

Progetti Esplorativi



Aspetti geologici e geomorfologici del settore nord-occidentale dell'Auyan-tepui (Est. Bolivar, Venezuela)

Leonardo Piccini

- Contenuto:** Resoconto sulle osservazioni geologiche e geomorfologiche compiute durante la Spedizione Tepuy '93.
- Contents:** Report about the geologic and geomorphologic investigation performed during the expedition Tepuy '93.
- Key-words:** Quarzite, carsismo, forme di alterazione, grotte, quartzite, karst, weathering landforms, caves, Auyan-tepui, Gran Sabana, Venezuela.
- Year:** 1994
- Reference:** Progressione, 30, Comm. Grotte "E. Boegan", 14-26.

(Pubblicato su: "Tepuy 93" – Progressione, 30)

ASPETTI GEOLOGICI E GEOMORFOLOGICI DEL SETTORE NORD- OCCIDENTALE DELL'AUYAN-TEPUI (EST. BOLIVAR, VENEZUELA)

L. PICCINI (La Venta – Esplorazioni Geografiche)

1. INTRODUZIONE

Da alcuni anni il Venezuela è divenuto famoso nell'ambiente della ricerca speleologica a seguito della scoperta di fenomeni carsici superficiali e sotterranei sugli altopiani quarziticci che si elevano nel settore più meridionale del paese. Si tratta, come è possibile intuire, di fenomeni eccezionali poichè poche altre rocce sono meno solubili e alterabili di una quarzite, tantè che nessun carsologo si sarebbe sognato sino a qualche anno fa di prospettare una simile eventualità. Nell'inverno del 1993, grazie soprattutto all'interessamento del Prof. P. Forti, dell'Istituto Italiano di Speleologia, e di Tullio Bernabei, dell'Associazione "La Venta", viene realizzata una spedizione, denominata "Tepuy 93" durante la quale vengono scoperte ed esplorate 6 nuove grandi cavità, di cui una, Il Sistema Auyantepuy Noroeste, si rivelerà la più grande cavità al mondo in rocce quarzitiche.

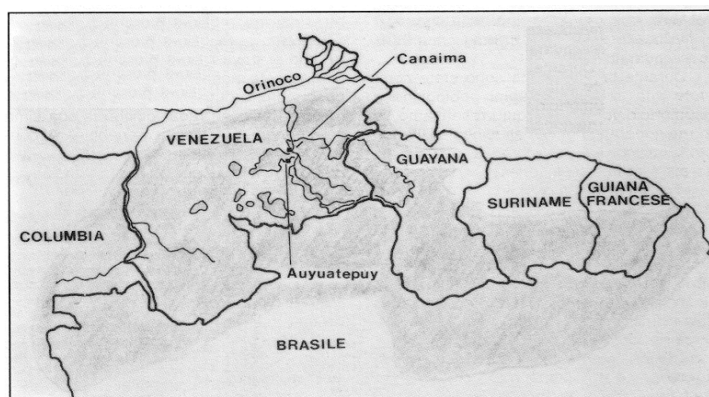
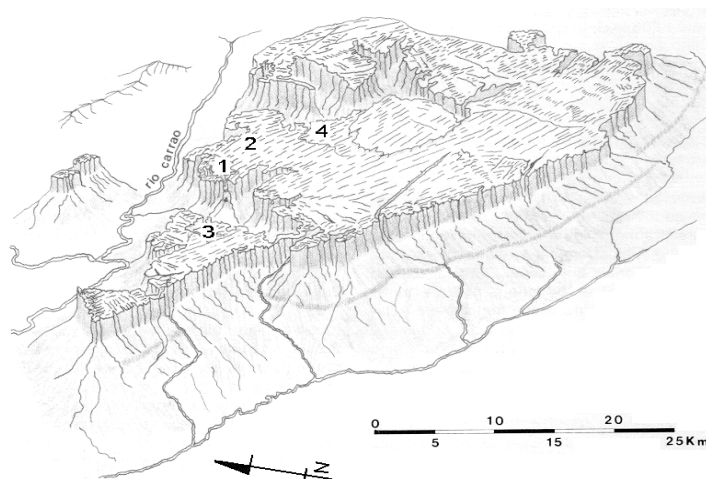


Fig. Raffigurazione prospettica schematica dell'Auyantepuy con indicate le posizioni dei tre settori di ricerca. 1) Piattaforma Aonda, 2) Piattaforma superiore, 3) Sima Auyan-tepuy Norte, 4) Salto Angel

Durante la spedizione sono state compiute una serie di indagini geologiche e geomorfologiche di cui qui presentiamo, in forma generale, i principali risultati. Ulteriori pubblicazioni seguiranno in futuro quando saranno terminate le analisi di laboratorio relative ai numerosi campioni di roccia e di acqua raccolti sul terreno.

Le zone studiate sono state tre, tutte di piccole dimensioni a causa delle insormontabili difficoltà di spostamento. Tutte e tre sono state raggiunte con l'elicottero, previa ricognizione aerea che ha individuato quelle che sembravano i settori più interessanti e dove sembrava esserci un carsismo sotterraneo particolarmente sviluppato. Una di queste zone era in realtà già stata decisa trattandosi della piattaforma in cui si apre la Sima Aonda ed altre grandi voragini parzialmente già esplorate da speleologi e ricercatori venezuelani. Le altre due zone, una nelle vicinanze della Sima Aonda e l'altra circa 8 km a W, sull'altro versante della valle del Fiume Aonda, sono invece state individuate per la prima volta durante questa spedizione. Si tratta quindi di due settori completamente inesplorati, e non solo in senso speleologico, che hanno riservato entrambi molte sorprese, dimostrando definitivamente l'esistenza di grandiosi complessi sotterranei al di sotto della accidentatissima superficie dei tepuy.

2. INQUADRAMENTO GEOGRAFICO

L'Auyantepuy si trova nello stato di Bolivar, nella parte meridionale del Venezuela, in quella vasta regione conosciuta come Gran Sabana, al confine con il Brasile e la Guayana. Tutta la zona è caratterizzata da vasti rilievi a struttura tabulare e da gruppi montuosi che si elevano da una pianura solcata dai numerosi fiumi che costituiscono il bacino del fiume Caronì, affluente dell'Orinoco. Questi massicci costituiscono i più alti rilievi montuosi non andini di tutto il continente sud-americano. La quota più alta spetta al Pico Neblina, alto 3045 m, che si trova in pieno territorio amazzonico (questa montagna è stata scoperta solo pochi anni fa durante delle ricognizioni aeree con tecniche radar poichè la sua cima è perennemente avvolta da nebbie). Al confine tra Venezuela e Guayana si trova invece il M. Roraima, il primo dei massicci della Gran Sabana ad essere stato esplorato, la cui vetta più alta raggiunge i 2810 m. Molti di questi rilievi sono tra le zone meno esplorate del nostro pianeta, soprattutto a causa della caratteristica, comune alla maggior parte di essi, di essere delimitati da inaccessibili pareti verticali alte diverse centinaia di m.

I più settentrionali di questi rilievi hanno per lo più la forma di vasti altopiani frammentati, localmente denominati "Tepuy" che nella lingua Pemon significa "montagna". Tra questi uno dei più estesi è quello conosciuto come Auyantepuy, la cui superficie supera i 700 kmq, in cui si trova il celeberrimo Salto Angel, la cascata più alta del mondo con un dislivello di ben 972 m.

L'Auyantepuy si trova tra i 61° 00' e i 62° 30' di longitudine W e tra i 5° 30' e i 6° 00' di latitudine N, dove costituisce uno dei più 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 puramente indicative non esistendo carte topografiche quotate). L'altopiano digrada progressivamente andando verso NW con una gradinata di superfici pianeggianti situate a quote via via inferiori sino a circa 1500 m di quota.

3. GEOLOGIA

Tutta l'area della Gran Sabana fa parte di quella porzione del cratone sud-americano denominata Scudo della Guayana, che costituisce un frammento di crosta continentale tra i più antichi affioranti sulla superficie terrestre. Le rocce ignee e ultra-metamorfiche che affiorano nella porzione settentrionale dello scudo (provincia Imataca-Bolivar, di Gonzales de Juana et al, 1980) hanno infatti età radiometriche che arrivano a 3.5 Ga.

La zona dei tepuy rientra nella provincia di Roraima-Canaima dove affiorano estesamente i termini silico-clastici del gruppo di Roraima (Reid, 1974), il cui spessore supera attualmente i

2000 m. L'età di queste rocce sedimentarie, in cui non sono stati trovati fossili, deve essere compresa tra i 2.3-1.8 Ga delle rocce granitiche che ne costituiscono il basamento su cui giacciono in discordanza, e l'età dei filoni (dicchi e filoni-strato) di diabase intrusi datati da 1.4 a 1.8 Ga (Briceno et al., 1990).

Secondo gli autori che hanno studiato le sequenze terrigene del Gruppo Roraima (Reid, 1974; Gosh, 1985) queste costituiscono dei depositi continentali e peri-continentali molto rimaneggiati, che hanno subito una notevole selezione sia granulometrica che litologica.

Un leggero metamorfismo di carico, evidenziato dalla presenza di paragenesi a quarzo e pirofillite nei livelli pelitici, testimonia la passata esistenza di una ulteriore coltre di sedimenti di almeno 3000 m di spessore. Localmente si può avere anche un leggero metamorfismo termico legato alle intrusioni magmatiche basiche (Urbani et al., 1977).

3.1 STRATIGRAFIA

In tutta l'area dell'Auyantepuy, dalla parte sommitale dell'altopiano sino ai fondovalle circostanti affiorano esclusivamente rocce appartenenti al Gruppo Roraima.

I rilievi principali, a partire dal piede delle pareti sino alla sommità del plateau, sono costituiti da ortoquarziti, quarzoareniti (subarcose e protoquarziti) con rari livelli di grovacche litiche, a granulometria medio-fine, di ambiente costiero e prossimale, riferibili alla unità stratigrafica denominata Formazione Matauì (Reid, 1974).

Al di sotto delle pareti affiorano invece i termini intermedi del Gruppo Roraima, appartenenti soprattutto alla Formazione Uaimapuè, più eterogenei come granulometria e composizione, e costituiti da protoquarziti, subarcose, arcose e grovacche, con intercalazioni di livelli lutitici e siltitici. Secondo Reid (1974) questi depositi denotano un ambiente deltizio con alimentazione prevalente da W e SW. A livello della piana alluvionale, solcata dal fiume Caronì e dai suoi affluenti, affiorano invece i termini siltoso-argillosi della formazione denominata Kukenan.

Limitatamente alle zone indagate, le osservazioni sulla litologia effettuate nelle cavità esplorate hanno permesso di riconoscere una varietà di facies, sia verticale che laterale, maggiore di quanto non appaia in superficie, ove una patina di alterazione maschera i principali caratteri tessiturali. Nei limiti, sia verticali che orizzontali, dei settori da noi studiati è stato possibile riconoscere le seguenti successioni, qui descritte in forma solo schematica.

Settore E (Campo Aonda e Campo 1)

La spianata d'erosione in cui si apre la grande voragine della Sima Aonda, la cui quota si aggira sui 1400 m, è costituita da una quarzoarenite di colore avana chiaro con strati e banchi di spessore da decimetrico a metrico.

In una delle voragini scese, denominata "Fummiferae aquae", a circa 60 m di profondità si osserva un livello di qualche decimetro di spessore di siltiti argillose color rosso-bruno, sottilmente stratificate, con bande avana. Tale livello non è stato osservato nelle altre voragini scese.

La Sima Aonda, così come le altre simas di questo settore, appaiono interamente scavate in delle quarzoareniti massive, di colore chiaro, tendente all'avana e talora al rosa, poco cementate, almeno all'interno delle cavità esplorate.

Settore W (Campo 2)

La superficie litostrutturale di quota 1650, in cui era piazzato il Campo 2, presenta alcuni grossi blocchi residuali costituiti da una ortoquarzite finissima, di colore rosso vino e frattura concoide, molto resistente all'alterazione.

Al di sotto ha inizio una sequenza quarzitica con granulometria corrispondente ad una sabbia fine, di colore chiaro, biancastro, con zonature ocra, in strati mediamente di qualche decimetro di

spessore caratterizzati da belle stratificazioni incrociate. 120-150 m al di sotto della superficie, la granulometria tende progressivamente ad aumentare e compaiono alcuni ciottoli di dimensioni centimetriche di quarzo da bianco a ialino. A circa 200 m di profondità si passa progressivamente ad una orto-quarzite con granulometria di sabbia grossolana, massiva, in strati di potenza sino a qualche metro, con tasche e livelli più grossolani ricchi di ciottoli di quarzo. Alcune superfici di interstrato mostrano delle ripple mark che indicano una corrente proveniente approssimativamente da N.

A 250 di profondità si osserva il passaggio netto della ortoquarzite chiara, che qui ha la granulometria di una rudite fine, che poggia con contatto ondulato erosivo su di una quarzoarenite di colore ocre, sottilmente stratificata, con laminazioni incrociate e bande di colore rossastro. Scompaiono i ciottoli di quarzo.

Scendendo ancora, intorno ai 320 m di profondità, la roccia tende a riassumere le caratteristiche tessiturali del livello superiore, presentandosi in strati di potenza metrica, a granulometria più grossolana e rari ciottoli di quarzo, ma con colore più roseo a bande rossastre.

3.2 TETTONICA

Gli elementi tettonici presenti nelle tre zone possono ricondursi a più sistemi di fratture, pressochè verticali, che sblocchettano l'altopiano in prismi di forma quadrangolare.

Mancano del tutto strutture plicative, perlomeno alla scala dell'affioramento, mentre la giacitura della stratificazione è quasi costantemente orizzontale con lievi inclinazioni appena percettibili.

Nelle tre aree studiate le fratture principali hanno direzione circa NNW-SSE e NE-SW. Verso i margini delle pareti compaiono anche famiglie di fratture ad andamento circa E-W su cui si sono impostate alcune profonde spaccature.

Le misure dell'orientamento delle fratture, effettuate su diverse stazioni, hanno mostrato l'esistenza di più famiglie: nel settore W (Campo 2) le fratture hanno direzioni preferenziali intorno a 160-170°, 120° e 10-15°. Lungo le prime due famiglie si sono sviluppate i canyon e le simas principali. In questo settore si è potuto osservare che le fratture principali hanno orientamento leggermente diverso in profondità rispetto a quanto osservato in superficie.

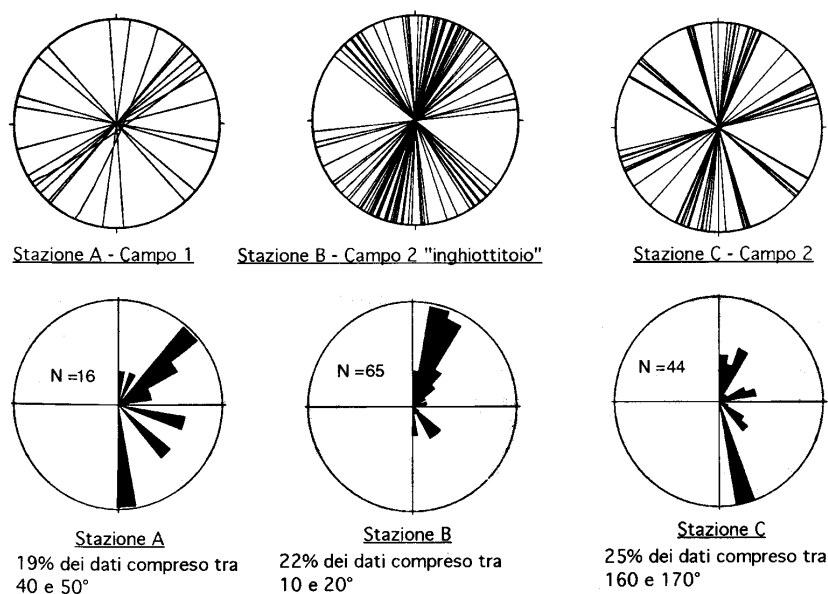


Figura 2 – Grafici degli orientamenti dei piani di fratture misurati a campo 1 (Sima Churun) e campo 2 (Sima Auyan-tepyu Norte).

4. GEOMORFOLOGIA

4.1 ASSETTO MORFOLOGICO GENERALE

L'Auyantepuy si presenta come un vasto rilievo tabulare, in cui è riconoscibile un ripiano di denudazione sommitale più varie spianate per erosione selettiva situate a quote inferiori, delimitato da alte pareti e di forma grosso modo triangolare con uno dei vertici rivolto verso S.

Al centro si trova, profondamente incassata, la valle del Rio Churun, in cui cadono numerosissime cascate, grandi e piccole, tra cui quella impressionante del Salto Angel. Il drenaggio del massiccio è quindi prevalentemente centripeto, verso la valle del Churun.

Il plateau è costituito da superfici orizzontali disposte a varie quote, con altimetria digradante da S verso N, che conferiscono al tepuy un profilo a gradinata più marcato verso i bordi.

Le spianate più elevate si trovano ad oltre 2500 m di quota e rappresentano lembi residuali di una antica superficie di erosione, denominata superficie Auyantepuy (Briceno & Schubert, 1990), che viene ricondotta dubitativamente ad un non meglio precisato ciclo di penepianamento mesozoico. La datazione della paleosuperficie di erosione è alquanto problematica a causa della mancanza di qualsiasi elemento temporale da mettere in relazione con essa. Qualche elemento di datazione si ha invece per la superficie di erosione situata a quote intorno ai 1000 m e che costituisce le zone pianeggianti poste ai piedi dei tepuy, che può essere riferita al Cretacico-Giurassico (Briceno & Schubert, 1990) per la presenza, in certe zone, di depositi detritici residuali di età cretacea.

Le superfici di erosione non sommitali si sono originate a partire dalla superficie sommitale in seguito a più cicli di erosione selettiva. In genere ogni spianata corrisponde a significative variazioni nelle caratteristiche litologiche, ovvero alla presenza di livelli più resistenti all'erosione che spesso soggiacciono a strati a granulometria più fine e maggiore erodibilità.

La superficie del plateau è modellata in forme di erosione s.l., a varie scale, quasi sempre a forte influenza lito-strutturale legata sia alle variazioni litologiche verticali sia ai sistemi di fratturazione.

4.2 MORFOLOGIE DI SUPERFICIE

Le morfologie, per molti aspetti assolutamente peculiari, che si ritrovano sulle spianate sommitali dei tepuy, denotano la loro origine a seguito di processi non solo erosivi ma anche dissolutivi e/o corrosivi. L'esistenza di fenomeni dissolutivi, essenzialmente a scapito del cemento siliceo, ha portato molti autori a definire pseudo-carsiche 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, pur essendo originatesi a seguito di processi completamente diversi.

Nel caso delle forme riscontrabili sui tepuy, l'esistenza di processi dissolutivi, che seppur di lieve entità hanno un ruolo determinante nel modellamento del paesaggio, fa sì che sia più corretto, in accordo con quanto già espresso da Urbani (1986), parlare di morfologie carsiche vere e proprie. In effetti, a dispetto della bassissima solubilità delle rocce silico-clastiche, queste presentano forme superficiali, sia a scala piccola che grande, caratteristiche di paesaggi carsici in rocce calcaree.

Benchè 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 SiO₂ riscontrati nelle acque campionate, fanno supporre che per lo sviluppo di tali morfologie sia stato determinante il fattore tempo.

Questi altopiani sono infatti in evoluzione morfologica, in uno stato di quasi assoluta quiescenza tettonica, almeno dalla fine del Cretacico (cioè da circa 70 Ma), a partire da una originaria superficie di planazione che si è andata formando probabilmente in età giurassica. Questa

circostanza mette a disposizione tempi molto lunghi, valutabili in diversi milioni di anni, anche per la formazione di morfologie 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 sud-americano si trova all'interno della fascia intertropicale almeno dal Cretacico.

Infine la bassa acclività che caratterizza tutta l'area attenua gli effetti erosivi puramente meccanici delle acque correnti, ad esclusione degli alvei dei torrenti.

La superficie dell'altipiano, nei settori da noi studiati, presenta soprattutto forme di erosione l.s. a forte controllo litostrutturale. Si tratta perlopiù di forme di erosione selettiva semplici o complesse

Tutte le forme riscontrate, con l'esclusione di alcune forme a piccola scala, sono dovute alla compartecipazione di processi dissolutivi ed erosivi. Si ritiene che la corrosione interessi principalmente il cemento siliceo, asportandolo, e quindi provochi la disgregazione della roccia che, ritornata sabbia, viene facilmente asportata dalle acque correnti (Urbani, 1986).

Alla scala media e grande si riconoscono forme in rilievo e forme depresse.

Le forme in rilievo sono rappresentate soprattutto da torri e pinnacoli di dimensioni molto variabili da qualche metro sino a qualche centinaio, sia in altezza che in larghezza. Si tratta sempre di rilievi legati alla presenza di sistemi di fratture verticali lungo le quali l'erosione ha agito in maniera più spinta. In genere troviamo le torri di dimensioni maggiori nelle zone marginali dell'altipiano dove fenomeni di decompressione per rilascio tensionale hanno favorito l'ampliamento delle fratture. Viceversa i pinnacoli, a volte raggruppati a formare delle vere e proprie "stone forests", si trovano più all'interno del plateau dove le fratture vengono allargate esclusivamente per erosione.

Alcune grosse torri, dall'aspetto tozzo, che si trovano all'interno degli altopiani rappresentano dei testimoni di erosione, costituiti in genere da ortoquarziti compatte, a grana fine, molto resistenti all'erosione. Si tratta probabilmente dei residui di un "cappello" duro la cui presenza ha condizionato lo sviluppo di una spianata.

Tra le forme depresse le più abbondanti sono i crepacci, fratture allargate per dissoluzione ed erosione, larghi da qualche decimetro a qualche m e profondi anche diverse decine di m. Origine diversa hanno invece le grandi simas, profonde voragini formatesi soprattutto per ampliamento di cavità sotterranee. La superficie degli altopiani è solcata da torrenti che scorrono in alvei incassati che in qualche caso costituiscono dei veri e propri canyon profondi sino a qualche centinaio di m. Le pareti che circondano il plateau sono quasi sempre impostate lungo i principali piani di frattura e quindi costituiscono delle superfici strutturali. Queste presentano gradinature e cengie orizzontali legate a variazioni litologiche. Le cengie più marcate si formano in corrispondenza delle principali variazioni litologiche, nel qual caso sono spesso sede di venute d'acqua o di vere e proprie risorgenti, e rappresentano la fase embrionale di sviluppo di una nuova spianata di erosione.

Nei punti ove i corsi d'acqua perenni o temporanei che scorrono sulla superficie del plateau formano delle cascate che cadono dal bordo si ha di frequente la formazione di un incavo di forma tronco-conica aperto, più ampio alla base e con le pareti di frequente aggettanti. L'esempio più grandioso è proprio quello del Salto Angel.

Un discorso a parte meritano le forme a scala piccola che si ritrovano sulle superfici di roccia nuda. Queste forme si possono ricondurre sostanzialmente a due tipi: le vaschette e i "funghi". Si tratta probabilmente di due diversi stadi, uno iniziale e uno finale, dello stesso processo. Infatti le vaschette, allargandosi e riunendosi lasciano dei piccoli rilievi di roccia a forma di fungo.

La loro formazione è legata soprattutto a processi di dissoluzione ad opera delle acque meteoriche che ristagnano nelle concavità della roccia esposta. Si tratta quindi di forme carsiche in senso stretto

Se si escude i grossi accumuli di crollo ai piedi delle pareti, sia sotto il bordo che all'interno dei tepuy, non sono segnalate altre forme di accumulo, perlomeno in superficie.

4.3 LE SIMAS

L'elemento morfologico più appariscente che si riscontra sui plateau sommitali dei tepuy è sicuramente rappresentato dalle simas. 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, la maggiore tra quelle conosciute, ha una profondità di 350 m per circa 500 di lunghezza e un centinaio di larghezza. Solitamente esse hanno profondità superiori ai 100 m.

Le simas sono più abbondanti verso i margini delle piattaforme e rappresentano uno 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 origine tettonica la loro formazione non è legata tanto all'apertura di tali fratture ma soprattutto a processi erosivi accompagnati da crolli di cavità sotterranee.

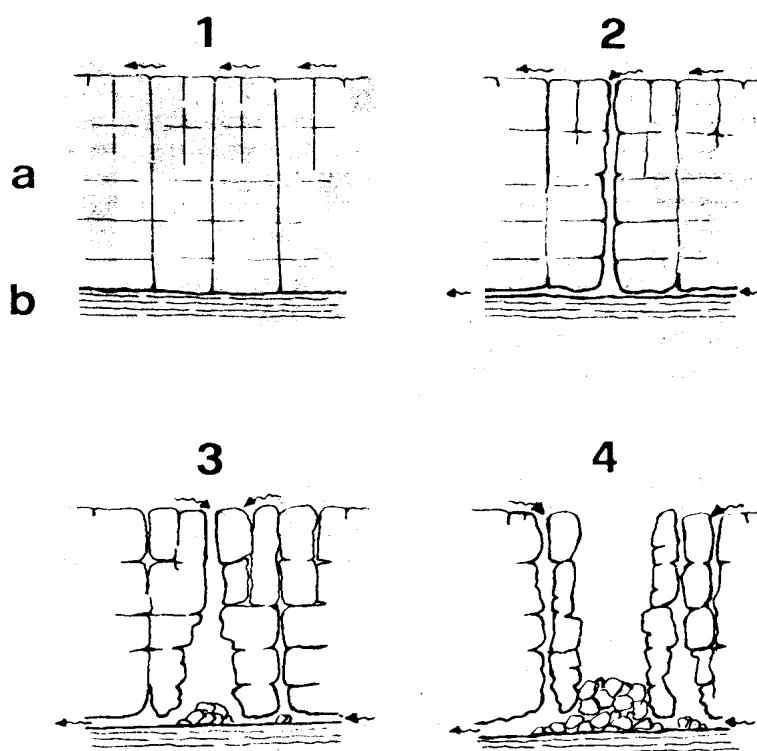


Figura 3 – Schema evolutivo a tappe di una sima: a) quarzoareniti compatte da massive a stratificate; b) quarzoareniti fini siltose sottilmente stratificate. Vedi il testo per la spiegazione.

La figura 3 mostra un probabile schema di formazione delle simas. Una frattura, beante già all'origine, subisce una progressiva apertura per fenomeni di dissoluzione ed-erosione, estendendosi dalla superficie sino ad un livello di base locale. In genere tale livello di base si colloca in corrispondenza di un cambio litologico, ove si instaura, col tempo, il drenaggio orizzontale delle acque di infiltrazione con la progressiva formazione di cavità sotterranee di interstrato che tendono ad allargarsi lateralmente. Quando queste cavità laterali raggiungono dimensioni tali da creare problemi di stabilità alla roccia sovrastante, si ha il distacco di grossi blocchi che cadono sul fondo. I crolli migrano progressivamente verso l'alto mentre i blocchi

caduti vengono eliminati per erosione dalle acque che scorrono in profondità. Quando i crolli arrivano in superficie si ha la formazione di una sima. Le simas maggiori si sviluppano in corrispondenza di zone più fratturate e sono probabilmente dovute alla coalescenza di simas più piccole formatesi con il meccanismo precedentemente descritto.

Durante le nostre discese nelle voragini che si aprono su questi altopiani abbiamo potuto osservare i diversi stadi evolutivi. Particolarmente esplicativa era la situazione della sima denominata "Fummiferae aquae" in cui l'ampiezza della spaccatura rimaneva di pochi m sino a circa 150 m di profondità dove si apriva improvvisamente un vasto ambiente sul cui pavimento, circa 150 m più in basso, si trovavano grossi blocchi quadrangolari caduti (vedi rilievo).

Le simas rappresentano, dunque, uno stadio iniziale del lungo processo di modellamento che porta alla formazione di un ripiano di erosione a partire da una originaria superficie pianeggiante, probabilmente evolutasi con un meccanismo simile.

Il processo può essere così riassunto. Nelle aree perimetrali dei plateau, dove si hanno numerose fratture aperte per fenomeni di rilascio di versante, si ha la formazione di spaccature che si estendono in profondità sino ad una importante variazione litologica dove si ha lo sviluppo di un orizzonte di drenaggio orizzontale delle acque di assorbimento. Le spaccature evolvono in simas, con il meccanismo precedentemente descritto, che col tempo tendono ad assumere dimensioni sempre maggiori in direzione delle fratture più sviluppate. Successivamente l'unione di più simas porta alla formazione di profondi canyon aperti verso la parete che progressivamente si ampliano e si ramificano catturando altre simas, sino a che dell'altipiano originario rimangono delle grosse torri quadrangolari isolate. Queste torri sono soggette ad erosione soprattutto alla base e quindi finiscono inesorabilmente per crollare dando origine a caos di blocchi di dimensioni colossali. Questi blocchi vengono 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.

Nell'area da noi investigata era possibile osservare i diversi stadi di questo processo andando dalle zone marginali del plateau, dove si potevano osservare gli stadi finali, verso l'interno, dove si potevano osservare le fasi iniziali (Fig. 5).

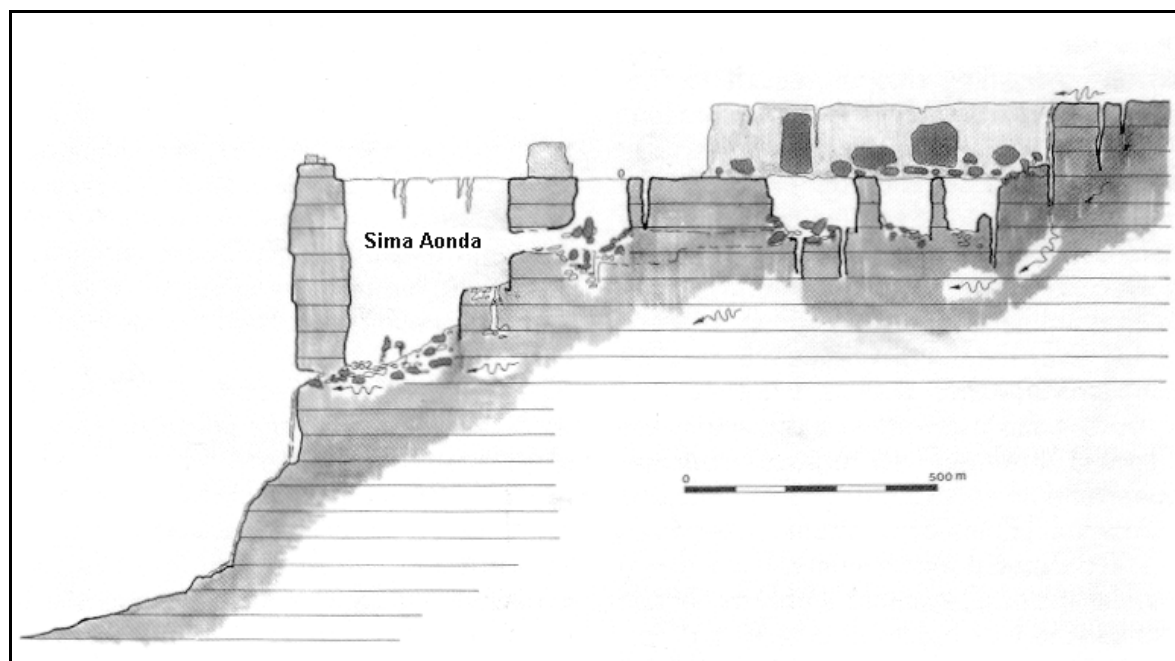


Figura 4 – Profilo schematico del sistema Aonda

Attraverso questo processo si ha il progressivo arretramento delle scarpate che separano piani diversi verso l'interno del plateau, che si realizza con velocità assai maggiore di quanto non si abbia l'arretramento della scarpata principale che delimita l'altopiano.

L'altezza delle pareti che separano i diversi ripiani varia in funzione delle variazioni verticali delle caratteristiche geo-meccaniche della successione sedimentaria. Nel settore Aonda, ad esempio, e nella zona del Campo 1, il dislivello tra il plateau sommitale di quella porzione del tepuy e il ripiano in cui si aprivano le cavità da noi esplorate era di circa 100-150 m. In altre zone si osservavano invece dislivelli certamente superiori a 200 m.

All'origine di questo processo di "sfogliamento" della superficie dei tepuy c'è dunque il fatto che le acque di scorrimento superficiale vengono assorbite dai grandi sistemi di spaccature aperte quando giunte in prossimità del bordo delle piattaforme. Questa circostanza consente, inoltre, il mantenersi dei bordi netti dei tepuy.

4.4 MORFOLOGIE IPOGEE

Per quanto possa sembrare paradossale le cavità sotterranee sono, tra le forme presenti, quelle meno legate a processi carsici veri e propri. Infatti i sistemi sotterranei maggiori hanno origine a partire da fratture beanti che funzionano da punti di assorbimento concentrato e quindi sono maggiormente soggette a processi erosivi puramente meccanici. In altre parole l'energia delle acque correnti è generalmente più elevata nei sistemi di drenaggio sotterranei che non in quelli superficiali a causa dei maggiori gradienti idraulici. Quindi l'ampliamento delle cavità sotterranee è dovuto principalmente a fenomeni erosivi, spesso coadiuvati dai crolli innescati dalla intensa fratturazione delle rocce e dalla giacitura orizzontale, che facilita i distacchi sulla volta dei condotti sotterranei.

Tutto ciò fa sì che le morfologie presenti nei sistemi sotterranei siano relativamente semplici e riconducibili a pochi morfotipi.

Il forte controllo lito-strutturale che agisce sulle morfologie di superficie si riscontra anche nelle morfologie ipogee. Tutti gli ambienti sotterranei esplorati denotano un forte controllo da parte dei sistemi di fratture. Ciò è ben messo in risalto dall'andamento in pianta delle cavità maggiori (si veda, a titolo d'esempio, il rilievo del Sistema Auyantepuy Noroeste, pag...) che mostra una struttura a maglie rettangolari lungo due famiglie principali di fratture.

Le pareti degli ambienti sotterranei di maggiori dimensioni risultano sempre impostate lungo piani di frattura, mentre pavimenti e soffitti in roccia, quando visibili, sono impostati lungo i piani di strato.

Tutte le cavità esplorate, ad esclusione del Sumidero del Rio Pintado, hanno inizio con profonde voragini verticali, alcune con le dimensioni di grandi simas, alla cui base troviamo grandi accumuli di frana. Solo occasionalmente l'aggiramento della frana ha permesso di accedere alle parti profonde dei sistemi sotterranei ove prevalgono le forme erosive su quelle graviclastiche.

Tra le cavità esplorate la maggior varietà di forme si riscontra nel Sistema Auyantepuy Noroeste. L'ingresso attivo del sistema (Sumidero del Rio Pintado) immette su di un canyon sotterraneo, alto alcune decine di m e largo da 2 a 4 m che, in funzione di variazioni litologiche della roccia, presenta mensolature e rientranze dovute ad erosione selettiva.

Alcune grandi sale hanno avuto origine in seguito a crolli successivi che hanno permesso una maggiore erosione ad opera delle acque di infiltrazione. Tali ambienti hanno sempre forma quadrangolare con pareti perfettamente verticali e soffitti orizzontali impostati sulle superfici di fratture e lungo i giunti di strato e quindi si trovano in condizioni di estrema instabilità.

Nelle parti profonde del sistema si raggiunge un collettore sotterraneo 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 coalescenti con la forra principale.

Le morfologie più interessanti sono però quelle relative ad un sistema di gallerie laterali, che rappresentano un probabile paleo-percorso del collettore sotterraneo. Queste gallerie presentano, in alcuni tratti, una forma che fa pensare ad una loro evoluzione a pieno carico. La volta si presenta infatti come una superficie erosiva con cupole tipo "marmitte inverse".

E' probabile che queste gallerie si siano formate durante periodi di elevati afflussi meteorici in cui le parti basse dei sistemi risultano allagate per altezze che durante la fasi iniziali di sviluppo dei sistemi sotterranei possono essere di diverse decine di m.

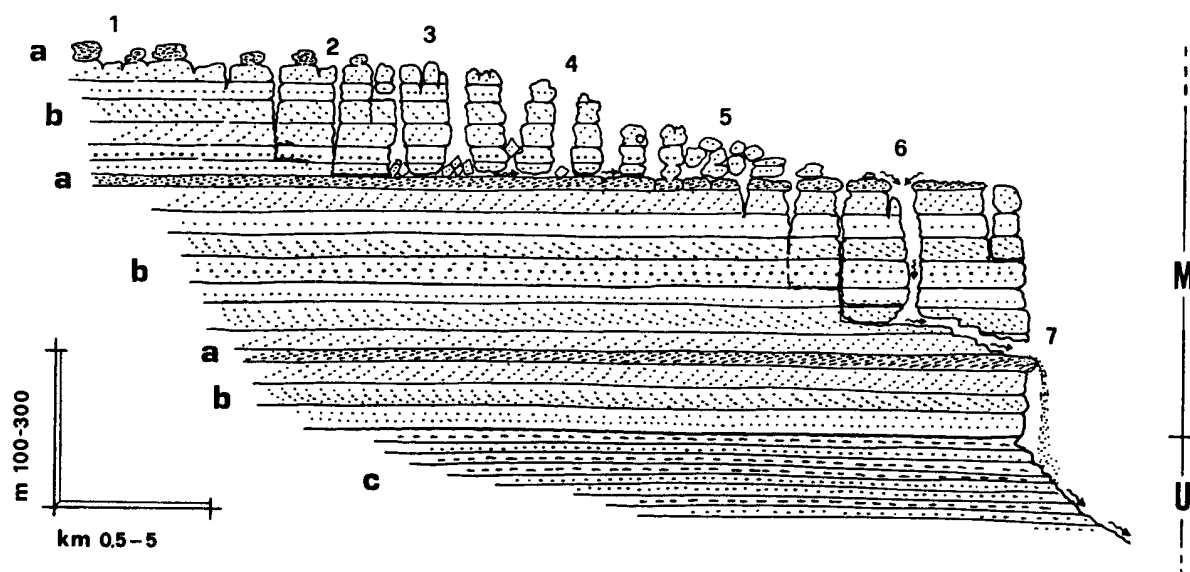


Figura 5 – Profilo ideale di un tepuy illustrante le varie fasi di sviluppo delle superfici intermedie (da sinistra verso destra): M) Formazione Matauì; U) Formazione Uaimapuè; a) livelli a granulometria più fine, sottilmente stratificati, talora con interstrati siltosi; b) livelli più grossolani a stratificazione più grossolana; c) arenarie quarzoso-feldspatiche con interstrati siltoso-argillosi.

BIBLIOGRAFIA

- Briceno H. O. (1985) - Mapa fotogeologico de la cuenca media del Rio Caroni, Edo. Bolivar - Venezuela. VI° Congr. Geol. Venezolano, Soc. Venez. de Geol., tomo VIII° : 5628-5653.
- Briceno H., Schubert C. (1990) - Geomorphology of the Gran Sabana, Guayana Shield, southeastern Venezuela. *Geomorphology*, 3 :125-141.
- Briceno H., Schubert C., Paolini J. (1990) - Table-mountain geology and surficial geochemistry: Chimantà Massif, Venezuelan Guayana Shield. *Journ. of South Am. Earth Sc.*, 3 (4): 179-194.
- Galan N C. (1986) - Informe general del expedition SVE efectuada a Auyantepuy Norte y Aonda, 25 de Enero a 2 de Febrero de 1986. *Boll. Soc. Venez. Espel.*, 22 : 81-84.
- Galan C. (1988) - Cavernas y formas de superficie en rocas silicea precambrias del Grupo Roraima, Guyana, Venezuela. *Bol. Soc. Venez de Espel.*, 23 : 1- 12.
- Galan C., Lagarde J. (1988) - Morphologie et evolution des cavernes et formes superficielles dans les quartzites du Roraima (Venezuela). *Karstologia*, 11-12: 49-59.
- Gonzales De Juana C., Picard X., Iturralde J. M. (1980) - Geologia de Venezuela y de sus cuencas petrolifera. Edic. Foninves, Caracas, pp. 1031.
- Ghosh S. (1985) - Geology of the Roraima Group and its implication. *Bol. Geol., Pub. Esp.*, 10: 33-50.

- Gori S., Inglese M., Tognini P., Trezzi G., Rigamonti I., (1993) - Auyantepuy, speleologia tropicale nelle quarziti. *Speleologia*, Soc. Spel. Ital., 28: .
- Reid A. R. (1974) - Stratigraphy of the type area of the Roraima Group, Venezuela. *Bol. Geol., Pub. Esp.*, 6: 343-353.
- Urbani F. (1986) - Notas sobre el origen de las cavidades en rocas quarcíferas precámbricas del Grupo Roraima, Venezuela. *Interciencias*, 11 (6): 298-300.
- Urbani F., S. Talukdar S., Szczerban E., Colvée P. (1977) - Metamorfismo de las rocas del Grupo Roraima, Edo. Bolívar y Territorio Federal Amazonas. *Me. V Congr. Geol. Venez.*, Caracas: 623-638.