

**LA VENTA**  
ESPLORAZIONI GEOGRAFICHE

Leonardo PICCINI  
Grotte senza tempo  
Timeless caves  
Estratto da: Kur, 6, 2006  
Reprinted from: Kur, 6, 2006

# Grotte senza tempo



## Leonardo Piccini

### *Timeless Caves*

Al confine tra Venezuela, Brasile e Guayana si trova una delle zone più straordinarie del nostro pianeta: è la Gran Sabana. Il paesaggio, unico al mondo, è caratterizzato da montagne di forma tozza, che prendono il nome di tepui, con ampi pianori sommitali delimitati da pareti rocciose alte anche più di 1000 metri, che si ergono improvvisamente dalla foresta pluviale. La zona è contraddistinta da un clima particolarmente umido. L'acqua scorre ovunque. Cade dalle montagne, con altissime cascate, tra cui il famoso Salto Angel, la cascata perenne più alta al mondo. Fluisce nelle pianure in un intricato di canali e fiumi, le cui acque hanno un colore caratteristico, simile al tè, dovuto alla presenza di sostanze organiche. La singolarità di questi luoghi è dovuta soprattutto alla loro storia geologica, iniziata oltre tre miliardi di anni fa, quando il nostro pianeta era ancora giovane. Questa regione, infatti, fa parte di quello che i geologi chiamano "Scudo della Guayana", una delle porzioni più antiche di tutta la crosta terrestre. Le montagne sono formate da sabbie silicee cementate (le quarziti) deposte circa due miliardi di anni fa, quando America meridionale ed Africa erano riunite in un unico

*At the border between Venezuela, Brazil and Guyana sits Gran Sabana, one of the most extraordinary areas of our planet. Its unique landscape is characterised by the presence of squat mountains, scattered amongst the rainforest. Named tepui, their tops feature wide plateaux surrounded by rocky walls more than 1000 metres high. The whole area is characterised by a particularly humid climate. Water flows everywhere. It falls from the mountains, with very high cascades, amongst which is the Salto Angel (Angel Falls), the tallest waterfall in the world. It flows in the plains, in a mesh of rivers and canals, whose waters have a distinct tea-like colour, due to the presence of organic matter. The peculiarity of these places is mostly due to their geological history, which started more than 3 billion years ago, when our planet was still in its infancy. The area belongs to what geologists call the "Guyana Shield", one of the oldest parts of Earth's crust. The mountains are made of cemented silica sands (quartzite), deposited more than two billion years ago, when South America and Africa were still joined in a single, large continent. The area remained stable for the longest*



grande continente. Tutta la zona è rimasta per un tempo lunghissimo stabile, al centro di questo supercontinente, sino a che, circa 150 milioni di anni fa, Africa e America meridionale iniziarono a separarsi, a causa di quel fenomeno noto come "deriva dei continenti". Ciò provocò cambiamenti sostanziali nella geografia di quei luoghi e la comparsa di fiumi che prima non esistevano.

È in questo periodo che si sono formati i bacini del Rio delle Amazzoni e dell'Orinoco, i cui affluenti iniziarono a incidere profondamente le antiche e durissime quartziti della Gran Sabana. I canyon che si sono formati, ampliandosi, hanno col tempo isolato le singolari montagne che oggi chiamiamo tepui.

La loro particolare forma è determinata dalla costituzione geologica, caratterizzata da strati rocciosi orizzontali, e dal fatto che l'erosione provoca un arretramento parallelo delle scarpate, riducendo progressivamente l'estensione delle montagne, ma lasciandone sostanzialmente invariata la quota ed il profilo. L'erosione non ha agito però solo in superficie, ma ha scavato anche in profondità, formando voragini profondissime e vere e proprie grotte, in cui cade una parte delle acque che scorrono sui pianori sommitali e che poi riemerge in spettacolari risorgenti ai piedi delle pareti o più in alto, in forma di cascate.

Si tratta, come è facile intuire di grotte molto particolari, fosse solo per il fatto di essere scavate in rocce costituite quasi esclusivamente da quarzo, uno dei minerali meno solubili esistenti e quindi apparentemente non idoneo allo sviluppo di cavità sotterranee.

Salvo casi particolari, come quelli delle grotte di origine vulcanica che si formano in seguito allo svuotamento dei condotti di flusso delle lave, quelle nei ghiacciai, dovute a processi di fusione, e quelle di origine meccanica, legate a crolli o a movimenti di blocchi rocciosi, la maggior parte delle cavità sotterranee si forma, infatti, in seguito a processi di dissoluzione delle rocce in acqua.

Perché si formino cavità di grandi dimensioni occorre che i normali processi di erosione che agiscono in superficie, ad opera delle acque di ruscellamento, abbiano un effetto attenuato, lasciando tempo ai processi di dissoluzione sotterranea di ampliare i vani che si vanno formando e di costruire una rete di condotti di drenaggio in grado di smaltire efficacemente le acque d'infiltrazione.

Questo può succedere per due motivi: o perché le rocce sono

*time, at the centre of this super-continent, until 150 million years ago. Then, Africa and South America began to separate, due to the continental drift, leading to substantial changes in the geography of those areas and to the appearance of newly-formed rivers.*

*It was at that time that the basins of the Amazon and Orinoco rivers, whose tributaries began to deeply etch the ancient and very hard quartzite of Gran Sabana, were formed. The canyons that originated in this way became wider and wider in time, isolating the peculiar mountains we now call tepuis.*

*Their singular shape was determined by their geological structure, characterised by horizontal rock layers, and by the fact that erosion led to the parallel retreat of escarpments, progressively reducing their extension while leaving both altitude and profile untouched. Erosion, however, did not work just on the surface but went underground too, creating very deep shafts and fully-fledged caves. Part of the waters flowing on the tops of the plateaux fall into such caves and then re-emerge from spectacular resurgences at the foot of the walls, or higher up as cascades.*

*It is easy to see how these are very peculiar caves, if nothing else for being carved into rocks made almost exclusively of quartz. This is one of the least soluble minerals existing in nature, apparently poorly prone to the formation of underground caverns.*

*Exceptions aside, e.g., volcanic caves formed by the emptying of the lava flux conduits, ice caves formed by melting and those mechanically formed by collapse or shifts of rock masses, most underground caves are formed by the dissolving of rocks by water.*

*In order to create wide caverns, the normal erosion processes that take place on the surface due to flowing waters must be attenuated; this way, the underground dissolution processes have the time to widen the forming cavities and to build a network of draining conduits capable of efficiently disposing of the seeping waters.*

*This can happen for two reasons: either because the rocks are easily dissolved, as happens with limestone, dolomites and gypsum, or because morphology and climate favour chemical rather than physical alteration. In order to form caves within poorly soluble rocks, like quartzite, one could easily foresee the need of very peculiar environmental conditions.*

*Time also plays a role in this. If solubility is modest, again, as*



*La tipica sagoma tabulare delle montagne della Gran Sabana / The typical table shape of Gran Sabana's mountains*





Torri e fratture / Towers and fractures

facilmente solubili, come nel caso dei calcari, delle dolomie o dei gessi, o perché l'assetto morfologico e le condizioni climatiche sono tali da favorire i processi di alterazione chimica a scapito di quelli fisici. Perché si possano formare grotte in rocce poco solubili, come le quarziti appunto, occorrono, come è facile immaginare condizioni ambientali molto particolari.

Anche il tempo gioca la sua parte. Se la solubilità è assai modesta, come nel caso delle quarziti, è lecito pensare che per formarvi delle grotte, occorra molto più tempo di quanto sia necessario per formare una grotta equivalente in un calcare.

Viene quindi spontaneo chiedersi: quanto sono antiche le grotte dei Tepui?

#### *Le più antiche grotte del mondo?*

Quando furono scoperte le prime grotte nelle quarziti del M. Roraima, nell'ormai lontano 1974, la notizia ebbe del sensazionale; almeno tra gli speleologi, abituati, come eravamo, a pensare che le grotte potessero formarsi solo nei calcari, o tutt'al più nei gessi, disdegnando tutte le altre rocce. A rendere la cosa ancora più sensazionale, ci fu chi sostenne potesse trattarsi delle più antiche grotte del mondo, vecchie forse di centinaia di milioni di anni.

Anche noi, durante l'esplorazione degli abissi dell'Ayuan Tepui, in Venezuela, fummo contagiati da questa sensazione, forse inconsciamente influenzati dal celebre romanzo di Arthur Conan Doyle, "The Lost World", in cui un gruppo di esploratori scopre su queste inaccessibili montagne un mondo rimasto immutato dal Mesozoico, con tanto di dinosauri e piante ormai estinte.

Ma è proprio necessario invocare tempi lunghissimi per la formazione di queste grotte?

Valutare l'età di una grotta è sempre molto difficile, anche perché, non essendo altro che un insieme di vuoti, non può essere datata direttamente in nessun modo.

Applicando uno dei principi di base della geologia, possiamo dire che l'età di una grotta deve essere compresa tra quella che è l'età della roccia ospite e l'età dei più antichi sedimenti in essa contenuti.

*it is the case with quartzite, it is conceivable that the formation of a cave would take much longer than it would in a limestone.*

*The obvious question, then, is: how old are the Tepui caves?*

#### **The World's most ancient caves?**

*When the first quartzite caves were discovered in Mount Roraima, back in 1974, it was astounding news. Or at least it was for speleologists, who until then were used to thinking that caves could only form within limestone, or at most within gypsum, and disregarded any other kind of rock. Even more impressive was the fact that someone claimed that they could be the oldest caves in the world, possibly hundreds of millions of years old.*

*We too, during our exploration of the abysses of Ayuan Tepui (Venezuela), were infected with such a feeling, possibly influenced by A.C. Doyle's novel "The Lost World" (in which a group of explorers discovered, in these inaccessible mountains, a pristine Mesozoic world complete with dinosaurs and extinct vegetation).*

*But do we really need to envisage such a long time for the formation of these caves?*

*Assessing the age of a cave is always a difficult task because, amongst other things, its being just a set of hollows does not allow any direct dating method.*

*If we apply one of the basic principles of geology, we can say that the age of a cave must be comprised between that of the rock that surrounds it and the age of the oldest sediments present inside it.*

*Other considerations usually allow us to greatly narrow the time span of possible ages. For example, most limestone caves are less than 2-3 million years old, even though they are carved within rocks that usually are tens of hundreds of million years old. This is due to the fact that earlier than 2-3 million years ago the conditions of the rocks could not allow the formation of karst caves.*

*In the case of tepui's quartzite, the rocks are way older, in the range of 2 billion years. Very ancient rocks then, but their age per se does not mean much. One could in fact have quite recent caves inside extremely old rocks. Besides, defining the*



Altre considerazioni ci permettono in genere di restringere di molto l'intervallo di tempo delle possibili età. La maggior parte delle grotte calcaree, ad esempio, benché siano scavate in rocce che in genere hanno da qualche centinaio a qualche decina di milioni di anni, hanno età solitamente inferiore a 2 o 3 milioni di anni; ciò è dovuto al fatto che in precedenza le rocce non si trovavano in condizioni tali da permettere lo sviluppo di cavità carsiche.

Nel caso delle quarziti dei tepui, l'età delle rocce è enormemente maggiore, dell'ordine dei 2 miliardi di anni. Sono quindi rocce antichissime, ma l'età della roccia, di per sé, non dice molto. Posso infatti avere grotte molto recenti in rocce antichissime. La definizione di "età di una grotta" è poi tutt'altro che banale, come scritto altrove, in questa stessa rivista.

Ma torniamo alle nostre grotte dei tepui. In primo luogo si tratta di capire quando hanno avuto inizio i processi che hanno portato alla formazione delle grotte nelle quarziti.

Fenomeni di dissoluzione sono possibili già durante la formazione di una roccia, anzi, essi rappresentano uno dei fenomeni più importanti della diagenesi, cioè di quell'insieme di processi che portano un sedimento sciolto, come una sabbia, a diventare una roccia coerente, cioè un'arenaria.

Perché, però, questi fenomeni portino alla formazione di veri sistemi di grotte, e non solo di cavità isolate, occorre che l'acqua possa circolare nella roccia sotto l'azione della gravità. Questo ci porta a concludere che le grotte dei tepui devono essere più giovani delle valli circostanti in fondo alle quali scorrono i fiumi in cui si riversano le acque catturate dai sistemi sotterranei. In altre parole, le grotte possono essersi formate solo a quote superiori a quelle del fondovalle e quindi successivamente all'incisione dei fiumi.

Abbiamo già detto che sino a circa 150 milioni di anni fa, Africa e America del Sud erano unite e l'idrografia era probabilmente molto diversa. Sebbene alcune porzioni dei bacini dell'Orinoco e del Rio delle Amazzoni potrebbero aver già avuto una disposizione simile a quella odierna, è assai difficile che l'erosione avesse già approfondito, allora, il reticolo

*age of a cave is anything but a trivial question, as described in another article in this issue.*

*But let's get back to our caves in the tepuis. First of all, we have to understand when the processes that formed the caves within the quartzite actually started.*

*Dissolution processes are already possible even during the formation of a certain rock; indeed, they represent one of the most important phenomena of diagenesis, that is, the set of processes that turn sediments, like sand, into a coherent rock, as happens with sandstone.*

*However, in order for these phenomena to form a real network of caves and not just isolated cavities, water must flow freely within the rock following the gravitational pull. All this leads us to the conclusion that tepui caves must be younger than the surrounding valleys, at the bottom of which flow the rivers that collect the waters captured from the underground systems. In other words, caves could be formed only at an altitude higher than that of the valley floor and therefore after the rivers' erosion.*

*As we already mentioned above, 150 million years ago Africa and South America were still joined together and it is likely that the river network was quite different. Even though some parts of the Orinoco and Amazon rivers might have had a layout similar to the present one, it is quite difficult to hypothesize that erosion would have already carved the network down to present levels. Conversely, it is much more likely that the rivers' carving was a consequence of the separation of the two continents, which led to the formation of a coastline in areas that until then were far away from the sea.*

*Several scholars accept this model. Some think that the formation of the valleys in the upper basin of the Orinoco River happened during the lower Cretaceous, that is, starting from 150 million years ago.*

*It is likely that erosion was initially very fast, originating a landscape formed by a large plateau crossed by deep canyons (e.g., similar to what Colorado looks like now). In time, valleys grew wider and the plateaux got smaller. The latter, however, kept their tabular shape thanks to their geological struc-*





Scendendo nella Sima Aonda / Descending into the Sima Aonda

sino alle quote attuali. È invece molto più probabile che l'incisione dei fiumi sia stata proprio una conseguenza della separazione tra i due continenti, che portò alla formazione di una linea di costa in zone che prima si trovavano ben distanti dal mare.

Questo modello è accettato da diversi studiosi. Alcuni pensano che la formazione delle valli dell'alto bacino dell'Orinoco sia avvenuta proprio durante il Cretaceo Inferiore, cioè a partire da circa 150 milioni di anni fa. Probabilmente, l'incisione fu dapprima rapida, dando origine ad un paesaggio costituito da un vastissimo altopiano, solcato da profondi canyon, tipo quello odierno del Colorado per intenderci.

Successivamente le valli si ampliarono, i plateau si restrinsero, conservando però la loro forma tabulare, grazie alla loro struttura geologica, caratterizzata dalla presenza di un spesso coltre di dure quarziti al di sopra di rocce a grana più fine e meno resistenti all'erosione.

Le grotte cominciano probabilmente a formarsi in questa fase, lungo i bordi dei rilievi, cioè laddove fenomeni di decompressione delle masse rocciose permettono l'allargamento delle fratture verticali, consentendo all'acqua di penetrare nel sottosuolo e di iniziare lo scavo in profondità.

#### *Le nostre ricerche sull'Auyan-tepui*

Febbraio 1996. Scendiamo dall'elicottero in tre, dopo che questo ha scaricato il suo carico di materiale. Siamo qui per piazzare il primo avamposto su un pianoro nelle propaggini settentrionali dell'Auyan-tepui. Il giorno successivo, con altri voli, arriverà il resto del gruppo e le quasi due tonnellate di materiale che ci accompagnano dall'Italia.

Sono passati esattamente tre anni dalla prima spedizione, quella del 1993, organizzata dalla nostra associazione in collaborazione con la Società Venezuelana di Speleologia e grazie all'appoggio della Società Speleologica Italiana. In quella occasione esplorammo diverse grotte in tre settori diversi, tra cui quella che per diversi anni sarà la più lunga e profonda al mondo in quarzite: la Sima Auyan-Tepui Noroeste, o

*ture, in which a thick layer of hard quartzite sat above rocks with finer grain, less resistant to erosion.*

*It is likely that the caves began to form in this phase, along the edges of the reliefs, where decompression of the rocks allowed the widening of the vertical fractures; this in turn allowed the penetration of water underground and the beginning of in depth erosion.*

#### **Our research in the Auyan-tepui**

*February 1996. Three of us get off the helicopter, after unloading the first instalment of equipment. We are here to set up the first camp on a plateau on the northernmost fringes of Ayuan-tepui. The following day, more flights will bring the rest of the group and the almost two tons of equipment we have brought from Italy.*

*It has been exactly three years since our first expedition in 1993, organised by our Association in collaboration with the Venezuelan Speleological Society and with the support of the Italian Society of Speleology. At that time we explored several caves in three separate sectors, amongst which was the one that for years would be known as the longest (three kilometres) and deepest (370 metres) quartzite cave in the world: Sima Auyan-Tepui Noroeste, a.k.a. Sima del Rio Pintado. This time we decided to concentrate on the zone surrounding the Sima Aonda, the most awesome abyss in the area. Venezuelan speleologists had already descended inside what is part of a wide system of deep caves, still largely unexplored.*

*We have several aims; the main one is to film a 16mm documentary under the guidance of Lorenzo Hendel, an eclectic director.*

*We also want to complete the exploration of other abysses, the Sima Fumifere Acque amongst others, and to map the Ali Primera resurgence at the bottom of Sima Aonda, both of which had already been partially explored during the first expedition. Also, we have planned a series of hydrometric measurements and chemical analyses of the waters, in order to gather a more precise picture of the processes that regulate the formation of these underground systems and, possibly, get*

Sima del Rio Pintado, profonda 370 m e lunga 3 km. Questa volta decidiamo di concentrarci nella zona della Sima Aonda, la più impressionante voragine di tutta l'area, già discesa dagli speleologi venezuelani, e parte di un vasto sistema di profonde grotte, ancora in gran parte da esplorare.

Gli scopi sono molteplici. Il principale è quello di girare un documentario in 16 mm, sotto la guida dell'eccentrico regista Lorenzo Hendel.

Vogliamo però anche finire l'esplorazione di altri abissi, tra cui la Sima Fummifere Acque, e eseguire il rilievo della risorgenza Ali Primera, al fondo della Sima Aonda, entrambe già parzialmente esplorate durante la spedizione precedente. Inoltre abbiamo in programma misure idrometriche e analisi chimiche delle acque, per avere un quadro più preciso dei processi che regolano la formazione di questi sistemi sotterranei e, magari, farsi un'idea della loro velocità di sviluppo. Saranno giorni di attività frenetica, con squadre al lavoro giorno e notte, intente ad armare grandi pozzi, rilevare, esplorare, trasportare materiale, girare filmati, fare osservazioni geologiche ed analisi chimiche. Riusciamo anche a scendere un nuovo abisso, la Sima del Bloque, il cui nome deriva dalla presenza di un enorme blocco di roccia, che sembra un'astronave aliena, che sovrasta il pozzo d'ingresso. Scesi 300 m di pozzi, con le pareti di roccia a tratti inconsistente, raggiungiamo il collettore che scorre nelle ampie gallerie della Resurgencia Ali Primera.

È in questa grotta che ci rendiamo conto di quanto la roccia possa alterarsi in profondità. In superficie la quarzite si presenta sempre durissima e mette a dura prova le punte dei nostri trapani a motore, qualche decina di metri al di sotto, invece, in zone perennemente umide, diventa inconsistente, tanto che i chiodi ad espansione non riescono a fare presa ed è possibile estrarli con le mani dopo solo poche discese. Questo fenomeno, che i ricercatori venezuelani hanno già descritto e chiamato "arenizzazione", è dovuto alla dissoluzione del cemento siliceo, che isola i granuli di sabbia, ren-

*an idea of the speed of their development. They will be days of frantic activity, teams at work night and day, busy tackling large pits, mapping, exploring, transporting materials, filming, carrying out geological observations and chemical analyses. We also manage to descend into a new abyss, the Sima del Bloque, whose name derives from the presence of a huge rock boulder, resembling an alien spaceship, towering over the entrance shaft.*

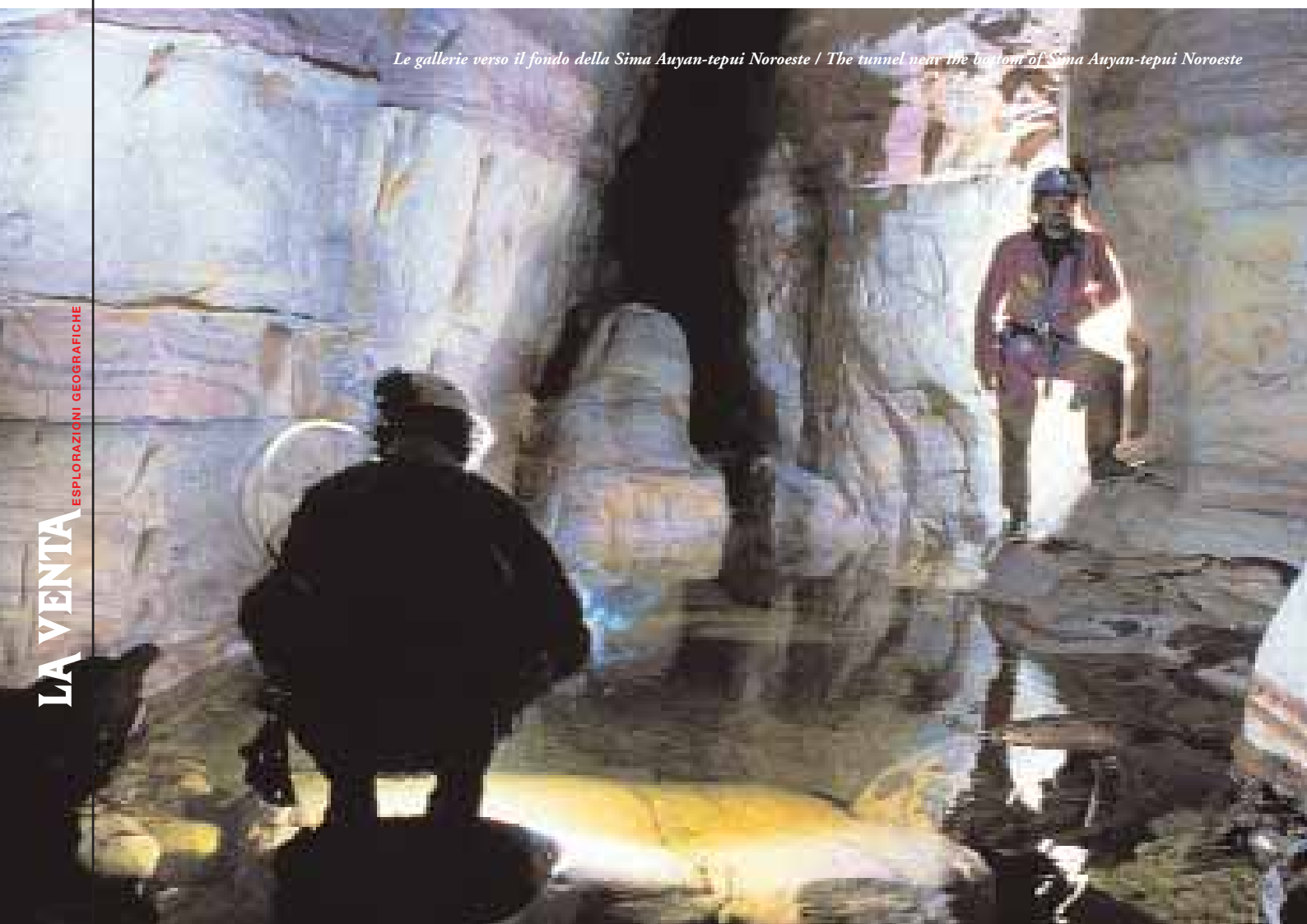
*After descending 300 metres in shafts, the rock walls being quite brittle at times, we reach the collector that flows inside the wide galleries of the Resurgencia Ali Primera. It is inside this cave that we realise how much the rock can be altered in the depths. At ground level, quartzite is extremely hard and challenges the tips of our motor drills. A few metres underneath, on the other hand, in areas constantly humid, the rock becomes crumbly; so much so that our expanding pitons cannot grip and it is possible to get them out with bare hands just after a few descents. This phenomenon, which the Venezuelan researchers have termed "arenisation", is due to the dissolution of the silica cement which isolates the sand grains, making the rock friable and easily eroded.*

*Confirmation for such observation also comes from the chemical analysis of stream water, both superficial and underground, and of dripping water.*

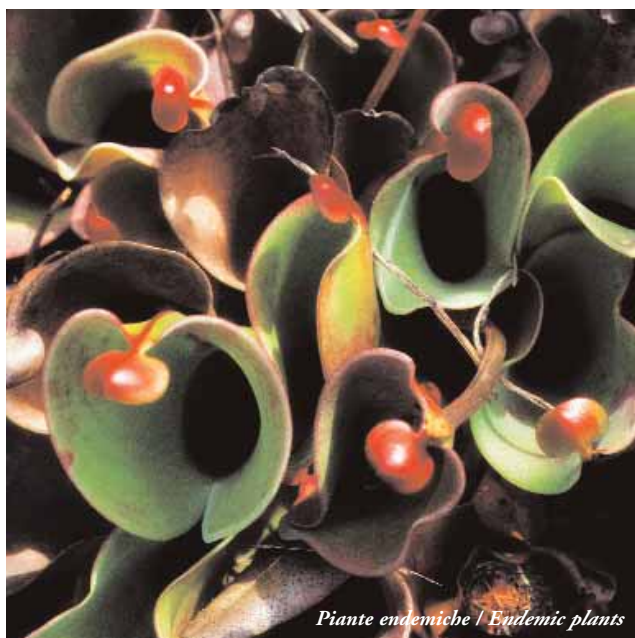
*In the streams, the water contains very little silica. Water from underground streams and in the resurgence contain a little more. On the other hand, dripping waters, slowly flowing inside small cracks and in thin sheets along the walls, contain much more of it. This means that the rock undergoes chemical alteration in its vertical parts, as dissolution affects only quartzite cement, whereas in the tracts into which underground rivers flow, the widening of the cavities is mostly due to mechanical erosion.*

*So, the formation of these caves is not as slow a phenomenon as we initially thought, as dissolution only acts during its initial phases. Instead, the formation of the large wells proceeds from the bottom up, with successive collapses happening*

*Le gallerie verso il fondo della Sima Auyan-tepui Noroeste / The tunnel near the bottom of Sima Auyan-tepui Noroeste*







Piante endemiche / Endemic plants

deno la roccia friabile e facilmente erodibile.

Una conferma ci viene anche dalle analisi chimiche effettuate su acque provenienti dai torrenti, sia superficiali, sia sotterranei, e da acque di stillicidio. Nei torrenti le acque hanno un contenuto di silice bassissimo. Di poco più alto è il contenuto di silice nei corsi d'acqua sotterranei e alla risorgente. Decisamente più alto è invece il contenuto di silice nelle acque di stillicidio, che scorrono lentamente nelle piccole fratture e in veli lungo le pareti delle fratture e dei pozzi. Questo significa che la roccia subisce un processo di alterazione chimica nei tratti verticali, grazie alla dissoluzione che agisce solo sul cemento della quarzite, mentre nei tratti percorsi dai fiumi sotterranei l'ampliamento delle cavità è soprattutto per erosione meccanica.

Il fenomeno di formazione di queste grotte, dunque, non è poi così lento come pensavamo, poiché la dissoluzione agisce solo nelle fasi iniziali di sviluppo delle grotte. La formazione dei grandi pozzi procede invece dal basso verso l'alto, per crolli successivi, in corrispondenza di fratture allargate dalle acque che s'infiltrano dalla superficie.

Le gallerie a sviluppo orizzontale sembrano invece il prodotto di fenomeni di erosione meccanica, lungo orizzonti caratterizzati dalla presenza di interstrati a grana più fine e di minerali argillosi.

I risultati delle analisi chimiche ci permettono anche di fare un calcolo approssimativo dell'età di queste grotte. Questo è possibile facendo una stima del volume dell'intero sistema della Sima Aonda, che comprende diverse voragini allineate lungo il percorso del fiume sotterraneo, e ammettendo che sia sufficiente una dissoluzione parziale, pari al 10-15 % della roccia, perché questa si disgreghi e diventi facilmente erodibile.

Con gli attuali tenori di silice disciolta nelle acque alla risorgente e facendo una stima di quella che deve essere la quantità d'acqua che in media transita per queste grotte, risulta che sono necessari 10-15 milioni di anni per scavare un tale insieme di grotte. Si tratta di una stima molto approssimativa, poiché non conosciamo con esattezza il volume della grotta, ne sappiamo qual'è il reale contributo dei processi di erosione meccanica. L'ordine di grandezza sembra però ragionevole e compatibile con i tempi di evoluzione dei rilievi, stimati sulla base della ricostruzione della storia evolutiva di questa parte del Sudamerica.

Possiamo dunque dire che queste grotte sono molto vecchie, forse non così antiche come immaginavamo e certamente non tra le più antiche del mondo. Questo non toglie nulla al loro fascino e all'importanza che queste hanno nell'ambito dei fenomeni carsici del nostro pianeta.

È anche evidente che molti aspetti sulla loro origine rimangono ancora da chiarire. Loro, le grotte dei tepui, non hanno fretta.

where the fractures are widened by the waters seeping from the surface.

Horizontal tunnels appear to be the result of mechanical erosion, along layers characterised by the presence of inter-beds with finer grain and clay minerals.

Chemical analysis allows us to estimate the approximate age of these caves. This is made possible by estimating the volume of the whole underground Sima Aonda system, which includes several abysses lined up along the course of the underground river, while assuming that a partial (10-15%) dissolution of the rock is suffice to make the rock friable and hence easily eroded.

With the present amounts of silica dissolved in the water at the resurgence, and estimating the average amount of water that passes through the caves every year, one can calculate that it would take 10 to 15 million years to carve such a network of caves. It is of course a very approximate value, as we know neither the actual volume of the cave nor the actual contribution of mechanical erosion. The order of magnitude, however, appears to be reasonable and compatible with the evolution times of the mountains, as determined by the reconstruction of the evolutionary history of this area of South America.

We can therefore say that these caves are very old, maybe not as old as we thought and certainly not amongst the oldest in the world. This does not take anything away from their appeal and to their relevance in the field of world karst phenomena. It is also obvious that there are many more things about their origin that need to be clarified. They, the Tepui's caves, are not in any hurry.



Sima Auyan-tepui Noroeste