

LA VENTA
ESPLORAZIONI GEOGRAFICHE

Leonardo PICCINI

Fenomeni carsici e grotte nelle quarziti dell'Auyan Tepui

Karst and caves in the quartzite of Auyan Tepui

Estratto da: Kur, 6, 2006

Reprinted from: Kur, 6, 2006



FENOMENI CARSIICI E GROTTI NELLE QUARZITI DELL'AUYÁN-TEPUI

(Gran Sabana – Venezuela)

Leonardo Piccini

1. Introduzione

La Gran Sabana è una vasta area che si estende tra gli stati del Venezuela, della Guayana e del Brasile, e che delimita a settentrione la foresta amazzonica.

Dalla pianura, solcata da un intricato sistema di fiumi che costituiscono il bacino dell'Orinoco, si ergono alti massicci rocciosi dalla tipica forma tabulare: sono i "tepui", parola che nella lingua delle tribù locali Pemon significa "montagna".

Questi rilievi sono quel che rimane del lungo lavoro d'erosione, operato dai fiumi in oltre 200 milioni d'anni, a partire da un vastissimo altopiano che alla fine del Triassico era tutt'uno con gli altopiani dell'Africa centrale (nell'attuale Congo).

I tepui costituiscono alcuni dei più alti rilievi montuosi non andini di tutto il continente sudamericano e molti di loro sono tra le zone meno esplorate del nostro pianeta, soprattutto a causa della particolarità, comune alla maggior parte di

KARST AND CAVES IN THE QUARTZITE OF AUYÁN-TEPUI

(Gran Sabana, Venezuela)

Leonardo Piccini

1. Introduction

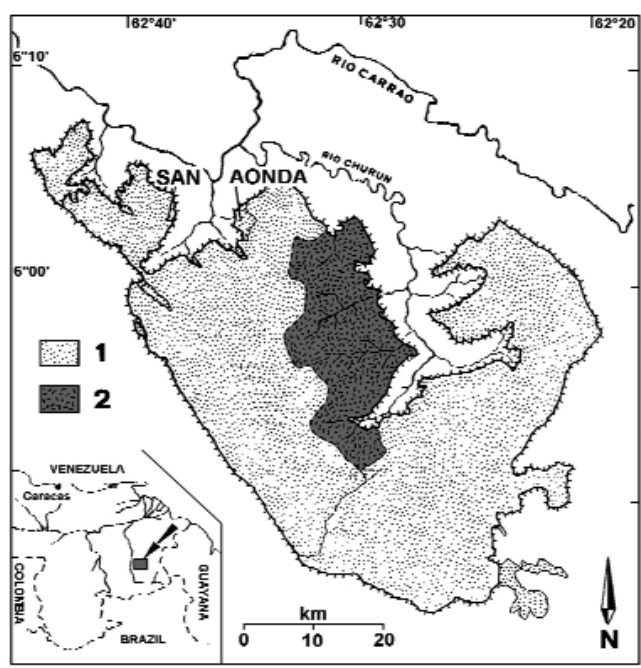
Gran Sabana is a vast area stretching between Venezuela, Guyana and Brazil, marking the northern edge of the Amazonian forest. Tall, rocky massifs with a typical plateau shape rise from the plain, crisscrossed by a tangled river system. These are the "tepui", a word that in the language of the local tribes means "mountain".

These relieves represent what is left of the very long erosive processes carried out by the rivers during more than 200 million years, starting from a large highland that at the end of Triassic was joined with Central Africa plateaus (corresponding to what is now Congo). Tepui are amongst the tallest non-Andean relieves in the whole South American continent and many of them are amongst the least-explored areas in the whole planet. This is due mostly to one of their peculiar features, found in most of them: being surrounded by inaccessible vertical rock cliffs, several hundreds of meters tall. The best known amongst tepui is the Roraima-tepui, up to 2810 meters high, located at the border between Venezuela and Guyana; it was one of the first of Gran Sabana massifs to be explored by speleologists.

On the other hand, the Auyán-tepui can be found in the Bolivar state, in the southern part of Venezuela. This massif is particularly renowned due to the presence of the Salto Angel, the world's tallest waterfall, with its 942-meters drop. Such highland, more than 700 km² wide, stretches between 61° 00' and 62° 30' longitude West and between 5° 30' and 6° 00' latitude North. It represents one of the largest and typical examples of table-mountain within the whole Gran Sabana. The average altitude is around 2000 meters, its tallest peaks being up to 2800 meters, in the western side (altitudes are approximated, as there are no topographical maps reporting definite elevations). The plateau slopes down in a step-wise fashion towards NW, with a series of flat areas that reach the western edge at an altitude of approximately 1500 meters. The highest of them lay more than 2500 meters above sea level and represent the margins of an ancient erosion surface, which is thought to have formed during the Mesozoic. Dating such erosion palaeo-surface is quite difficult, because of the complete lack of chronological clues. We do have, however, some more information about the erosion surface located at an altitude of about 1000 meters, that basically makes up for the flat areas at the feet of the tepui. Such surface has been considered to be Cretaceous-Jurassic in age, due to the presence, in certain areas, of dated continental deposits. According to this hypothesis, the landscape we see today would have been originated mostly

Localizzazione dell'area studiata: 1 - altopiano in quarziti (Formazione Matauì), 2 - rocce vulcaniche basiche; (SAN = Sistema Auyán-tepui Noroeste).

Location map of studied area: 1 - quartzite plateau (Matauì Formation), 2 - Basic volcanic rock; (SAN = Sistema Auyán-tepui Noroeste).



essi, di essere delimitati da inaccessibili pareti verticali alte diverse centinaia di metri. Il più noto tra questi rilievi è il Roraima-tepui, che raggiunge i 2810 m, situato al confine tra Venezuela e Guayana, e tra i primi massicci della Gran Sabana ad essere stato esplorato dagli speleologi.

L'Auián-tepui si trova invece nello stato di Bolivar, nella parte meridionale del Venezuela, ed è noto soprattutto per la presenza del celeberrimo Salto Angel, la cascata più alta del mondo, che presenta un salto di ben 972 m. Questo altopiano, vasto più di 700 km², si estende tra i 61° 00' e i 62° 30' di longitudine W e tra i 5° 30' e i 6° 00' di latitudine N, costituendo uno dei più vasti e tipici esempi di montagna tabulare di tutta la Gran Sabana. L'altitudine media dell'altopiano è intorno ai 2000 m, con le massime elevazioni intorno ai 2800 m situate nel settore orientale (le quote sono indicative non esistendo carte topografiche quotate). L'altopiano digrada progressivamente verso NW con una gradinata di superfici pianeggianti situate a quote via via inferiori, sino a circa 1500 m di quota in corrispondenza dell'orlo occidentale.

Le spianate più elevate si trovano ad oltre 2500 m s.l.m. e rappresentano dei lembi residuali di un'antica superficie d'erosione, che si ritiene possa essersi formata durante il Mesozoico. La datazione di questa paleosuperficie d'erosione è alquanto problematica a causa della mancanza di qualsiasi indizio cronologico. Qualche elemento di datazione si ha invece per la superficie d'erosione situata intorno ai 1000 m di quota, che costituisce in pratica le zone pianeggianti poste ai piedi dei tepui. Tale superficie è riferita al Cretaceo-Giurassico per la presenza, in certe zone, di depositi continentali datati. Secondo queste ipotesi, il paesaggio, come lo vediamo oggi, si sarebbe modellato soprattutto tra il Giurassico e la fine del Cretaceo, cioè in concomitanza delle fasi iniziali di separazione tra il continente americano e quello africano.

Le superfici d'erosione a quote intermedie, che spezzano la continuità dei pianori sommitali, si sono originate probabilmente in epoche successive, con un lento processo di erosione influenzato dalle caratteristiche della roccia. In genere ogni spianata è determinata dalla presenza di livelli più resistenti all'erosione che spesso soggiacciono a strati a granulometria più fine caratterizzati da una maggiore erodibilità.

2. Geologia

Tutta l'area della Gran Sabana fa parte di quello che i geologi chiamano "Scudo della Guayana", un settore di crosta continentale tra i più antichi affioranti sulla superficie terrestre, costituito da rocce ignee o metamorfiche formatesi circa 3,5 miliardi di anni. A partire da non meno di due miliardi di anni fa, sopra queste rocce cristalline iniziarono a depositarsi i sedimenti limosi e sabbiosi portati dai fiumi che solcavano un antico e primitivo continente. Tale processo durò per alcune centinaia di milioni di anni, in ambienti di pianure alluvionali, delta fluviali e di mare poco profondo, portando all'accumulo di una coltre di sedimenti il cui spessore originario doveva raggiungere i 5 km. Nella parte inferiore, vicina cioè al basamento cristallino, le rocce hanno grana fine e sono costituite da siltiti e areniti stratificate e compatte per uno spessore di circa 1000 m. Al di sopra di questi sedimenti fini si trova un pacco, di circa 2000 m di spessore, di arenarie leggermente metamorfiche, cioè di rocce formate da sabbie compatte e ricementate, la cui principale caratteristica è di esse-

between the Jurassic and the end of Cretaceous, that is, at the initial phases of the separation between the African and American continents.

The erosion surfaces found at intermediate altitudes, which interrupt the continuity of the uppermost plateaus, probably originated at later times, with a slow erosion process that was controlled by the features of the rock itself. Generally speaking, each flat area originates from the presence of layers that can resist erosion, often lying underneath other layers characterized by a finer particle size distribution and by a higher erodibility.

2. Geology

All the Gran Sabana area is part of what geologists call the "Guyana Shield", one of the most ancient sections of the continental crust reaching the Earth surface, made of metamorphic or igneous rocks that were created approximately 3.5 billion years ago. Starting from at least two billion years ago, silt and sand sediments began to deposit on top of these crystalline rocks, carried by the rivers that crossed an ancient and primitive continent. Such process lasted for hundreds of millions of years, in flood plains, river deltas and shallow seas, leading to the accumulation of up to a 5 km-thick coat of sediments. In its lower part, i.e., near to the crystal base, rocks have a fine grain and consist of mudstone and sandstone for a thickness of about 1000 meters. Above, there is a pack (approximately 2000 meters thick) of slightly metamorphic sandstones, that is, rocks made of compacted and re-cemented sands, whose main feature is to be made almost exclusively of quartz granules; in other words, a quartzite. Altogether, these ancient rocks are called Gruppo Roraima. The different features of the rocks found in the lower part of the Gruppo Roraima, compared to those found in the upper part, explain the origin of the tableland shape of the mountain ranges found in this zone. The main relieves, all the way from ground level to the top, are made of extremely hard quartzite, that are much harder to erode than the silty, clayey and sandy stones found at their basis. Since their formation, these rocks endured very little tectonic deformations, that is, the tectonic forces that lead to the formation of mountain ranges did not affect them. They were simply lifted, sometimes by several kilometres, while maintaining their horizontally layered structure.

The most relevant tectonic features occurring in the area are the large fractures, aligned along preferential directions that fragment the plateaus into four-sided prisms. In the studied areas, the main fractures (along which caves are also developed) are mostly oriented in a NNW-SSE and NE-SW fashion.

3. Karst process

The shape of the rocks found on the flat areas of tepui, quite peculiar from many points of view, were determined not only by erosion but also by solution processes. The presence of solution phenomena, affecting mostly the siliceous cement, led most Authors to define many of the landforms as "pseudo-karst". In reality, such definition should be limited to those that imitate actual karst forms under the geometrical point of view, but were formed through completely different processes. In the case of tepui, solution processes play a fundamental role in landscape modelling and therefore it would be more appropriate to talk about actual karst forms. Indeed, despite the very low solubility of the siliceous-clastic rocks, there are remarkable similarities

re costituite quasi interamente da granuli di quarzo; si tratta cioè di quarziti. Nell'insieme queste antiche rocce sedimentarie sono dette Gruppo Roraima.

Le differenti caratteristiche delle rocce della parte bassa del Gruppo Roraima, rispetto a quelle della parte alta, sono all'origine della forma tabulare dei rilievi montuosi di questa zona. I rilievi principali, a partire dal piede delle pareti sino alla sommità del plateau, sono, infatti, costituiti dalle durissime rocce quarzitiche, assai più resistenti all'erosione delle rocce siltose, argillose e arenacee della parte basale.

Queste rocce, dal momento della loro formazione, hanno subito ben poche deformazioni tettoniche, non sono cioè state soggette a spinte e pressioni tettoniche, quali quelle che portano alla formazione delle catene montuose. Esse sono state semplicemente sollevate, anche di diversi km, mantenendo un assetto a strati orizzontali.

Gli elementi tettonici più significativi presenti sono le grandi fratture, allineate secondo direzioni preferenziali, che frammentano gli altopiani in prismi di forma quadrangolare. Nelle aree studiate le fratture principali, lungo le quali si sviluppano anche le grotte, hanno direzione prevalente NNW-SSE e NE-SW.

3. Il fenomeno carsico

Le forme con cui sono modellate le rocce che si ritrovano sulle spianate dei tepui, per molti aspetti assolutamente peculiari, sono dovute a processi non solo erosivi ma anche dissolutivi. L'esistenza di fenomeni di dissoluzione, essenzialmente a scapito del cemento siliceo, ha portato molti autori a definire "pseudocarsiche" molte delle forme presenti. In realtà l'uso del termine pseudocarsico andrebbe limitato a quelle forme che solo da un punto di vista geometrico imitano le forme carsiche vere e proprie, ma che si sono formate in seguito a processi completamente diversi.

between the landforms found in the tepui and those found in limestone karst landscapes, similarities that are not just geometrical but also functional.

Although the mechanism of solution of siliceous cement is not wholly clarified yet, the mid-low acidic pH (around 3.5-4, that does not facilitate silica solution) and the low SiO₂ found in the waters suggest that time is a key player in this particular type of karst phenomena. These tablelands have been experiencing, in fact, a slow morphological evolution, in a state of almost complete tectonic calm, for possibly 100-150 million years. This circumstance provides a very long time also for the development of small-size forms.

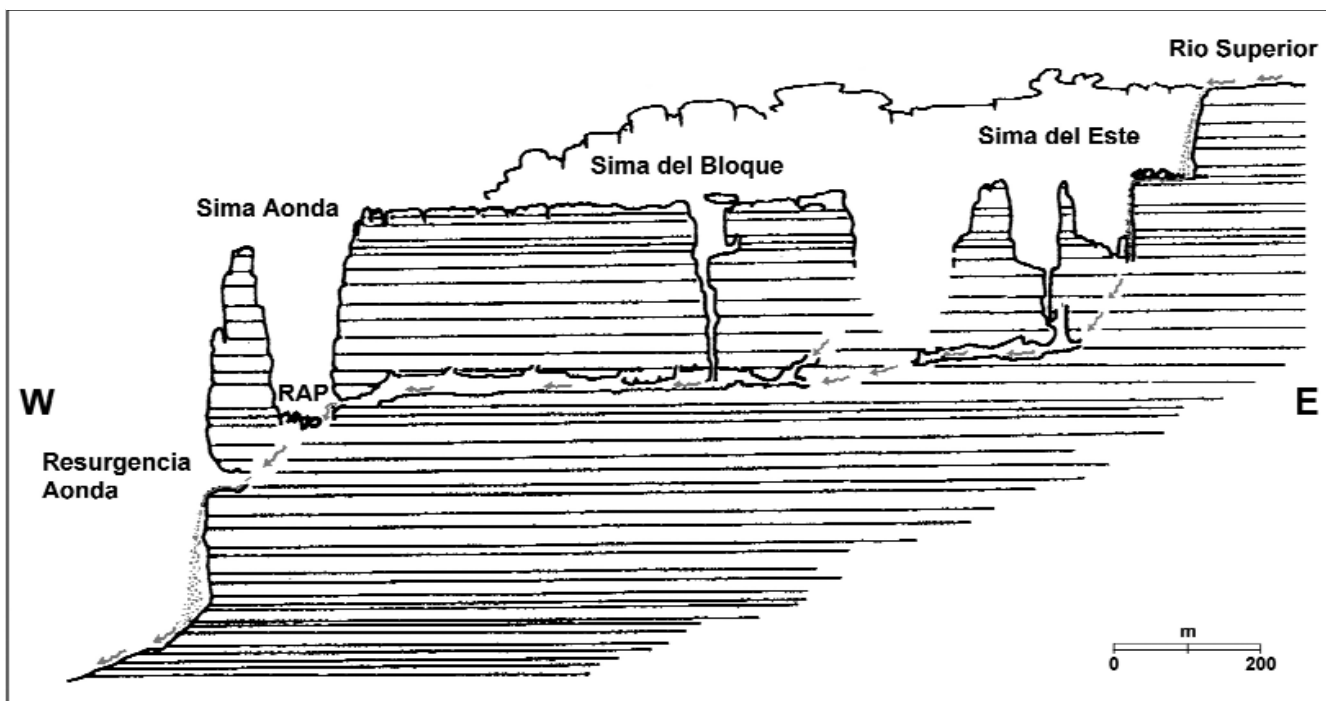
The situation must have remained fairly stable also from a climatic point of view, as this part of the South American continent has been part of the inter-tropical zone at least since the Cretaceous. Finally, the modest slope of the top plateau lessens the purely mechanical erosive effects of running waters, with the exception of the beds of the torrents, while favouring at the same time the processes of chemical degradation of the rocks.

4. Caves formation

The sima are certainly the most noticeable morphological aspect found on the top plateaus of tepui. These are large cracks with an enclosed perimeter, usually elongated in the same direction as the fractures they originated from. For example, the Sima Aonda, the largest sima known so far, is 350 meters deep for a length of about 500 meters and a width of one hundred. Many sima are deeper than 100 meters.

Sima are more frequently found towards the edges of the tepui and represent the initial stage of the long lasting process of surface modelling that leads to the formation of the erosion areas found between the top surfaces and the valley level. Although they originate from tectonic fractures, their formation is mostly linked to solution and erosion processes, coupled with collapses of under-

Profilo schematico del sistema Aonda (RAP = Resurgencia Ali Primera). Sketch profile of sistema Aonda (RAP = Resurgencia Ali Primera).



Nel caso dei tepui, i processi di dissoluzione hanno un ruolo determinante nel modellamento del paesaggio, e pertanto è più corretto parlare di forme carsiche vere e proprie.

In effetti, a dispetto della bassissima solubilità delle rocce silico-clastiche, le somiglianze tra le forme presenti sui tepui e quelle dei paesaggi carsici in rocce calcaree sono notevoli e non sono solo geometriche ma anche funzionali.

Benché il meccanismo di dissoluzione del cemento siliceo non sia ancora del tutto chiaro, i pH mediamente acidi (intorno a 3,5-4), che quindi non facilitano la dissoluzione della silice, e i bassi tenori di SiO_2 riscontrati nelle acque da noi analizzate, fanno supporre che per lo sviluppo di questo particolare tipo di fenomeni carsici sia stato determinante il fattore tempo. Questi altopiani, infatti, sono in lenta evoluzione morfologica, in uno stato di quasi assoluta quiescenza tettonica, da forse 100, 150 milioni di anni. Questa circostanza mette a disposizione tempi molto lunghi anche per lo sviluppo di forme a piccola scala.

Anche da un punto di vista climatico la situazione deve essersi mantenuta relativamente stabile sino ad oggi, infatti, questa parte del continente sudamericano si trova all'interno della fascia intertropicale almeno dal Cretaceo. Infine la bassa pendenza dei pianori sommitali attenua gli effetti erosivi puramente meccanici delle acque correnti, ad esclusione che negli alvei dei torrenti, favorendo, al contempo, i processi di degradazione chimica delle rocce.

4. La formazione delle grotte

L'elemento morfologico più appariscente che si riscontra sui plateau sommitali dei tepui è sicuramente rappresentato dalle *sima*. Si tratta di grandi spaccature a perimetro chiuso, solitamente allungate in direzione delle fratture da cui si sono originate. Le loro dimensioni sono talvolta impressionanti. La Sima Aonda, ad esempio, la maggiore tra quelle conosciute, ha una profondità di 350 m per circa 500 di lunghezza e un centinaio di larghezza. Molte sono quelle con profondità superiori ai 100 m. Le *sima* sono più frequenti verso i margini dei tepui e rappresentano lo stadio iniziale del lungo processo di modellamento superficiale che porta alla formazione dei ripiani di erosione posti tra le superfici sommitali e il fondo valle. Anche se esse hanno origine da fratture di natura tettonica la loro formazione è legata soprattutto a processi dissolutivi ed erosivi accompagnati da crolli di cavità sotterranee. Il processo può essere così riassunto. Nelle aree perimetrali dei *plateau*, in prossimità delle pareti, si hanno fenomeni di distensione delle masse rocciose, che portano all'apertura di numerose fratture. L'acqua che vi s'infiltra attacca il cemento siliceo disgregando la roccia. Perché possa formarsi una cavità occorre che la roccia alterata sia asportata dal basso, e questo può succedere solo esiste una via sotterranea di evacuazione. In genere questa si forma in corrispondenza di livelli più erodibili. Molte grotte, in effetti, si estendono in profondità sino ad un'importante variazione litologica dove si ha un piano di drenaggio orizzontale delle acque assorbite.

Nel tempo le spaccature tendono ad assumere dimensioni sempre maggiori, soprattutto per crolli, e ad espandersi lungo le discontinuità più importanti.

Un *sima* diventa a sua volta una zona di distensione della massa rocciosa, e permette la formazione di nuove spaccature "satellite", sempre per distensione.

RESURGENCIA
ALI PRIMERA



0 25 50

Survey: LA VENTA
1993-1998
graphic: L. Piccini

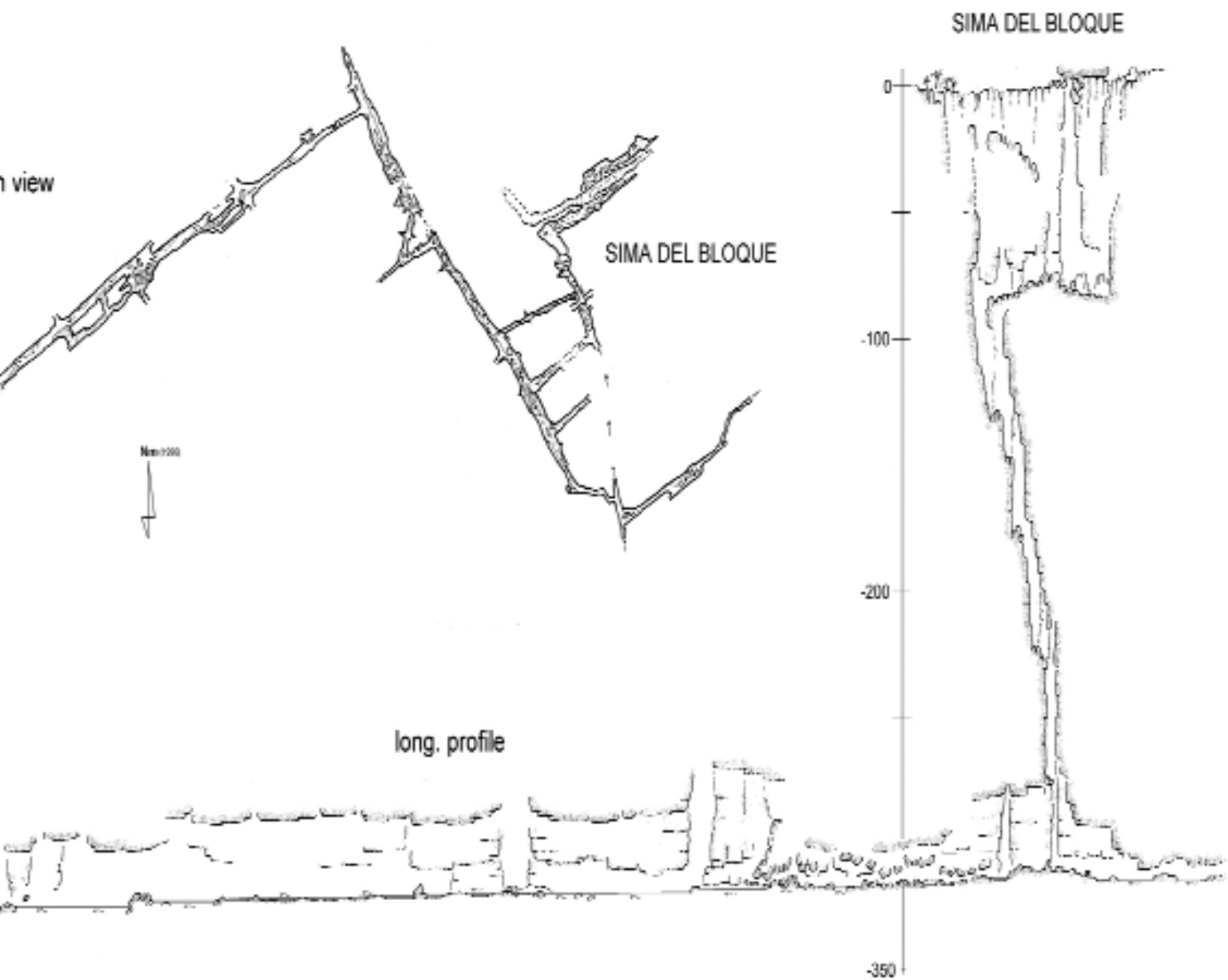
RESURGENCIA
ALI PRIMERA

SIMA
AONDA



ground caves. The process could be summarized as follows: along the perimeters of the plateaus, near the rock walls, there are phenomena of rock destressing that eventually lead to the formation of many fractures. The water that penetrates inside them attacks the siliceous cement and softens the rock. To form a cavity, the altered rock must be removed from below, something that can happen only in the presence of an underground drainage. In general, this happens within the most erodible layers. Indeed, many caves deepen until they find a major lithologic change, where there is a horizontal drainage for the absorbed waters.

In time, cracks tend to widen more and more, especially because of collapses, and to expand along the most important discontinuities. A *sima* then becomes in itself an area of rock destressing, thereby allowing the formation of new "satellite" cracks. The progressive merging of several cracks leads to the formation of deep canyons, opened towards the valley, which then becomes bigger and more branched by capturing more *sima*. In the end, large, isolated quadrangular towers replace the original tableland. In time, the latter ends up collapsing, thereby originating a chaotic mass of colossal boulders. These are then progressively eroded,



L'unione progressiva di più spaccature porta alla formazione di profondi canyon aperti verso valle che progressivamente si ampliano e si ramificano catturando altre *sima*, sino a che dell'altipiano originario rimangono delle grosse torri quadrangolari isolate. Queste torri finiscono prima o poi per crollare dando origine a caos di blocchi di dimensioni colossali. I blocchi sono progressivamente erosi mettendo a nudo il ripiano che si è andato formando al di sotto di essi in corrispondenza di livelli più resistenti all'erosione e in cui ha già avuto inizio un nuovo ciclo che porterà alla formazione di un altro ripiano a quota inferiore.

5. Le grotte esplorate

Le grotte esplorate possono essere ricondotte a tre tipi diversi: grandi voragini di crollo, pozzi-frattura ed inghiottitoi. Le prime si presentano con pozzi a cielo aperto di grandi dimensioni (*sima*), profondi anche 300 m, al cui fondo si trovano grandi accumuli di frana. I pozzi-frattura, hanno dimensioni assai minore, in pianta, ma possono essere altrettanto

exposing the plateau that formed underneath, at the level of the erosion-resistant layers. Here starts a new cycle that will eventually lead to the formation of another plateau at a lower altitude.

5. Explored caves

*The explored caves belong to three different types: large collapse chasms, fracture-shafts, and sinks. The former two are the *sima*, large, open-ceiling shafts, up to 300-meters deep, with rockfall debris at the bottom. Width-wise, fracture shafts are generally smaller, but they can be just as deep. Usually they begin as elongated crevasses, a few meters wide and some tens of meters long. Their size tends to increase with depth and usually they lead to collapse cavities. Sinks are more rare and generally small-sized. Amongst the cavities we explored during the 1993 and 1996 expeditions, the Sistema Auyán-tepui Noroeste is the most complex. The active entrance to the system (Sumidero del Rio Pintado) leads to an underground canyon, several tens of meters high and 2-4 meters wide, that ends up in a large hall created by repeated collapses. These environments always have a quadrangular shape, and, having walls shaped along fracture surfaces and*

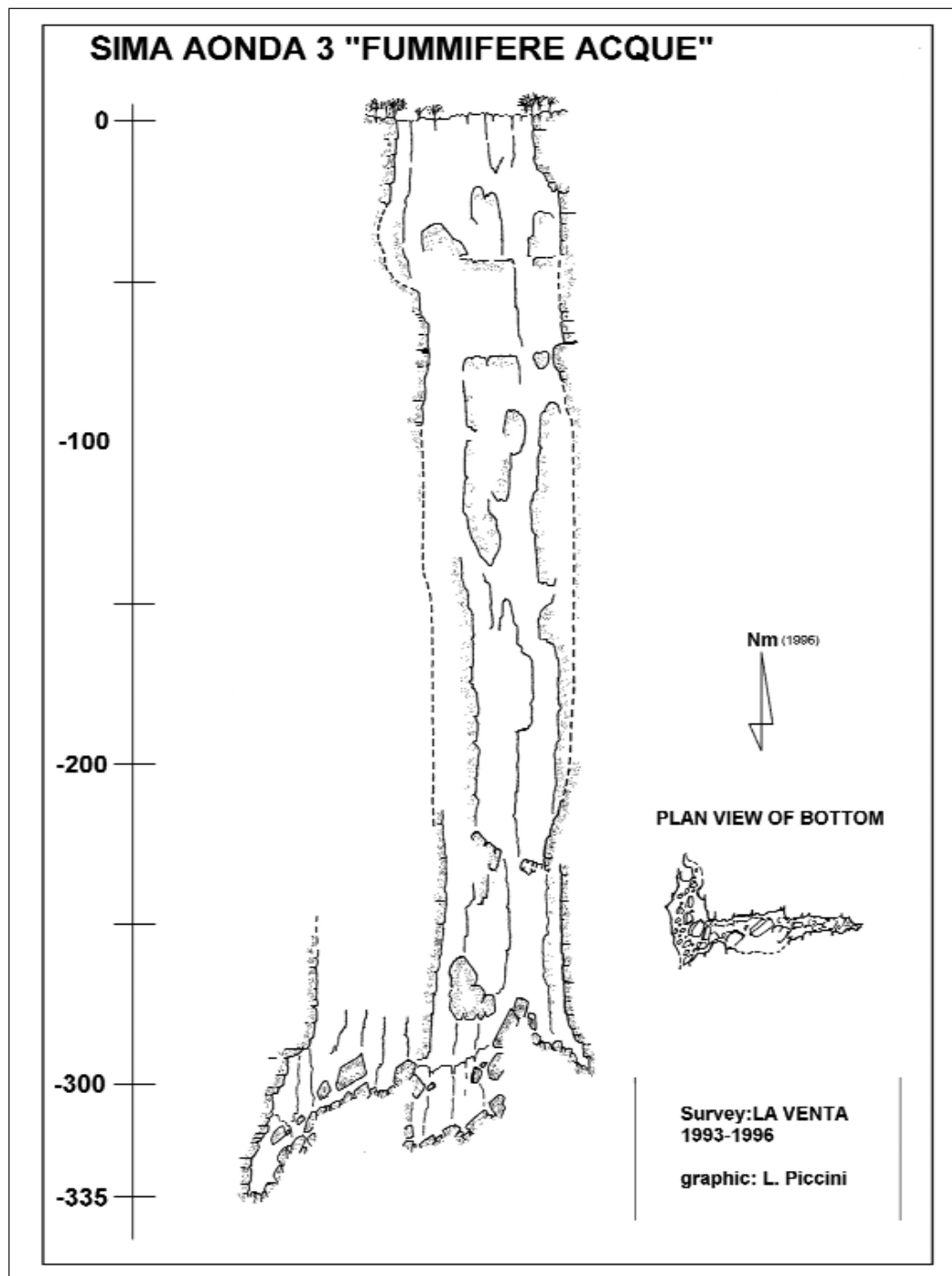
profondi. In genere hanno inizio in forma di crepacci, di forma allungata, larghi pochi metri e lunghi qualche decina. Le dimensioni tendono ad aumentare in profondità e solitamente immettono in ambienti di crollo. Gli inghiottitoi sono più rari e hanno in genere dimensioni modeste.

Tra le cavità esplorate nel corso delle spedizioni del 1993 e del 1996, quella più complessa è il Sistema Auyán-tepui Noroeste.

L'ingresso attivo del sistema (Sumidero del Rio Pintado) immette su di un canyon sotterraneo, alto alcune decine di metri e largo da due a quattro, che si getta in una grande sala, formata per crolli successivi. Questi ambienti hanno sempre forma quadrangolare con pareti verticali impostate sulle superfici di fratture e soffitti orizzontali lungo i giunti di strato e quindi si trovano in condizioni di elevata instabilità. Nelle parti profonde del sistema si raggiunge un collettore che scorre in una forra alta sino a 50 m e larga mediamente intorno a 4-5 m. Nella parte bassa della forra, la presenza di un livello di roccia più erodibile ha permesso lo sviluppo di nicchie laterali e piccole gallerie laterali connesse con la forra principale.

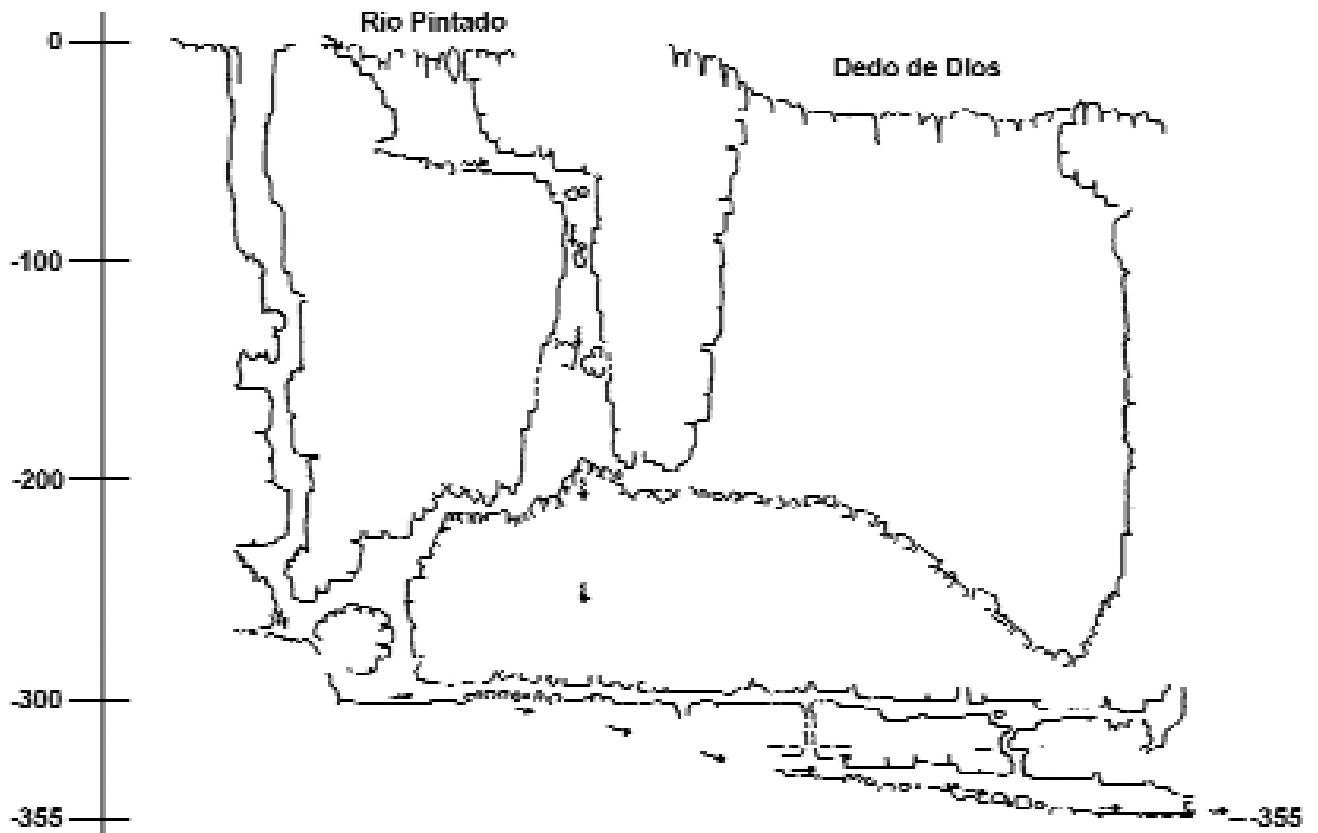
L'altro grande sistema esplorato è quello della Sima Aonda. La Sima Aonda, di per sé, non è propriamente classificabile come grotta, poiché le sue dimensioni in pianta sono maggiori della profondità, che dal bordo inferiore è di circa 280 m. Si tratta quindi di una forma superficiale, di origine complessa, assimilabile per certi versi ad una dolina di crollo. La vera grotta è quella che si apre quasi al fondo della depressione, da noi denominata Resurgencia Ali Primera, dal cui ingresso esce il collettore sotterraneo che drena tutta la piattaforma Aonda e che ha origine da un inghiottitoio posto circa 1,5 km a est. Il collettore è stato seguito da valle per circa 1 km ed è stato raggiunto anche dall'alto calandosi nella Sima del Bloque, una cavità profonda 300 m, situata poche centinaia di metri a NE della Sima Aonda.

Nella stessa zona esistono molte altre voragini, per lo più già rilevate dai venezuelani negli anni '80. Tra quelle esplorate da noi ricordiamo la Sima "O corpuscolo" e la Sima "Fummifere



horizontal ceilings along bedding surfaces, are extremely unstable. Deep inside the system one can reach a cave stream that flows inside a gorge up to 50 meters high and 4-5 meters wide. In its lower part, the presence of a layer made of more erodible rock allowed the formation of side niches and small lateral tubes connected with the main gorge. The other large, explored system is Sima Aonda's system. Per se, the Sima Aonda chasm could not be classified as a proper cave, as its horizontal length is larger than its depth (the latter being 280 meters from the lower edge). It is therefore a surficial structure, with a complex origin, that in some aspects resembles a large sinkhole. The real cave, which we named Resurgencia Ali Primera, is almost at the bottom of the depression; its entrance is the exit point of the underground catchment that drains the whole Aonda platform and originates from a sinkhole located approximately 1.5 kilometres to the East. The stream has been followed for about one kilometre upstream; it has also been reached from above, descending inside Sima del Bloque, a 300-meter-deep cavity located a few hundreds of meters North-

SIMA AUYANTEPUI NOROESTE



Acque”, profonde rispettivamente 325 m e 335 m. In un settore vicino, nel 1993, è stata esplorata invece la Sima Churun, profonda quasi 300 m, ove esistono concrete possibilità di prosecuzione.

East of Sima Aonda.

In the same area there are many other large shafts, most of which have already been mapped by the Venezuelans during the 1980s.

Amongst those we explored we can mention the Sima “O corpuscolo” and the Sima “Fummifere Acque”, 325 and 335 meters deep, respectively. In a nearby sector there is the Sima Churun, almost 300 meters deep; it was explored in 1993 and there is a real possibility of continuing the exploration. •

SIMA AUYANTEPUI NOROESTE



Tabella

Grotte esplorate nel corso delle spedizioni "Tepui 93" e "Tepui 96".

Caves explored during "Tepui 93" and "Tepui 96" expeditions.

nome /name	Wlong.	N lat.	quota m s.l.m. elevation m a.s.l.	sviluppo length, m	dislivello depth, m
Bo.87 - <i>Sima Auyán-tepui Noroeste</i>	62°40'40"	6°00'18"	1660	2950	-355 +15
Bo.88 - <i>Sima Auyán-tepui Norte 2 (S. Churun)</i>	62°36'02"	6°01'13"	1500	541	-297
Bo.8 - <i>Sima del Eloque - Ali Primera</i>	62°36'47"	6°01'06"	1475	1880	-352
Bo.84 - <i>Sima Aonda 3 (Fumifere Acque)</i>	62°36'55"	6°01'00"	1475	420	-335
Bo.83 - <i>Sima Aonda 2 (O Corpuscolo)</i>	62°36'46"	6°00'53"	1475	1050	-325
Bo.89 - <i>Sima Este 4</i>	62°36'45"	6°01'04"	1475	280	-210
Bo.85 - <i>Sima Aonda 4</i>	62°36'45"	6°01'02"	1455	1475	-80

Bibliografia/bibliography

- Bellomo R., S. Gori, I. Rigamonti, P. Tognini, G. Trezzi & P. Forti., "Il Sistema "Aonda Superior" dell'Auyántepui". Resoconto della spedizione speleologica italiana "Venezuela 92". El Guácharo, Soc. Venezolana Espeleol., 33,1994: 1-93.
- Bernabei T. (Coordinatore), "Tepuy '93". Progressione, C. G. E. Boegan, Trieste, 30, 1994: 1-120.
- Bernabei T., M.Mecchia, P. Pezzolato, L. Piccini & E. Preziosi, "Tepuy '93; ancora Venezuela". Speleologia, Soc. Spel. Ital., 29,1993: 8-23.
- Briceño H.O. & Schubert C., "Geomorphology of the Gran Sabana, Guayana Shield, Southeastern Venezuela". Geomorphology, 3, 1990: 125-141.
- Doerr S. H., "Karst-like landforms and hydrology in quartzites of the Venezuelan Guyana shield: Pseudokarst or "real" karst?". Z. Geomorph. N. F., 43, 1,1999: 1-17.
- Galán C., "Cavernas y formas de superficie en rocas silíceas precámbricas del Grupo Roraima, Guayana, Venezuela". Bol. Soc. Venezolana Espeleol., 23, 1988: 1-12.
- Galán C. & Lagarde J., "Morphologie et evolution des cavernes et formes superficielles dans les quartzites du Roraima (Venezuela)". Karstologia, 11-12: 49-59.
- Ghosh S., "Geology of the Roraima Group and its implication". Bol. Geol., Caracas, Pub. Esp., 10, (1985), 1988: 33-50.
- Gori S., M. Inglese, P. Tognini, G. Trezzi, Rigamonti I., "Auyán-tepui, speleologia tropicale nelle quarziti". Speleologia, Soc. Spel. Ital., 28,1993: 23-33.
- Mecchia M., Piccini L. & Preziosi E., "Idrogeologia dei sistemi Aonda, Auyántepuy Noroeste, Auyántepuy Norte 2". Progressione, C. G. E. Boegan, Trieste, 30, 1994: 27-33.
- Piccini L., "Karst in siliceous rock: karst landforms and caves in the Auyán-tepui massif (Est. Bolívar, Venezuela)". Int. Journ. Spel., 24 (Phys.), 1(4), 1995: 41-54.
- Piccini L., Mecchia M. & Preziosi E., "Aspetti geologici e geomorfologici del settore nord-occidentale dell'Auyán-tepui (Est. Bolívar - Venezuela)". Progressione, C. G. E. Boegan, Trieste, 30, 1994: 14-26.
- Piccini L., Mecchia M., "Hydrogeology and SiO₂ geochemistry of the Aonda Cave System, Auyán-tepui, Bolivar, Venezuela". Bol. Soc. Venezolana Espel. (33), 1999:1-11.
- Szczerban E. & F. Urbani F., "Carsos de Venezuela. Parte 4: Formas cársticas en areniscas precámbricas del Territorio Federal Amazonas y estado Bolívar". Bol Soc.Venezolana Espeleol., 5, 1974: 27-54.
- Urbani F., "Notas sobre el origen de las cavidades en rocas cuarcíferas precámbricas del Grupo Roraima, Venezuela". Interciencia, Caracas, 11 (6), 1986: 298-300.
- Urbani F., "Algunos comentarios sobre terminología kárstica aplicada a rocas silíceas". Bol. Soc. Venezolana Espeleol., 24, 1991: 5-6.
- Wray R. A. L., "Quartzite dissolution: karst or pseudokarst?". Cave and Karst Science, 24(2), 1997: 81-86.