una parcial aplicabilidad, dependiendo de las condiciones de sitio. Veamos algunas:

-El modelo de 1973-1974 de E. Szczerban, J. L. Gamba, P. Colvée y F. Urbani de 1973-1974, -si bien entonces basado solo en observaciones de sobrevuelos de helicóptero frente a las paredes de los tepuis-, proponía la existencia de un "estrato límite impermeable" como control de las galerías horizontales y justamente esto ha sido comprobado en las dos últimas décadas, especialmente mostrando la importancia de niveles ricos en óxido-hidróxidos de hierro (e.g.: SAURO 2013, WRAY & SAURO 2017).

- Las ideas de C. Galán sobre el ensanchamiento de las galerías por exfoliación de la roca como se observa claramente en Autana, no ha sido descrito en otras cuevas.

-La idea de la evacuación de los granos de arena, para poder formar las cavidades a través del proceso de "tubificación" se ha mantenido desde su introducción.

-El origen de la arenización a través de hidrotermalismo descrito en Sarisariñama 1976, si bien es algo descartado como hipótesis general, probablemente a nivel muy local pueda haber ocurrido.

-El origen de espeleotemas de ópalo por mediación de microorganismos, fue tímidamente propuesto en 1976 y corroborado en 1982 con la identificación de los microorganismos involucrados, pero en las dos últimas décadas ha sido uno de los temas más tratados a partir de las exploraciones desde 2003 en las cuevas de Churí, Roraima y Auyán-tepui.

-Sobre el origen de las partes arenizadas de las rocas, algo necesario para generar las galerías, han habido dos vertientes, una que postula la disolución del material intergranular (propuesto por muchos autores desde 1986, que implicaría denominar estos fenómenos como **karst**), otra, atribuida a falta de cementación primaria (propuesto por R. Aubrecht y colaboradores en 2011, que apoyaría la denominación de **pseudo-karst**) (esta hipótesis fue acertadamente rebatida por SAURO *et al.* 2013). Pero en opinión de quienes esto escriben, estas propuestas no necesariamente serían excluyentes y ambas podrían ser total o parcialmente valederas en distintas localidades, la primera opción sin duda la más importante. Pero en lo que definitivamente no hay duda, es que lo que resulta más necesario para que ocurra el cavernamiento en rocas tan duras, es el factor tiempo; la espeleogénesis observada en la Guayana venezolana es muchísimo más prolongado que lo necesario para rocas carbonáticas.

Sin duda este medio siglo de exploraciones ha resultado muy satisfactorio, producto de la confluencia de perspectivas multidisciplinarias -y con cerca de un centenar de individuos involucrados-. Para los espeleólogos venideros todavía hay muchísimas localidades con gran potencial para encontrar cuevas nunca antes visitadas. De allí surgirán nuevas ideas que permitirán seguir avanzando en el conocimiento de este fascinante mundo de la espeleología en cuarcitas.

**II Congreso Colombiano de Espeleología**

**VIRTUAL**

**Franco Urbani**

Charla:

**"Cuevas en cuarcitas proterozoicas de la Guayana Venezolana (1971-2021): medio siglo de exploraciones y estudios geoespeleológicos"**



Síguenos en redes






Congreso Colombiano de Espeleología






Julio 7 al 10 del 2021

## REFERENCIAS (Abreviatura BSV/E: *Boletín de la Sociedad Venezolana de Espeleología*)

- AUBRECHT R., T. LÁNCZOS, M. GREGOR, J. SCHLÖGL, *et al.* 2011. Sandstone caves on Venezuelan tepuis: Return to pseudokarst?. *Geomorphology* 132(3-4): 351-365.
- AUBRECHT R., T. LÁNCZOS, M. GREGOR, J. SCHLÖGL, *et al.* 2013. Reply to the Comment on "Sandstone caves on Venezuelan tepuis: Return to pseudokarst?" *Geomorphology* 197: 197-203.
- AUBRECHT R., C. L. BARRIO-AMORÓS, A. S. H. BREURE, C. BREWER-CARIAS, *et al.* 2012: Venezuelan tepuis: their caves and biota. *Acta Geologica Slovaca – Monograph*, Comenius Univ., 168 pp.
- BREWER CARIAS Ch. 1976a. Cuevas del Cerro Autana. *Natura*, Soc. Cien. Nat. La Salle, 58: 33-48.
- BREWER CARIAS Ch., 1976b. Las Simas de Sarisariñama. *Boletín de la Sociedad Venezolana de Ciencias Naturales*, 22. 132-133, 549-625 (También editado como libro).
- BREWER CARIAS Charles. 1974. En busca de los orígenes. *El Farol*, Creole Petroleum Corp., p. 18-23.
- CARREÑO Rafael & F. URBANI. 2005. Observaciones sobre las espeleotemas del Sistema Roraima Sur. *BSV/E* 38(2004): 28-33.
- COLVÉE Pablo. 1972. *Consideraciones geológicas sobre el cerro Autana*. CODESUR, MOP, Informe D.L.A. I-1, 12 pp.
- COLVÉE Pablo. 1973. Cueva en cuarcitas en el cerro Autana, Territorio Federal Amazonas. *BSV/E* 4(1): 5-14.
- COLVÉE, P. 1971. *Geología Regional. Reconocimiento, estudios e hipótesis sobre la geología de la región central del T.F.A.* CODESUR, MOP, Informe 5-II-A, 37 pp.
- DE BELLARD E. 1974. Exploration Preliminaire du Plateau de Sarisariñama (Venezuela). *Splunna*, 4: 99-101.
- EEP-V-EXPEDICIÓN ESPELEOLÓGICA POLACO VENEZOLANA. 1976. Catastro Espeleológico de Venezuela. Bo-1. Bo.2 y Bo.3. *BSV/E* 7(13): 86-100.
- GALÁN C. & J. LAGARDE. 1988. Morphologie et évolution des cavernes et formes superficielles dans les quartzites du Roraima. *Karstologia*, 11-12: 49-60.
- GALÁN C. 1988. Cavernas y formas de superficie en rocas silíceas precámbricas del Grupo Roraima, Guayana, Venezuela. *BSV/E* 23: 1-12.
- GALÁN C. 1993. Disolución y génesis del karst en rocas carbonáticas y rocas silíceas: un estudio comparativo. *Manibé* (San Sebastián, España), (43)(1991): 43-72.
- GALÁN C., F. HERRERA & J. ASTORT. 2005a. Génesis del Sistema Roraima Sur, Venezuela, con notas sobre el desarrollo del karst en cuarcitas. *BSV/E* 38(2004): 16-27.
- GALÁN C., F. HERRERA & R. CARREÑO. 2005b. Geomorfología e hidrología del Sistema Roraima Sur, Venezuela, la mayor cavidad del mundo en cuarcitas: 10,8 km. *BSV/E* 38(2004): 2-16.
- GALÁN Carlos. 1982. Notas sobre la morfología de la Cueva Autana y algunos comentarios generales sobre las formas pseudocársicas desarrolladas en cuarcitas del Grupo Roraima, Guayana venezolana. *BSV/E* 10(19): 115-128.
- GAMBA Jorge Luis & Eugenio SZCZERBAN 1973. Cavernas y fosos en areniscas precámbricas del Territorio Federal Amazonas. *Segundo Congreso Latinoamericano de Geología*, Caracas, noviembre 1973. *Libro de Resúmenes*, p. 167-168, reproducido en *BSV/E* (4)(2): 226, 1973).
- IPINA-L. de J. M. 1995. Aspecto físico-químico de los tepuyes Acopán y Amurí, macizo de Chimanta, Gran Sabana, Venezuela. *BSV/E* 28: 5-9.
- KUNICKA-GOLDFINGER Wladyslawa. 1982. Preliminary observations on the microbiology of karst caves of the Sarisariñama plateau in Venezuela. *BSV/E* 10(19): 133-136.
- MARTINI J. E. J. & F. Urbani. 1984. Sveita, un nuevo mineral de la cueva del cerro Autana (Am.11), Territorio Federal Amazonas. *BSV/E* (21): 13-16.
- MECCHIA Marco & L. PICCINI. 1999. Hydrogeology and SiO<sub>2</sub> geochemistry of the Aonda cave system, Auyán-tepui, Bolívar, Venezuela. *BSV/E* 33: 1-11.
- SAURO, F. 2014. Structural and lithological guidance on speleogenesis in quartz-sandstone: Evidence of the arenisation process. *Geomorphology* 226: 106-123.
- SAURO, F., A. DE VIVO, F. VERGARA & J. DE WAELE. 2013. Imawari Ycuta: a new giant cave system in the quartz sandstones of the Auyan Tepui, Bolívar State, Venezuela. *Proceedings of the 16th International Congress of Speleology*, 2: 142-146.
- SAURO Francesco, L. PICCINI, M. MECCHIA, J. DE WAELE. 2013. Comment on "Sandstone caves on Venezuelan tepuis: Return to pseudokarst?" by R. Aubrecht, T. Lánczos, M. Gregor, J. Schlögl, B. Smida, P. Liscák, Ch. Brewer-Carias, L. Vlcek, *Geomorphology* 197: 190-196
- SAURO F., M. CAPPELLETTI,, D. GHEZZI, , A. COLUMBU, , P.-Y. HONG, *et al.* 2018. Microbial diversity and biosignatures of amorphous silica deposits in orthoquartzite caves. *Scientific Reports*, 8(1), 17569. *Nature.com*. DOI:10.1038/s41598-018-35532-y
- SAURO F., M. MECCHIA, L. PICCINI, JO DEWAELE, C. CARBONE, *et al.* 2019. Genesis of giant sinkholes and caves in the quartz sandstone of Sarisariñama tepui, Venezuela. *Geomorphology* 342: 223-238.
- SZCZERBAN Eugenio. 1976. Cavernas y simas en areniscas precámbricas del Territorio Federal Amazonas y estado Bolívar. *Memoria Segundo Congreso Latinoamericano de Geología, Boletín de Geología, Publicación Especial* 7, Tomo II: 1055-1072.
- SZCZERBAN E. & F. URBANI F. 1974. *Carsos de Venezuela. Parte 4. Formas cársicas en areniscas Precámbricas del Territorio Federal Amazonas y Estado Bolívar.* *BSV/E* 5(1): 27-54.
- URBANI F. 1976. Opalo, calcedonia y calcita en la cueva del Cerro Autana (Am.11), Territorio Federal Amazonas, Venezuela. *BSV/E* 7(14): 129-145.
- URBANI Franco. 1986. Notas sobre el origen de las cavidades en rocas cuarcíferas Precámbricas del Grupo Roraima, Venezuela. *Interciencia*, 11(6): 298-400.
- URBANI, F. 1996. Venezuelan Cave Minerals: A Review. *BSV/E* 30: 1-13.
- URBANI F. & E. SZCZERBAN. 1974. Venezuela caves in non-carbonate rocks: A new field in karst research. *NJS News*.
- VLČEK L., B. ŠMIDA, Z. ÁGH, E. KAPUCIAN *et al.* 2013. Slovak cavers on table mountains, Venezuela: a decade of speleological

- work. Bull. Slovak Speleological Society, 16<sup>th</sup> Congress of the UIS, Brno, p. 68-78.
- WHITE W. B., G. L. JEFFERSON & J. F. HAMAN. 1966. Quartzite karst in Southeastern Venezuela. *International Journal of Speleology* 2:309-314.
- WRAY R.A., SAURO F. 2017. An updated global review of solutional weathering processes and forms in quartz sandstones and quartzites. *Earth-Science Reviews* 171: 520-557.
- ZAWIDSKI P., F. URBANI & B. KOISAR. 1976. Preliminary notes on the geology of the Sarisariñama plateau, Venezuela and the origin of its caves. *BSVE* 7(13):29-37.
- El video de la conferencia puede verse en:  
<https://drive.google.com/file/d/1o6TtELmXvmdxmktk9HO9yejXmCAsPysB/view>
- Otra conferencia de un tema complementario aparece en:  
<https://drive.google.com/file/d/1zdkpMBNB4kjFaPiUJXTByRcN2aCDZgYm/view?usp=sharing>