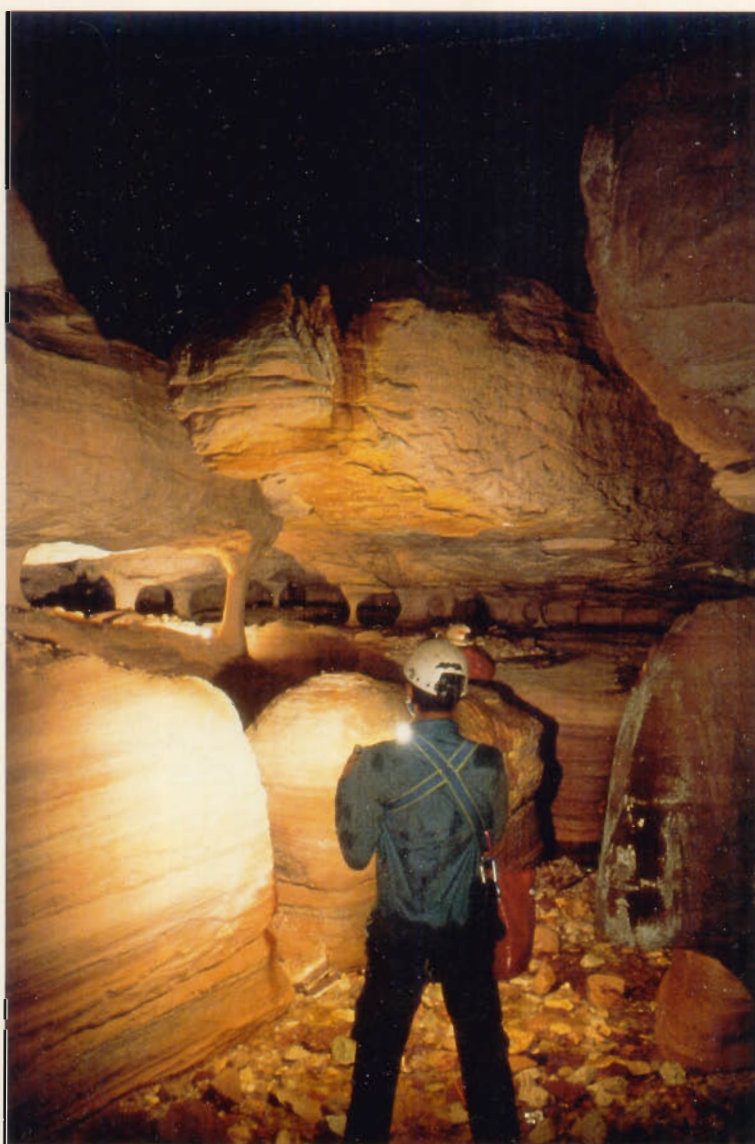


VENEZUELA

1992

Spedizione speleologica italiana all'Auyantepuy



" IL GROTTESCO " numero speciale
Bollettino del Gruppo Grotte Milano C.A.I. S.E.M.





S.S.I.

Società speleologica italiana



Desktop Publishing e Grafica
MAURO MARAZZI

Stampa
In proprio

Novembre 1995

Gruppo Grotte Milano

*Foto di copertina: Mauro Inglese (Sima Aonda Superior 4)
Foto quarta di copertina: Piercarlo Toffoletti (Le risorgenze del Salto Angel)*

VENEZUELA

1992

Resoconto della spedizione speleologica italiana all'Auyantepuy

RINGRAZIAMENTI

"Venezuela ' 92" ringrazia tutte le persone e le Istituzioni venezuelane e italiane grazie alla cui valida collaborazione sono state possibili la realizzazione della spedizione e la buona riuscita delle esplorazioni.

Si ringraziano, in particolare, la Società Venezuelana di Speleologia (SVE) e l' Università Centrale del Venezuela, in special modo il Prof. Franco Urbani, senza il cui aiuto e cortese interessamento questa spedizione non sarebbe stata possibile.

I nostri ringraziamenti vanno anche alle Autorità di INPARQUES, in particolare al Dr. Mario Cabaldón e alla Dr. M. Bevilacqua, per averci concesso l'autorizzazione all'esplorazione di una zona dell'Auyantepuy sotto tutela del Parco Nazionale di Canaima.

A tutto il personale di INPARQUES va il nostro personale riconoscimento per l'importante lavoro da essi svolto nella conservazione e nella valorizzazione del territorio del Parco di Canaima.

Si ringrazia anche il Dr. Josè García del Gruppo Rescate Oriente, per aver contribuito, con equipaggiamento radio e con personale del SAR, alla nostra sicurezza sul tepuy.

Un grazie particolare va a Gilberto e Josè, del SAR, compagni di avventura sul tepuy, alla cui preparazione tecnica era affidata la nostra possibilità di comunicare con il mondo "civile".

Si ringraziano le sezioni del Club Alpino Italiano SEM, Castellanza, Laveno e Cividale del Friuli per i contributi elargiti, la Commissione Centrale per la Speleologia del Club Alpino Italiano, la Società Speleologica Italiana e il Dipartimento di Scienze della Terra dell'Università di Milano per il patrocinio concesso: senza l'appoggio di queste istituzioni difficilmente avremmo potuto ottenere i permessi per una spedizione nel Parco Nazionale di Canaima.

Si ringraziano il Prof. A. Bini ed il Dott. G. Liborio del Dipartimento di Scienze della Terra dell'Università di Milano per la collaborazione gentilmente prestata e per il permesso di utilizzare le attrezzature del Dipartimento per le analisi dei campioni geologici.

Un particolare ringraziamento va al Prof. P. Forti dell'Università di Bologna, per le analisi delle concrezioni e per il gentile contributo a quest'opera, ed al Prof. Franco Urbani dell'Università di Caracas per la revisione critica del manoscritto.



I PARTECIPANTI

(Paola Tognini)

Alla spedizione "Venezuela '92" hanno partecipato 14 persone, appartenenti a 4 gruppi grotte italiani:

GRUPPO GROTTA MILANO CAI- SEM : Norberto Chiodini, Daniela Micaela Cavalli Gori, Silvio Gori, Mauro Inglese, Paola Tognini, Giuliano Trezzi

GRUPPO GROTTA CAI CASTELLANZA: Roberto Bellomo, Maurizio Michelangelo Bettini, Daniele Bruno, Alessandro Dalla Tezza

FORUM JULII SPELEO CAI CIVIDALE DEL FRIULI: Maurizio Balutto, Piercarlo Toffoletti, Giacomo Zamparo

SPELEO CLUB F. MAFFIOLI CAI LAVENO : Ivo Rigamonti

Dell'organizzazione della spedizione si è occupato Roberto BELLOMO, in qualità di capo- spedizione, coadiuvato da Silvio GORI in qualità di responsabile tecnico.

Della documentazione fotografica, in special modo di quella ipogea, si sono occupati particolarmente Mauro INGLESE, Piercarlo TOFFOLETTI e Giacomo ZAMPARO, anche se numerose altre persone hanno fatto fotografie.

Della documentazione video si sono occupati Piercarlo TOFFOLETTI e Maurizio BETTINI.

Della raccolta di dati sul chimismo delle acque e delle successive analisi chimiche si sono occupati Norberto CHIODINI e Silvio GORI.

Dello studio geologico, della raccolta dei campioni geologici e delle successive analisi si sono occupati Ivo RIGAMONTI e Paola TOGNINI.

Dello studio biologico, ed in particolare della fauna entomologica si è occupato Giuliano TREZZI.

Dei rilievi delle cavità esplorate si sono occupati principalmente Paola TOGNINI, Mauro INGLESE, Ivo RIGAMONTI, Piercarlo TOFFOLETTI, Giacomo ZAMPARO, Daniele BRUNO, Maurizio BALUTTO, Norberto CHIODINI.

Dei rilievi esterni si sono occupati Daniela CAVALLI e Silvio GORI.

Dell'organizzazione logistica del campo e della cucina si è occupata Daniela CAVALLI.

Josè e Gilberto, del SAR, si sono occupati delle comunicazioni radio.

Di esplorazione e battute, invece, si sono occupati...un po' tutti!

E, per finire, ecco qui un ritratto (semiserio) dei 14 componenti, che con il loro entusiasmo hanno permesso il buon esito di questa spedizione:

ALEX (Alessandro Dalla Tezza), il "parà": mentre sorvolavamo il Salto Angel con l'elicottero, l'abbiamo sorpreso ad asciugarsi furtivamente una lacrima pensando al suo paracadute rimasto (grazie a Dio!) a casa. E' stato per colpa sua che, durante il volo di trasferimento sul tepuy, il pilota, incitato dalle sue esclamazioni entusiastiche, si è lanciato in acrobatiche evoluzioni sopra la cascata dell'Angel, e per poco non ci siamo schiantati nel bel mezzo della parete (o, almeno questa è stata la mia impressione, mentre Alex impazziva di gioia...)

DANIELA (Cavalli Gori), ovvero "Cenerentola", così detta non solo per via dei suoi minuscoli piedini, ma, soprattutto, per il viso perennemente fuliginoso e le mani annerite, a causa del pessimo funzionamento della cucina da campo, che solo lei riusciva ad accendere, allestendo ogni sera agli stanchi esploratori prelibati manicaretti...o così, almeno, ci sforzavamo di considerarli, anche se non sempre l'autosuggestione ha funzionato...(a onor del vero, devo dire che a casa Daniela è un'ottima cuoca, e stiamo ancora aspettando la cena che ci ha promesso per dimostrarci che la sua crema di cioccolato senza vermi nell'uvetta ha tutt'un altro sapore...)

DANIELE (Bruno), ovvero "Danièl el Cucadòr": sempre a caccia di qualche bella venezuelana da invitare in discoteca, in mancanza d'altro si accontentava di venire con noi ad esplorare...

Insieme a Giacomo, si era specializzato nella raccolta di artropodi per il nostro entomologo.

Questa è la tecnica di cattura: "Guarda che bel ragno!" dice uno "sarà almeno 20 cm! (esagerati!) A Trezzi piacerà, prendiamolo!" "Sì, ma come?" si domanda l'altro osservando perplesso la pelosa bestiola "Col guanto, no?" suggerisce il compare, intendendo probabilmente "Catturiamolo facendolo entrare in un guanto." "Va bene!" acconsente il compagno, sfilandosi il guanto di gomma, e "SLASH!!!" sferra una tremenda guantata sull'ignara creatura... i suoi miseri resti mortali sono poi stati pazientemente incollati da Giuliano, ma il poveretto è tutt'ora riconoscibilissimo, nella collezione, per i tre segmenti di zampe mancanti, i cheliceri disarticolati e l'addome tutto schiacciato...forse era anche una nuova specie...il "Danielites Giacominiensis", chissà...

GIACOMO (Zamparo): silenzioso e tranquillo, "Jack Faccia d'Angelo" è, in realtà, il più agguerrito di tutti noi: appassionato di grandi verticali, il suo maggior dispiacere è di non aver potuto scendere la Sima Aonda, naturalmente dalla parete dove c'è un tiro nel vuoto di 330m...tutte le mattine lo trovavamo seduto sul bordo della muraglia, che guardava sospirando verso Aonda, così vicina, così profonda, ma così irraggiungibile...era l'unico che non benedicesse il pilota dell'elicottero per averci lasciato nel posto sbagliato... (N.d.A.: Sima Aonda avrebbe dovuto essere la nostra meta, ma per errore, a causa della cartografia imperfetta, siamo stati depositati sul plateau sbagliato, 150 m più in alto, in cima ad un paretone che chiameremo la Muraglia).

GIULIANO (Trezzi), l' "insettologo", o, per poco, "insettivoro", quando, per un malfunzionamento dell'aspiratore, ha rischiato di ingoiare una formica lunga 1 cm... viveva in perenne simbiosi con la sua borsa blu, che noi chiamavamo la "borsa degli orrori", perchè, alla fine del viaggio, conteneva vasetti pieni di segatura in cui "dormivano" i suoi insetti, sotto etere, avanzi maleodoranti delle sue mefitiche trappole, sacchetti con resti di migali spiaccicate (vedere sotto "Daniele e Giacomo"), una specie di iguana (trovata morta per strada a Ciudad Bolivar) con la pancia aperta ed avvolta in un giornale perchè non uscissero i visceri, ed mille altre schifoserie ... non oso pensare a cosa sarebbe successo se un cane antidroga avesse annusato la sua borsa all'aeroporto...

IVO (Rigamonti), detto "Tex", sia per la foggia del suo inseparabile cappello di paglia, che avrebbe portato anche in grotta al posto del casco, sia per le sue battute lapidarie e terribili, che non hanno risparmiato nessuno, nemmeno il nuovo genere di insetto ipogeo: quando il nostro entomologo ci descriveva entusiasta le caratteristiche della sua nuova, importantissima, scoperta ("...ha il corpo schiacciato, zampe molto allungate, ha perso quasi completamente la pigmentazione e gli occhi sono in via di atrofizzazione.."), Tex ha guardato l'insetto con espressione indecifrabile ed ha commentato " Ma che sfigato, poveretto!"...

Tex ha rovinato la foto di gruppo posando con una maglietta con la scritta "Karakorum ' 92" (N.d.A.: spedizione alla quale avrebbe partecipato una settimana dopo il ritorno dal Venezuela).

MAURIZIO (Balutto), detto "Micio": è un armadione con due manone così e l'aria un po' truce... confesso che quando l'abbiamo conosciuto ci faceva un po' paura... in realtà, "Micio" è un'innocuo "gattone", buono come il pane: non altrettanto buone sono invece le Bromelie di cui un giorno, spinto dalla fame, ha tentato di cibarsi... pare che procurino febbre e sonni agitati, nel corso dei quali Micio, alzandosi di scatto convinto che un ragazzino gli stesse rubando il succulento pollo che stava sognando, ha demolito con una zuccata poderosa una lama di roccia spesso almeno 6 cm, sul soffitto della nostra "tana": Pier ha perso il suo comodissimo appendiabiti, e Micio non è riuscito a mangiare il suo pollo, nemmeno in sogno...

MAURIZIO (Bettini) "piccolo" (per distinguerlo da quello "grosso" che, come volume, valeva almeno un paio di "Maurizi piccoli"), detto "Flash" per la sua visione tranquilla e pacata del mondo e delle umane vicende. Non so come abbia potuto sopravvivere, sul tepuy, visto che, arrivando perennemente in ritardo per cena e colazione, trovava sempre qualcuno che si stava mangiando la sua parte... da questo punto di vista, la calma serafica con cui accoglieva la notizia della cena dimezzata era veramente ammirevole...

MAURO (Inglese), o meglio "Maurowskij", detto anche "Gambadilegno" per via delle due placche e tredici viti ha gli tengono insieme la gamba che si è rotto, su un sentiero (dice lui...), tornando da una cascata di ghiaccio, qualche mese prima di partire; l'acqua rossa dei tepuy deve avere comunque qualche magica virtù curativa: partito da Milano ancora vistosamente zoppicante, dopo due giorni sul tepuy Maurowskij salta tra le fratture quasi meglio delle gigantesche cavallette di grotta...alla faccia del chirurgo che aveva consigliato solo belle passeggiate sulla spiaggia di Rimini... Di tutti noi, Maurowskij è l'unico davvero sincero quando, davanti ad un qualche ragnaccio nero e irsuto, dice "Che bello!", e più è grosso, più è bello, se poi è anche peloso, tanto meglio (dopo il Venezuela, a casa di Maurowskij sono comparsi, nell'ordine Wolly, Bilbo, Lampo e Marianna, uno più grosso e peloso dell'altro...mi piacerebbe sapere cosa ne pensa la sua ragazza...)

NORBERTO (Chiodini), detto "Chiodo": appassionato di serpenti, meglio se velenosi, avevamo paura che, con il suo continuo evocarli, avrebbe finito per materializzarne qualcuno al campo: se così fosse stato, noi tutti ci auguravamo che lo trovasse direttamente nel suo sacco a pelo...nooo, non per cattiveria! Ci dispiaceva vederlo struggersi di nostalgia per la sua dolce, adorata Andreina, che non è la sua fidanzata, bensì la sua "vipera del Gabon", naturalmente velenosissima, che vive in una vaschetta sopra il suo letto, a casa... (mi piacerebbe sapere cosa ne pensa sua madre...), e di cui Chiodo conserva gelosamente due denti nel portafoglio...(giuro, giuro che non sto scherzando!)

PAOLA (Tognini): il mio soprannome non lo so, dovete chiederlo ai miei "amici"...(ma sarà senz'altro qualcosa di poco carino...)

Sono un'appassionata rilevatrice, forse a volte un po' maniaca: una sera, nella "tana", ho sentito i miei compagni che, convinti stessi dormendo, (ebbene, sì: ho origliato!) si stavano domandando se, per caso, non avessi rilevato anche

la grotticella dove andavo a far pipì...confesso che, il giorno dopo, la tentazione di chiedere che due persone venissero con me per rilevarla davvero è stata veramente fortissima...

PIER (Toffoletti), detto "Beautiful": invidiatissimo da tutti per la sua capacità di essere subito circondato dalle ragazze più belle ("Solo perchè ha la telecamera..." dicevano gli altri, gelosi del suo successo), ovunque andasse, per strada, in un ufficio, sull'aereo... per questo, quando, sull'Isola del Raton, l'abbiamo visto arrivare senza pantaloni, abbiamo subito pensato tutti malissimo: in realtà, li aveva semplicemente dati ad un indio che collezionava oggetti militari... come stesse l'indio, piccoletto e paffutello, con indosso i pantaloni di Beautiful, alto quasi due metri, non ci è dato saperlo...

ROBERTO (Bellomo), il nostro capo-spedizione, alias "Mr. Alpitour" ("spedizione fai-da-te? ahì, ahì, ahì!!!")...ma il capo è sempre il capo e, un po' come la mamma, di capo ce n'è uno solo (grazie al Cielo!)...in ogni caso, è proibito parlarne male, così come della mamma...e così come la mamma, tutte le sere veniva a rimboccarci i sacchi a pelo, per essere sicuro che nessuno si alzasse di notte per prelevare qualcosa dalla razionatissima dispensa...

SILVIO (Gori), "Grande Puffo" per via del barbone e del berretto rosso a calzettone che sfoggiava ogni mattina all'alba, quando, pantaloni rimboccati, pHmetro in una mano, conducimetro nell'altra e termometro dietro un orecchio, andava a fare le sue misure nel torrente vicino al campo: e, infatti, era proibitissimo lavarsi e far pipì nell'acqua prima che il Dr. Grande Puffo avesse terminato il suo giro. La sua più grande preoccupazione era che qualcuno,uscendo di grotta stanco e assetato, bevessa per sbaglio uno dei suoi campioni di acqua...la nostra preoccupazione, invece, era cosa avrebbe detto alla dogana in aeroporto per giustificare i 10 litri di acqua nel suo zaino...

DIARIO DELL' ATTIVITA'
(Mauro Inglesi)

- 9 Agosto - ore 5 - ritrovo dei partecipanti all'aeroporto della Malpensa (Milano - Italia)
- ore 7.30 - partenza per Madrid e successivo trasferimento a Caracas
- all'aeroporto di Caracas incontro con il prof. Franco Urbani in rappresentanza della Società Venezuelana di Speleologia
- 10 Agosto - 2 membri si occupano dei permessi d'accesso alla zona presso INPARQUES
- nel pomeriggio arrivano a Caracas i 15 sacchi di materiale spediti dall'Italia
- 11 Agosto - mentre 3 membri rimangono a Caracas per le ultime pratiche burocratiche, gli altri 11 si trasferiscono a Ciudad Bolivar
- il gruppo si ricostituisce in tarda serata
- 12 Agosto - Ciudad Bolivar
- controllo e sistemazione dei materiali
- contatti con società private per volo aereo a Canaima e trasferimento in elicottero sull'Angaitépu
- 13 Agosto Ciudad Bolivar
- acquisto provviste e ultimi materiali per campo
- partenza con aereo società RUTACA per Canaima
- 1 membro rimane in città per attendere i permessi
- da Canaima trasferimento in piroga all'Isola dell'Orchidea
- pernottamento nell'accampamento dell'Isola dell'Orchidea
- 14 Agosto - dall'Isola dell'Orchidea in piroga all'Isola del Raton
- sistemazione nell'accampamento già predisposto
- 15 Agosto - Isola del Raton
- ore 13 arriva dell'elicottero (con l'ultimo membro della spedizione)
- iniziano i trasferimenti di persone e materiali sull'altopiano (effettuati 7 voli della durata di circa 10-12 minuti l'uno)
- allestimento del campo nella zona di esplorazione
- 16 Agosto - iniziano battute attorno ai campi base
- viene trovata una piccola cavità (Sima Aonda Superior Sur) e un canyon profondo circa 40 m (Sima Aonda Superior 1)
- effettuate misure chimico-fisiche su acque e terreni
- 17 Agosto - 3 squadre di esplorazione: A- esplorazione, topografia e osservazioni geologiche e geomorfologiche della Sima Aonda Superior Sur
B- arma pozzo d'accesso (p. 40) e parziale esplorazione della Sima Aonda Superior 1
C- arma pozzo d'accesso (p. 120) e parziale esplorazione della Sima Aonda Superior 2
- effettuate misure chimico-fisiche su acque e terreni
- 18 Agosto - 3 squadre di esplorazione: A- continuazione esplorazione e topografia della Sima Aonda Superior 1- trovate gallerie laterali e un potenziale collegamento con Sima Aonda Superior 2
B- continuazione esplorazione Sima Aonda Superior 2
C- inizio arma pozzo d'accesso a Sima Aonda Superior 4
- sorgono problemi con il trapano (batterie inutilizzabili): si procede nelle esplorazioni con "spittaggio" manuale
- effettuate misure chimico-fisiche su acque e terreni

- 19 Agosto -2 squadre di esplorazione: A- completamento esplorazione e topografia della Sima Aonda Superior 2 - documentazione fotografica
B- passando dalla Sima Aonda Superior 1 si effettua collegamento fisico con Sima Aonda Superior 2
-1 squadra si occupa dei rilievi esterni (cartografia-posizionamento)
- 20 Agosto -giornata di "riposo": -inizio operazione restituzione rilievi
-tabulazione dati misure su acque e terreni
-sistemazione del materiale collettivo e personale
- 21 Agosto -3 squadre d'esplorazione: A- discesa dalla "Muraglia" (nelle vicinanze della cascata) e parziale esplorazione di una grande caverna (problemi meteorologici impediscono osservazioni più accurate e operazioni di rilievo)
B- ultime operazioni di rilievo alla Sima Aonda Superior 1 e documentazione fotografica
C- rilievo gallerie, osservazioni geologiche e geomorfologiche e documentazione fotografica della Sima Aonda Superior 2
-effettuate misure chimico-fisiche su acque e terreni
- 22 Agosto -operazioni di restituzione dei rilievi delle cavità
-battute esterne
-operazioni di posizionamento campi e grotte (difficili per la mancanza di una cartografia adeguata)
- 23 Agosto -2 squadre d'esplorazione: A- esplorazione e topografia della Sima Aonda Superior 3 - collegamento con Sima Aonda Superior 1
B- esplorazione, rilievo e documentazione fotografica della Sima Aonda Superior 4
-effettuate misure chimico-fisiche su acque e terreni
- 24 Agosto -1 squadra d'esplorazione: discesa nella Sima Aonda Superior 2 da un nuovo punto
-rilievi e tentativo di giunzione con Sima 4
-rilievi esterni
-effettuate misure chimico-fisiche su acque e terreni
-durante una battuta trovati alcuni pozzi nuovi (Sotamitos)
- 25 Agosto -2 squadre d'esplorazione: A- esplorazione e topografia dei Sotamitos (3 pozzi) con giunzione alla Sima Aonda Superior 1
B- esplorazione rilievo e documentazione fotografica di nuove gallerie scoperte in Sima Aonda Superior 1
-tracciata poligonale esterna tra pozzo d'accesso a Sima Aonda Superior 1 e campo base 2
-effettuate misure chimico-fisiche su acque e terreni
- 26 Agosto -preparativi per la partenza (smontaggio campo- raccolta rifiuti)
-ore 13.30: arrivo al campo base dell'elicottero e inizio trasferimenti all'Isola del Raton
- 27 Agosto -trasferimento Isola del Raton- Canaima/ Canaima -Ciudad Bolivar
- 28 Agosto -trasferimento a Puerto La Cruz
- 6 Settembre -rientro in Italia degli ultimi partecipanti

INTRODUZIONE

di Mauro Inglese

Nel Venezuela meridionale, non distante dal confine con il Brasile, esiste una regione dove da una fitta foresta pluviale si ergono imponenti acrocori che possono anche superare i 2500 m d'altezza, i "tepuy". (Fig.1)

Le nubi che spesso coprono le loro cime nascondono le divinità degli Indios Pemones, che vivono nella zona, nascondono anche strani e mostruosi animali, che molti sostengono di aver visto con i propri occhi, e nascondono dei più realistici ma certo non meno affascinanti ecosistemi che, isolati dalle zone limitrofe per lunghi periodi, hanno subito un'evoluzione biologica autonoma, che ha fatto della sommità di ciascun tepuy un ambiente dalle caratteristiche peculiari e diverse da un tepuy all'altro.

Quelle nubi celano, però, anche uno dei più straordinari e misteriosi fenomeni carsici del nostro pianeta.

I tepuy sono infatti formati da roccia quarzitica, estremamente dura, praticamente insolubile e pertanto apparentemente incompatibile con qualsiasi forma di carsismo.

Negli ultimi 15-20 anni, però, spedizioni speleologiche venezuelane e spagnole hanno invece scoperto, proprio sulla sommità di questi altipiani, pozzi profondissimi e ciclopiche doline, aggiungendo così un nuovo mistero ai molti che già avvolgono i tepuy.

Su uno di questi tepuy si è svolta la prima spedizione speleologica e scientifica italiana in Venezuela.

Obiettivo delle esplorazioni è stato l'Auyantepuy, uno tra i maggiori tepuy per estensione (ca 700 kmq), dalla cui sommità si gettano, con un salto di quasi 1000 m, le acque della cascata più alta del mondo, il Salto Angel.

Organizzata da Roberto Bellomo del Gruppo Speleologico del CAI di Castellanza, la spedizione "Venezuela '92" ha visto la partecipazione di 14 speleologi italiani, appartenenti a quattro differenti gruppi grotte CAI: 6 appartenenti al Gruppo Grotte Milano CAI-SEM, 4 al Gruppo Grotte CAI Castellanza, 3 al Forum Julii Speleo CAI Cividale del Friuli e 1 allo Speleo Club F. Maffioli del CAI di Laveno. Lo scopo della spedizione era l'esplorazione di grotte e la raccolta di dati scientifici in una piccola zona dell'Auyantepuy, all'interno del Parco Nazionale di Canaima.

Il settore esplorato dista in linea d'aria meno di 1 km dalla conosciutissima Sima Aonda, che, con i suoi -362 m deteneva, al momento della spedizione, il primato mondiale di profondità in rocce quarzitiche ed era anche la più profonda cavità del Venezuela (attualmente, i record sono stati ritoccati da una successiva spedizione italo-venezuelana, Tepuy '93, che si è recata sull'Auyantepuy nel Marzo del 1993).

Il carsismo in rocce quarzitiche è stato a lungo studiato da speleologi e carsologi venezuelani, e, in particolare, la Sima Aonda e le altre profonde cavità che si aprono nelle vicinanze sono state esplorate, parzialmente o totalmente, a partire dal 1983 da elementi della Sociedad Venezolana de Espeleologia insieme a speleologi spagnoli.

L'inaccessibilità del luogo, raggiungibile solo tramite elicottero, unita alla straordinaria ricchezza di cavità, fanno sì che il lavoro esplorativo nella zona sia solo all'inizio, nonostante quanto già fatto in precedenza, ed estremamente promettente da un punto di vista sia speleologico che di ricerca scientifica.

Con tali premesse si è mossa questa spedizione, la prima spedizione speleologica "ufficiale" italiana sulle quarziti del Venezuela, e dopo 12 giorni di permanenza effettiva sul tepuy ha permesso il raggiungimento di buoni risultati, tra cui l'esplorazione e la topografia di circa 3 km di nuove cavità, compreso un sistema che, con uno sviluppo di 2128 m risulta essere tra i più lunghi al mondo in rocce quarzitiche, insieme alla raccolta di campioni geologici e dati chimico-fisici, e la scoperta di nuovi generi di Artropodi.

La presente pubblicazione propone, accanto alla descrizione del lavoro speleologico ed esplorativo svolto, una raccolta dei dati scientifici acquisiti sul terreno; dei risultati delle analisi di laboratorio effettuate e delle ipotesi genetiche ed evolutive sui sistemi carsici in quarziti che a nostro avviso si possono trarre dai dati in nostro possesso, sulla base anche di precedenti lavori.

(Galan e Urbani, principalmente)

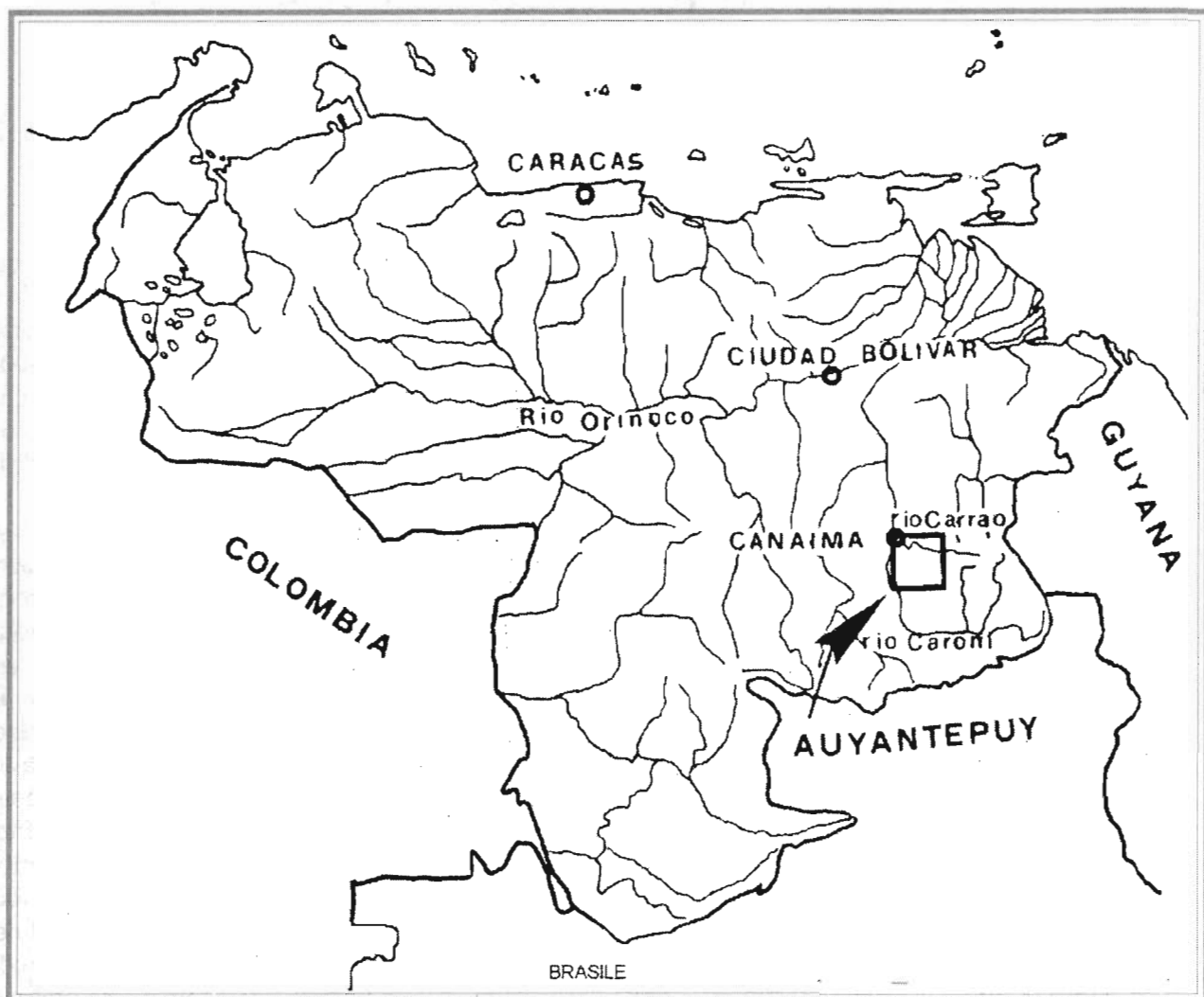


Fig.1 L'Auyantepuy è situato nella fascia meridionale del paese, chiamata "Gran Sabana", al confine con il Brasile e la Guyana.

LA REGIONE: geologia e forme del territorio

(Paola Tognini)

L'Auyantepuy è situato in una vasta area nella fascia meridionale del Paese (Estado Bolívar- Parque Nacional Canaima) chiamata "Gran Sabana", che si estende tra il corso del Rio Orinoco e i confini con il Brasile e la Guyana. (Fig. 1)

E' la regione selvaggia e quasi inesplorata dei "tepuy", altopiani rocciosi dalla sommità piatta che emergono dalla sottostante foresta con impressionanti pareti verticali, alte fino a 1000 m.

Geologicamente, l'area è caratterizzata dall'affioramento del "Gruppo Roraima", una spessa sequenza sedimentaria di origine continentale-deltaica costituita principalmente da arenarie e, in minor misura, conglomerati ed argilliti, che giace in discordanza sul basamento igneo-metamorfico dello scudo guyanese (3.4 Ga).

Si tratta di rocce molto antiche (1.6-1.8 Ga), scarsamente disturbate

dagli eventi orogenetici, se non per un'intensa fratturazione e una serie di blandi piegamenti a scala chilometrica.

Dopo le ultime fasi orogenetiche (1 Ga), a partire dal Mesozoico, furono sottoposte ad almeno 4 grandi cicli erosivi, di cui sono ancora visibili le residue superfici erosionali, cosa che conferisce al paesaggio della Gran Sabana una particolare morfologia "a gradini", dove ogni gradino costituisce un'unità morfologica e paesaggistica a sé stante. Risalendo il Rio Caroni (un affluente meridionale del Rio Orinoco), si incontra il primo "gradino", quello più giovane, costituito dalle parti più basse della Gran Sabana, un'ampia pianura coperta da una bassa vegetazione tipo savana, attraverso la quale si snoda pigramente il corso del fiume.

Spostandosi verso Sud, l'altitudine del rilievo aumenta e si

incontrano il secondo e il terzo gradino, parzialmente mascherati dalla vegetazione e gentilmente modellati in colline e bassi plateaux.

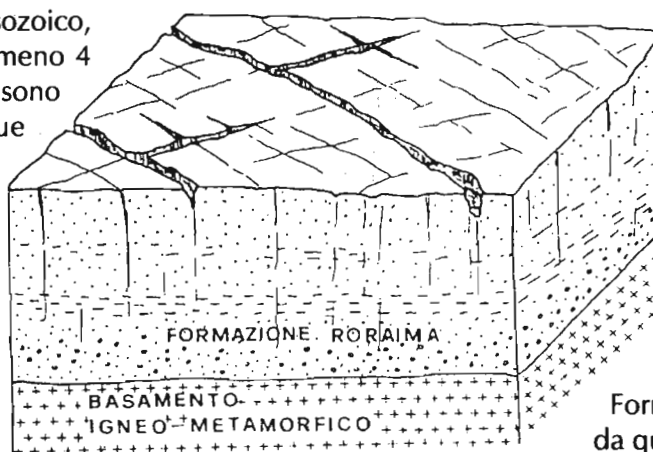


fig. 2a

La vegetazione gradualmente si evolve in una lussureggiante foresta pluviale, i corsi d'acqua scorrono ora più veloci, a volte interrotti da rapide e cascate, e l'acqua assume una curiosa tinta rossastra, grazie all'abbondante presenza di acidi umici e tannini.

E finalmente all'orizzonte si

stagliano i profili massicci dei tepuy, caratteristici per le loro sommità pianeggianti, delimitati da ripide pareti alte più di 1000 m, dalle quali si gettano alcune delle più alte cascate del mondo (il Salto Angel è solo una delle tante).

Le loro superfici nude e rocciose costituiscono il gradino più alto, corrispondente alla più antica superficie d'erosione conservata, che, a causa dell'assetto tabulare delle strutture geologiche in quest'area, viene a coincidere con la superficie litologica (vale a dire che la superficie dei tepuy

è costituita dall'affioramento di un antico piano di strato, cioè, un'antica superficie di deposizione, messa a nudo dagli agenti morfologici e dall'erosione). (Fig. 2)

Il loro netto stacco morfologico è dovuto al fatto che sono costituiti dalla parte superiore del "Gruppo Roraima", la

Formazione Mataui, composta da quarziti (arenarie a granuli di quarzo e cemento siliceo) durissime e massive (quando non alterate), che contrastano con le formazioni più tenere e più erodibili delle pianure sottostanti. Si tratta di quarziti quasi pure (solo alcuni granuli feldspatici alterati, contenenti Al, Ca, K sembrano essere presenti, insieme ad ossidi di ferro, che conferiscono alla roccia una

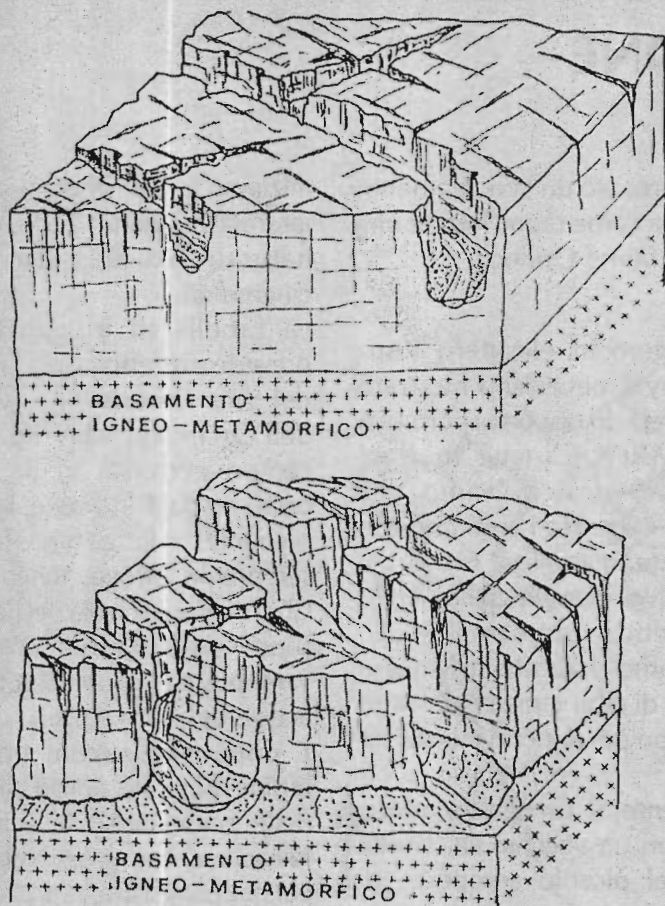


Fig. 2b - 2c

Schizzo schematico che illustra la formazione di un tepuy:

A- In conseguenza della prolungata stabilità tettonica dello scudo guyanese, si ha la formazione, a partire dal Mesozoico, di una vasta superficie di erosione, che, a causa dell'assetto tabulare delle strutture geologiche, si imposta in corrispondenza di un livello quarzítico del Gruppo Roraima, la Formazione Mataul: si tratta, quindi, di una superficie "litostrutturale", cioè impostata in corrispondenza di un'antica superficie di deposizione, messa a nudo da una prolungata esposizione agli agenti erosivi, e conservata grazie alle sue particolari caratteristiche di resistenza all'erosione e scarsa alterabilità.

B- Un sollevamento dell'area (movimenti epeirogenetici), o un abbassamento del livello di base, causano una ripresa dell'erosione, in gran parte dovuta all'azione fluviale, che, sfruttando preesistenti sistemi di discontinuità, determina la formazione di profondi solchi vallivi delimitati da grandi pareti verticali, la cui stabilità è assicurata dalle caratteristiche reologiche delle quarziti sommitali.

C- Il proseguire dell'erosione interessa via via i litotipi sottostanti, più teneri e più erodibili, in corrispondenza dei quali le pareti vallive si fanno più dolci e meno acclivi, coperte da falde detritiche dovute all'arretramento delle scarpate verticali sommitali: questo fenomeno restringe progressivamente la superficie del tepuy, molti dei quali sono ridotti a isolati speroni (butte) o piccole mesas. Le parti basse e poco inclinate dei versanti ai piedi delle scarpate sommitali sono colonizzate da una fitta foresta, la selva, che contribuisce a caratterizzare in modo tipico l'aspetto del tepuy

caratteristica colorazione rosata), e ancora conservano bellissime strutture sedimentarie, come stratificazioni incrociate e ripple-marks.

La bassissima solubilità del quarzo (una decina di ppm circa, variabile con la temperatura e con la forma cristallina della silice) e la sua altrettanto bassa velocità di reazione rendono difficile spiegare la presenza di grotte in rocce di questo tipo: eppure, sia la presenza di concrezioni di opale che analisi al microscopio elettronico confermano fenomeni di dis-soluzione chimica a livello dei granuli.

La roccia è molto compatta e ha una porosità praticamente nulla, quindi l'unico modo che l'acqua ha per aggredire l'ammasso roccioso al suo interno è quello di sfruttare la fratturazione, che sulla sommità dei tepuy è sempre molto intensa e genera spesso forme esasperate e caratteristiche. Ovviamente, la tettonica, ed, in particolare, fenomeni di rilascio tensionale dovuti alla presenza e all'evoluzione di grandi pareti vallive, giocano un ruolo fondamentale nel guidare il modellamento delle forme del rilievo e la formazione di questi particolari sistemi carsici, che in Venezuela si stanno rivelando molto più diffusi di quanto si pensasse in passato, e di sempre maggior sviluppo e profondità. Con il procedere degli studi, comunque, appare sempre più chiaro che si tratti di un fenomeno genuinamente "carsico", nel senso più classico del termine, con fenomeni di dissoluzione chimica e riprecipitazione del tutto analoghi a quelli che si verificano in rocce tradizionalmente "carsificabili", anche se alcuni passaggi di tale processo sono tuttora poco conosciuti.

LA SPEDIZIONE

(Mauro Inglese)

Per raggiungere la zona di esplorazione era previsto un avvicinamento piuttosto lungo e avventuroso, che prevedeva come tappe iniziali una sosta a Caracas e una a Ciudad Bolivar, sul fiume Orinoco.

La permanenza per un paio di giorni nella capitale venezuelana era dovuta all'espletamento delle ultime formalità burocratiche necessarie per ottenere i permessi d'accesso all'Auyantepuy.

L'Auyantepuy è infatti posto all'interno del Parco Nazionale di Canaima, e per recarvisi sono necessarie autorizzazioni da parte dell'ente INPARQUES, autorizzazioni concesse solo per motivi scientifici ed esplorativi, che hanno comportato un anno di contatti e di scambi epistolari con il Venezuela, compreso l'invio dei curriculum speleologici e "scientifici" dei partecipanti e l'accettazione del rigidissimo regolamento del Parco. Nonostante questo, per alcuni giorni temiamo che solo 7 di noi otterranno il permesso di raggiungere la sommità del tepuy...per gli altri la prospettiva è una bella vacanza in Venezuela...fortunatamente, l'intervento del prof. Franco Urbani della SVE risolverà la situazione in nostro favore, ma questo lo sapremo solo dopo qualche giorno, quando già il grosso della spedizione attende l'arrivo dell'elicottero nella foresta sull'isola del Raton, ai piedi del Salto Angel...

Nonostante questa incertezza, lasciati 3 "diplomatici" (Bellomo, Gori e Toffoletti) a Caracas, la spedizione parte per la seconda tappa, a Ciudad Bolivar, dove vengono presi i contatti con la società che ci fornirà l'elicottero: a parte il problema che per

raggiungere in elicottero l'Auyantepuy è necessario mostrare alla società di trasporto i permessi di INPARQUES (che in quel momento non avevamo ancora...), e a parte i costi improvvisamente moltiplicati rispetto al preventivo fatto in Italia, finalmente tutto si risolve per il meglio e possiamo dedicarci agli ultimi acquisti di cibo e materiale vario da campo per la permanenza sul tepuy.

Finalmente, il 13 Agosto, atterriamo con un vecchio DC3 sulla pista del piccolo aeroporto di Canaima, e, con noi, atterrano anche 800 kg di materiale collettivo e personale.

Canaima è un delizioso ed esclusivo centro turistico sorto alla confluenza tra il Rio Carrao ed il Rio Caronì, ed immerso nella natura dei tropici.

Vive in questo luogo una comunità di indios, gli Indios Pemones, e molti tra loro sono ormai legati al turismo svolgendo attività di accompagnatori e guide per i ricchi visitatori di Canaima lungo i corsi d'acqua che di insinuano nella foresta.

Dopo un'estenuante contrattazione sui prezzi delle barche, nel corso della quale chiariamo il fatto che non siamo certo i soliti turisti danarosi in cerca di comode emozioni, finalmente ci imbarchiamo, con i nostri 800 kg di materiale, su due piroghe a motore (le curianas, che, nonostante il fatto che siano dotate di motore, sono ancora ricavate da un unico tronco l'albero scavato) condotte da due indios, e

iniziamo la fase sicuramente più interessante da un punto di vista naturalistico di tutto l'avvicinamento.

La tabella di marcia (**Fig.3**) prevede a questo punto la risalita del Rio Carrao fino all'Isola dell'Orchidea, con un primo campo notturno in un riparo costruito dagli indios, e, il giorno seguente, un lungo trasferimento, sempre in piroga, lungo il Rio Churun fino all'Isola del Raton, ai piedi della parete dell'Auyantepuy dalla quale si gettano le acque del Salto Angel.

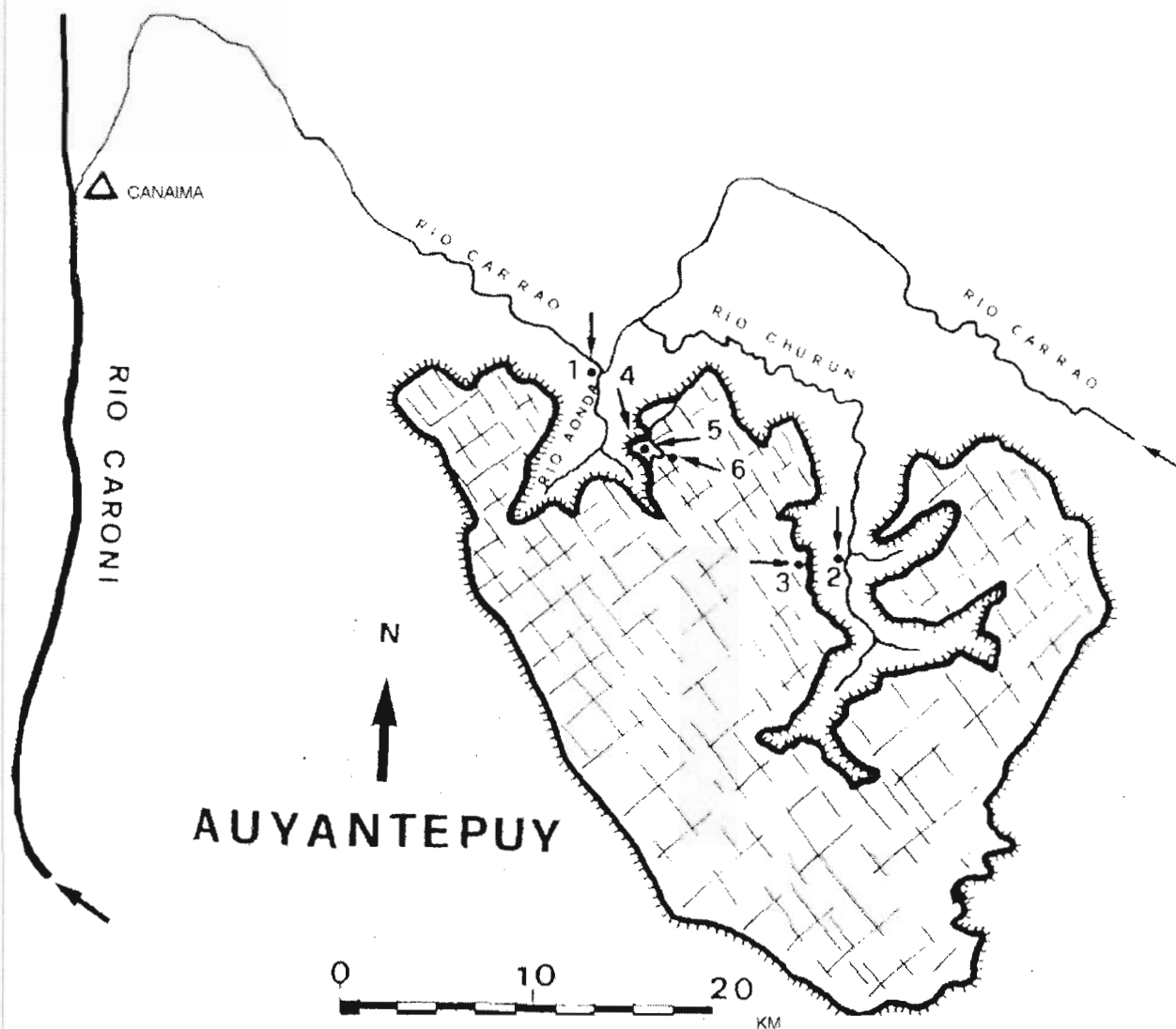
E dopo acquazzoni tropicali, rapide superate grazie all'abilità delle guide indigene e incontri ravvicinati con grossi volatili tra cui pappagalli ara, rapaci di varie specie e numerosi cormorani, si è aperta ai nostri occhi la vista del vertiginoso salto d'acqua.

La permanenza sull'Isola del Raton, durata circa due giorni a causa del ritardo dell'elicottero, ci ha offerto l'occasione di effettuare nella foresta circostante interessanti escursioni, molto proficue per la documentazione fotografica ottenuta e per la raccolta di interessanti artropodi (soprattutto formiche e ragni).

Durante una di queste escursioni abbiamo raggiunto la base del Salto Angel, la cascata scoperta nel 1933 all'aviatore Jimmy Angel e che risulta essere la più alta del mondo (979 m, con un salto singolo di 807 m).

Nel pomeriggio del 15 agosto atterra vicino al nostro campo l'elicottero che ha il compito di trasferire persone e materiali sul tepuy.

Occorrono 7 viaggi di circa un quarto d'ora l'uno per trasportare il tutto a destinazione.



- 1-Isola dell'Orchidea
- 2-Isola del Raton
- 3-Salto Angel
- 4-Sima Aonda
- 5-La "Muraglia" e le grotte esplorate
- 6-Il nostro campo e la cascata

Fig. 3 - Schizzo schematico dell'Auyantepuy (da Galan, 1987) che mostra il percorso seguito dalla spedizione e l'area di esplorazione. L'elicottero non è potuto partire dall'Isola dell'Orchidea, in linea d'aria più vicina alla meta, a causa della foresta troppo fitta, che non permette la creazione di una piazzola d'atterraggio. Sull'Isola del Raton, invece, è presente una radura naturale che permette un agevole avvicinamento dell'elicottero senza danneggiare la vegetazione (non si dimentichi che ci troviamo all'interno di un parco naturale).

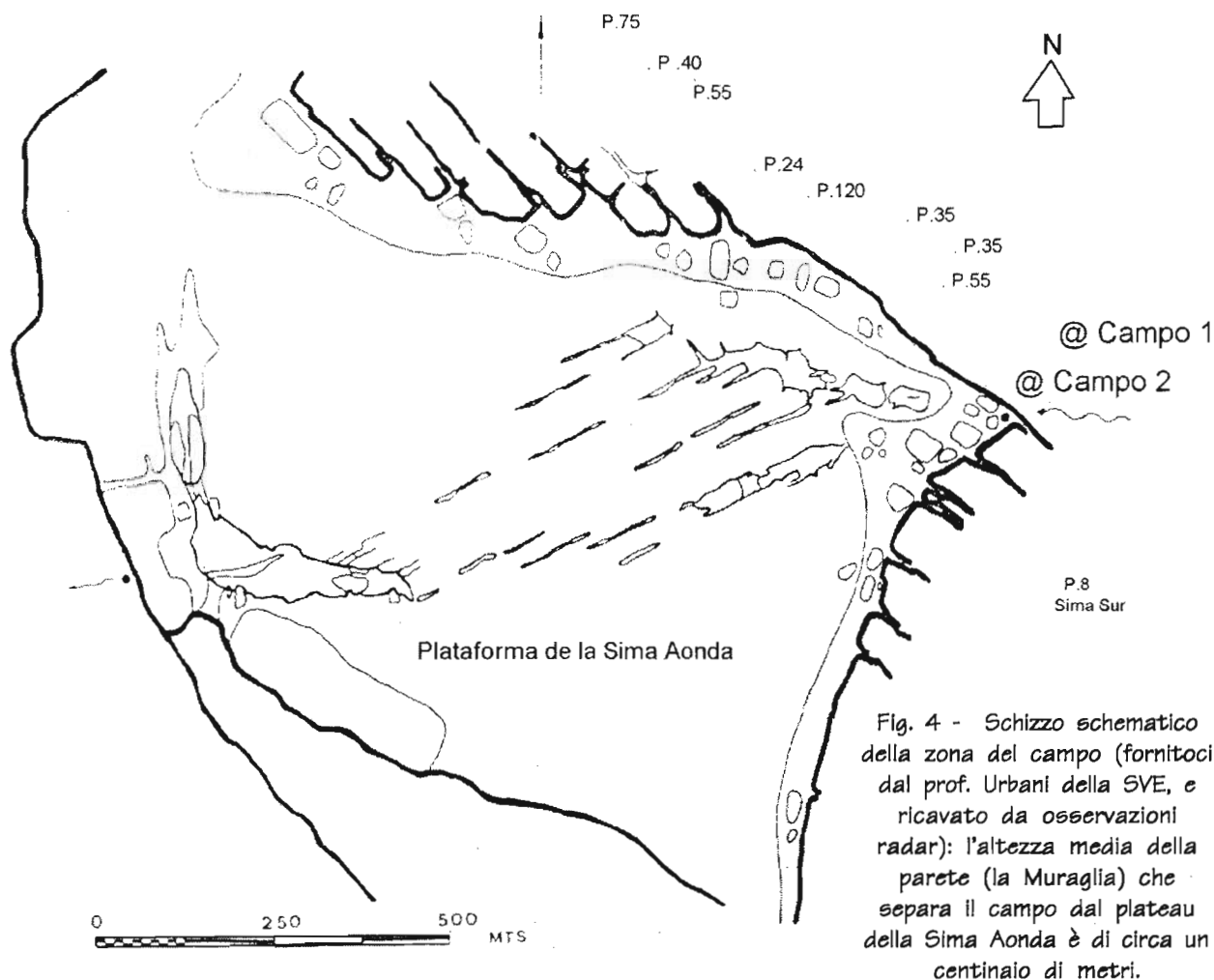


Fig. 4 - Schizzo schematico della zona del campo (fornitoci dal prof. Urbani della SVE, e ricavato da osservazioni radar): l'altezza media della parete (la Muraglia) che separa il campo dal plateau della Sima Aonda è di circa un centinaio di metri.

Durante il volo, mentre l'apparecchio prende quota, e mentre già le prime nubi temporalesche si addensano sopra di noi, possiamo ammirare dall'alto la fitta foresta ed i tepuy vicini, ma appena raggiungiamo, 1000 m più su, la superficie dell'acrocorno, l'attenzione viene subito rivolta al caratteristico paesaggio che offre la sommità del tepuy, con i bordi costellati da guglie e pinnacoli, profondi canyon che si aprono tra la fitta vegetazione e, qua e là, grandiose "doline" con il fondo coperto da massi ciclopici.

Il campo viene installato su un pianoro roccioso vicino ad un corso d'acqua.

Purtroppo verificiamo subito la resistenza (scarsa) che le nostre tende offrono agli acquazzoni tropicali, e dopo da prima notte

ci ritroviamo con buona parte dell'accampamento allagato e la tenda-cucina ridotta dal vento ad un misero straccio inzuppato, ormai inservibile.

Poichè l'elicottero tornerà a prenderci solo tra 12 giorni, occorre pensare ad una soluzione alternativa: per fortuna il problema viene risolto in breve tempo trasferendo parte del campo (quella più disastata), cucina compresa, in un largo (anche se, ahimè, piuttosto basso) riparo di roccia nelle vicinanze. Poichè l'ingresso del riparo si trova all'interno di un piccolo canyon profondo 3-4 m e percorso da un piccolo corso d'acqua, per qualche notte una sentinella sorveglierà il regime idrico del torrente durante i quotidiani acquazzoni, e per precauzione viene sistemata una

corda di sicura di traverso sul corso d'acqua, caso mai si dovesse procedere ad una rapida evacuazione notturna del campo...la corda rimarrà per tutta la durata della spedizione, nonostante, dopo un paio di giorni, avessimo appurato l'innocuità del torrentello...

E' opportuno, a questo punto, fare alcune considerazioni sul periodo scelto per effettuare la spedizione, periodo che, come molti sapranno, cade nella stagione delle piogge.

Anzitutto, bisogna dire che in Venezuela non esiste una stagione secca vera e propria, ma, caso mai, un periodo "meno piovoso", che coincide grosso modo con i primi mesi dell'anno. Tra le due stagioni non vi è quindi una significativa differenza nella quantità di precipitazioni, ma vi

è invece una forte differenza nella loro distribuzione: mentre nel periodo "secco" si possono verificare diversi giorni senza pioggia (ma anche qualche pioggia rovinosa, come sperimentato dalla successiva spedizione italiana nel mese di marzo), durante il periodo "piovoso" le precipitazioni sono praticamente quotidiane. Sul posto abbiamo potuto subito verificare un'estrema regolarità nelle piogge giornaliere, che iniziavano sempre nel tardo pomeriggio, concedendo quindi tempo sufficiente per compiere esplorazioni e attività varie all'aperto, anche se, naturalmente, questo riduceva drasticamente il numero di ore a disposizione per l'esplorazione di alcune parti attive delle cavità. Lo svolgimento della spedizione durante la stagione delle piogge ci ha però offerto un grosso, duplice vantaggio: il livello dei corsi d'acqua, molto alto, ci ha permesso di risalire in piroga il Rio Churun per un lungo tratto, offrendoci sia la possibilità, da tutti molto apprezzata, di un avvicinamento molto interessante e un po' avventuroso, a diretto contatto con l'affascinante natura della "selva", sia un notevole risparmio sui costi dell'elicottero, che ha effettuato solo brevi voli, essendo la base di partenza molto vicina alla meta, e questo è stato senz'altro un particolare non trascurabile per una spedizione "povera" come la nostra, priva di sponsor, in cui ogni partecipante ha dovuto far fronte alle spese di tasca propria.

Risolti quindi i problemi logistici del campo dove per 12 giorni vivremo in 16 persone (14 italiani e due tecnici del Soccorso Aereo Venezuelano, che hanno il compito di mantenere i contatti con la "civiltà" utilizzando un apparato radio), ci dividiamo subito in gruppi per effettuare battute di ricerca nelle zone limitrofe.

Alla fine della giornata, la conclusione unanime di tutte le squadre è che, a causa della inesistente cartografia e di una quota errata sull'unico schizzo dell'area a disposizione (**Fig.4**), il pilota dell'elicottero ci ha depositati su di un pianoro roccioso 100 m più in alto della piattaforma della Sima Aonda, che doveva essere il nostro obiettivo... Le difficoltà di muoversi sulla superficie del tepuy, a causa della presenza di fratture, crepacci e canyon che si intersecano e si intrecciano creando un mostruoso dedalo di aperture e discontinuità difficilmente aggirabili, e le ancor maggiori difficoltà nello spostare 16 persone e 800 kg di materiale giù da una parete verticale alta 100 m, ci fanno rapidamente desistere dal proposito di tentare di raggiungere la Sima Aonda: se mai ci riuscissimo, impiegheremmo probabilmente tutti i 12 giorni a nostra disposizione in quest'impresa...

La sorprendente ricchezza di cavità della zona intorno al campo ci consola comunque immediatamente dell'apparente rinuncia.

Viene subito individuata con facilità una piccola "sima" (Sima Aonda Superior Sur) a SE del campo e una molto promettente zona a W, ricca di profondi canyon.

La vicinanza al campo delle zone di esplorazione risulta di notevole importanza in quanto ci si accorge ben presto che gli spostamenti possono presentare grossi problemi, legati non tanto alla vegetazione, che qui non è molto fitta ed è piuttosto bassa, ma alla presenza di un fitto reticolo di canyon e fratture, spesso troppo larghi e profondi per poter essere superati con un balzo, e altrettanto spesso talmente estesi da costringere a lunghe e talvolta faticose deviazioni.

Esplorata e rilevata velocemente la Sima Aonda Sud, ci dedichiamo alla seconda zona individuata, ma qui iniziano a sorgere dei problemi

legati all'armo dei pozzi d'accesso.

Dopo un paio di giorni, infatti, guai alle batterie ricaricabili, aggiunti ad una rapidissima ed inaspettata usura delle punte, rendono del tutto inutilizzabile il trapano, e, pertanto, vista la scarsità di buoni ancoraggi naturali, ci vediamo costretti a ricorrere allo spittaggio manuale. Questa operazione nella roccia calcarea richiede mediamente una decina di minuti, ma nella durissima quarzite può richiedere anche più di mezz'ora, oltre alla necessità di utilizzare vari SPIT prima di ottenere un foro accettabile. E' stato fatto largo uso di guaine paracorde (portate, purtroppo, in numero insufficiente), in quanto anche il benchè minimo contatto con la roccia aveva conseguenze devastanti sull'integrità della corda: la quarzite, infatti, ha, come è facile immaginare, un grandissimo potere abrasivo, sia nella sua forma inalterata che sotto forma di sabbia silicea.

Per fortuna, a parte l'accesso ai canyon (con profondità variabile tra i 40 e i 120 m), nel resto delle esplorazioni la progressione è risultata quasi esclusivamente orizzontale o sub-orizzontale.

Sul fondo dei canyon ci si muove, infatti, tra ciclopici massi o sulla sommità di frane (spesso molto scivolosi, ma che non richiedono armi, nella maggior parte dei casi), nei tratti ipogei, invece, ci troviamo davanti a sale, gallerie e soprattutto meandri e forre più o meno attivi, dove la progressione è per lo più sul fondo (sabbioso) o in opposizione, spesso in ambienti al limite della percorribilità umana.

Considerando il discreto numero di speleologi, ci siamo organizzati in più squadre operative (mediamente 2 o 3 squadre al giorno, oltre ad un gruppo sempre

presente al campo) che lavoravano o nella stessa cavità, ma con compiti differenti (armo, rilievo, osservazioni geomorfologiche, raccolta di campioni geologici o biologici, fotografia...) o in differenti grotte.

Così organizzati, siamo riusciti a sfruttare al meglio il poco tempo a disposizione ed inoltre ogni partecipante ha potuto dedicarsi con maggior profitto alla specifica attività che gli competeva.

Oltre alle esplorazioni ipogee, infatti, parte del tempo viene dedicata anche a numerose ed importanti attività, all'esterno ed in grotta, che comprendono la misura di temperatura e pH dell'acqua, la raccolta di campioni geologici, poi studiati nelle Università di Milano e Bologna, la ricerca di insetti ed altri artropodi condotta dall'entomologo (Trezzani Giuliano) della spedizione coadiuvato, spesso in modo involontario e un po' riluttante, dagli altri membri, i rilievi esterni, indispensabili per posizionare le cavità in una zona dove la cartografia è praticamente inesistente, e, non ultima, una capillare documentazione fotografica.

Parlando di speleologia in zone tropicali è normale pensare a problemi legati al clima, a malattie varie e ad animali più o meno velenosi.

Per fortuna nessuno di questi problemi ci ha toccato durante la permanenza sul tepuy.

Il clima ideale (non troppo caldo di giorno e non troppo freddo di notte), la presenza di acqua in abbondanza e praticamente potabile, il buono stato di salute generale di cui hanno goduto tutti i partecipanti hanno permesso un lavoro continuo e proficuo.

Anche gli animali non hanno dato problemi e, a parte la visita di

qualche timido ed innocuo serpentello (di un meno innocuo crotalo abbiamo trovato per fortuna solo la pelle!) e di qualche bel ragno (migali), l'incontro sicuramente più emozionante avveniva in grotta, dove lungo gli stretti meandri occorreva di frequente cedere il passo a cavallette brune che tra corpo e antenne raggiungevano i 20 cm! L'inconveniente più "spiacevole" del nostro soggiorno sul tepuy si è verificato a causa dell'errore commesso nel valutare la quantità di cibo da portare con noi, e così abbiamo dovuto stringere un po' la cinghia: la cosa per fortuna non ha inciso in modo negativo sul morale della spedizione... anche se qualcuno ha tentato di dare la caccia ai grossi roditori che vedevamo spesso intorno al campo, e con un giorno in più sul tepuy avremmo forse iniziato a pensare seriamente di mettere in pentola qualcuna delle già citate cavallette...

Così, grazie ad una serie di circostanze favorevoli, ma anche grazie all'entusiasmo di tutti i partecipanti, per 12 giorni continuano senza sosta esplorazioni, rilievi e attività varie, ma il tempo a nostra disposizione è sicuramente troppo breve per riuscire a completare la conoscenza speleologica di un'area seppur così ristretta: basti pensare che solo il giorno precedente la partenza vengono esplorati tre interessanti pozzi trovati per caso a meno di 200 m dal campo, e, addirittura, nell'ultima serata una squadra disferà i bagagli già imballati per la partenza per esplorare e topografare un dedalo di meandri nella Sima Aonda Superior 1, scoperti, sempre per un caso fortuito, poche ore prima.

Nel pomeriggio del 26 agosto, come convenuto, l'elicottero atterra sul pianoro del campo: inizia il rientro (e solo allora i due tecnici SAR ci confessano che nei precedenti 3 giorni le radio erano fuori uso e che, quindi, eravamo completamente isolati dal resto del mondo...).

Ritorniamo a casa, come sempre un po' a malincuore, ma soddisfatti del lavoro svolto e felici di aver contribuito, se pur in maniera molto parziale, alla conoscenza di questo ambiente che, sotto la sua superficie, di una strana ed antica bellezza, cela misteri ipogei ancora in attesa di qualcuno che li sveli.

L' AMBIENTE

(Paola Tognini)

L'Auyantepuy è uno dei tepuy più estesi, con una superficie di circa 700 kmq, ed il nostro campo era situato nella parte settentrionale, sulla parete orientale del canyon del Rio Aonda (che attraversa il tepuy in direzione S-N per confluire poi nel Rio Caroni) sullo spigolo di un'alta parete (la Muraglia), 150 m al di sopra del plateau dove si apre la Sima Aonda. (Fig.3-4)

Il paesaggio è di una bellezza singolare e selvaggia: quasi ovunque affiora roccia nuda, coperta da patine algali nerastre e licheni bianchi, e dissezionata da un fitto reticolo di fratture e crepacci di dimensioni talvolta impressionanti (sono lunghi fino a 200-300 m, larghi anche 20-30 m, profondi a volte più di 100 m), la cui densità aumenta avvicinandosi ai bordi delle grandi pareti (a causa di intensi fenomeni di distensione e rilascio tensionale). Questa intensa fratturazione, esasperata dall'erosione e dalla dissoluzione, rende abbastanza problematico muoversi

sulla superficie del tepuy, ma proprio questi "canyon" e fratture ci hanno permesso l'accesso ai sistemi ipogei.

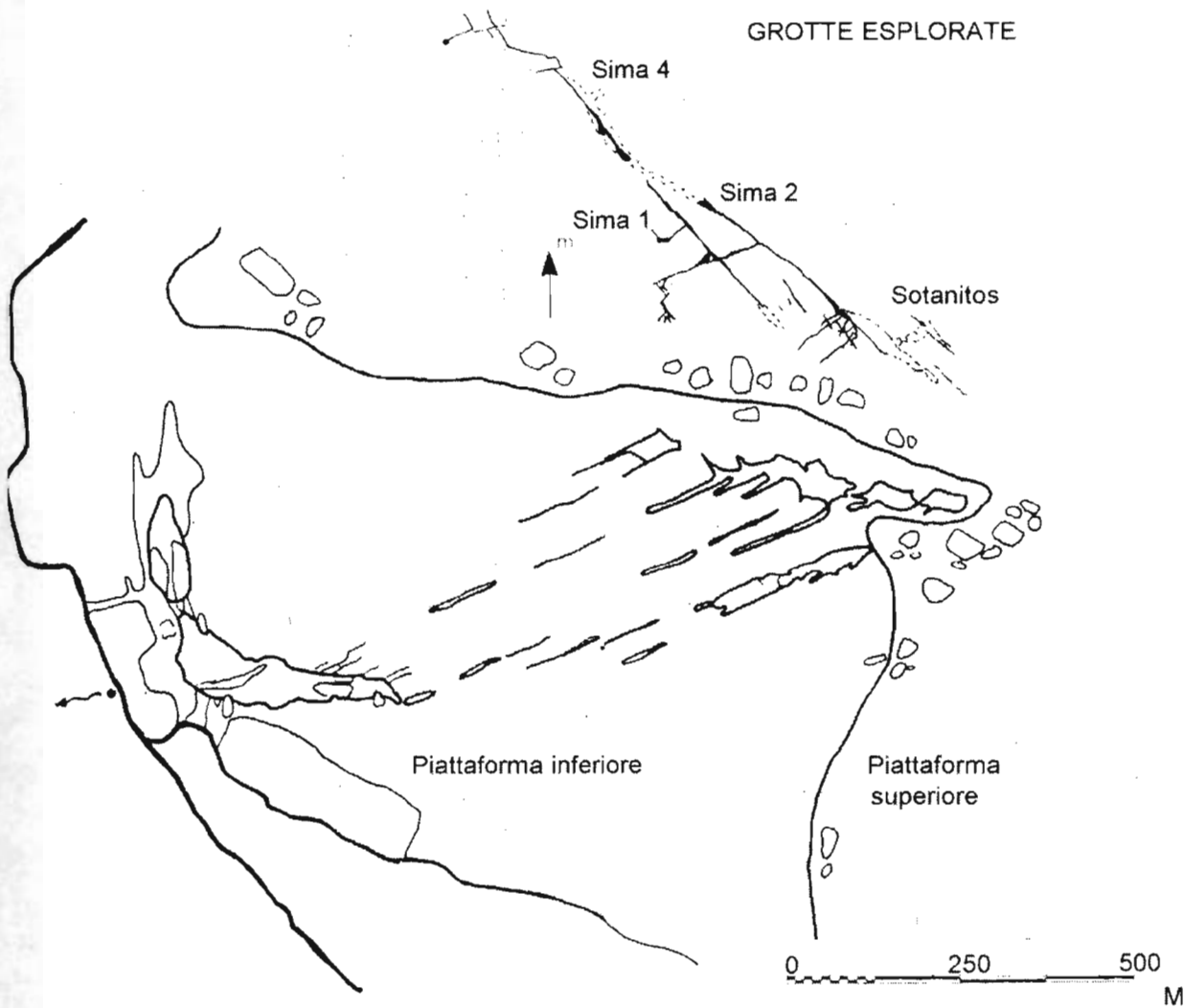
Piccole depressioni sono occupate da bassi acquitrini popolati da colibrì, bromeliacee e strane piante carnivore. Altrove un giungla bassa ma inestricabile cresce sul sottile suolo torboso.

Nei crepacci, al riparo dal sole cocente, cresce una vegetazione fitta ed intricata, con esili palme (alte più di 20 m) che si allungano verso la luce.

Fin dalla mattina si alza una nebbiolina tenue, e piccoli corsi d'acqua temporanei, dalle acque color del the (per la presenza di acidi umici e tannini) si gettano nelle fratture per poi ricomparire più in basso con salti e cascate.

Tutto questo dà al paesaggio un non so che di selvaggio e primitivo, un certo aspetto da "alba del mondo", come se il tempo si fosse fermato in qualche passata era geologica: dopo tutto, non è questo il "mondo perduto" di Conan Doyle?

Fig.5
Schizzo schematico della zona del campo sul quale sono state riportate le principali cavità esplorate dalla spedizione



LE GROTTI

(Paola Tognini)

Le cavità esplorate si presentano come lunghe fratture, allargate dalla dissoluzione e modellate dall'erosione e da crolli, lunghe fino a 300-400 m, larghe da pochi metri a qualche decina, con pareti verticali e strapiombanti che permettono discese mozzafiato sul fondo. (Fig.5)

Le forme di superficie sono impropriamente chiamate "canyon", ma in realtà sono più simili ad enormi doline di dissoluzione, o, meglio ancora, a giganteschi "kluftkarren", allungati secondo la fratturazione prevalente. Scendendo lungo le pareti dei "canyon", la roccia perde la patina nera che caratterizza la superficie e riacquista il suo originale colore biancorosato. Talvolta le pareti assumono una colorazione rosso cupo dove ruscella l'acqua, e durante le piogge pomeridiane cascate alte fino a 100 m si gettano dalla sommità nebulizzandosi sul fondo in un denso aerosol iridescente.

Le dimensioni ciclopiche dei massi accatastati sul fondo e l'inusuale vegetazione che li ricopre falsano curiosamente la valutazione delle distanze: quello che scendendo sembrava un praticello erboso a 30 m di profondità si rivela un bosco di palme 120 m più in basso!

Sul fondo, nell'umida penombra, tra enormi massi coperti di muschio, cresce una vegetazione intricata e selvaggia di piante di sottobosco dalle grandi foglie, da cui si staccano esili tronchi di palme che si protendono verso la luce per decine di metri.

Guardandosi intorno mentre ci si stacca dalla corda sembra di essere improvvisamente atterrati su un altro mondo, così diverso dall'assoluto paesaggio pietroso dell'esterno.

Qui sul fondo, largo solo qualche metro e poco illuminato, abbiamo la prima grande sorpresa: le grotte non sono costituite solo dai grossi "canyon", ma questi sono collegati tra loro da complessi reticoli di gallerie ipogee, un dedalo di forre alte e strette, a sviluppo prevalentemente orizzontale, che si tagliano e si intersecano seguendo i due principali sistemi di fratture.

La progressione, qui, non presenta particolari difficoltà, a parte il potenziale pericolo costituito, in caso di piena, dai numerosi tratti allagati e semi-sifonanti, e dall'impressione suscitata dal dover entrare fino alle ascelle (e, a volte, oltre) in pozze d'acqua nerastra o rosso cupo, in cui nuotano gigantesche cavallette (più di 20 cm di lunghezza, tra corpo e antenne).

La roccia è trasformata dalla dissoluzione chimica in una sabbia poco cementata, facilmente asportabile dalle acque correnti, ed infatti sono frequenti depositi di sabbia rosata. Questo ha posto qualche problema per gli armi nei tratti ipogei (fortunatamente non molto numerosi), con difficoltà a piantare spit e armi naturali che si disgregano sotto la corda. Concrezioni coralloidi di opale (la forma idrata e amorfa del biossido di silicio, lo stesso che compone il quarzo) testimoniano l'effettiva mobilitazione della silice, e offrono riparo ai piccoli abitanti di queste gallerie, disturbati dalla nostra presenza: piccole migali brune, miriapodi dalle lunghissime zampe, ambliipigi e minuscoli coleotteri ipogei (di cui, tra l'altro, è stato rinvenuto un nuovo genere).

Sulle pareti, livelli modellati in fantastiche colonne (morfologia particolare,

tipica di queste grotte) suggeriscono, molto probabilmente, un'origine in zona satura dei condotti, e una grande importanza delle differenze litologiche e delle strutture sedimentarie nel guidare le morfologie.

La formazione di queste cavità sembra essere da ricondurre alla dissoluzione (per cause e meccanismi ancora poco chiari) del cemento intergranulare, che trasforma la roccia in sabbia, che viene poi allontanata dalle acque correnti.

La possibilità di dissoluzione profonda nella roccia è legata alla presenza di fratture, la cui carsificabilità sembra a sua volta essere condizionata da fenomeni distensivi (rilasci tensionali) in corrispondenza delle grandi pareti.

Lo sviluppo di tutte le gallerie, così come dei "canyon", è quindi fortemente condizionato dalla tettonica, con meandri (in realtà, pseudo meandri, secondo la definizione di Renault) che si intersecano e si tagliano reciprocamente con bruschi angoli, formando un dedalo di condotti che ha messo a dura prova l'abilità dei rilevatori!

Sono stati individuati quattro livelli di scorrimento idrico orizzontale, a -5, - 20, - 50, - 130 m, impostati su orizzonti più compatti e meno permeabili, che costituiscono, o hanno costituito in passato, livelli di base temporanei e locali: non sembra quindi necessario invocare un'evoluzione "a livelli successivi", legata all'evoluzione della valle sottostante, ma i diversi livelli potrebbero anche essersi formati "contemporaneamente". La successiva formazione dei canyon potrebbe poi averli tagliati e connessi anche dal punto di vista idrogeologico, ma questa è, per ora, una delle numerose ipotesi che stiamo cercando di vagliare.

Il reticolo carsico sembra essere del tipo "reseau perché" (sospeso), con scorrimento rapido delle acque per l'assenza di una zona satura vera e propria. Le acque sono drenate verso il plateau inferiore, dove si trovano alcune delle più profonde grotte in quarzite del Venezuela (e del mondo), tra cui la famosa Sima Aonda e la sua risorgenza (anch'essa sospesa in parete).

L'evoluzione e l'arretramento delle grandi pareti intersecano a volte alcuni sistemi (es: Sima 4, dove da un camino entra la luce del sole, o una galleria di Sima 1, dove la luce dell'esterno è visibile da una strettoia impraticabile), e sono visibili le varie fasi di formazione dei canyon, che si propagano, con l'evolversi delle pareti della valle di Aonda, dalle zone più prossime ai bordi, dove si trovano canyon molto larghi e interessati da imponenti fenomeni di collasso gravitativo, fino a canyon sempre più stretti, spostandosi verso l'interno del tepuy, per arrivare a pozzi ellittici, talvolta anastomosati, e fratture beanti nelle zone più lontane.

In totale sono state esplorate e topografate 5 cavità principali e 4 minori (Fig.5), di cui 6 costituiscono il Sistema Aonda Superior (da noi scherzosamente chiamato... "Baraonda"), che con i suoi 135 m di profondità e 2128 m di sviluppo rientra fra le più lunghe grotte in quarzite e costituisce, a nostro avviso, un buon risultato. Purtroppo i pochi giorni a disposizione ci hanno permesso di avere solo una conoscenza molto parziale dell'area e dei suoi fenomeni carsici, che, più che rari ed eccezionali, sembrano essere soltanto poco conosciuti.

VENEZUELA, IL DESERTO PRECAMBRIANO

Daniela Cavalli

Ho avuto la certezza di essere nel "luogo inesplorato" solo quando l'elicottero mi ha depresso sul tepuy. Quella serie di tavolati di rocce nere, circondati da arbusti sconosciuti, le forme insolite delle montagne intorno... Nulla di quanto avevo letto sulle foreste pluviali mi aveva preparato a quell'insolito paesaggio.

Mi sembrava, in un primo momento, di essere stata portata in un parcheggio di un paesino di montagna: una spianata rivestita alla bell'e meglio di asfalto, con i cespugli che cominciano a ricrescere ai bordi; un parcheggio vuoto, pronto per il mercato settimanale, ma, subito dopo, mi sono resa conto di essere finalmente in un'altra parte del mondo. Quello che avevo visto prima, Caracas, Ciudad Bolívar, Canaima, il fiume Churun, era già stato visto in documentari, libri, fotografie, pessimi film. Neanche il serpente verde arboricolo visto a Canaima mi aveva scosso più di tanto. Son quasi certa che non fosse un mamba ma quello innocuo che gli assomiglia.

A Canaima non mi sembrava di essere fuori dalla civiltà: le macchinette mangia carte di credito sono arrivate anche lì e gli indigeni Pemones vestono alla moda, hanno case e chiesa in muratura, parlano due o tre lingue, sono aggiornati in tempo reale sul cambio bolívar-dollaro e sanno fare i conti a mente a velocità notevolissima. Rene', la nostra "guida indigena" dell'andata era sì un indio, ma parlava un ottimo italiano.

Su sull'Ayuantepuy tutto questo non c'era: sembrava di essere al terzo giorno della creazione quando Dio aveva già creato le piante ma non gli animali.

Le piante stesse avevano un aspetto insolito: mancava l'erba, la tenera erbetta dei nostri prati e sotto le piante di medio fusto non c'era terriccio ma solo un feltro di radici, neanche tanto spesso, che era soffice e alto alla mattina dopo le piogge notturne, sottile e secco alla sera, prima delle piogge.

Non c'era il fango scivoloso visto in tanti documentari sulle foreste pluviali di bassa quota: lì sul tepuy non ha il tempo materiale di fermarsi. Non c'era neanche la fitta ombra; le piante devono adattarsi a passare dal diluvio notturno alla secchezza e all'eccessiva luminosità e insolazione diurna; sembrava di essere nella macchia mediterranea piuttosto che nella foresta pluviale equatoriale. Arbusti e piante dal tronco nodoso e contorto, elianfore

(piante carnivore simili alle canne palustri) che crescono su un sottilissimo strato di sabbia rosa, altri arbusti che crescono direttamente sui tavolati neri, senza che vi sia vegetazione intermedia tra le rocce e i cespugli.

Non ho visto niente che potesse assomigliare a muschio ma la patina nera che riveste le spianate rocciose è composta da microscopiche alghe e batteri e in lontananza vedevo alberi di alto fusto: la successione vegetale c'è.

A vista, sono riuscita a identificare ben poche piante. Dopo aver riconosciuto tutte le piante carnivore, le bromeliacee e, forse, qualche

ericacea, non ne sapevo altro; non sapevo quali piante fossero velenose, quali allergeniche e quali utili. Queste ultime potevano servirmi per insaporire il penitenziale cibo che, per errori vari ci toccava mangiare. Un'altra certezza svanita: non potevo più come nei nostri boschi, utilizzare erbe spontanee per insaporire i cibi o per farne gradevoli tisane per migliorare il sapore dell'acqua acidissima (pH 3,5-4,2) e rossa per tannini e acidi umici.

Anche i fiori davano un senso da "primo mattino del mondo": le orchidee, che mi aspettavo lussureggianti, enormi, erano piccole, con lo stelo esile, rade come molto radi erano tutti gli altri fiori. Non so se i fiori erano pochi perché possono fiorire tutto l'anno o perché eravamo all'inizio della stagione della fioritura. Entrambe le ipotesi sono valide. Non ci son stati, o almeno non ne sono a conoscenza, studi a lungo termine sull'ecosistema dell'Ayuantepuy. Nessuna spedizione si è fermata più di quindici giorni e nessuna ha monitorato l'ambiente in modo da avere dati continui per almeno un anno.

Durante il nostro soggiorno sul tepuy non abbiamo visto alcun mammifero oltre a noi, neanche un microscopico roditore. Ci avevano promesso la visione di qualche ocelot, ma, se c'era, ci ha evitato accuratamente. L'impressione è che ci fossero pochi animali, sia di numero che di specie, nonostante l'abbondanza di acqua e di vegetazione. Abbiamo visto artropodi (insetti e ragni), rettili, anfibi e qualche uccellino.

L'abbondanza di acqua e la

carenza di animali, particolarmente i mammiferi, dava ancora di più la certezza di essere alle origini del mondo; tra di noi cominciava a circolare la definizione, azzeccatissima, di "deserto precambriano".

Gli stessi colori, pochi, contribuivano alla certezza del deserto precambriano:

su tutto dominava il nero della patina che rivestiva i tavolati rocciosi, il verde era scuro o glauco; le macchie di colore, a parte i pochi fiori,

erano i nostri vestiti e le nostre tende. Il bianco-rosa delle quarziti si vedeva o nei luoghi di intensa ruscellazione o nei canyon e solo le pareti si vedevano rosso scure.

Gli stessi animali erano ben mimetizzati, lontani dallo stereotipo degli animali tropicali, quali farfalle e uccelli variopinti. Ricordo le piccole ranocchiette brunastre, lunghe al massimo un centimetro e mezzo, invisibili sul tavolato nero fino a quando non saltellavano; ricordo il serpentello grigio nerastro che pascolava nella nostra immondizia e, per contrasto, ricordo un uccellino azzurro che si è fatto vedere solo da me.

Il rosso delle acque non era intenso come 1000 metri sotto nel rio Churune non contribuiva, perciò, alla varietà cromatica del paesaggio verde-nero che ci circondava e che sotto molti aspetti ricordava una torbiera. Una torbiera non è mai molto colorata. Nonostante tutto mi è rimasto un rimpianto per quel paesaggio primordiale, e per quell'ecosistema estremamente acidofilo.

Mi piacerebbe ritornare per conoscerlo meglio.



Eliafore
(foto D: Cavalli)



La Montagna dell'Inferno



Giuliano Trezzi

L'attesa è finita, il rombo inconfondibile dell'elicottero ci fa accorrere tutti sul piccolo punto di atterraggio in riva al fiume. Avevamo concordato tra noi l'ordine secondo il quale saremmo dovuti salire sull'altopiano, ma l'arrivo del nostro coordinatore, Roberto Bellomo stravolge tutto. In accordo col pilota, egli decide che il primo a partire sia io perché peso poco. Dovrò partire solo portando con me più attrezzatura possibile, compatibilmente con le capacità di trasporto del velivolo. Mi spiegano anche che, se dovesse scoppiare un temporale, i voli dell'elicottero cesserebbero e io rimarrei sulla cima da solo; in tal caso il cibo e l'attrezzatura caricati mi permetterebbero innanzitutto di sopravvivere. L'incarico a me affidato era quello di individuare Sima Aonda che costituisce con i suoi -362 m la più profonda voragine del Venezuela e cercare di localizzare un punto vicino ad essa per piazzare l'accampamento. Il compito a primo acchito mi parve azzardato e gravoso, anche perché non avevo la minima idea di che cosa mi aspettasse una volta atterrato sul Tepuy. Il volo da un punto di vista panoramico è stato una meraviglia: la foresta sotto di me diventava via via più piccola, con il fiume Churum che serpeggiava nel mezzo col suo colore rosso tè, mentre le pareti della montagna si facevano sempre più vicine e il Santo Angel si mostrava in tutta la sua grandezza e meraviglia. Dopo aver costeggiato per circa un quarto d'ora le ripidissime pareti del Tepuy, finalmente superiamo il bordo.

Lo spettacolo cambia, sotto di me si scorgono enormi fratture nella roccia, fiumiciattoli e cascatelle; sul ciglio, bassa vegetazione anche se abbastanza uniforme. Insieme con il pilota cerco di capire dove si trovi Sima Aonda che, a giudicare dalla mappa assai imprecisa che teneva in mano, sembrava essere vicina al bordo dell'altopiano, ma la complessità del terreno impediva di individuarla. Ho pensato allora di atterrare in prossimità di una fenditura, nell'unico posto dove vi era assenza di vegetazione, ma che purtroppo si è rivelato lontano dall'obiettivo.

Una volta sceso e scaricato il materiale, l'elicottero è subito ripartito per il secondo viaggio. Mi sono trovato veramente solo in un posto dove nessuno mai aveva messo piede. La sensazione che provavo era forte; era come essere sulla Luna, o meglio su un nuovo pianeta ed io ero lo strano essere che cercava di entrare in contatto con un mondo tutto nuovo. Invece di cercare, come avrei dovuto, un posto adatto per piazzare l'accampamento, ho cominciato a guardarmi intorno. La roccia era bruno rossiccia e abbastanza levigata; su di essa si notavano piccole chiazze bianche fragili, costituite da licheni che crescevano direttamente sulla roccia: qua e là, qualche zolla di terra dove spuntavano foglie gialle a forma tubo. Più avanti, dove la roccia finiva, iniziava un acquitrino in cui cresceva una ricca varietà di piante. Un fiume rosso scuro scorreva verso una cascata e più in basso ne formava un'altra, più ripida, che scrosciava in una pozza trasparente per poi di nuovo tornare ad essere fiume.

Tra me e me ho pensato che posto migliore di questo non avrei potuto scegliere.

Fortunatamente il tempo ha permesso a tutti e quindici gli altri componenti della spedizione di atterrare in ben sette viaggi. Piantato l'accampamento, però, sono iniziate le disavventure. A qualcuno è venuto in mente di cucire una specie di telone sostenuto da paletti di fibra di vetro, fissato con delle corde al terreno, perché fungesse da ambiente comune e ci siamo quindi apprestati a preparare la prima cena sul Tepuy. Un disastro: all'improvviso si abbatte su di noi un forte temporale con raffiche di vento che comincia a far percolare acqua dalle cuciture ed a strappare il telone; i paletti dovevano essere sostenuti con le mani, mentre l'improvvisata cuoca tentava di fare una minestra di riso. Ben presto, data la forza delle intemperie, abbiamo desistito. Gli affamati, me compreso, hanno mangiato il riso quasi crudo, poi, vista la malparata, tutti a letto. La pioggia e il vento erano talmente forti che ho dormito, e non sono stato il solo, tutto intriso d'acqua, e per far sì che la tenda non si abbattesse su di me, ho messo di traverso, al suo interno, l'asta del retino da farfalle. Dopo una notte passata in "ammollo", la mattina è stata dedicata ad asciugare gli indumenti e a spostare la tenda in un posto apparentemente migliore. Anche la seconda notte però, sempre a causa del

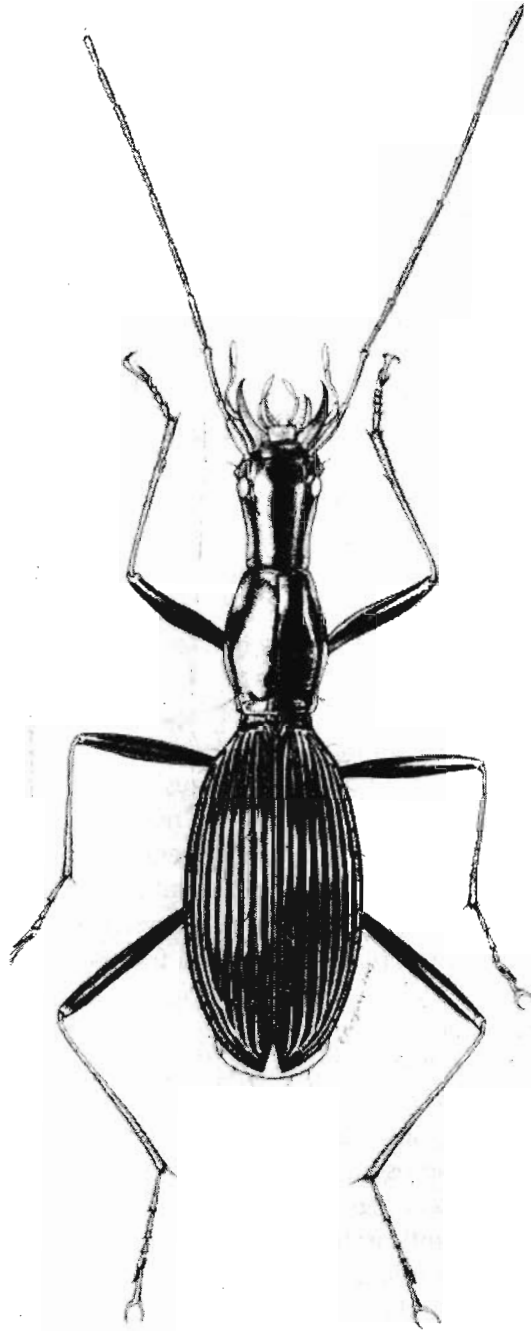


Fig.1T

Tepuydites (nov.gen.) *auyanensis* n.sp.. Holotypus fem., habitus (Lunghezza mm 8.8)

maltempo, le cose non sono andate meglio. Il giorno successivo, armati di pazienza ci siamo dati da fare e, dopo aver vagato un po', abbiamo finalmente trovato rifugio in una grotta situata in un canyon che ha accolto undici di noi, mentre gli

altri, avendo una tenda più resistente e meglio posizionata, sono rimasti dov'erano. L'aver trovato questo rifugio naturale è stata la nostra fortuna, altrimenti non avremmo saputo come cavarcela.



La vita sul Tepuy

La prima cosa che ho fatto di fronte ad un ambiente sconosciuto, è stata quella di cercare sassi per vedere se sotto vi fossero insetti - metodo classico di ricerca per chi, come me, si occupa della Famiglia dei *Carabidi*-, ma di sassi non ce n'erano. Sono riuscito a togliere solo qualche crosta di roccia bagnata da un velo d'acqua e qui ho visto i primi Coleotteri che ho subito ritenuto appartenere alla Famiglia degli *Idrofili*, tipici insetti acquatici dalla forma idrodinamica e dalle zampe trasformate in veri e propri remi atti al nuoto. Poi, nonostante le ricerche, non sono riuscito a trovare più nulla.

Ho vagato qua e là in mezzo ad acquitrini dove crescevano, facendosi concorrenza, un'infinità di piante dal fusto basso. Erano predominanti strane foglie tubuliformi di colore giallo, all'interno delle quali era depositata acqua piovana, che ho scoperto poi essere *Heliamphora tatei*. Aperte alla base con un coltello, presentavano dei residui di insetti: è evidente che ricavano in qualche modo sostanze nutritive dalla loro degradazione. Altra pianta carnivora assai diffuse erano le *Drosera*, piccole e rossicce che con i loro peli vischiosi catturano moscerini per nutrirsi; frammiste ad esse numerose *Bromeliacee* simili ad ananas conficcati al suolo. Ancora piante grasse con frasche appuntite dal cui interno partiva un fusticino alto anche più di un metro con alla sommità una specie di fiore a palla con più punte, che al momento appariva secco; piante con foglie pelose somiglianti a enormi salvia, e ancora strane felci con fronde segmentate a partire dalla nervatura centrale e di colore giallo nella parte inferiore. Le piante arbustive sembravano essere rappresentate, almeno in quella zona, da poche specie (*Ericacee*, *Melastomacee*, *Rutacee*). Da rilevare, invece, numerose epifite tra cui sgargianti orchidee di vario colore. Sulla roccia nuda, infine, alghe, muschi e licheni.

Le mie ricerche entomologiche parevano dare scarsi risultati, quando mi sono imbattuto in una zona di rocciosa dove era posto un grosso termitaio di circa 70 cm di diametro e alto almeno un metro. Ho violato un po' la vita privata di questi simpatici animaletti -appartenenti all'Ordine degli *Isotteri* e alla Famiglia dei *Termitidi*:- tamburellando un poco con un dito sul bordo del termitaio, ho provocato la fuoriuscita di decine di piccole termiti bianche della casta dei soldati, tutte con il capo a forma di ampolla, che correvano qua e là a vedere cosa stava succedendo. Spesso si scorgevano saltare delle piccolissime rane di color rossiccio screziato, ben mimetizzate con il terreno, mentre di tanto in tanto qualche libellula sfrecciava velocissima davanti a me. Su qualche fiore ho scorto anche delle api intente a suggerire nettare e, all'interno della corolla di alcuni fiori gialli, dei

piccolissimi coleotteri appartenenti alla Famiglia dei *Curculionidi*. Su piante grasse, invece, ho rinvenuto altri *Curculionidi* di grosse dimensioni con il clipeo (parte del capo) molto pronunciato a forma di lungo naso e caratteristici ciuffi di peli bianchi sparsi qua e là sul corpo. Ancora sui fiori altri Coleotteri appartenenti alla Famiglia dei *Crisomelidi* con belle livree metalliche arancio e blu oppure marrone con ghirigori gialli. Questi incontri sono però stati molto sporadici, se non rari. Invece, comuni e fastidiosi per le loro punture erano dei moscerini appartenenti all'Ordine dei *ditteri*.

Questo è tutto ciò che ho visto. Facendo però le debite considerazioni è facile capire perché la fauna di superficie sia relativamente povera. Occorre considerare il fatto che quella da noi esplorata è una zona marginale in prossimità di Sima Aonda e, come tale, ricca di fessurazioni e maggiormente dilavata rispetto, probabilmente, a zone interne che presentavano, viste dall'elicottero, macchie di vera e propria foresta e quindi una maggior possibilità di apporto trofico con la relativa vita animale che ne consegue.

Il Tepuy è spesso spazzato da forti venti e frequenti acquazzoni con precipitazione fino a 4000/5000mm l'anno. Questo continuo dilavamento su una roccia cristallina e la

conseguente erosione delle fessure profonde dove le acque precipitano, hanno fatto sì che l'humus si formi con difficoltà. Infatti il cemento che tiene unito il cristallino viene sciolto e portato a valle, mentre in superficie si accumula una fine sabbia di quarzo e sopra ad essa uno strato di terreno spesso appena qualche centimetro. L'acqua con il suo color bruno rossiccio limita la penetrazione dei raggi solari, impedendo la fotosintesi e la presenza di fitoplancton, anello essenziale della catena alimentare. Inoltre la sua elevata acidità con un pH intorno a 4 condiziona fortemente la presenza di batteri decompositori indispensabili per una buona degradazione delle sostanze organiche, quali foglie, animali morti ecc. Tutto questo naturalmente contribuisce a limitare la fauna entomologica e non soltanto questa.

Per quanto riguarda invece la fauna delle fratture, è risultata relativamente più abbondante, ovviamente per le condizioni più favorevoli che questi canyon presentano. All'interno delle simas vi è un microclima pressoché costante e si è riscontrato, soprattutto nei collettori, presenza di acqua statica che ne permette un maggiore utilizzo da parte degli animali. Anche l'humus qui è più abbondante, perché è protetto dalle intemperie e riesce ad accumularsi negli anfratti. La presenza più notevole da rilevare è quella di grosse cavallette senza ali con delle lunghe zampe che, nonostante presentino una vistosa colorazione e ocelli ben pronunciati, hanno trovato rifugio nei collettori tra le fratture.

La loro adattabilità è tale che hanno acquisito la capacità di nuotare e di muoversi agevolmente sott'acqua.

Nei collettori predominano depositi di sabbia cristallina con zone anche secche, dove grosse ragnatele marciano la presenza di ragni, alcuni dei quali sono stati anche catturati. Abbiamo avvistato millepiedi (*Miriapodi*), delle specie di ragni appiattiti con il primo paio di zampe allungate filiformi trasformate in organi tattili e arti mascellari armati da robuste spine con un uncino terminale mobile (*Amblipigi*), formiche di foglia e dimensioni diverse, porcellini di terra (*Isopodi*) come quelli che troviamo comunemente sotto i sassi e dalla caratteristica capacità di racchiudersi a palla, se disturbati, questi però sono bianchicci e di circa 2 cm di lunghezza. Sono stati inoltre raccolti degli scorpioni che presentano perdita di melanismo e leggere macchie oculari. Dentro una trappola da me opportunamente piazzata, sono stati trovati uno pseudoscorpione -simile ad uno scorpione, ma privo di coda- e un acaro. Nelle pozze d'acqua sul fondo delle fratture, si muovevano enormi larve dalla testa quadrangolare prive di ocelli e con, al loro posto, due grosse macchie oculari, inoltre forti mandibole, pseudozampe e, sotto di esse, branchie filamentose. L'ultimo segmento addominale presentava due paia di uncini che per agganciarsi e non farsi trascinare dalla corrente, ma anche per cambiare direzione o per cacciare. Ne ho trovate di varie dimensioni e la più lunga misurava ben 10 cm. All'inizio ho addirittura pensato si trattasse di qualche cosa di inedito, poi sono riuscito a classificarla nell'Ordine dei *Neurotteri*, Sottordine dei *Megalotteri*, Famiglia dei *Coridalidi*; peccato non esser riuscito a catturare l'individuo adulto. Più volte abbiamo visto svolazzare in fondo alla sima un grosso insetto con grandi ali che si teneva però a debita distanza, molto probabilmente si trattava proprio dell'adulto di queste larve.

In fondo ad un pozzo di 40 metri, sotto una grossa frana in una trappola da me messa e lasciata per 10 giorni, ho trovato due femmine di un coleottero che presentavano dei caratteri morfologici estremamente evoluti. A tutta prima sembravano essere dei *Trechini* ipogei (tribù di cui mi occupo in particolare) e la cosa sarebbe stata a dir poco strepitosa, in quanto non è documentata l'esistenza di questi insetti a sud del Messico. Tornato in Italia ed esaminatone i caratteri con l'amico Riccardo Monguzzi, collaboratore del Museo Civico di Scienze Naturali di Milano, ci siamo accorti appartenere al gruppo dei *Platynini*. Stabilire poi le affinità a livello di genere e' risultata una impresa ardua, considerato lo stato attuale delle nostre conoscenze sulla carabidofauna neotropica, che sono ancora quanto mai lacunose e incomplete. Considerato inoltre che nella regione venezuelana della Gran Sabana, patria del nuovo taxon, non sono stati segnalati altri platynini neppure in superficie, viene allora a mancare ogni eventuale termine di confronto con *Tepuydites*.

Vivendo in un ambiente sotterraneo, questi insetti hanno assunto, per convergenza adattativa, una conformazione slanciata (aphenopsiana), con corpo tendente a divenire filiforme, zampe e antenne particolarmente allungate simili ad alcuni *Trechini* ipogei ultraevoluti. (Fig. 1T) Così abbiamo deciso di chiamarlo *Tepuydites auianensis*. Da *tepui*, che nella lingua degli indios Pemon significa "montagna" e *Ditis*, altro nome latino di Plutone, il dio del regno sotterraneo degli inferi, e *Auyan* che significa inferno. (Bollettino del Museo Regionale di Scienze Naturali di Torino Vol. 11 N. 2 1993)

I collettori che collegano le simas, probabilmente non sono rifugio solo di Artropodi, ma anche di piccoli mammiferi, forse di topi, perché in alcune zone si incontravano mucchi di femori delle grosse cavallette sopra citate, scartati perché poco commestibili, ed è caratteristica dei roditori di portare il cibo in un posto preciso per consumarlo e non mangiarlo sul luogo di cattura. In fondo alle simas sono stati intravisti anche piccoli serpenti che al mio sollevar sassi si sono dati subito alla fuga. In una pozzanghera d'acqua nuotava una piccola "iguana" scura e in un'altra un piccolo caimano nano che pensando di non essere scorto, se ne stava immobile a fissarmi con gli occhi ed il naso a pelo d'acqua, ma appena ha capito che mi stavo avvicinando troppo, con un colpo di coda si è dileguato. Per tornare ai Roditori vi è da rilevare gli avvistamenti fatti da alcuni di noi che, un giorno, andando in esplorazione hanno scorto dei grossi "topi" neri gettarsi letteralmente, alla loro vista, nelle fratture, scomparendo. Altri animali avvistati sono stati: un grosso rapace che spesso svolazzava sulle nostre teste, uno stupendo colibrì dai colori iridescenti che, durante il suo volo velocissimo e a spostamenti rapidi, ci guardava incuriosito come se fossimo dei marziani. Sono stati anche visti degli uccelli neri simili a merli e rane di colore scuro a macchie bianche. In un collettore abbiamo poi trovato una grossa rana grigia lunga almeno 15 cm, con uno strano naso pronunciato, zampe di una impressionantemente lunghezza e con delle larghe ventose. Il suo strano aspetto ha polarizzato la curiosità di tutti gli speleologi che armati di macchina fotografica l'hanno immortalata in ogni posa, per poi lasciata nuovamente saltellare in libertà.



Sistema Aonda sup.1 vista dell'imbocco del p.40 locus typicus di *Tepuydites auyanensis*

Se qualcuno si aspettasse di trovare qui grossi mammiferi come scimmie o giaguari oppure frotte di zanzare, gli uni e le altre tipica presenza della foresta tropicale di tipo amazzonico, come spesso si legge nella letteratura corrente, ebbene rimarrebbe deluso. L'ambiente da noi esplorato è molto solitario e povero di animali grosse dimensioni, probabilmente per le condizioni particolari chimiche, fisiche e climatiche sopra citate. Nel complesso l'ambiente non trasmette un senso di ostilità, ma piuttosto una sensazione piacevole di solitudine e di pace e la pioggia persistente diventa una compagna spesso attesa al punto che, l'unico giorno in cui non ci sono state precipitazioni, ne sentivamo la mancanza. A volte dopo un acquazzone la sera ci regalava dei tramonti indimenticabili con riverberi rossi e se con occhio scrutatore si guardava nel buio dei boschetti si intravedevano lumicini intermittenti dati di miriadi di piccole lucciole che contribuivano a conferire fascino al luogo.

Quando ci eravamo ormai abituati a questo ambiente, è arrivato il momento di tornare, ma troppe cose inesplorate abbiamo lasciato sul Tepuy e già sull'elicottero durante il ritorno, guardando verso il basso boschi e fratture, guglie e fiumi rossi, mi domandavo con nostalgia se mai ci sarei tornato.

Artropodi raccolti nel complesso "Aonda Superior" dal 16 al 27 Agosto 1992 in concomitanza con la specie descritta.

Crustacea: *Isopoda*.

Diplopoda.

Chilopoda

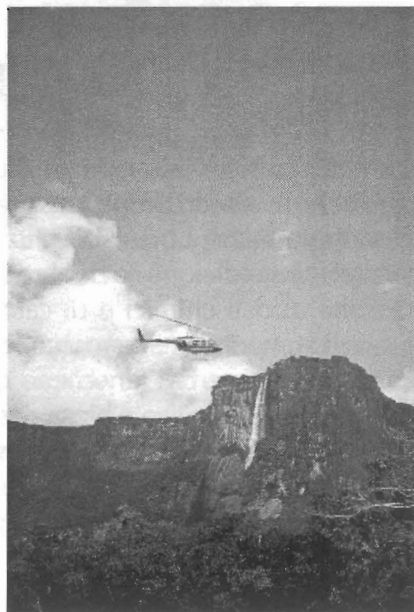
Insecta: *Orthoptera*, *Blattoidea*, *Odonata*, *Isoptera*, *Mantodea*, *Phasmida*, *Neuroptera* (*Corydalidae*), *Lepidoptera*, *Coleoptera* (*Carabidae*, *Harpalinae*, *Cholevidae* gen. *Adelopsis*, *Staphylinidae*, *Scarabaeidae* gen. *Gymnetis*, *Lucanidae*, *Chrysomelidae*), *Lepidoptera*, *Hymenoptera* (*Formicidae* gen. *Pheidole*, *Trachymyrmex*, *Camponotus* sub. *Myrmobrachis*).

Arachnida: *Scorpiones*, *Pseudoscorpiones*, *Opiliones*, *Araneae*, *Acari*, *Amblypygi*.

Photo Page



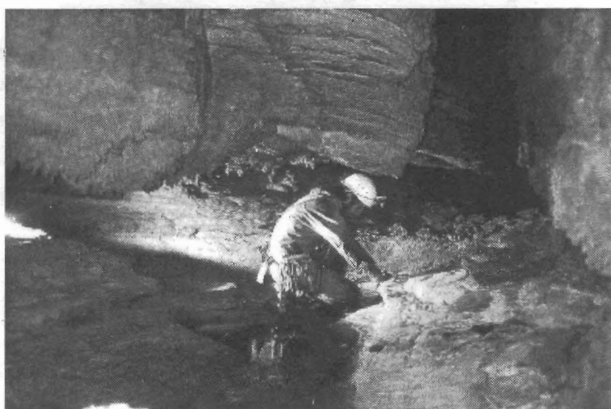
Foresta e Tepuy
(foto di M. Inglese)



Salto Angel
(foto di M. Inglese)



Discesa in sotano
(foto di M. Inglese)



Un interno
(foto di M. Inglese)

ASPETTI BIOLOGICI, GEOLOGICI, GEOMORFOLOGICI E CHIMICI DELLA PIATTAFORMA "AONDA SUPERIOR" E DEI SISTEMI CARSICI ESPORATI

INTRODUZIONE

Il fenomeno carsico nelle quarziti, sebbene sembri compreso nelle sue linee generali, presenta ancora numerosi punti oscuri, in particolare per quanto riguarda l'aspetto strettamente chimico, i meccanismi di innesco e le relazioni con l'evoluzione morfologica ed idrogeologica del mezzo roccioso.

Nel corso della spedizione speleologica "Venezuela ' 92" è stata condotta, accanto alle attività esplorative, una raccolta di dati chimici e di campioni geologici, la cui integrazione con osservazioni di terreno ha permesso di aumentare le conoscenze sull'ambiente fisico dei tepuy e di puntualizzare alcune ipotesi sulla genesi ed evoluzione del fenomeno carsico in rocce quarzitiche.

Dal punto di vista biologico e biospeleologico, accanto alla raccolta di numerose specie di Artropodi tuttora in corso di identificazione, spicca invece la scoperta di un nuovo genere di insetto ipogeo.

ABSTRACT

Although quite well understood in its general pattern, the development of karst features in quartzitic rocks still shows several unsolved questions, particularly as for the chemical point of view, the mechanisms of its early genesis and its relationships with the morphological and hydrogeological evolution in the rock mass.

During the speleological expedition "Venezuela ' 92", together with explorations, it has been made a collection of chemical data and geological samples, whose integration with field observations permitted to improve the knowledge on the physical environment of the tepuy and to point out some hypothesis on the genesis and evolution of the karst phenomenon in quartzite rocks.

From a biological and biospeleological point of view, together with the collection of several species of Artropodes, still under study, the most important outcome of the expedition is the discovery of a new genera of cave insect.

2 La superficie dell'Auyantepuy

Riassunto

La spedizione speleologica "Venezuela '92" allo Auyantepuy ha condotto, accanto alle attività esplorative, una raccolta di dati chimici e di campioni geologici, la cui integrazione con osservazioni di terreno ha permesso di puntualizzare ipotesi sul fenomeno carsico nelle rocce quarzitiche.

Vengono descritti il chimismo, la micromorfologia, le relazioni tessiturali e la mineralogia di campioni di quarzite inalterata, alterata e di intercalazioni pelitiche, analizzate al SEM ed al microscopio da petrografia. Le analisi chimiche evidenziano, in presenza di altri elementi, un eccesso stechiometrico di Al e Si che si ritiene legato alla presenza diffusa di pirofillite nelle quarziti. La micromorfologia mostra una sistematica decementazione e la presenza di figure di corrosione, indice di attacco chimico alla roccia, nelle quarziti alterate. L'osservazione in sezione sottile ha permesso di determinare il tipo di cemento delle quarziti (cemento sintassiale), indistinguibile per proprietà ottiche e fisiche dai granuli di quarzo. L'identificazione, attraverso analisi diffrattometriche, di pirofillite in intercalazioni pelitiche ha evidenziato, anche in quest'area, un episodio metamorfico di grado molto basso o basso.

Vengono descritte le principali morfologie superficiali, che comprendono macroforme a scala ettometrica e microforme a scala metrica e centimetrica. Tra le macroforme si ricordano, oltre ai canyon, campi di "grikelands" (carso labirintico), castellated boulders e depressioni carsiche da collasso. Tra le microforme predominano, invece, vaschette di corrosione tipo "Kamenitze", docce e tavole di corrosione, per le quali sembra di fondamentale importanza il ruolo della fase biologica. Per tutte le morfologie osservate è possibile invocare una genesi carsica, legata a processi dissolutivi e guidata nella sua evoluzione dalla distribuzione e dall'andamento della fratturazione.

ABSTRACT

The speleological expedition "Venezuela '92", together with explorations, also made an important collection of chemical data and geological samples, whose integration with field observations permitted to improve the knowledge on the physical environment of the tepuy.

We describe the chemics, the micromorphologies, the textural relationships and mineralogy of samples of weathered and unweathered quartzite and interbedded pelitic levels, studied with SEM and petrography microscope.

The chemical analysis points out a stoichiometric excess of Al and Si which is thought to be related to the diffuse presence of pirophyllite in the quartzitic rock. Micromorphologies at SEM show a systematic decementation and the presence of corrosion features states a chemical attack on the

rock in weathered quartzite.

A thin section observation allowed us to determine the kind of cement of the quartzite (a syntaxial cement), undistinguishable from the quartz grains as for its optical and physical properties.

The identification through diffractometric analysis of pirophyllite in the pelitic levels shows that in this area a low or very low metamorphic event occurred.

We describe the main surface morphologies, both macrostructures at an hectometric scale, and microsculptures at a deci- or centimetric scale.

Among the macromorphologies the most diffuse are canyons, grikelands (labyrinthic karst), castellated boulders and karstic collapse depressions.

Among the micromorphologies, the most abundant are corrosion

shallow depressions (Kamenitze), Rinnenkarren like morphologies and dissolution surfaces in whose genesis a biological phase seems to play a very important role.

For all the observed morphologies, a karstic genesis seems to be very probable, related to dissolution processes and guided in its evolution by the pattern and frequency of jointing.



2.1 La roccia

(Ivo Rigamonti)

2.1.1 Sintesi geologica

L'ambiente geologico del Venezuela meridionale è noto attraverso numerosi lavori a carattere regionale (Blancaux e Pouyllau, 1977; G.C.Ch., 1985; Ghosh, 1985; Martin-Bellizia, 1978; Reid, 1974; Urbani et al., 1977; Yanez, 1977).

Le strutture rocciose, delimitate da spettacolari pareti, che si incontrano inoltrandosi nella regione della Guyana venezuelana rappresentano i relitti erosionali, più o meno continui, di una sequenza di arenarie quarzitiche precambriane, note in letteratura con il nome di "Gruppo Roraima".

Nel Gruppo Roraima, il cui spessore massimo è attualmente superiore ai 2.000 m, sono identificabili tre membri: un membro inferiore di conglomerati basali e arenarie, uno intermedio ad arenarie arcosiche ed uno superiore composto da quarziti fini.

Essi poggiano sul substrato igneo-metamorfico dello Scudo Guyanense, che costituisce il prodotto di almeno due fasi orogeniche. Alla più antica fase riconosciuta (orogenesi "guriiana") è ascrivito il Complesso di Imataca, composto da gneiss, anfiboliti e graniti la cui età viene fatta risalire a circa 3,4 Ga; ad essa succede l'orogenesi transamazzonica (2,2 - 1,8 Ga) con la quale termina la strutturazione del basamento cristallino. Lo scudo diventa quindi un'area di sedimentazione continentale e costiera, con ambienti fluviali, fluvio-deltaici e litoranei, in cui i processi deposizionali si protraggono tra 1,8 e 1,5 Ga, dando origine alle quarziti del "Gruppo Roraima".

L'ultima orogenesi che interessa lo scudo guyanense (1,3 - 1 Ga) genera in queste rocce blandi piegamenti e diffusi sistemi di fratture che guideranno successivamente lo sviluppo delle forme del rilievo e dei fenomeni "carsici".

A livello geomorfologico, è da sottolineare l'esistenza di strutture a gradini, che possono raggiungere estensione regionale, ottenute a volte attraverso elevati gradienti di pendenza, spesso con veri e propri salti in roccia. Questa morfologia a gradinata è il risultato di almeno quattro grandi fasi erosive che, a partire dal Mesozoico, in seguito all'uplift dello scudo guyanense, hanno modellato il territorio (non solo venezuelano: resti di superfici di spianamento possono essere seguiti dalla Guyana francese fino alla Colombia). La superficie erosionale più elevata è definita proprio dall'involuppo delle superfici sommitali dei tepuy (comprese tra 1600 m e 2800 m) ed attribuita al Mesozoico; a livelli topografici progressivamente inferiori sono identificabili altre tre superfici di spianamento la cui genesi viene fatta risalire al Terziario medio, al Terziario Superiore ed al Quaternario (G.C.Ch., 1985).

2.1.2 La geologia dell'area esplorata

La porzione sommitale dell'Auyantepui, meta della spedizione, è attribuibile, dal punto di vista stratigrafico, al membro superiore del Gruppo Roraima (Formazione Mataui, Reid, 1974).

Essa è costituita da una monotona successione di rocce arenaceo-

quarzose fini a cemento siliceo, di colore bianco o rosato, con stratificazione decimetrica incrociata e piano-parallela.

Sono inoltre presenti intercalazioni pelitiche, costituite da sottili livelli plastici di aspetto e consistenza talcosa (composti principalmente da pirofillite) che, sebbene di rara occorrenza, potrebbero rivestire una certa importanza nei meccanismi speleogenetici, determinando l'arresto nella propagazione delle fratture e la creazione di un livello di base locali (vedi Capitolo 4).

Le strutture sedimentarie osservate sembrano indicative di un ambiente di transizione, in cui sicuramente operavano processi deposizionali marini, testimoniati dalla diffusione di ripple d'onda simmetrici a cresta piatta. L'abbondanza di strutture quali stratificazione incrociata a basso e ad alto angolo e stratificazione piano-parallela risulta meno significativa dal punto di vista paleoambientale, per la loro ricorrenza sia in ambito fluviale che deltizio, marino ed eolico. La presenza di deformazioni singenetiche da carico sembrerebbe tuttavia più compatibile con l'attività di sistemi deposizionali fluviali: ciò porterebbe a configurare, per l'area da noi esplorata, un ambiente sedimentario di piana alluvionale distale, a ridosso di aree costiere.

Il tepuy è interessato da un'intensa fratturazione, che diminuisce di densità spostandosi dai bordi verso le aree interne. Nel tratto compreso tra i campi base e la Sima 2 sono state eseguite alcune stazioni di rilevamento statistico della giacitura spaziale dei piani di fratture, per ricavare le principali famiglie di discontinuità. I risultati sono riassunti nella Tab. 1 e nel diagramma a rosa che l'accompagna.

Le direzioni principali risultano NE-SW, ENE-WSW e NW-SE; non sembrano rispondere in modo immediato ai criteri geometrici semplici utilizzati nell'analisi dei sistemi di discontinuità (es. Hancock, 1985). La disposizione delle fratture sembrerebbe invece congruente con la distribuzione dei giunti di Riedel in regime trascorrente destro ed indicherebbe una compressione (sforzo principale maggiore, NW-SE).

I dati sono tuttavia troppo scarsi per ritenere le misure statisticamente significative e manca inoltre ogni evidenza di indicatori cinematici sulla superficie delle discontinuità.

2.1.3 Le analisi

Per tentare di comprendere quali meccanismi possano aver agito nello sviluppo di un carso "quarzitico", con i campioni raccolti si è proceduto ad analisi al microscopio elettronico (SEM: Scanning Electron Microscope) ed al microscopio petrografico (microscopio ottico a luce polarizzata). Si sono selezionati campioni rappresentativi della roccia integra, della roccia alterata e di concrezioni; parte di queste ultime sono state anche inviate al Prof. Forti dell'Università di Bologna, specialista del settore (vedi cap.4).

a) S.E.M.

Lo studio dei campioni al microscopio elettronico, effettuato presso l'Istituto di Geologia dell'Università di Milano, ha permesso sia un'analisi chimica su sezioni lucide, per punti isolati od organizzati in traverse, che l'analisi della micromorfologia di superficie.

a1) Chimica e mineralogia

Le analisi chimiche effettuate mediante SEM (Tab. 2) forniscono

dati puntuali, cioè sul chimismo del singolo granulo, e non dati sulla roccia totale (per la quale si rimanda a Pouylleau e Saurin, 1985, Tab. 3). Per sfruttare al meglio questa caratteristica si sono selezionati "punti analisi" particolari, ad esempio in corrispondenza di ciò che appariva come cemento o di materiali che riempivano gli spazi intergranulari nelle rocce alterate, tralasciando buona parte dei punti che fornivano composizioni pressoché totalmente silicee, rappresentative di granuli di quarzo puro (SiO_2), all'analisi preliminare.

I punti analisi della roccia inalterata così selezionati, mostrano valori elevati di silice, attorno a 80%; solo pochissimi altri elementi (Al, K) raggiungono percentuali significative; dal punto di vista mineralogico potrebbero essere composizioni compatibili* con il K-feldspato (VE25C) o con silicati di calcio (VE26C).

Va sottolineato, comunque, che, per le ragioni esposte poco oltre, i rapporti stechiometrici dei minerali puri non sono mai verificati.

Tra le rocce alterate risulta particolarmente significativo il campione VE23, in cui la silice si mantiene su valori medi del 60% ed in rapporto costante di circa 2 : 1 con Al; sono inoltre sempre presenti metalli alcalini (Na e/o K) in percentuali tra 1% e 3%.

Questa composizione è compatibile con la presenza di pirofillite, fillosilicato con formula $\text{Al}_2[(\text{OH})_2 \text{Si}_4 \text{O}_{10}]$, in cui possono essere presenti quantità minori di Na, K e Ca (Deer et al., 1992), rilevata come componente secondario nelle analisi diffrattometriche delle quarziti alterate (Fig. 8b) ed osservata in sezione sottile.

Nelle arenarie sono inoltre dispersi minerali metallici detritici titaniferi (VE25B), ferrosi (VE26) o di composizione complessa, con lantanidi e fosforo (monazite? VE25A), derivanti probabilmente da rocce intrusive acide del basamento.

I risultati delle analisi hanno anche confermato che le concrezioni (VE18) sono costituite da opale, la cui composizione è dominata dalla silice, che presenta valori superiori al 90%; ad essa però si accompagnano quasi sempre quantità apprezzabili di Al (valore medio 4,9% nella traversa A; 3,5% nella traversa B), mentre altri elementi sono presenti in misura molto ridotta, ($< 0,1\%$).

In generale l'analisi ha evidenziato un eccesso stechiometrico sistematico di Si e Al rispetto a tutti gli altri cationi. Ciò può avere più spiegazioni:

- 1) l'area analizzata dal fascio di elettroni del S.E.M. può essere maggiore delle dimensioni di alcuni minerali accessori microcristallini; per cui, in molti casi, l'analisi fornisce valori in eccesso rispetto alla silice, in quanto sarà comprensiva anche di parte dei granuli di quarzo.
- 2) poichè l'eccesso stechiometrico di Si e Al viene spesso osservato contemporaneamente, si deve ipotizzare la presenza diffusa di minerali microcristallini ricchi in tali elementi; in questo caso potrebbe trattarsi di pirofillite, osservata nelle arenarie e di composizione chimica adeguata.

a2) Micromorfologia

L'osservazione micromorfologica comparata di campioni di arenarie inalterate ed alterate ha permesso di rilevare significative e costanti differenze tra le rocce nei due differenti stati.

La roccia inalterata appare massiccia, senza il minimo interstizio tra

un granulo e l'altro, tanto che essi appaiono spesso indistinguibili (Fig.4). Al contrario, nelle arenarie alterate i granuli appaiono sistematicamente separati l'uno dall'altro da sottili fessure che corrono lungo i bordi (Fig.5); in alcuni casi è anche possibile osservare i vuoti lasciati dai granuli scalzati (Fig.6).

Un carattere ricorrente, ad un maggior dettaglio di osservazione, è rappresentato dalle figure di corrosione (Fig.7 e 8). Si tratta di strie, le cui forme sono in relazione con la classe di simmetria del * cristallo, presenti sulla superficie del granulo e ritenute indicative di un attacco chimico. Esse, in accordo con questa interpretazione, sono presenti esclusivamente nelle rocce alterate e risultano del tutto assenti nelle quarziti massicce, dove invece è possibile osservare, occasionalmente, figure di percussione.

Ciò fornisce un'ulteriore conferma del fatto che l'alterazione chimica possa essere effettivamente alla base dello sviluppo di fenomeni carsici nelle rocce silicee del Gruppo Roraima.

b) Sezioni sottili

b1) Intercalazioni "pelitiche"

Al microscopio ottico i livelli pelitici (Ve20 e Ve 30) appaiono come un aggregato cripto-cristallino, in cui i singoli componenti non sono distinguibili.

Si osserva un alto rilievo ed aspetto brillante senza differenze sostanziali nell'osservazione ad 1N o 2N. In alcuni casi la sezione assume un aspetto "milonitico" (Fig. 7), acquisisce, cioè, una tessitura sottilmente laminata, con clasti allungati o arrotondati immersi in una matrice microcristallina scura e duttile, che mostra evidenti strutture di flusso.

Questa tessitura si genera dove si ha concentrazione degli sforzi di deformazione di taglio (shear stress).

Le analisi diffrattometriche effettuate sul campione Ve20 (Fig. 8a) hanno permesso di stabilire che le "intercalazioni pelitiche" sono costituite quasi totalmente da pirofillite, con quantità accessorie di caolinite orientata e diasporo (AlO(OH)).

b2) Arenarie

Al microscopio ottico le arenarie risultano estremamente omogenee dal punto di vista composizionale: le parti inalterate sono costituite quasi unicamente da quarzo, a cui possono associarsi rarissimi aggregati interstiziali di minerali d'aspetto micaceo, minerali opachi detritici e granuli con accenni di geminazione polisintetica (feldspati?). Nel triangolo composizionale QFR queste rocce sono classificabili come quarzoareniti (quarzo > 95%).

La tessitura non presenta elementi di rilievo: sono assenti "fabrics" particolari, ad eccezione di laminazioni piuttosto grossolane, spesso mal definite, legate a variazioni granulometriche; la selezione, all'interno di ciascun livello, è in genere discreta.

b3) Componenti primari

Il quarzo si presenta in forma monocristallina, con granuli prevalentemente subequidimensionali; un carattere comune a tutte le sezioni non alterate è un forte addensamento ed una compenetrazione tra granuli che origina spesso limiti irregolari; altre volte i limiti assumono un andamento più regolare, fino a formare giunti tripli. I granuli hanno prevalentemente un'estinzione retta; nel caso presentino estinzione ondulata, essa interessa sia il cristallo che il cemento associato.

L'aspetto tipico delle sezioni alterate è legato alla separazione dei granuli di quarzo: tutti i granuli presentano infatti un film di materiale a comportamento isotropo lungo i bordi (Fig.9); in alcuni casi esso è costituito sicuramente da opale, poichè risulta in continuità con concrezioni visibili nella sezione (Fig.10)

In molte sezioni, sia di roccia alterata che inalterata, compaiono come minerali accessori cristalli di mica chiara frequentemente deformata, interpretata come muscovite detritica, sedimentata assieme al quarzo.

b4) Componenti interstiziali

Il cemento è la componente interstiziale della roccia più abbondante, sebbene esso, per le sue caratteristiche, sia raramente visibile. Si tratta infatti di un cemento siliceo autigeno, concresciuto in continuità ottica sul quarzo (cemento sintassiale). E' riconoscibile, talvolta, per la presenza di un velo più scuro di impurità che delinea i contorni del granulo originale (Fig.11).

In quasi tutte le sezioni alterate sono presenti, lungo i bordi dei granuli di quarzo o ai contatti tra più granuli, degli aggregati microcristallini di aspetto fillosilicatico (Fig. 12) che risultano costituiti, come appurato da analisi diffrattometriche (Fig. 8b), da pirofillite e, in quantità accessorie, da diasporo. Mostrano alto rilievo ed alti colori di interferenza sul giallo.

Integrando i dati delle osservazioni compiute, si sottolineano i seguenti punti:

- il cemento si presenta come una fase mineralogica indistinguibile, non solo otticamente ma anche per proprietà fisiche e composizione chimica, dal quarzo e costituisce un punto di debolezza nell'attacco chimico alla roccia solo per motivi microtessiturali.

- la porosità è estremamente ridotta e può essere stimata in 1%-2% del volume totale della roccia, valore che costituisce il limite fisico oltre il quale essa non può scendere. La porosità è concentrata nelle zone di limite intergranulare, dove, per quanto pervasiva possa essere la cementazione, esistono sempre dei meati micrometrici.

Ne consegue che la permeabilità delle quarziti deriva quasi esclusivamente dalla fratturazione, acquisita nella fase orogenica di 1 Ga, e che la ridottissima porosità gioca un ruolo importante solo nella percolazione pervasiva dell'acqua nell'intorno delle fratture, le quali sono in grado di svolgere funzione drenante in presenza di fenomeni distensivi, legati, nel caso dei tepuy, alla tettonica di versante.

- la presenza di pirofillite nelle intercalazioni pelitiche, associata a quantità residuali di caolinite orientata, indica che in quest'area il Gruppo Roraima è stato interessato da un evento metamorfico, come già noto per altre zone (Urbani et al., 1977). Gli orizzonti pelitici, originariamente a composizione caolinitica, sono stati trasformati in pirofillite secondo la reazione $\text{caolinite} + \text{quarzo} = \text{pirofillite} + \text{acqua}$, che avviene durante il metamorfismo di grado molto basso o basso; il limite inferiore di stabilità della pirofillite metamorfica è infatti dato a 325° C ed 1 Kb per $\text{PH}_2\text{O} = \text{PTot}$ (Winkler, 1979).

- pirofillite in aggregati microcristallini è stata rinvenuta nei campioni di arenaria alterata Ve24 e Ve15, mentre risulta, in apparenza, del tutto assente in quelli di roccia inalterata. Questo legame, dato lo scarso numero di campioni preso in esame, potrebbe essere del tutto casuale; sarebbero, tuttavia, opportuni ulteriori approfondimenti su questo aspetto, perchè se tale legame trovasse conferma, porrebbe una serie di implicazioni riguardo alle condizioni chimico-fisiche dei fluidi circolanti (chimismo, temperatura e pressione) durante lo sviluppo dei fenomeni carsici nelle quarziti.

In conclusione si può così ricostruire, in modo estremamente sintetico, l'evoluzione delle quarziti sommitali dell'Auyantepui:

- 1) in un ambiente sedimentario transizionale, dominato da processi deposizionali litoranei e fluviali, si ha la sedimentazione di sabbie quarzose (con quantità accessorie di miche, feldspati, minerali metallici) e di orizzonti caolinitici.

- 2) In fase diagenetica si ha la litificazione del sedimento quarzoso, per accrescimento sintassiale di cemento siliceo. La cementazione riduce a valori minimi la porosità primaria della roccia, mantenuta solo in corrispondenza dei limiti intergranulari.

- 3) Una fase orogenica coinvolge, circa 1 miliardo di anni fa, le quarziti del Gruppo Roraima, creando sistemi di discontinuità e determinando un metamorfismo di grado molto basso, evidenziato dalla trasformazione di caolinite in pirofillite.

- 4) In tempi più recenti (dal Cretacico in avanti), in connessione con il modellamento dei versanti che si evolvono in risposta all'uplift dello scudo guyanense e della sua conseguente incisione, si innescano

fenomeni distensivi che permettono la percolazione delle acque lungo le fratture. La bassa cinetica di reazione della silice cristallina e l'esistenza di meati in grado di diffondere l'acqua in un ridotto intorno delle fratture permettono l'attacco chimico del quarzo a partire dal cemento dei granuli prossimi alle discontinuità, causando la dissoluzione della silice e dei pochi altri elementi presenti nella roccia e determinando la separazione e lo scalzamento dei granuli osservati al microscopio.

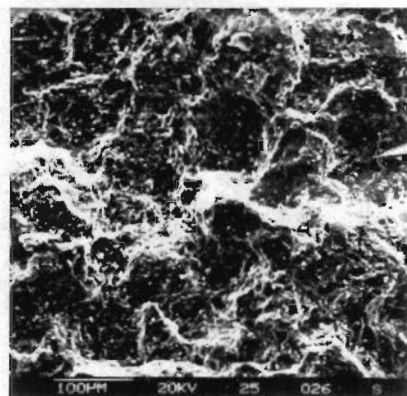
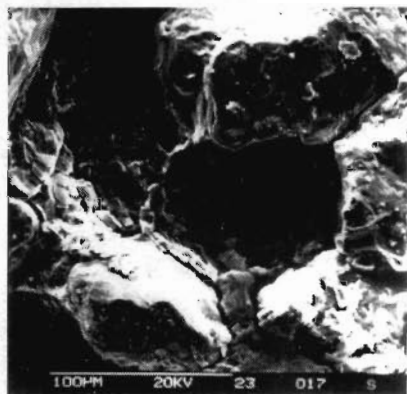


foto.4 Quarzite inalterata



foto 5. Quarzite alterata con dissoluzione intergranulare
foto 6 (sotto) quarz.alterata



Tab. 1 Giaciture delle principali famiglie di fratture

ST 1 presso bordo SSW, a 20 m dalla terminazione del ramo di Sima 1

Direzione	Inclin	Spaziatura	Dimensioni	Superficie
215	90	10-15 cm	3-4 m	planare
240	90	da 1 a 25 cm	2-3 m	planare
235	90	"	2-3 m	planare
300	90	1-2 cm	2-10 cm	ondulata/anastom.
315	90	1-2 cm	2-10 cm	ondulata

ST 2 a metà del ramo di Sima 1, lato NW

215	90	come sopra	come sopra	come sopra
245	90	"	"	"
310	90	"	"	"

ST 3 partenza discesa presso biforcazione del ramo Sima 2

220	90	10-25 cm		
310	90	1-5 cm		irregolare

ST 4 tra ramo Sima 1 e ramo Sima 2

215	90	metriche		planare
310	90	centimetrica	decimetriche	ondulata/planare
265	90		metriche	planare

ST 5 termine SSW ramo Sima 2

240	90	30 cm		planare
230	90	1-3 cm		ondulata/ anastom.
300	90	1,5 m		planare/deb. ond.
335	90	20-50 cm		planare

ST 6 presso attacco ramo Sima 1

310	90	10-20 cm	1 m	planare/deb. ondulato
-----	----	----------	-----	-----------------------

Per 6/7 m fratture (con i caratteri sopra riportati) "en echelon"

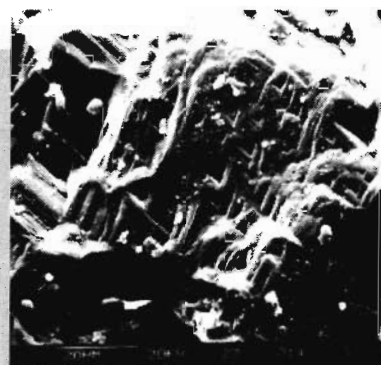


foto 7

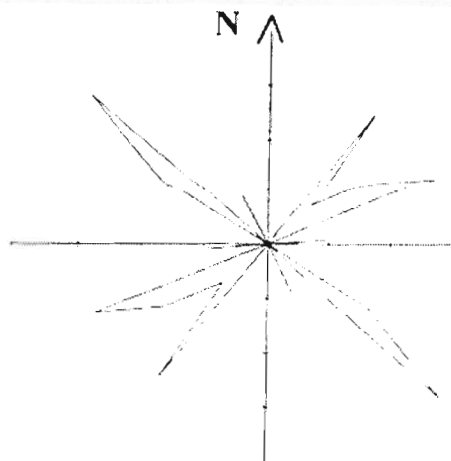


Fig.15 Diagramma a rosa dei sistemi di frattura presso il sistema Aonda Superior

Tab. 2 Analisi chimica puntiforme (S.E.M.) delle quarziti di Roraima

Quarzite inalterata

	Ve25A	Ve25B	Ve25C	Ve26A	Ve26B
SiO ₂	83,10	21,55	78,30	55,10	8,53
Al ₂ O ₃	0,23	0,23	15,52	44,82	1,78
Na ₂ O		0,26	0,82		1,12
MgO		0,26	0,16		0,62
K ₂ O	0,02	0,01	3,59		0,17
CaO	0,41	0,23	0,26	0,77	0,86
TiO ₂		75,88	0,10		1,03
MnO		0,02			0,69
FeO	0,08	0,21	0,73		83,26
ClO	0,05		0,25		0,57
SO ₂	0,25	0,17	0,13		0,21
P ₂ O ₅	6,53	0,29	0,15		1,17
Ce ₂ O ₃	5,15				
Nd ₂ O ₃	1,81				
La ₂ O ₃	2,39				

Quartzite alterata

	Ve5	Ve23A	Ve23B	Ve23D	
SiO ₂	95,06	62,80	58,71	64,01	
Al ₂ O ₃	1,03	34,96	35,54	29,58	
Na ₂ O	0,55	0,31	2,18	1,82	
MgO	0,29			0,19	
K ₂ O		1,12	2,13	3,40	
CaO	2,58	0,12	0,26	0,10	
TiO ₂	0,15	0,20	0,43	0,24	
MnO	0,06	0,00	0,00	0,00	
FeO	0,00	0,48	0,58	0,62	
ClO	0,23		0,19	0,04	

Concrezioni

	18A/1	18A/2	18A/3	18A/4	18A/5
Ve18A					
SiO ₂	92,82	94,36	94,40	93,21	93,82
Al ₂ O ₃	5,05	4,25	4,49	5,76	5,14
Na ₂ O		0,46	0,25	0,07	0,08
MgO	0,07	0,17		0,05	0,24
K ₂ O	0,13	0,12		0,25	0,10
CaO	0,25	0,22	0,05	0,43	0,18
TiO ₂			0,03		
MnO	0,30			0,05	0,07
FeO	0,45	0,12	0,19		0,06
ClO	0,49	0,27	0,14	0,20	
SO ₂	0,43		0,46		0,30
Ve18B					
SiO ₂	94,34	93,42	95,00	98,77	98,30
Al ₂ O ₃	4,05	4,59	3,12	0,70	1,23
Na ₂ O		0,63			0,07
MgO	0,11	0,10		0,07	
K ₂ O	0,10	0,20	0,01	0,10	
CaO	0,51	0,31	0,28	0,06	0,07
TiO ₂		0,06	0,13	0,06	0,13
MnO	0,04		0,37	0,02	0,05
FeO	0,18	0,30		0,19	0,08
ClO	0,62	0,08	0,73		0,04
SO ₂	0,06	0,29	0,36	0,05	0,04
Ve18C					
SiO ₂	99,15	65,53	95,92		
Al ₂ O ₃	0,59	33,92	3,19		
Na ₂ O	0,03				
MgO		0,08			
K ₂ O		0,02	0,08		
CaO	0,13	0,16	0,18		
TiO ₂		0,22	0,10		
MnO	0,07	0,03	0,10		
FeO	0,05	0,05	0,03		
ClO			0,13		
SO ₂			0,14		

Foto 8



Tab. 3
Composizione chimica (roccia totale) delle quarziti del Gruppo Roraima.

Insolubili	0.73%
Silice libera	94.67%
SiO ₂	3.38%
Al ₂ O ₃	0.78%
Fe ₂ O ₃	0.16%
TiO ₂	0.06%
CaO	0.14%
MgO	0.25%
K ₂ O	0.01%

Tratto da Pouyllau M. e Seurin M. (1985)

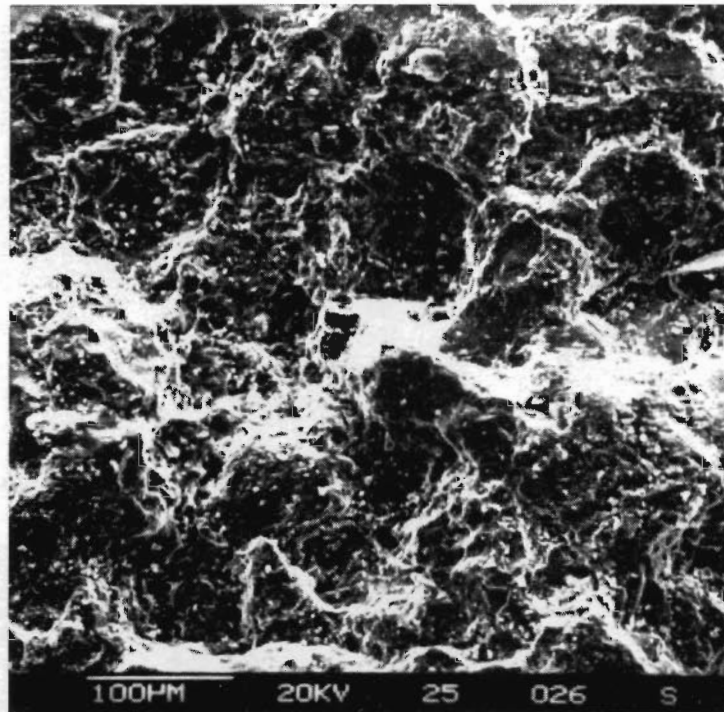


Foto 4 Quarzite Inalterata (foto S.E.M.)

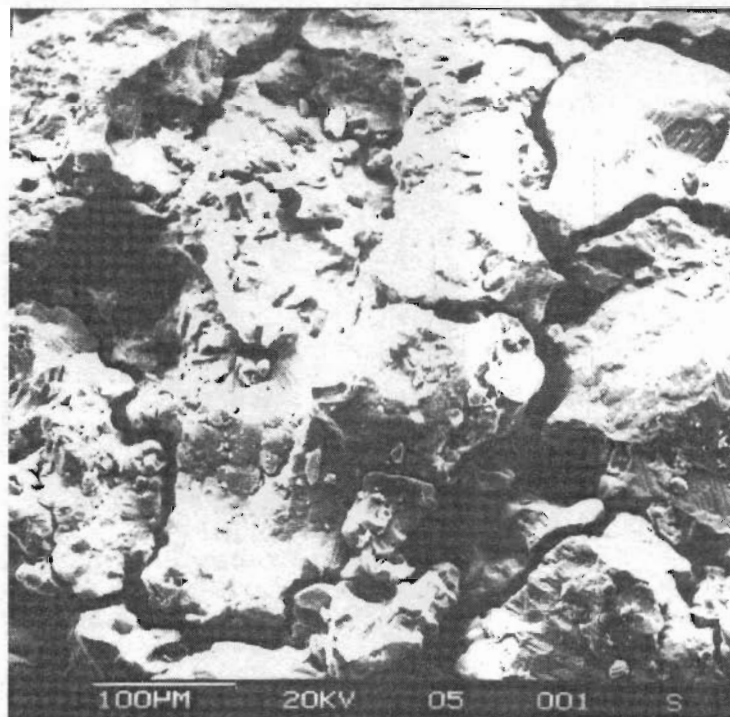


Foto 5 Quarzite alterata con dissoluzione intergranulare: notare sulla destra della fotografia le figure di corrosione

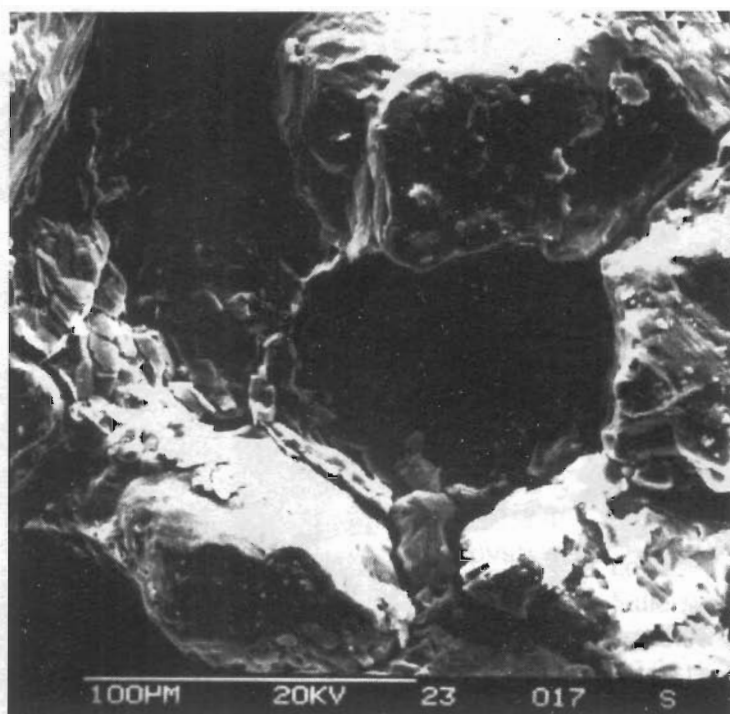


Foto 6 Quarzite alterata: in evidenza i vacui lasciati dai granuli meccanicamente asportati (foto S.E.M.)

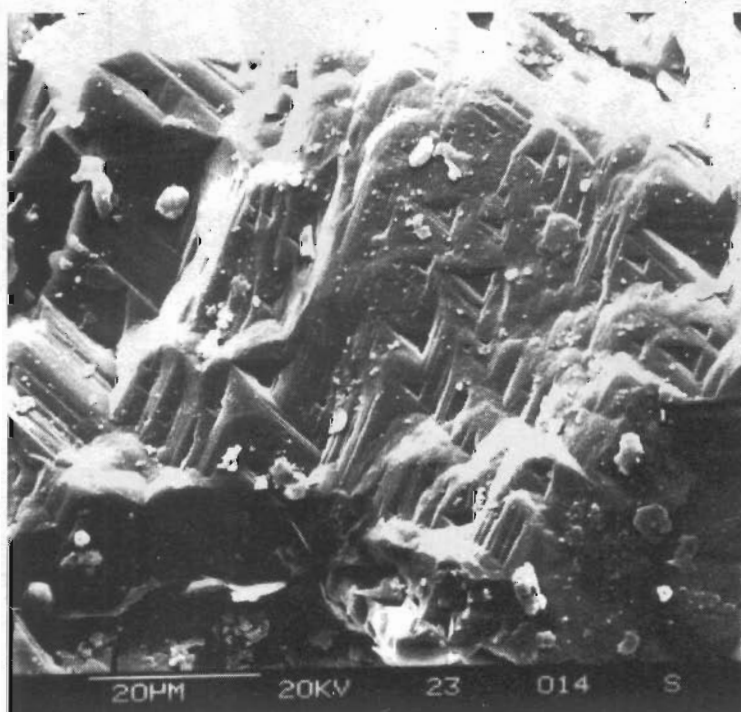


Foto 7 Figure di corrosione (foto S.E.M.)



Foto 8 : Figure di corrosione (foto S.E.M.)

Nota per il lettore:

*Causa motivi tecnici, al momento di andare in stampa,
non sono pervenute tutte le fotografie a cui i testi si riferiscono.
Sono presenti solamente le fotografie n° 4, 5, 6, 7, 8.
Gli autori si scusano dell'equivoco.*

2.2 Morfologie superficiali

(Paola Tognini)

2.2.1 Le macroforme

Comune a tutti i tepuy è l'imponenza dei fenomeni di rilascio dei versanti in corrispondenza delle grandi pareti che li bordano: i margini di gran parte dell'Auyantepuy si presentano solcati da un impressionante reticolo di crepacci e fratture beanti lunghi anche qualche centinaio di metri, che disegnano sulla nuda superficie rocciosa "maglie" più o meno regolari: proprio questi crepacci allargati dalla dissoluzione e dall'erosione permettono l'accesso a sistemi carsici profondi.

La grande importanza dei fenomeni di decompressione dei versanti potrebbe essere accentuata da espansioni laterali dovuti a scivolamenti della più rigida Formazione Matau sui sottostanti litotipi più plastici o, addirittura, da scorrimenti su livelli (anche di esiguo spessore) estremamente plastici intercalati negli orizzonti quarziticci: la cosa sembrerebbe essere avvalorata dall'analisi di tali livelli, di spessore attorno ai 20-30 cm, costituiti da materiale talcoso biancastro, estremamente plastico nelle condizioni di umidità naturali (forse costituito da un fine aggregato di caolinite), che in sezione sottile (vedi capitolo 2.2) presenta chiare strutture di deformazione per taglio.

Che sia avvenuta per espansione laterale o per semplice rilascio tensionale, comunque, l'apertura delle discontinuità presenti permette l'infiltrazione delle acque meteoriche: la corrosione chimica ed il successivo asporto del materiale alterato determinano la formazione, nelle zone più prossime ai bordi, di tipiche morfologie a torrioni e "castellated boulders" (costituenti, tra l'altro, il principale meccanismo di evoluzione dei versanti) dalle forme arrotondate, separati da piccole depressioni a fondo piatto, presumibilmente impostate su livelli meno permeabili, che determinano ristagni e scorrimenti suborizzontali delle acque superficiali.

Tra le macroforme sono da ricordare anche alcune vaste depressioni, di perimetro più o meno quadrangolare, profonde una ventina di metri, costellate da massi e torrioni rocciosi che, come in Sima Sur, presentano ancora relitti di forme carsiche ipogee (brevi tratti di gallerie, lame di roccia, ponti e archi in roccia), cosa che suggerisce una possibile genesi di tali depressioni per collasso di gallerie ipogee superficiali suborizzontali, ancora una volta presumibilmente impostate a tetto di orizzonti a permeabilità ridotta.

2.2.2 Le microforme

Per quanto riguarda, invece, le morfologie a scala minore (vedi Fig. 53 a pag. 40), si osserva che la roccia, che affiora nuda su gran parte dei bordi del tepuy, appare scura, coperta da alghe e licheni, e presenta talvolta fragili e sottili croste di esfoliazione.

Si osservano numerose morfologie "carsiche" di superficie, tutte probabilmente favorite da un'intensa interazione biologica (fitokarst). Nei tratti pianeggianti e/o debolmente depressi si osservano piccole cavità (5-10 cm) emisferiche e vaschette di corrosione (fino a 1 m di diametro) a fondo piatto tipo "Kamenitze", a volte collegate

tra loro da forme tipo "Meanderkarren" dove le superfici sono più inclinate e permettono un ruscellamento centrifugo dell'acqua. Spesso, sul fondo delle vaschette (specie quelle di dimensioni maggiori), sabbia e piccole scaglie di roccia costituiscono i residui dell'alterazione. Dove la pendenza aumenta, come sui bordi di "canõn" e pareti e sui "boulders" più grossi, si formano docce e solchi di corrosione tipo "cannelures".

Sulle superfici più rilevate sono spesso visibili tavole di corrosione e resti di piccole superfici residuali.

Sulle pareti dei "canõn" si ritrovano talora curiose alveolature dovute alla alterazione atmosferica e strettamente guidate dai piani di stratificazione.



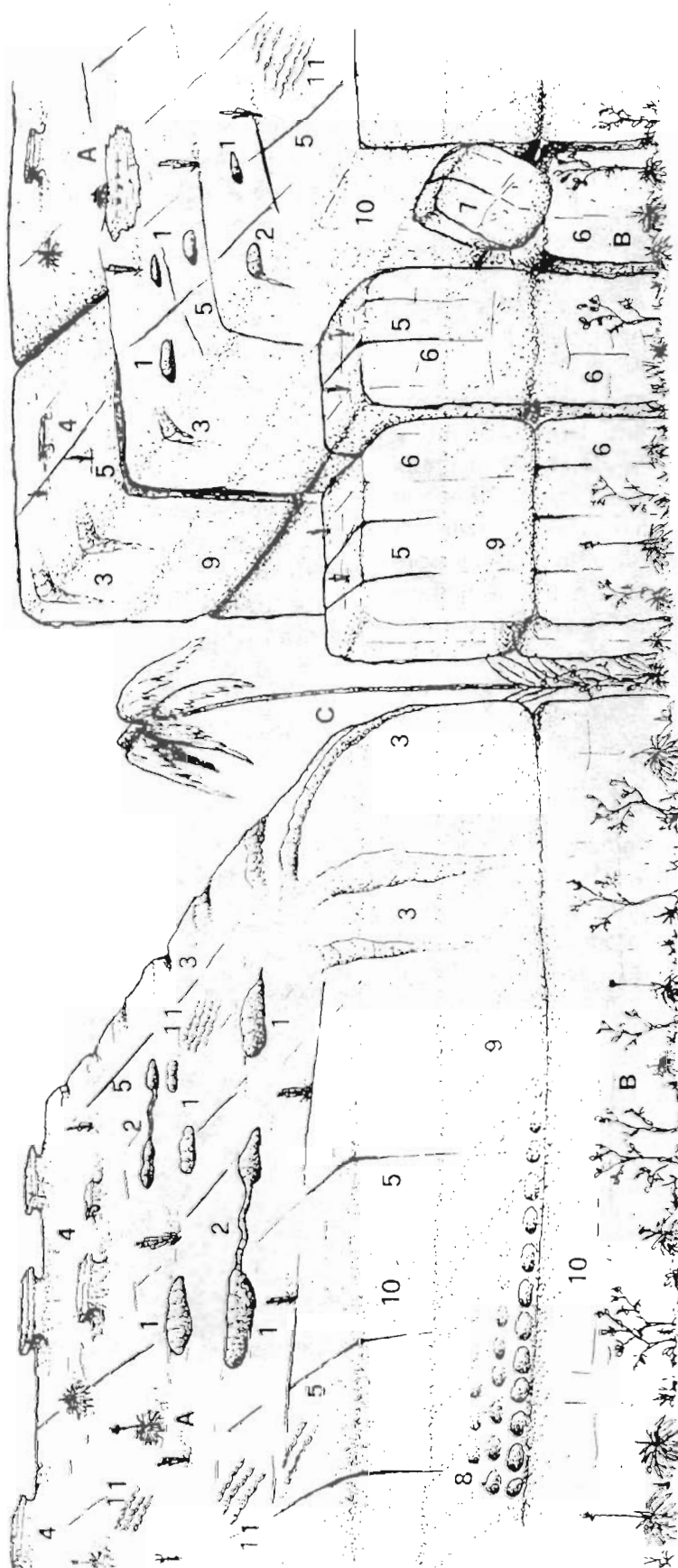


Fig 53. Tavola riassuntiva delle principali caratteristiche geologiche e biologiche di superficie

Fenomeni di alterazione e morfologie superficiali

- 1- Vaschette di corrosione tipo "Kamenitze": tipiche di zone sub-orizzontali o lievemente depresse
- 2- Vaschette di corrosione collegate da forme tipo "Meanderkarren": la pendenza della superficie topografica è tale da consentire il ruscellamento idrico superficiale.
- 3- Docce e scannellature: si formano dove la pendenza aumenta, tipicamente ai bordi di grossi massi e piccole pareti.
- 4- "Tavole di corrosione": si tratta di superfici residuali
- 5- Fratture beanti allargate dalla dissoluzione
- 6- "Castellated boulders", risultanti dalla corrosione lungo fratture sub-verticali e piani di stratificazione orizzontali: ben visibili ai bordi di pareti, vallette ecc.
- 7- Il procedere della corrosione e la vicinanza di pareti e vallette (zone di decompressione) rende i "massi" isolati instabili: questi si muovono, si ribaltano, si appoggiano gli uni agli altri
- 8- Corrosione alveolare: presente solo su pareti verticali esposte agli agenti atmosferici, guidata dalla stratificazione e dalla struttura della roccia.

Caratteristiche litologiche e strutture sedimentarie:

- 9- livelli a stratificazioni incrociate
- 10- licelli di roccia massiccia, a bancatura metrica.
- 11- Ripple mark (strutture a onda)

Principali nicchie ecologiche

- 0- Buona parte della roccia esposta è coperta da una patina algale scura
- A- in zone acquitrinose a suolo torboso: Heliamphora, Bromellaceae, Drosera, Utricularia.
- B- in zone ben drenate di suolo a maggior spessore: zona boscosa: Ericaceae, Rutaceae
- C- Nelle depressioni, nelle sime, nei crepacci: zona di fondo: alghe, felci, papiri e palme

3- IDROGEOLOGIA E CHIMISMO DELLE ACQUE

Riassunto

Si analizzano le caratteristiche del reticolo idrologico superficiale e ipogeo, i loro rapporti reciproci e con la morfologia attuale: anche qui la fratturazione gioca un ruolo determinante, insieme alla presenza di orizzonti "impermeabili", sia per caratteristiche litologiche che reologiche. Viene messo in evidenza il carattere "a livelli sovrapposti" della circolazione idrica ipogea e la sua caratteristica di corso sospeso. Vengono riportati i risultati delle analisi chimiche effettuate durante la spedizione ed in laboratorio, da cui risulta un'acqua molto acida per acidi umici (e non tannini come supposto fino ad ora) e quasi priva di sali minerali.

ABSTRACT

We describe the characteristics of the surface and underground hydrological networks and their relationships with each other and with the present day morphology: also from an hydrological point of view, jointing plays a fundamental role, together with the presence of impervious levels, both for lithological and reological reasons. It is pointed out that the underground water circulation is developed on different levels at different depths, and that the cave systems have a "suspended karst" appearance.

We list the results of the chemical analysis made both during the expedition and in a laboratory, from which it is shown that water is very acid because of humic acids (and not because of tannines, as it was supposed) and almost mineral salts free.

3.1 Idrografia superficiale e scorrimento idrico sotterraneo

(Paola Tognini)

A causa della relativa impermeabilità della roccia al di fuori delle porzioni fratturate e, al contrario, dell'esistenza di aree che presentano numerose discontinuità in grado di interferire con l'idrografia superficiale, il reticolato idrografico superficiale appare piuttosto disordinato, con piccoli corsi d'acqua a carattere (semi) perenne, che subiscono forti e repentini aumenti di portata durante le frequenti piogge, in corrispondenza delle quali si attiva anche un intenso ruscellamento diffuso.

Acque di ruscellamento e corsi d'acqua vengono spesso intercettati e "catturati" da "cañon" e fratture, sul fondo dei quali sono spesso visibili piccoli torrenti ipogei che, con cascate e salti d'acqua, possono recapitare le acque in "cañon" più profondi (bellissimi esempi nei "Sotanitos"), o, al contrario, restituirle all'esterno nelle depressioni più vaste e/o in corrispondenza della parete della "Muraglia"; un

bell'esempio di questo è dato dall'acqua del campo 1, che, dopo essere stata catturata, con una cascata, da un livello di scorrimento sub-orizzontale a pochi metri di profondità (cañon del campo 2), scorre verso la parete della "Muraglia", dove riappare e precipita in basso con un'altra cascata: sul suo percorso ipogeo, numerose "finestre", costituite da piccoli "cañon" e pozzetti ellittici, permettono di raggiungere questo piccolo corso d'acqua sotterraneo.

Le acque superficiali, in ogni caso, non sembrano in equilibrio con la morfologia attuale, nè, in particolare, con il fondovalle sottostante: giunte in prossimità dei bordi, si infiltrano tra i "boulders" e le fratture e si gettano con impressionanti cascate verticali nella giungla sottostante (dando talvolta l'illusione di essere delle risorgenze sospese in parete).

Per quanto riguarda l'idrografia sotterranea, l'infiltrazione verticale lungo le fratture procede in profondità finchè non viene raggiunto un livello, più resistente all'erosione e meno permeabile, che, funzionando da "livello di base" locale, determina la formazione di un orizzonte di scorrimento idrico sub-orizzontale, in genere impostato lungo un piano di strato. Un importante ruolo in questo senso sembra essere rivestito dalle differenze litologiche: possibili livelli costituiti da arenarie originate da sabbie non lavate (e, quindi, contenenti elementi a granulometria più fine), oppure orizzonti con strutture sedimentarie o di carico sinsedimentario e/o diagenetico, o, addirittura, sottili intercalazioni di materiali più fini e plastici (come, per esempio, gli orizzonti a pirofillite)

possono determinare una differente permeabilità: la permeabilità per porosità è sempre molto ridotta, ma la permeabilità secondaria, per fratturazione, è fortemente influenzata dalle caratteristiche reologiche dei diversi orizzonti, che, a loro volta, determinano le caratteristiche e la propagazione delle fratture. Purtroppo, è stato possibile osservare uno di questi ipotetici strati solo in Sima 2, dove si osservano strutture diagenetiche di carico negli strati più vicini al pavimento delle gallerie, mentre gli orizzonti pirofillitici osservati sono di spessore troppo esiguo (pochi cm) per poter dar luogo a morfologie caratteristiche. Comunque, tali livelli di scorrimento orizzontale sembrano condizionare la profondità dei cañon, i quali terminano tutti al tetto di uno di questi, seppure a differenti profondità.

Sono stati osservati almeno 4 livelli di scorrimento orizzontale:

1) -5, -7 m, il più superficiale, a cui sono collegati piccoli pozzetti ellittici:

è rappresentato da interstrati bassi e larghi, apparentemente non influenzati dalla fratturazione, con una grande continuità laterale (tanto che lo stesso interstrato collega tra loro diversi pozzi e pozzetti e gli stessi "cañon" - es. Sotanitos, Sima 3) ed estremamente attivi (scorrimento idrico perenne, in molti casi).

2) -20, -30 m: relativamente "fossile" e poco sviluppato, a cui sono collegati piccoli "cañon" e brevi interstrati. E' percorribile in Sima Sur e sul fondo dei Sotanitos (P.30, P.35), intuibile nella grande depressione a N di Sima 4 e da cengie molto marcate sulle pareti dei cañon.

3) -50 m circa: collegato a "cañon" di grandi dimensioni (Sima 1) e a sistemi ipogei di meandri e gallerie a forra a sviluppo labirintico e andamento orizzontale.

E' percorribile, ed estremamente attivo, nelle due gallerie di Sima 1, dove è visibile sul fondo di piccoli pozzi che si aprono sul pavimento della prima galleria, mentre la seconda galleria presenta un livello di scorrimento vadoso con numerosi tratti semi-allagati. Nel tratto che congiunge Sima 1 con Sima 2, invece, si presenta isolato e completamente fossile.

4) -130, -100 m: anch'esso legato a grandi "cañon" (Sima 2 e 4) e a reticoli ipogei labirintici sub-orizzontali, è estremamente attivo e in numerosi punti si chiude con dei sifoni. Questo livello potrebbe coincidere con la superficie del plateau di Aonda.

La circolazione sotterranea non coincide in generale con quella esterna e sembra non essere caratterizzata dalla tendenza delle acque a incanalarsi in un unico collettore, ma dalla presenza di più o meno piccoli collettori e diversi spartiacque sotterranei, strettamente dipendenti dalle morfologie locali e, in particolare, dalla vicinanza di altri "cañon" e delle pareti della muraglia.

Le gallerie ipogee, infatti, drenano tutte verso la parete più vicina, vale a dire verso S per Sima 1 e 2, verso W per Sima 4: questo potrebbe far pensare che l'evoluzione delle pareti possa talora determinare dei riaggiustamenti dello scorrimento idrico sotterraneo, con "catture" di corsi d'acqua ipogei da parte delle pareti che arretrano, fenomeno tipico in caso di piccole falde sospese.

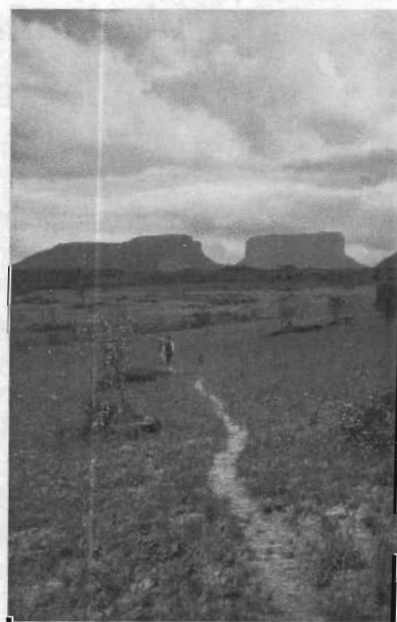
Tutte le acque, comunque, vengono drenate verso il plateau inferiore, quello dove si trovano Sima Aonda e altre profonde cavità: è probabile che qui esista un "collettore" principale che raccoglie sia le acque del plateau inferiore che quelle provenienti dalla "Muraglia", compresa la grande cascata, e le convoglia verso la risorgenza principale del

sistema, la risorgenza di Aonda, appunto: naturalmente, non è da escludere l'esistenza di collettori "minori", sempre impostati sul medesimo strato impermeabile, che drenano le acque verso risorgenze secondarie e/o diffuse in parete.

L'osservazione di una grossa risorgenza sul lato opposto del "cañon" del Rio Aonda (quella di Sima Auyantepui Noroeste, esplorata nel Febbraio 1993 dalla spedizione italo-venezuelana Tepuy '93), apparentemente alla stessa quota della risorgenza Aonda, fa pensare all'esistenza di un "livello di base" di importanza maggiore, al di sotto del quale non è più possibile l'approfondimento delle cavità: tale livello sarebbe determinato dalla presenza di un "orizzonte impermeabile" particolarmente spesso e continuo, o da un vero e proprio cambio di litologia.

Il reticolo carsico risulterebbe, perciò, del tipo "reseau perché" (sospeso), a scorrimento idrico veloce per l'assenza di una zona freatica vera e propria.

*Cascate del salto Hacha
con Tepuy sullo sfondo
(foto. A.Buzio)*



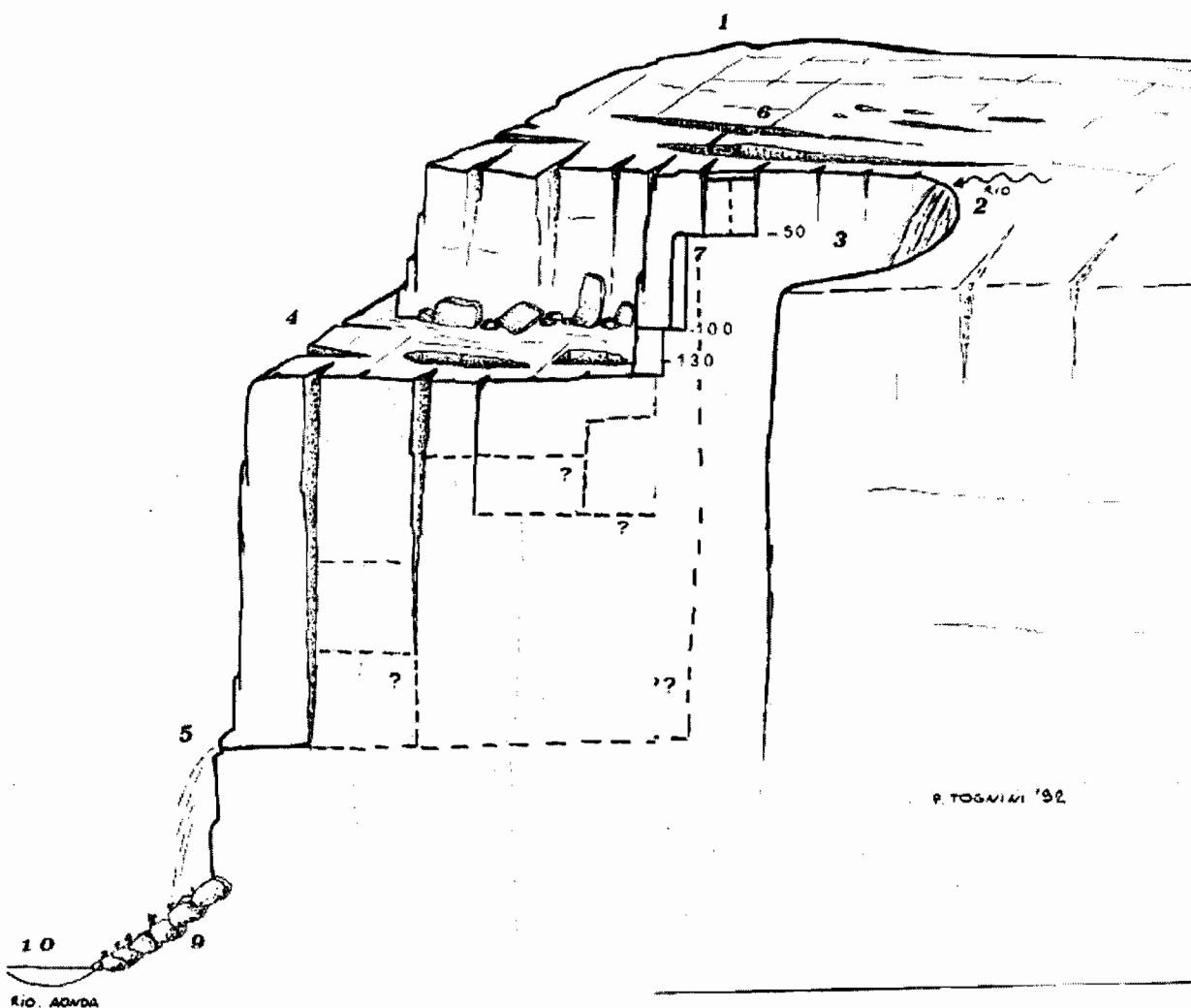


Fig.4
SCHEMA DELLA CIRCOLAZIONE IDRICA SOTTERRANEA NELLA'AREA
ESPLORATA DELL'AUYANTEPUTY

- 1- PLATEAU SUPERIORE
- 2- LA CASCATA
- 3- LA "MURAGLIA"
- 4- PLATEAU INFERIORE
DI SIMA AONDA
- 5- RISORGENZA
DELLA SIMA AONDA
- 6- SISTEMA DI GROTTES
DA NOI ESPLORATO
- 7- CON RELATIVE CONNESSIONI
SOTTERRANEE
- 8- IPOTETICA CONNESSIONE CON I
SISTEMI DEL PLATEAU INFERIORE
- 9- FALDA DETRITICA AL
PIEDE DELLE PARETI
- 10- CANYON AONDA

3.2 Analisi chimiche delle acque e atmosfera

(Silvio Gori)

L'acqua delle precipitazioni atmosferiche (abbondanti e violente) presenta un pH=5.60 costante (nell'agosto 92). L'acqua di scorrimento fluviale presenta pH variabili compresi tra 4.6 e 3.2 e salinità pressochè nulla. L'acqua che imbeve il suolo vegetale presenta pH minori di 3. La temperatura dell'acqua è di circa 18°C, quella dell'aria è variata tra 18°C e 26°C di giorno; è scesa, in qualche notte con cielo sereno, fino a temperature valutate circa 5°C. L'acqua ha sapore tannico, a volte sgradevole, proporzionale all'acidità. Il sapore migliora molto dopo l'aggiunta di piccole quantità di NaHCO3 (circa 0.5 g/L) che porta il pH vicino a 7.

L'aria durante il giorno è abbastanza secca, perchè il punto di rugiada è determinato dalle piogge e dalle temperature notturne abbastanza basse. Particolarmente notevole era la visione della colonna di vapore che si alzava in certe mattine da Sima del Este 1 per oltre 100 m, dovuta ad una circolazione d'aria a tubo di vento con gli ingressi bassi di Sima Aonda (la temperatura interna delle grotte è di circa 18°C).

Le analisi effettuate sul campo non sono molte: pH, temperatura e conducibilità dell'acqua, sia piovana che di scorrimento (Tab. 3)

Tab. 3 Misure effettuate sul terreno

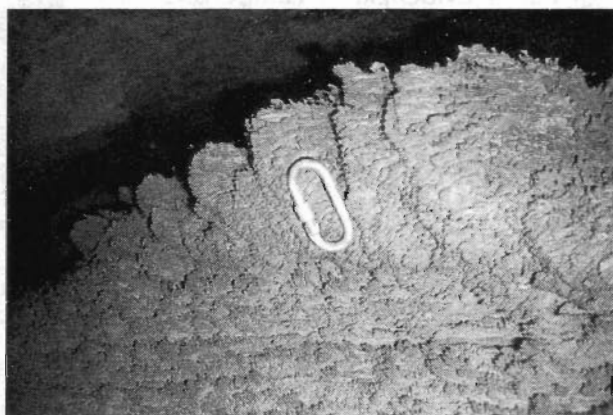
Data	Ora	T	Fiume		Pioggia		Aria	Terreno	Note
			pH	C	pH	C			
15.8	18.30	18.6	3.95	15	5.60	8	19.2		
16.8	15.15	19.8					23.2		fiume in magra
17.8	6.30		4.10	13	5.60	8	19.2		fiume in piena
18.8	7.40	18.4	4.62	13	5.62	8	18.2		fiume in piena
19.8	6.30	18.2	4.10	12	5.60	6	16.0		
20.8	6.25		4.60	13					fiume in piena
21.8	17.30		4.10	14					2.95
22.8	6.40		3.77	16					
23.8	7.10		4.10	15					non è piovuto
	16.40		3.20	16				2.90	non è piovuto
24.8	7.30		3.70	16					
	15.30						26.2		
25.8	7.10	19.2	4.10	15					
26.8	6.40		4.05	14					

temperature sono espresse in °C
Le conduttanze C sono espresse in µS/cm. Questi valori di conduttanza appaiono bassi rispetto a quanto calcolabile dal valore di pH (C=31.4 µS/cm a pH=4.0 a 18°C)
I valori di pH misurati col pHmetro coincidono con quelli ottenuti con cartine indicatrici.
Taratura giornaliera del pHmetro con tamponi standard a pH=4.0 e pH=9.0. __

In laboratorio abbiamo misurato l'alcalinità, molto bassa (<0.3 mmol/L), e determinato la fase organica, che consiste in 65 mg/L di acidi umici bruni (non tannini) pesati dopo precipitazione in ambiente acido ed essiccamento. La misura del COD dà un potere riducente circa triplo (400 mg/L di O2) di quello calcolabile per questi acidi umici (circa 130 mg/L).



Cascate del Salto Hacha e Tepuy sullo sfondo
(foto di A. Buzio)



Concrezioni di opale
(foto M. Inglese)



Un Ingresso
(foto di M. Inglese)

4 L'AMBIENTE IPOGEO

Riassunto

Si presenta una descrizione dettagliata delle cavità esplorate nel corso della spedizione, corredata dei rilievi topo-altimetrici di ciascuna cavità, così come forniti al Catasto Speleologico Venezuelano. Si descrivono le principali morfologie carsiche ipogee, che comprendono i "canones", di cui si evidenzia la caratteristica di grikelands, e la stretta dipendenza della loro evoluzione da fenomeni di rilascio dei versanti, e forme più propriamente ipogee. Queste ultime sono costituite da reticoli tipo "labirinti en treillis", chiaramente originati in zona satura, e fortemente condizionati dalla presenza di sistemi di fratture in distensione e di orizzonti in grado di sostenere piccole falde locali sospese.

ABSTRACT

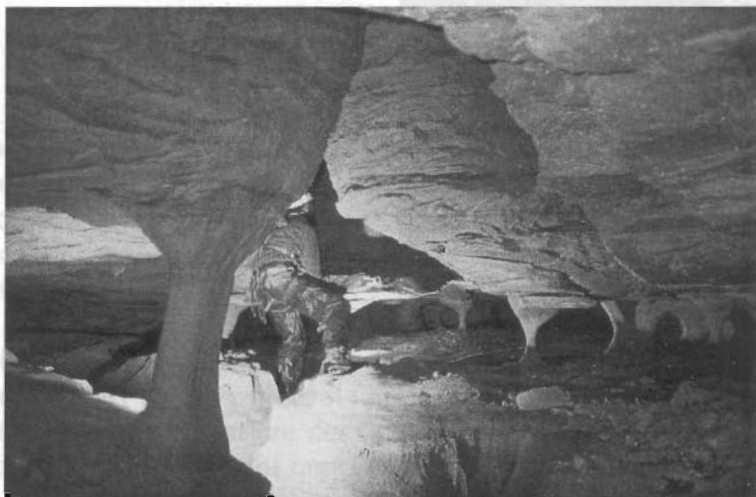
Here is a detailed description of the caves explored during the expedition, together with the survey of each cavity, as they are given to the "Catastro Espeleologico Venezuelano".

We describe the most important underground karstic morphologies, including "canyons" (whose grikelands appearance is pointed out, together with the strict relationship of their evolution from tensional release phenomena on the valley walls) and classical underground features.

The latter are made of "en treillis" type networks, clearly originated in the water-filled zone, and strongly conditioned by the presence of extensional joint systems and by the presence of levels able to create small local suspended water tables.



Allineamento di fori di dissoluzione lungo frattura
(foto M.Inglese)



Colonne di erosione
(foto M.Inglese)

4. 1 Descrizione delle cavita'

(Paola Tognini)

Sistema Aonda Superior

Tale sistema, che ha uno sviluppo totale di 2128 m, deriva dalla realizzazione della giunzione tra Sima 1 e Sima 2, e dalla scoperta di un interstrato corticale (percorribile, a profondità variabile tra -5 e -7 m, in dipendenza dalla topografia esterna), che, fungendo da orizzonte di scorrimento idrico, collega Sima 3 con Sima 1 e, alla medesima profondità, i tre "Sotánitos" con Sima 2, passando per un quarto piccolo "cañon" e tre pozzetti profondi pochi metri.

Sima Aonda Superior 1

altitudine: 1555 m s.l.m.

sviluppo planimetrico: 763 m

profondità: 50 m

topografia: D. Bruno, N. Chiodini, M. Inglese, I. Rigamonti, P. Toffoletti, P. Tognini, G. Zamparo

"Venezuela '92" 19-25-08-1992 BCRA 4 B/C
disegno P. Tognini

E' una sima-cañon lunga 284 m, al cui fondo si ha accesso con una calata da 40 m all'estremità W.

Qui il "cañon" chiude su un pozzetto stretto e ingombro di massi, impraticabile; l'estremità E, invece, termina con un terrazzo roccioso coperto da grossi massi di crollo, superato il quale si ha accesso alla continuazione del "cañon", su cui si innesta una galleria di interstrato, bassa e molto larga, a circa 7 m di profondità, proveniente da Sima 3. Sima 1 presenta due gallerie laterali sulla destra idrografica, cioè sul lato S: la direzione di scorrimento dell'acqua sul fondo del "cañon" va da W a E, mentre nelle due gallerie è verso S, cioè verso il bordo della parete della "Muraglia".

La prima galleria, lunga 82 m, si sviluppa parallelamente alla direzione degli strati (sub-orizzontali), con tipica sezione a losanga, guidata dalla presenza di stratificazioni oblique. E' relativamente fossile ed è possibile raggiungere il livello di scorrimento idrico attivo (impercorribile perchè completamente allagato) tramite due pozzetti di pochi metri. Si presenta molto ben concrezionata, con spessi crostoni, colate e splendide coralloidi di opale in corrispondenza di un restringimento della sezione.

La seconda galleria, lunga 382 m, è un sistema molto complesso di meandri attivi (in realtà, pseudomeandri, secondo la definizione di Renault) il cui sviluppo appare fortemente condizionato dalla tettonica, che determina intersezioni con angolo brusco, uno sviluppo in pianta a "maglie" più o meno regolari e frequenti fenomeni di anastomosi e diversione delle gallerie, che presentano, tipicamente lame rocciose e colonne che separano tratti di gallerie parallele tra loro.

Molto particolare è la presenza, lungo le pareti, di allargamenti della sezione, con livelli lavorati a sottili colonnine di erosione e la sezione

basale spesso a T rovescia.

Le morfologie di queste gallerie a forra, alte e strette, presentano chiari segni di una genesi in regime freatico, con scarsi o nulli ritocchi vadosi. Queste gallerie sono idraulicamente attive e presentano varie diramazioni che terminano su un pozzo-cascata molto stretto e su strettoie (da una di queste si vede la luce esterna: è probabile che dia accesso a uno dei piccoli "cañon" più esterni, o, addirittura, alla parete stessa della "Muraglia"). Il proseguimento naturale della seconda galleria sull'opposta parete del "cañon" collega Sima 1 con Sima 2, a cui abbiamo avuto accesso anche dalle due opposte estremità. Tale tratto di galleria è completamente fossile e risulta "sospeso" sulla parete di Sima 2.

Sima Aonda Superior

altitudine : 1560 m slm

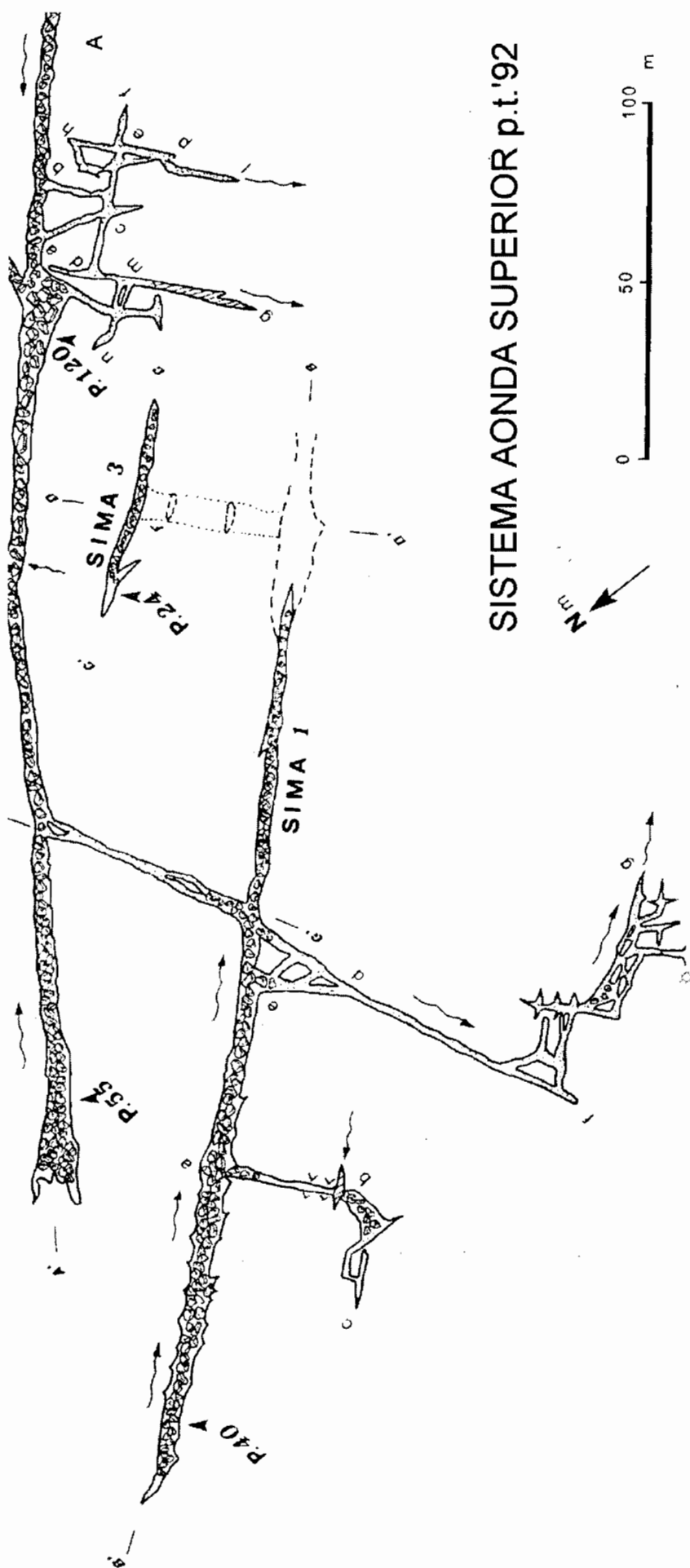
sviluppo planimetrico : 990 m

profondità: 136 m

topografia: M. Inglese, I. Rigamonti, P. Toffoletti, P. Tognini
"Venezuela '92" 20-22-08-1992
BCRA 4 B/C disegno P. Tognini

Questa sima è lunga 377 m (più altri 165 rilevati dall'esterno) e vi si accede, oltre che da Sima 1, anche dall'estremità E, con una calata da 120 m, e dalla estremità W con una discesa di 55 m.

Si presenta molto stretto sul fondo (pochi metri), e questo potrebbe essere giustificato dal fatto che, trovandosi relativamente più distante dalle pareti della "



Muraglia", i fenomeni distensivi sono ancora relativamente poco pronunciati, e, quindi, il "cañon" si troverebbe, per così dire, in una fase " giovanile": l'ipotesi sembra trovare ulteriore conferma nella presenza, più all'interno rispetto alle pareti, dei "sotanitos", pozzi a sezione ellittica o quadrangolare impostati su fratture, che potrebbero rappresentare gli stadi iniziali della formazione dei "cañon".

Sembrerebbe, quindi, di osservare le varie fasi evolutive che si propagano dal bordo della parete (simas- "cañon", talora con imponenti fenomeni di collasso gravitativo), verso l'interno del massiccio (pozzi a sezione ellittica o quadrata e fratture beanti).

Come in Sima 1, lo scorrimento idrico è da W a E sul fondo del "cañon" e verso S nelle gallerie laterali.

Alla base del P.120 è presente un reticolo di meandri (pseudomeandri) lunghi complessivamente 313 m, e terminanti su sifone.

Raggiungono il punto più basso del sistema (-136 m) e sembrano testimoniare la presenza di

un altro livello di scorrimento idrico orizzontale (oltre ai livelli a -5 e -50 m circa).

Anche qui si osservano allargamenti delle sezioni e colonnine erosive, e chiari segni di sviluppo freatico.

L'estremità W del sistema è chiusa da un terrazzo roccioso e da una grande frana sospesa, che giunge fino alla superficie, l'estremità E è collegata, tramite uno scollamento interstrato (percorribile, a - 5 m, che costituisce

un primo livello di scorrimento idrico sotterraneo) con un piccolo "cañon" profondo pochi metri e con i 3 "Sotanitos".

Sima Aonda Superior 3

Altitudine :1560 m slm

sviluppo planimetrico: 134 m

profondità: 48 m

topografia: S.Gori, G. Trezzi 23-08-1992 BCRA 4 B/C

"Venezuela '92" disegno: P. Tognini

E' un "cañon" lungo 134 m e profondo 24. Dà accesso a -7 m ad un tratto, isolato tra due frane, di Sima 1 (lungo 40 m).

Un pozzo interno profondo 24 m permette di raggiungere un livello sottostante (presumibilmente quello delle gallerie di Sima 1), ma gli ambienti diventano rapidamente molto stretti e la progressione impossibile.

Los Sotanitos

Sotanito P.60 : altitudine: 1565 mslm

sviluppo planimetrico : 24 m

profondità : 60 m

topografia: M.Inglese, P.Tognini 25-8-1992 BCRA

4 B/C

Sotanito P.30 : altitudine: 1565 m slm

sviluppo planimetrico: 22 m

profondità :30 m

topografia: D.Bruno, S. Gori 25-08-1992 BCRA 4

B/C

Sotanito P.35 : altitudine: 1564 m slm

sviluppo planimetrico: 33 m

profondità: 35 m

topografia: P.Toffoletti, G.Zamparo 25-08-1992 BCRA 4B/C

Sono tre pozzi a sezione ellittica situati all'estremità E del sistema Aonda Superior.

Il più profondo (P.55, profondità 60 m) è collegato tramite il solito interstrato corticale con un piccolo "cañon" e con Sima 2. Gli altri due, profondi 35 m, sono collegati tra loro da una galleria attiva a -30 m, e con Sima 2 dall'interstrato a - 4 m, a sua volta connesso con l'esterno da 3 piccoli pozzetti ellittici profondi pochi metri. La circolazione idrica è alimentata da acque incanalate provenienti da N dal solito interstrato a -5 m. a sua volta alimentato dalla cattura delle acque di scorrimento superficiali, che si gettano nei "Sotanitos" formando cascate.

Sima Aonda Superior 4

altitudine: 1550 m slm

sviluppo planimetrico: 636 m

profondità : 105 m

topografia: M.Balutto, D.Bruno,

M.Inglese, P.Tognini, G.Zamparo

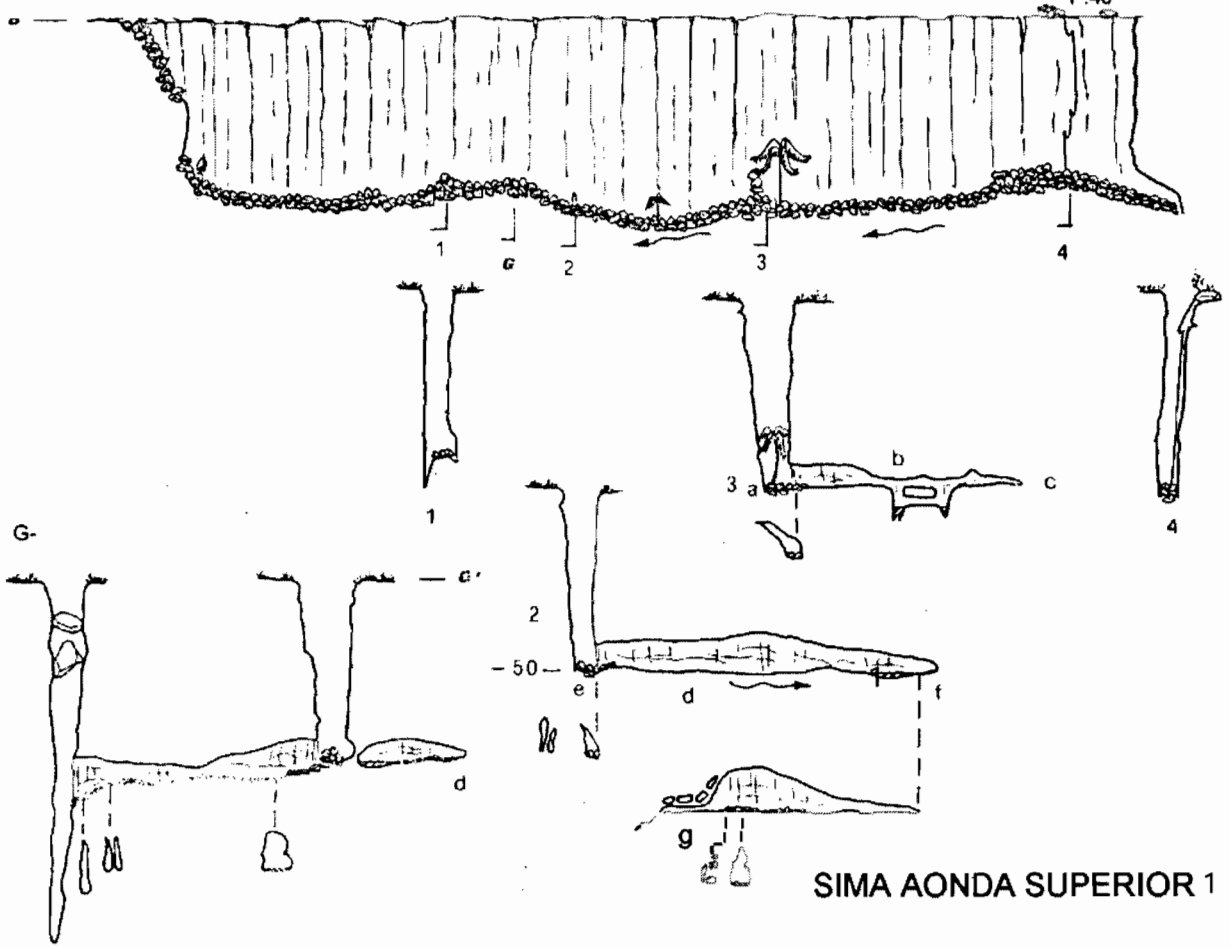
"Venezuela '92" 23-08-1992

BCRA 4B/C

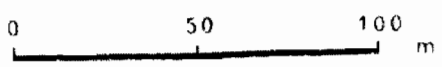
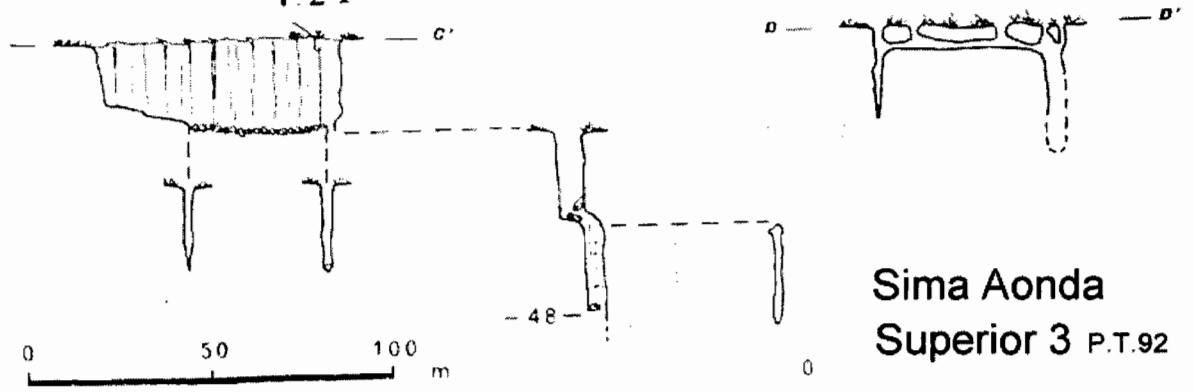
disegno: P.Tognini

E' un "cañon" lungo 324 m , di cui 194 effettivamente percorsi sul fondo e 130 ostruiti da una frana che si innalza fino a pochi metri dalla superficie: il "cañon" è così perfettamente percorribile a piedi, procedendo su questa frana sospesa, verso E, fino ad incontrare l'estremità W di Sima 2: i due sistemi, quindi, sembrerebbero costituire un unico net-work (ma il percorso sotterraneo, sotto e dentro la frana

P.40

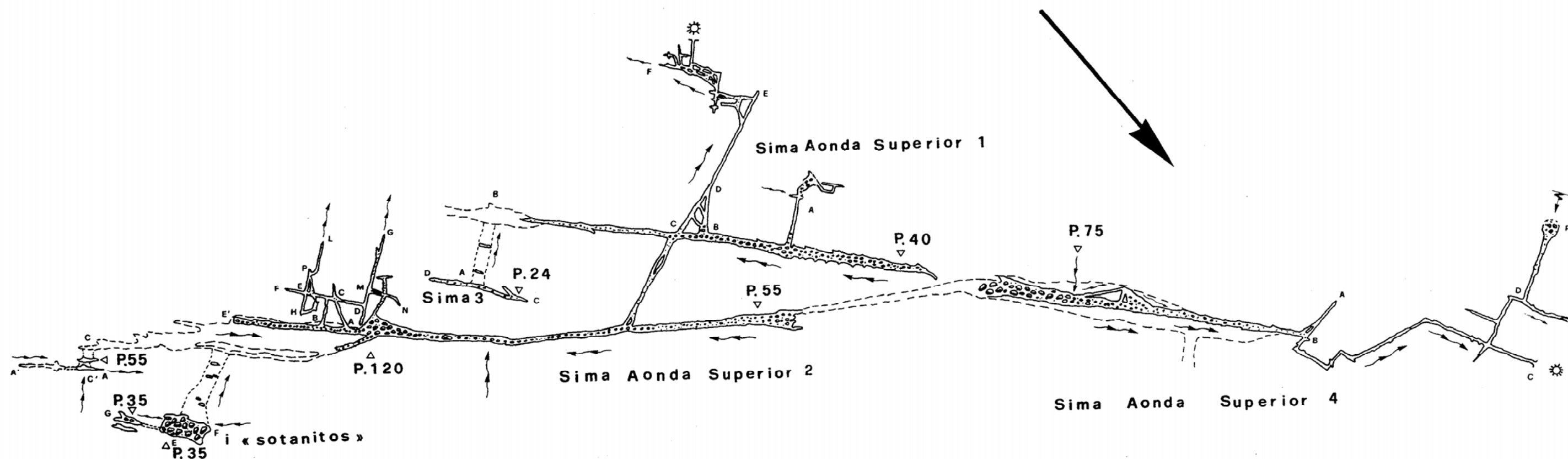
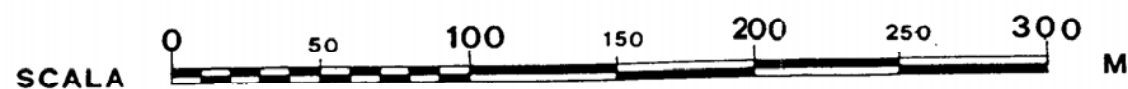


P.24



Sistema "Aonda Superior" o «Baraonda»

PIANTA



RILIEVO: Agosto 1992

disegno: P. Tognini

BY : "SPEDIZIONE VENEZUELA '92"

GRUPPO GROTTES MILANO CAI-SEM

M. Cavalli - N. Chiodini - S. Gori - M. Inglese -

P. Tognini - G. Trezzi -

FORUM JULII SPELEO CAI CIVIDALE DEL FRIULI

M. Balutto - P. Toffoletti - G. Zamparo -

GRUPPO GROTTES CAI CASTELLANZA

R. Bellomo - M. Bettini - D. Bruno - A. Dalla Tezza -

GRUPPO GROTTES CAI LAVENO

I. Rigamonti

sospesa, è a nostro avviso troppo problematico e un po' pericoloso, date le dimensioni e la scivolosità dei massi); la circolazione dell'acqua è però più complessa del previsto, dato che in Sima 2 lo scorrimento è verso E e in Sima 4 verso W, e, quindi, al di sotto della frana di collegamento sembrerebbe essere situato uno spartiacque sotterraneo.

Al fondo del "cañon" si accede con una discesa di 75 m ed una serie di salti su massi di crollo fino a quota -90 m.

L'estremità W si chiude bruscamente su una parete rocciosa, e continua, sotto di questa, con una serie (360 m) di meandri attivi semiallagati che terminano, da una parte con un camino da cui arriva la luce dall'esterno (siamo presumibilmente alla base della parete W della "Muraglia"), su un altro ramo con un sifone e su un altro ancora con una grossa frana con forte corrente d'aria (presumibilmente alla base della parete S della "Muraglia"): l'acqua delle gallerie scorre in direzione W come quella del "cañon".

Anche qui è visibile la solita morfologia a colonne su più livelli.

A differenza di tutte le altre gallerie osservate (orizzontali), qui si osservano alcuni piccoli salti, come se la fase vadosa attuale fosse in fase di scavo attivo.

Alla base del punto di discesa è presente una piccola galleria (82 m), a sezione quadrata, terminante su sifone, sospesa una decina di m al di sopra del fondo del "cañon", che alimenta, con una piccola cascata, buona parte dello scorrimento idrico sul fondo del "cañon". In uno scollamento di strato in questa galleria sono stati rinvenuti cristalli di gesso.

Sima Aonda superior Sur

altitudine: 1600 m slm

sviluppo planimetrico :146 m

profondità: 25 m

topografia: M.Inglese, I. Rigamonti, P. Tognini

"Venezuela '92" 18-08-1992 BCRA 4B/C

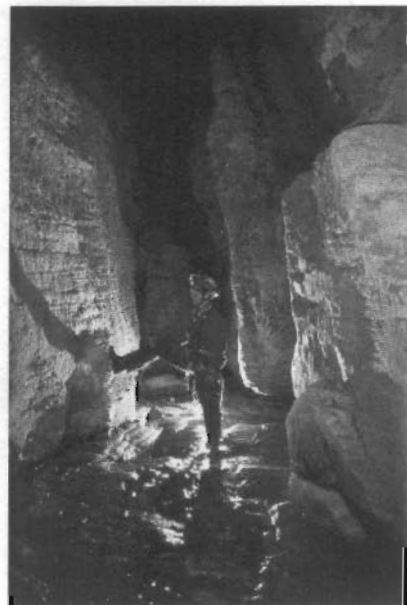
disegno P. Tognini

E' un piccolo sistema, attualmente in stato di avanzato smantellamento, situato sulla sinistra idrografica della grande cascata.

L'esplorazione e il rilievo sono stati solo parziali a causa delle difficoltà di avanzamento nella vegetazione del fondo. E' lunga 145 m e profonda 25.

Si presenta come una serie di depressioni allungate secondo la fratturazione prevalente, separate da ponti in roccia e brevi gallerie, che testimoniano come la morfologia attuale sia determinata dal collasso del tetto di gallerie molto superficiali.

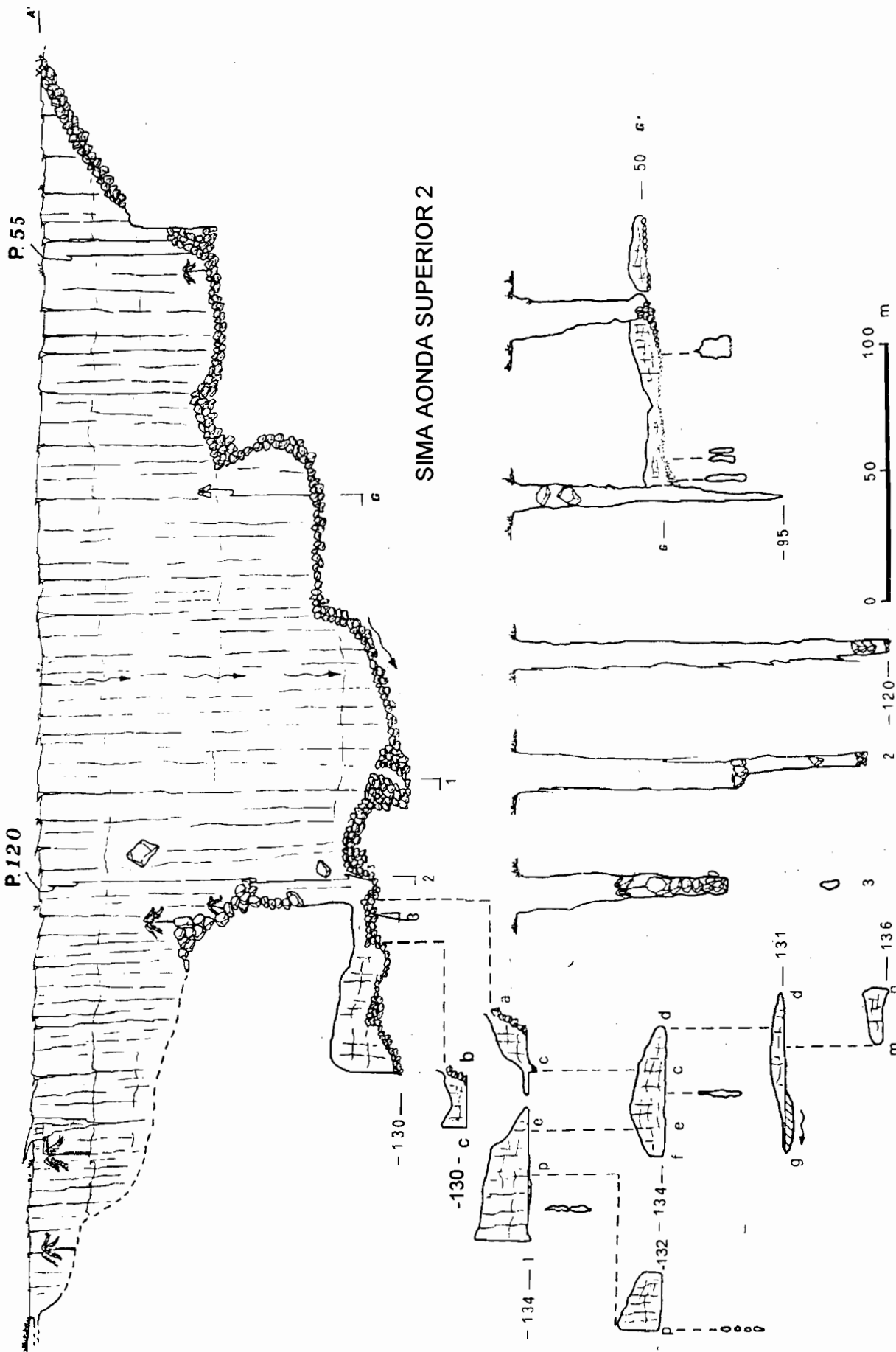
La sima sfonda in una vasta depressione a pareti verticali che si affaccia, con uno splendido ponte di roccia, sulla parete N della "Muraglia".



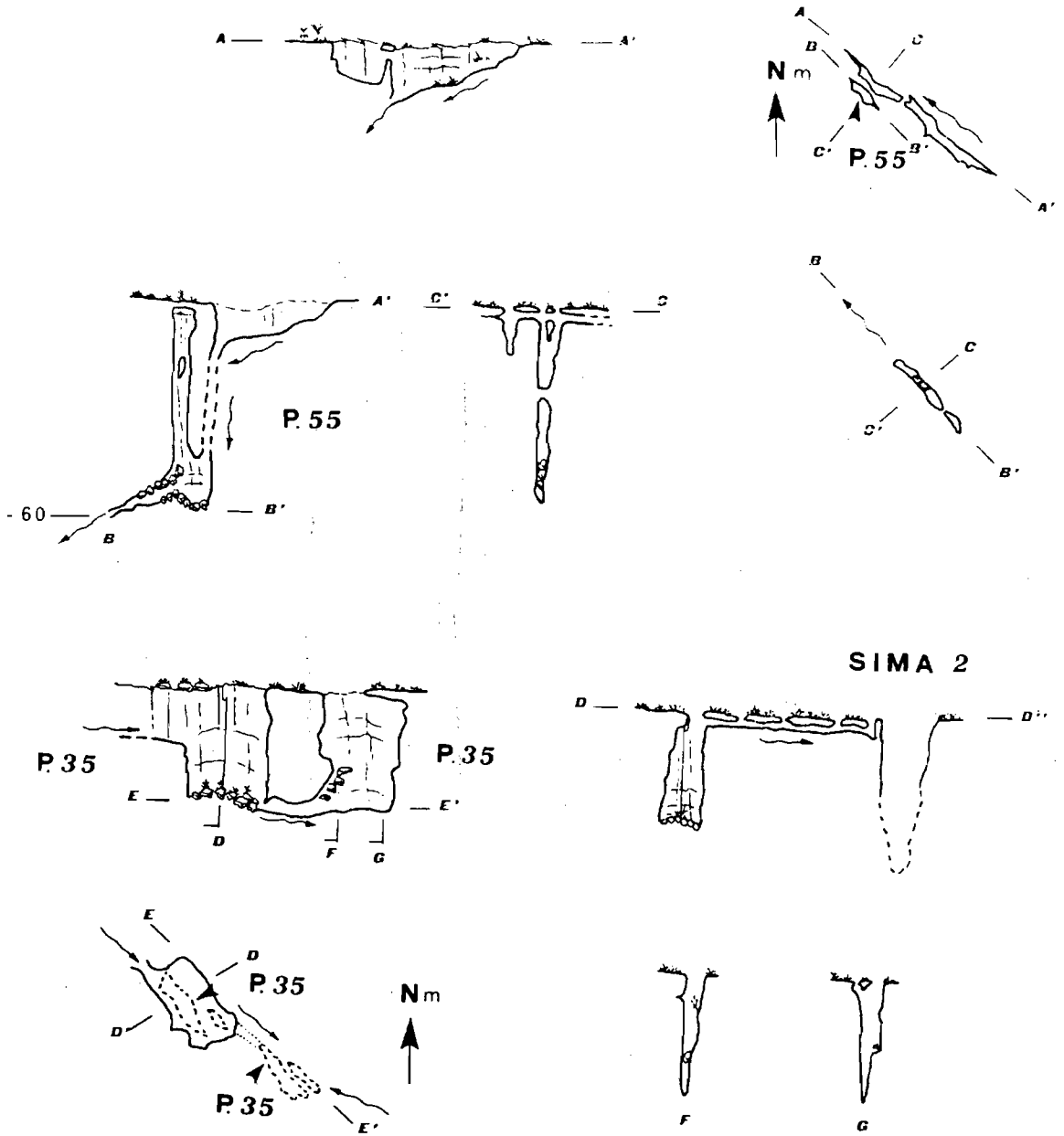
Incroci di gallerie del reticolo ipogeo, con sezione a forra (foto M.Inglese)

Colonne nelle fasi iniziali di formazione (foto M.Inglese)

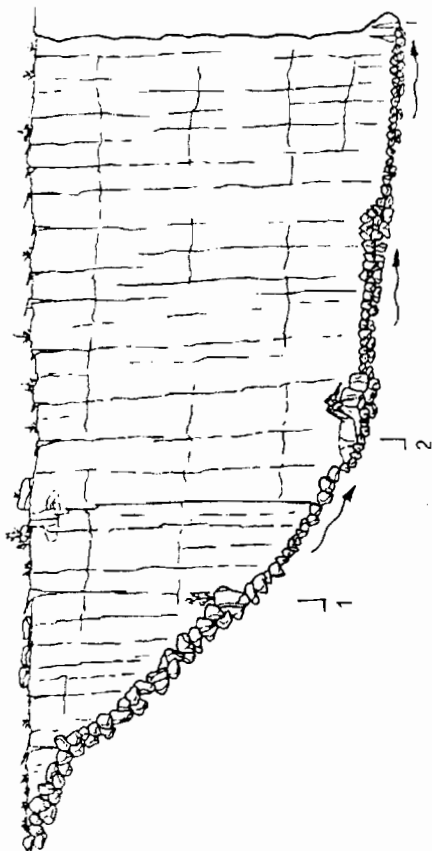




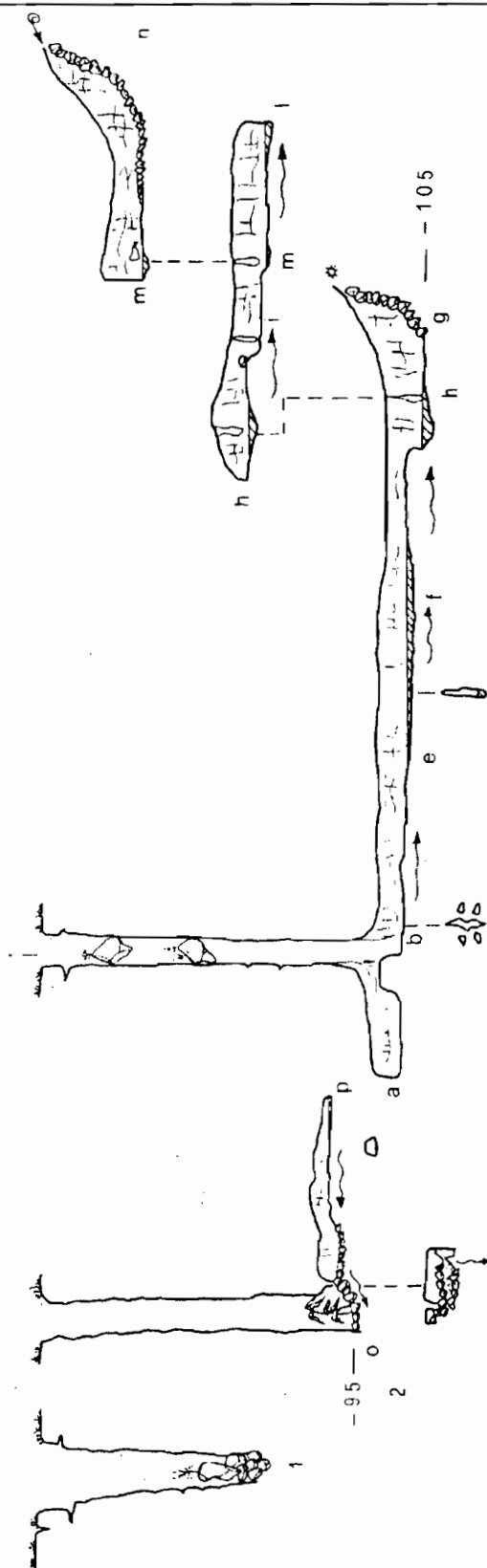
LOS SOTANITOS



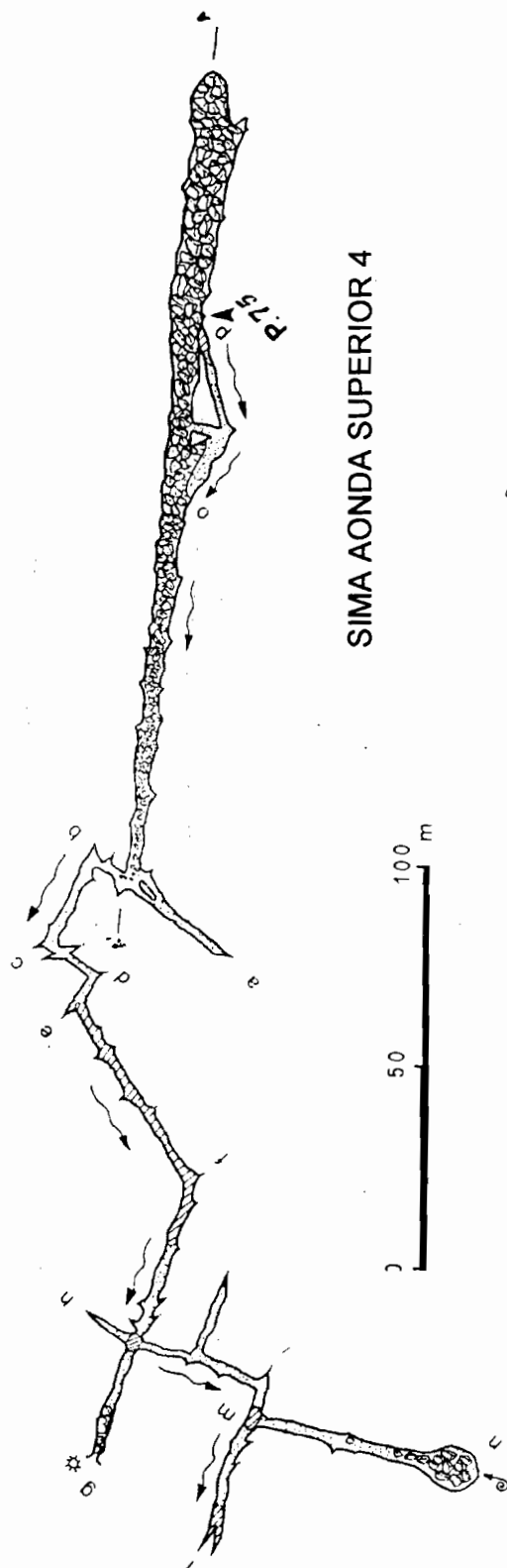
P.75



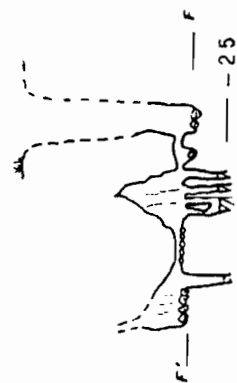
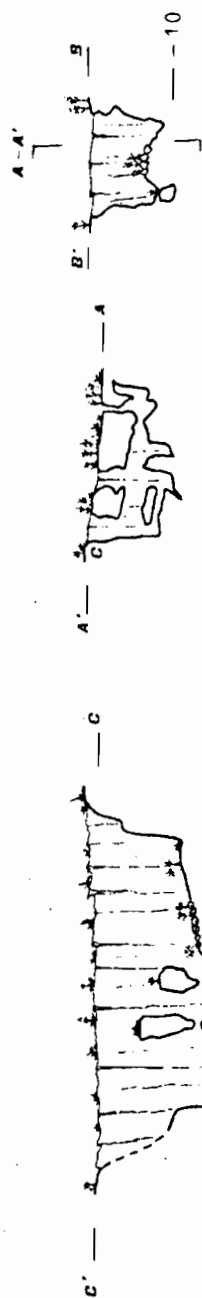
SIMA AONDA SUPERIOR 4



Nm

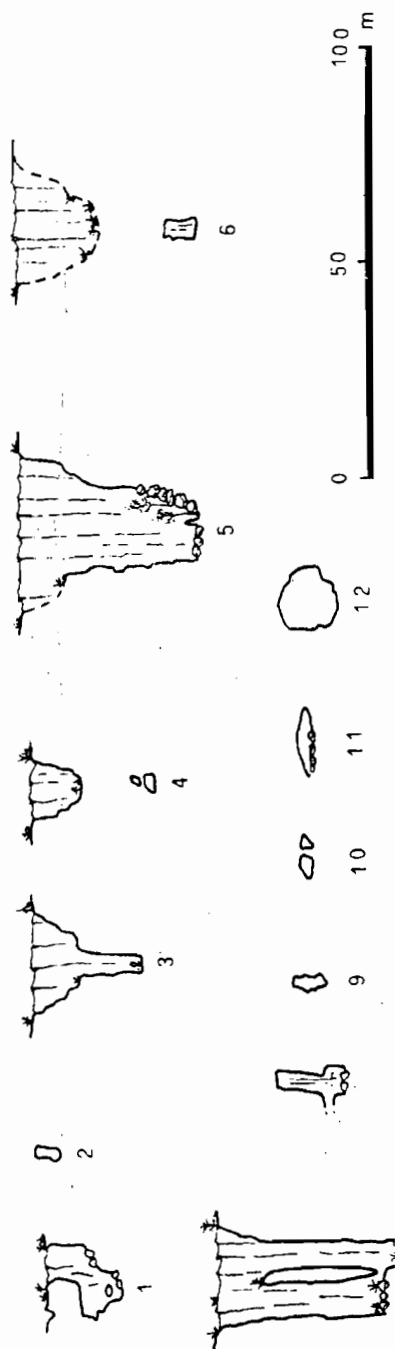


SIMA AONDA SUPERIOR 4



SIMA AONDA SUPERIOR SUR

SIMA AONDA SUPERIOR SUR



4.2 Morfologie ipogee

(Paola Tognini)

Il carsismo ipogeo presenta due morfologie ben distinte, con dimensioni molto differenti, e apparentemente prive di connessione genetica.

4.2.1 i canones

Le forme di maggior spicco, di transizione tra la superficie e l'ipogeo, sono senz'altro i cosiddetti "cañon", molto lunghi (qualche centinaio di m), relativamente stretti e talvolta molto profondi. In realtà, tale definizione è quanto mai impropria: se alcuni di essi, ora, possono avere un comportamento idrico da "cañon" (cioè, corso d'acqua superficiale che vi si immette con una cascata, per poi scorrere sul fondo, e, per taluni, sbocco diretto in parete), le morfologie osservate suggeriscono una genesi di diverso tipo: i "cañon" sembrerebbero essere enormi doline di dissoluzione, allungate secondo la fratturazione prevalente, o, meglio ancora, giganteschi "Kluftkarren" (grikes per gli autori americani): forme sorprendentemente simili, spiegate come grikes a scala ettometrica, sono state descritte da diversi autori in vari tipi di carsi carbonatici, dove formano un caratteristico paesaggio di carso labirintico (grikeland), come sull'isola di Creta (Levka Ori), Algeria (Djudjura) (R. Maire, 1990) e Canada (Nahanni) (D.C. Ford- P.W. Williams, 1989).

Ford e Williams, in particolare, correlano questo tipo di carso con rocce massive o in strati potenti, importanti set di fratture sub-verticali e dissoluzione agente per tempi molto lunghi.

R. Maire, invece, pone in evidenza la correlazione con discontinuità sub-verticali in distensione.

Come si vede, tutte queste condizioni sembrano essere soddisfatte sui bordi dei tepuy.

Se la tettonica gioca un ruolo fondamentale nel guidare la genesi dei "canones", i fenomeni di rilascio tensionale in prossimità dei versanti condizionano senz'altro la loro evoluzione. Molto interessante da questo punto di vista è l'osservazione delle dimensioni dei "cañones" allontanandosi dai margini della "Muraglia": sui bordi, infatti, i "cañon" sono molto lunghi e larghi, con imponenti fenomeni di collasso gravitativo, spostandosi verso l'interno del plateau, invece, si passa a "cañones" più stretti, fino a piccoli crepacci di dimensioni metriche e, infine, pozzi a sezione ellittica o quadrangolare, spesso coalescenti, che originano talvolta archi di roccia molto spettacolari), e fratture beanti. Questo fa pensare di essere di fronte alle diverse fasi evolutive, dalle più mature nelle zone marginali alle più giovani, che progrediscono verso l'interno del tepuy man mano che le grandi pareti, arretrando, sottopongono a decompressione zone sempre nuove.

I "cañones", inoltre, si presentano sviluppati parallelamente al versante della valle della cascata, anche se appare abbastanza chiaro che l'intera zona di bordo è sottoposta ad una distensione generalizzata che interessa a tutti i sistemi di discontinuità presenti.

La roccia lungo le pareti è, salvo alcune eccezioni (es: P.40 di Sima 1), estremamente dura e compatta, e presenta spesso morfologie a docce e "cannelures" e intenso "fluting".

Il fondo non è generalmente visibile, essendo per lo più coperto da grossi massi, ciottoli, depositi di sabbia e talvolta un sottilissimo strato di suolo vegetale, al di sotto dei quali si perde l'acqua che cade dall'alto delle pareti.

Molto diffusi sono massi ciclopici incastrati, isolati o a gruppi, tra le pareti e frane sospese, che, come nel tratto tra Sima 2 e 4, possono talvolta raggiungere la superficie. I "cañones" danno accesso a sistemi ipogei, che risultano, in molti casi, tagliati dai "cañones" stessi, come, per esempio, la seconda galleria di Sima 1, la giunzione tra Sima 1 e 2, tagliata da entrambi i "cañones", una piccola galleria sospesa a 10 m e piccole condotte freatiche in Sima 2 e la galleria più breve di Sima 4.

Questo fa supporre una probabile genesi, e, soprattutto, un'evoluzione indipendente delle due forme, e spiega, almeno in parte, perchè i fenomeni carsici sembrino localizzati solo sui bordi (dove non si sviluppano i "cañones", non è possibile accedere ai sistemi profondi).

4.2.2 i reticoli ipogei

Per quanto riguarda i sistemi ipogei, si tratta quasi esclusivamente di reticoli labirintici di "pseudo-meandri", cioè forre alte e strette, spesso al limite della

percorribilità, fortemente condizionate dall'andamento delle discontinuità.

Il loro andamento sub-orizzontale e il loro particolare sviluppo in pianta richiamano fortemente i "labirinti en treillis" descritti da Renault (Renault, 1968), e una osservazione attenta delle morfologie conferma questa ipotesi.

Come nei labirinti "en treillis" descritta da Renault, anche qui si osservano andamenti fortemente

rebbe su tale livello sfruttando, di volta in volta, i tratti di fratture più favorevoli, abbandonandoli a favore di un nuovo sistema (spesso ortogonale) quando la loro resistenza idraulica si fa troppo grande, senza avere, così, la possibilità di formare un vero e proprio "collettore" sotterraneo, quanto, piuttosto, organizzandosi in numerosi, piccoli "collettori" che scorrono sul medesimo livello litologico: si potrebbe, quindi, parlare, per questi livelli, di "strato-collet-tore". Questo appare accadere uniformemente su tutti i livelli di scorrimento idrico attivo (-5, -50, -120 m).

Secondo Renault, i labirinti en treillis sono caratteristici di una zona in regime di distensione generalizzata, come, appunto, è la zona di bordo dei tepuy. Per formarsi necessitano di un banco carsificabile al di sopra di un livello "non carsificabile", in grado di sostenere un



rettilinei, con condotti che si tagliano ad angolo retto o molto acuto, che si anastomizzano formando anelli e gallerie parallele separate da lame e diaframmi (Fig. 14), tutte a sviluppo pressochè orizzontale, e, curiosamente, terminanti tutti a "cul de sac", spesso con fori ellittici sul fondo.

Questo suggerisce la presenza di fratture equivalenti per apertura e per caratteristiche idrauliche, di sviluppo al massimo metrico, e la presenza a letto di un livello che impedisca l'approfondimento verso il basso, favorendo, invece, uno sviluppo verso l'alto, antigравitativo: l'acqua scorre-

livello di base locale, poichè si formano sempre in zona satura: in effetti, la presenza di tali livelli impermeabili è stata più volte ipotizzata da vari autori nelle teorie genetiche del carso in rocce quarzitiche (Urbani e Galan), senza che fosse sempre confermata da una evidenza di terreno: questa analogia sembra confermare, dunque, la validità di tale ipotesi. Noi, personalmente, non abbiamo osservato direttamente questi ipotetici livelli, se non in Sima 2, dove si ritrovano orizzonti addensati che presentano strutture di carico diagenetico., tuttavia, anche altre osservazioni morfologiche ne fanno supporre l'esistenza, come, ad esempio, la sezione basale delle gallerie lievemente a T rovescia, e numerosi allargamenti delle sezioni a diverse altezze. (vedi Fig. 17) La formazione in zona satura è suggerita, oltre che dal ritrovamento di piccole gallerie ellittiche e fori allineati (vedi Fig. 18), anche dalle sezioni molto complesse, con archi, diaframmi, ponti e gallerie parallele sovrapposte per tratti più o meno lunghi. Sezioni di questo tipo (osservate, per esempio nella seconda galleria di Sima 1) non possono che suggerire una formazione in zona satura.

Anche il ritrovamento, in corrispondenza di allargamenti delle sezioni,

di livelli lavorati a colonnine di erosione/dissoluzione (vedi Fig. 19) non fa che confermare quest'ipotesi.

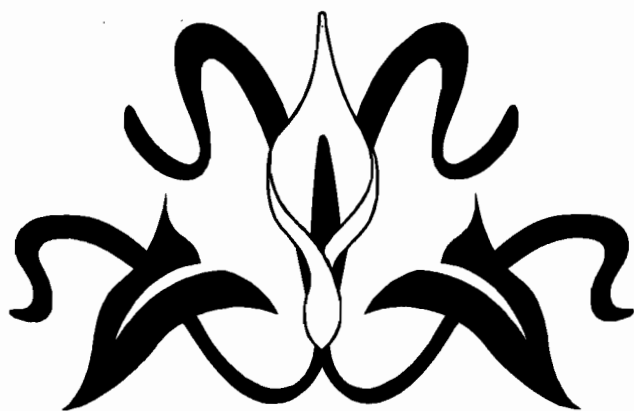
E' stata, inoltre osservata la formazione incipiente di colonne a partire da discontinuità della roccia (vedi Fig. 20): le colonne sarebbero quindi forme residue di erosione/dissoluzione nell'intorno di discontinuità, in cui resta "relitto" un nucleo meno alterato.

L'attuale fase di scorrimento a pelo libero non sembra aver creato morfologie particolari, salvo forse in Sima 4, dove le gallerie presentano alcuni tratti in forte pendenza, con salti e cascate: è possibile che, qui, l'erosione possa aver sfondato il livello impermeabile, consentendo, così, un ulteriore approfondimento, vadoso, verticale delle gallerie, fino al raggiungimento di un livello a scorrimento orizzontale più basso (magari, lo stesso di Sima Aonda).

Anche nei "sotanismos" si osserva che l'acqua proviene da piccole cascate che si gettano nei pozzi dal primo livello di scorrimento (- 5 m), che risulta, così, interrotto in più punti.

L'arretramento delle pareti sembra aver intercettato in alcuni punti i sistemi ipogei, come in Sima 4, dove la luce del sole proviene da un alto camino, probabilmente alla base della parete W della muraglia, e in Sima 1, dove la luce proviene da una stretta fessura, sulla parete S, a quella quota coperta dalla falda detritica del versante.

Per quanto riguarda i sedimenti, sono stati osservati grandi quantitativi di sabbia e, in minor misura, ciottoli grossolani ben arrotondati, di chiaro trasporto fluviale: spesso si ritrovano incastrati a vari livelli tra le colonnine, ma, come le sabbie, raramente costituiscono speleotemi ben identificabili.



4.3 I DEPOSITI CHIMICI

(Paolo Forti)

RIASSUNTO

Si riportano i risultati delle analisi chimiche effettuate sui campioni di depositi chimici raccolti all'interno delle cavità

ABSTRACT

Here are the results of the chemical analysis made on the samples taken from chemical deposits in the caves.

Le grotte in quarzite dell' Auyantepuy non possono certo dirsi ricche di concrezionamenti e mineralizzazioni secondarie, anzi !... A prima vista, infatti, sembrano essere assolutamente spoglie di quegli ornamenti che, più o meno, abbelliscono le normali grotte carsiche. Eppure, durante il campo esplorativo, in cui per ovvi motivi non è stato possibile condurre una campagna di ricerca specifica di questo aspetto, anche queste grotte hanno rivelato la presenza di speleotemi e, in due casi, di mineralizzazioni secondarie.

La composizione chimica degli speleotemi analizzati ha evidenziato la loro estrema purezza e monotonia: sono infatti formati da opale praticamente esente da impurezze. Al microscopio da mineralogia le colate hanno evidenziato una struttura a bande finissime (spesso 5-10 mm) che inglobavano rari granuli di quarzo.

Dai dati disponibili sulla localizzazione, composizione mineralogica e struttura delle concrezioni si può tentare di definire il meccanismo genetico, che sembra essere comune a tutti gli speleotemi osservati.

La possibilità che le acque dell' Auyantepuy possano dare luogo a depositi concrezionari di opale dipende infatti essenzialmente da due fattori, che essendo difficili da realizzarsi contemporaneamente in queste grotte giustificano la rarità dei concrezionamenti ospitati: il primo è che l'acqua divenga, almeno in qualche periodo, sovrasatura rispetto alla silice, e il secondo è che i processi demolitivi non possano agire sulla roccia madre su cui le concrezioni si stanno sviluppando.

Considerato il bassissimo tenore salino evidenziato nelle acque che circolano in queste grotte, perchè si verifichi sovrasaturazione rispetto alla silice è necessario che i processi di evaporazione siano di gran lunga predominanti su quelli di alimentazione: questo può verificarsi solamente quando delle acque di infiltrazione lente riaffiorano (essenzialmente per capillarità) dando luogo ad un afflusso di modeste dimensioni in una zona sufficientemente aerata. Ed ecco spiegato il perchè le concrezioni osservate si originano di solito da leptoclasti o piccoli scollamenti di strato. Questo fatto è anche congruente con l'assenza di forme stalattitiche o stalagmitiche in cui il flusso dell' acqua sarebbe troppo veloce per permettere il raggiungimento delle condizioni indispensabili di sovrasaturazione.

L' altro fattore è ancora più critico per lo sviluppo delle concrezioni: infatti data la lentezza del processo di deposizione dell' opale, testimoniato dalla estrema sottigliezza delle bande di accrescimento nelle concrezioni, l' evoluzione di speleotemi sarebbe del tutto impossibile in quei luoghi ove l'erosione meccanica o la dissoluzione da condensazione rendesse la

roccia madre incoerente e quindi incapace di tener ancorata la nascente concrezione.

Per quanto detto, quindi le piccole colate di opale osservate nelle grotte risultano essere anche chiari indicatori ambientali, testimoniando di ambienti non interessati da flussi idrici diretti, in cui la condensazione non è importante, tanto che l' evaporazione risulta essere il fenomeno prevalente.

Se i concrezionamenti sono fenomeni abbastanza rari in queste grotte la presenza di mineralizzazioni secondarie è addirittura una rarità, almeno stando ai risultati delle nostre esplorazioni. Soltanto in due casi, infatti, sono stati rinvenuti piccoli depositi chimici secondari formati da minerali differenti dall' opale.

Il primo rinvenimento è stato fatto in uno scollamento di strato (galleria laterale di Sima 4) al cui interno si erano formati alcuni aggregati fibrosi trasparenti traslucidi: l' analisi al microscopio da mineralogia e il successivo studio ai raggi X dimostrava trattarsi di gesso.

Il solfato di calcio è del tutto assente nelle arenarie che costituiscono il massiccio dell' Auyantepuy e pertanto l' unica fonte possibile per queste mineralizzazioni va ricercata nella mineralizzazione di qualche resto organico, trasportato dalle acque di infiltrazione all' interno della grotta.

Materia organica è sicuramente presente in grande quantità in queste grotte, vista la vegetazione tropicale esistente sulla sommità del massiccio, ma il rinvenimento di gesso è risultato puntuale ed estremamente limitato perchè, visti la grande quantità d' acqua che

fluisce nei periodi di piena ed i fenomeni di condensazione sempre attivi all'interno delle gallerie, solamente in zone molto protette possono svilupparsi le condizioni necessarie alla deposizione di questo minerale (forte evaporazione).

Anche in questo caso infatti è necessaria la presenza di acqua di risalita capillare in condizioni di costante assenza di acqua di flusso. Il secondo e ultimo deposito chimico osservato è la Nitrammite, minerale assai raro nelle grotte, ove sino ad oggi è stato segnalato solamente in due cavità naturali, una in Australia e l'altra nel Transvaal (Hill & Forti, 1986).

Nel caso dell'Auyantepuy il campione preso in esame, rinvenuto in un piccolo riparo sul fondo di una depressione nei pressi di Sima 1, era un materiale incoerente, terroso di colore bruno scuro su cui erano visibili piccoli filamenti chiari, che una volta isolati ed analizzati ai raggi X sono risultati essere appunto Nitrammite.

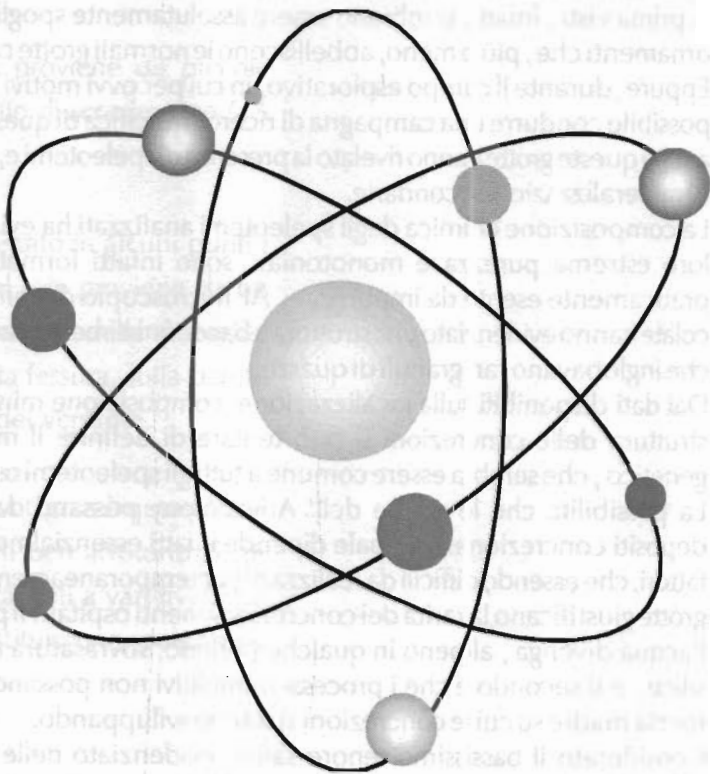
La Nitrammite (NH_4NO_3) nel caso delle precedenti scoperte era sempre derivata dalla forte evaporazione di acque percolanti attraverso guano di uccello o di pipistrello: nel caso dell'Auyantepuy non c'è ragione di ritenere che la genesi sia diversa.

Quello che comunque va osservato qui è che la presenza di Nitrammite può essere compatibile solamente con ambienti a forte evaporazione e bassa umidità relativa.

Concludendo questo breve e necessariamente preliminare rapporto sui depositi chimici secondari rinvenuti nelle grotte esplorate si deve evidenziare come tutti abbiano in comune la caratteristica di essersi sviluppati in ambienti dove piccoli volumi di acqua venivano sottoposti a forte evaporazione.

Queste condizioni che risultano essere discriminanti per lo sviluppo di speleotemi nell'ambiente delle

arenarie dell'Auyantepuy sono evidentemente molto difficili da realizzarsi considerato il peculiare clima che caratterizza la selva pluviale delle Guyana Venezuelana e spiegano quindi l'effettiva rarità dei depositi chimici all'interno di queste grotte.



5. IL CARISMO NELLE QUARZITI DELL' AUYANTEPUY

Riassunto

Il capitolo dedicato alla chimica evidenzia come nell'evoluzione di un sistema carsico in rocce quarzitiche i passaggi più lenti della reazione chimica di dissoluzione siano l'idratazione della silice e la mobilitazione in soluzione dell'acido silicico. Uno dei meccanismi fondamentali di questo carsismo è probabilmente quello biologico-biochimico: l'azione di alghe, batteri e degli acidi umici dell'acqua catalizza questa reazione.

Sulla base delle considerazioni chimiche, geologiche, geomorfologiche precedentemente esposte, si avanzano alcune ipotesi sulle principali fasi genetiche ed evolutive delle più diffuse forme carsiche ipogee. I processi fondamentali sono una disaggregazione della roccia per corrosione chimica del cemento siliceo intergranulare, in cui si evidenzia un importante intervento della componente organica, e una successiva formazione di protocondotti carsici per piping, dove le condizioni idrauliche sono favorevoli; tali condotti successivamente evolvono in labirinti "en treillis" o "canones" a seconda della situazione tensionale in cui si trovano.

Si suppone che una deformazione plastica nelle formazioni sottostanti possa provocare (a causa dell'espandimento laterale della più rigida formazione quarzitica superiore, trascinata dalla parte inferiore, in via di deformazione) un maggior ampliamento delle discontinuità, in particolare in prossimità dei bordi dei tepuy, dove i già presenti fenomeni di rilascio tensionale dei versanti vengono ulteriormente amplificati da questo meccanismo.

Poiché il meccanismo di espansione laterale si innesca quando, a causa dell'approfondirsi dell'erosione, viene a mancare il sostegno laterale alle formazioni sottostanti (le quali, più tenere delle quarziti sommitali, si deformano plasticamente sotto il peso delle formazioni soprastanti), è possibile fare un tentativo di datare la formazione dei sistemi carsici, sulla base della datazione delle superficie di erosione tuttora conservate.

ABSTRACT

The chapter dedicated to chemics points out that in the evolution of a karstic system in quartzitic rocks the slowest terms of the chemical reaction of dissolution are the hydration of silica and the mobilisation as a solution of silicic acid. One of the fundamental mechanisms of this kind of karst is probably the biological-biochemical one, the action of algae, bacteria and humic acids in the water catalyzing this reaction.

On the basis of the chemical, geological, geomorphological data and observations previously described, we now suggest some hypothesis on the main genetic and evolutive phases of the most diffuse underground karstic features.

The main processes are a disaggregation of the rock due to chemical corrosion of the inter-grain siliceous cement (for this process an organic component probably plays a fundamental role), and a later formation of proto-conducts due to piping, where hydraulic conditions are favourable;

These conducts may later evolve into "en treillis" networks of underground cave systems or into canyons, due to the different tensional conditions they are subjected to.

It is supposed that plastic deformation in the lower formations may cause (due to lateral expansion of the upper rigid parts, dragged by the deforming lowest levels) a wider opening of joints in the parts closer to valleys walls, where tensional release phenomena are made greater than usual by this mechanisms. As plastic deformation in the lowest parts occurs when erosion dissolve a part of this formation, causing a lack of lateral sustain and consequent lateral expansion, it is possible to make an attempt of dating the karst development in the rock mass on the basis of the dating of preserved residual erosional surfaces.

5.1 DATI ED IPOTESI SULLA CHIMICA

(Silvio Gori)

Dal punto di vista del chimico speleologo la cosa più strana è che non c'è niente di veramente strano, a parte la composizione della roccia e la geotettonica di base.

Tutte le idee di base della "chimica ingenua" sulla insolubilità della silice si dimostrano rapidamente inadeguate: la solubilità del quarzo a 25°C è di 6 ppm (6 mg/L) e sembra bassa anche rispetto a quella del CaCO₃ che pure è solo di 65 ppm (65 mg/L)

Nel caso del carbonato l'acidità dell'acqua gioca un ruolo predominante sulla solubilità; qui invece la solubilità è indifferente ad essa al di sotto di pH 8, cioè in condizioni ambientali. Le misure effettuate sulle acque mostrano concentrazioni di SiO₂ di circa 4 ppm a 18°C, quindi le acque sono quasi sature rispetto al quarzo.

I fenomeni di tipo carsico sono molti: dopo sole 24 ore di tepuy abbiamo già visto: kamenitze, campi solcati di vario tipo, inghiottitoi e risorgenze, fessure larghe e piccole, fiumi carsici, doline, pozzi, forre, etc.

Questo carsismo non sembra neanche essere così vecchio come pensavamo: è in evoluzione e l'unità di misura non è certo il miliardo di anni. Solo la morfologia delle grotte è un pò diversa, come ovvio.

Abbastanza strane sono le forme di massi corrosi (a partire da una fessura o da un interstrato); esse sono comuni nei massi residui appoggiati sul tavolato.

Bisogna ipotizzare quindi meccanismi che, aumentando la solubilità della quarzite, rendano conto dei fenomeni osservati.

La prima considerazione da fare è che la silice si presenta in diverse forme con solubilità diverse (Tab. 4).

Tab. 4 Solubilità di diverse forme di SiO₂ (CaCO₃ per confronto)

Temperatura	20°C	25 °C	50 °C	100 °C
Quarzo		6		49
Calcedonio		17		85
Cristobalite		27		125
Silice amorfa		115		360
Calcite	65		38	

Le reazioni di dissoluzione della silice sono:

A) $\text{SiO}_2 (\text{s}) + 2 \text{H}_2\text{O} (\text{l}) = \text{H}_4\text{SiO}_4 (\text{aq})$ in soluzioni neutre o acide

B) $\text{SiO}_2 (\text{s}) + \text{H}_2\text{O} + \text{OH}^- = \text{H}_3\text{SiO}_4^- (\text{aq})$ in soluzioni alcaline

C) $n \text{SiO}_2 (\text{s}) + m \text{H}_2\text{O} = [(\text{SiO}_2)_n(\text{H}_2\text{O})_m] (\text{aq})$ in generale

L'acido silicico monomero è la forma idrata più importante che si forma nella dissoluzione di SiO₂ a pH acidi. Però possono esistere forme polimere più solubili e per precipitazione da soluzioni sature si ottiene opale.

Le concentrazioni necessarie per precipitare l'opale e dare concrezioni possono avere origine da soluzioni rese sovrasature dall'evaporazione o da altri motivi.

Anche se la piovosità in zona è elevata (4000 mm/anno misurate nelle stazioni meteorologiche a valle; probabilmente ancora maggiore a queste quote) ed anche se non esiste una vera stagione secca, l'aria ha un'umidità relativa abbastanza bassa come già osservato. Unito al gioco delle correnti d'aria in grotta ciò può fornire un meccanismo accettabile in alcuni casi.

5.1.1 La fase biologica

La presenza della fase biologica può però fornire meccanismi sia di sovrasaturazione che di catalisi della corrosione chimica.

Un tratto caratteristico di questo carsismo è che raramente si trova roccia nuda: questa, di colore bianco o rosato, appare sia nelle zone idrologicamente attive, dove il pH è basso, che in grotta, dove manca la luce. È ubiquitaria una copertura biologica di alghe, batteri e forse licheni, di spessore inferiore al millimetro, di color bruno nerastro ed estremamente viscida quando è bagnata.

In alcune zone esistono grandi pozzanghere con sassi e sabbia; nella maggior parte dei casi abbiamo sassi piatti sopra uno strato sabbioso spesso circa un centimetro (anche questi sassi sono coperti da patina algale sulla superficie esposta alla luce).

A volte assumono la forma di kamenitze (vedi fig. 16) cioè con un caratteristico ribasso del profilo in corrispondenza della zona

normalmente allagata. In ambiente carsico calcareo queste strutture sono abbastanza comuni e si spiegano col fatto che la fase biologica produce CO_2 ed altri acidi che corrodono maggiormente il CaCO_3 . In questo caso si deve invece supporre invece qualche altro meccanismo diverso dall'azione degli H_3O^+ .

Le *heliampore* hanno il ruolo di piante pioniere e crescono sui tavolati rocciosi, allineate lungo le fratture e facilitano l'accumulo di sabbia che evolve in zone amacereto (tipo risaia) dove predominano le bromeliacee e le *heliampore* con bassi arbusti e rari alberi.

All'interno dell'altopiano abbiamo una vegetazione a bosco basso (alberi alti pochi metri, molti arbusti alti 2 m di legno duro e relativamente fragile).

I fitoliti di opale sono un'evidenza sperimentale (Erhart, 1973) in tutti i vegetali terrestri ed alimentano di silice colloidale le acque naturali. La solubilità dell'opale è di circa 20 ppm ma l'opale di origine biologica (i fitoliti) ha probabilmente una solubilità maggiore, simile forse ai 115 ppm del gel di silice. Questa maggior solubilità (e quindi la sovrasaturazione rispetto all'opale) può essere all'origine dei pochi casi di concrezionamento visti in grotta: colate di dimensioni metriche (10-30 m²) e concrezioni coralloidi da decine di chilogrammi. Mancano però studi puntuali in proposito e delle analisi di confronto tra le misure colorimetriche della silice (H_4SiO_4 (aq)) e le misure gravimetriche della silice totale. La silice colloidale depolimerizza spontaneamente in tempi di circa un giorno in condizioni naturali (Krauskopf, 1955).

La concentrazione di equilibrio per la precipitazione dell'opale è di circa 20 ppm e quindi potrebbero

essere originate da acque sovrasature di origine vegetale. Non esiste una vera stagione secca anche se regimi di piena e di magra si susseguono tutti i giorni. Concrezioni più piccole costituite da gesso ($\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$) e da nitrammite (NH_4NO_3), di probabile origine biologica, esistono e mostrano che il sistema è meno umido del prevedibile, considerando l'immane quantità di pioggia: sono sali molto solubili e sarebbero rapidamente dilavati.

Il meccanismo di dissoluzione delle quarziti dell'Auyantepuy appare principalmente dovuto ad una lenta solubilizzazione della SiO_2 da parte di H_2O ; nella reazione di idratazione di SiO_2 l'estrazione dell' H_4SiO_4 dalla fase solida è il passaggio lento della reazione globale.

Un meccanismo fondamentale è dato dal flusso dell'acqua.

Un secondo meccanismo non trascurabile può essere dato dalla composizione dell'acqua, ricca in acidi umici, che sono delle basi di Lewis, mentre la silice è un acido di Lewis, con la conseguente formazione di addotti che riducono l'energia di attivazione della reazione. Questo è particolarmente evidente in superficie dove la roccia è coperta da una patina algale e batterica. La fase biologica gioca indubbiamente un ruolo di catalizzatore.

Anche la dissoluzione delle minime quantità di felspati ed altri minerali in tracce ha un ruolo nella disgregazione della roccia madre da parte degli organismi vegetali che cercano di procurarsi gli ioni minerali indispensabili al loro metabolismo ed i fitoliti sono il sottoprodotto di questo lavoro di estrazione.

Le forme microscopiche evidenziate dalle foto al S.E.M. (fig. 7 e 8) mettono in chiara evidenza le strutture cristallografiche che hanno orientato la corrosione chimica.

La bassa salinità delle acque di scorrimento, ricche in acidi umici e povere di ioni inorganici mostra inoltre l'efficacia dei meccanismi biologici antiosmotici che evitano l'asportazione della parte inorganica anche dagli organismi morti e decomposti.

A grande scala la formazione delle strutture carsiche è determinata dalla presenza di un reticolo di fratture e dall'acqua in pressione che le satura: la dimensione critica di queste fessure pare essere di 1-2 μm . L'evoluzione dei sistemi è determinata quindi sia dal reticolo di fratture allargate per corrosione chimica in condizioni freatiche che dall'erosione meccanica dei granuli di sabbia, ormai scollegati dalla corrosione, nonché dall'allargamento delle fratture tettoniche durante l'evoluzione geologica (p.es. l'approfondirsi della valle di Aonda).

In alcuni casi granelli di sabbia possono essere asportati dalla roccia per semplice sfregamento delle mani o della corda (sul P40 ma non solo) e ciò probabilmente è dovuto al fatto che la corrosione è ancora attiva. La roccia mantiene invece la sua tenacità nelle zone idrologicamente attive, dove il flusso idrico asporta man mano i granuli disaggregati.

La scala dei tempi è dell'ordine dei milioni di anni, non dei millenni o dei miliardi di anni.

Il tempo di permanenza dell'acqua nel sistema è basso (alcune ore) ed il flusso è veloce per la massa dell'acqua: raramente l'acqua raggiunge le concentrazioni di saturazione, ma le acque che imbeverano la vegetazione, i suoli e le microfrazioni, nonché l'acqua di condensazione seguono altri cicli ed altri tempi di permanenza.

5.2 Ipotesi sulla possibile genesi ed evoluzione dei sistemi carsici in rocce quarzitiche

(Paola Tognini)

L'analisi dei dati morfologici, chimici, strutturali e tessiturali raccolti durante la spedizione "Venezuela 92" permette di avanzare alcune ipotesi sui possibili meccanismi speleogenetici ed evolutivi dei sistemi carsici in rocce quarzitiche.

Con l'aiuto di alcuni schizzi schematici, abbiamo cercato di sintetizzare quelle che sembrano essere le tappe evolutive più probabili e compatibili con quanto effettivamente osservato sul terreno.

Come si può vedere, risultano confermate dalle morfologie osservate, le ipotesi proposte da Urbani e Galan, che prevedono una fase iniziale di dissoluzione-disaggregazione (= arenizzazione) della roccia, seguita, dove le condizioni idrauliche lo consentono, da formazione di protocondotti per "piping".

L'evoluzione successiva dipende molto dalla situazione tensionale in atto, potendosi creare forme carsiche vere e proprie (labirinti "en treillis", pozzi), o forme "a cañon", più strettamente legate alla meccanica dei versanti.

Le successive fasi di formazione di un sistema ipogeo si possono schematizzare come segue:

1) Figura 23 A

La distensione generalizzata (con lo sforzo verticale maggiore degli sforzi orizzontali) dovuta al formarsi delle grandi valli che bordano i tepuy causa l'apertura (qualche micrometro) dei principali sistemi di fratture (ereditati dall'ultima orogenesi, circa 1 miliardo di anni). Sono così possibili l'infiltrazione e la percolazione delle acque meteoriche all'interno del massiccio, altrimenti impermeabile.

2) Figura 23 B

La circolazione idrica, lenta, di acque aggressive (vedi paragrafo precedente) provoca attacco chimico intergranulare: il cemento sintassiale è chimicamente indistinguibile dai granuli, ma viene attaccato per primo perchè la corrosione avviene al contatto tra i granuli, in ordine inverso rispetto alla precipitazione del cemento. La lenta velocità di reazione del quarzo provoca, secondo quanto suggerito da Martini (Martini, 1981), alterazione chimica non solo sulla superficie della frattura, ma in un certo intorno di questa.

L'alterazione chimica agisce liberando i granuli dai legami reciproci, arenizzando la roccia e aumentandone la porosità (dall'iniziale 1-2 %), favorendo, così, l'ulteriore propagazione dell'alterazione all'interno dell'ammasso.

A questo livello è probabile che la percolazione non sia ancora organizzata in una circolazione idrica sotterranea ordinata, mancando forse anche una certa continuità spaziale delle fratture.

La presenza di orizzonti meno permeabili e/o meno fratturati provoca

l'instaurarsi di falde sospese, comportandosi questi da livelli di base locali, e costringendo l'acqua a muoversi, sempre seguendo i principali sistemi di discontinuità, lungo piani di scorrimento pressochè orizzontali. E' comunque probabile che le discontinuità degli orizzonti, o le fratture che li tagliano, costituiscono dei varchi per la percolazione verticale, e permettano quindi la contemporanea esistenza di più livelli orizzontali sovrapposti, la cui estensione dipende dalla continuità spaziale degli strati che sostengono le falde sospese.

3) Figura 23 C

L'arretramento e l'evoluzione delle pareti vallive può arrivare ad intercettare alcune zone alterate (ed in cui vi sia presenza di acqua libera) e contemporaneamente agisce allargando ulteriormente le fratture per trazione, aumentandone presumibilmente la continuità e l'estensione.

A questo punto inizia un certo drenaggio verso una zona di recapito ben precisa (sorgenti) e si instaura una vera circolazione idrica sotterranea, che porta l'acqua dalle zone di assorbimento (diffuso, lungo sistemi di fratture), attraverso una zona di trasferimento verticale, alla zona di recapito esterno (risorgenze).

Se il gradiente idraulico è sufficientemente elevato, si può innescare un fenomeno di piping che porta al graduale svuotamento dei proto-condotti dai residui dell'alterazione chimica.

Con l'evolversi dei proto-condotti in un vero e proprio sistema carsico, cambiano le condizioni idrauliche nelle cavità: quelle verticali

diventano vadose mano a mano che si allargano, sia per alterazione chimica, che continua ad agire, che per erosione meccanica, che in questa fase si fa sempre più attiva, fino a prevalere sui fenomeni puramente chimici; l'allargamento delle primitive fratture è accentuato dalla contemporanea distensione dei versanti, che, nel frattempo, arretrano e si approfondiscono, determinando continui riaggiustamenti del campo di sforzi, in particolare, sottoponendo a distensione zone sempre nuove.

Viceversa, le condizioni permangono freatiche nelle zone di scorrimento orizzontale, per lo meno fino a che si verifica equilibrio tra apporti idrici, ampiezza dei condotti, ovvero resistenza idraulica, e perdite alla risorgenza. Negli orizzonti a scorrimento orizzontale si evolvono così i labirinti "en treillis" di Renault (Renault, 1967-1968), mentre i proto-condotti verticali avranno una evoluzione differente, potendo dare origine a pozzi a sezione ellittica, eventualmente coalescenti, o a cañon di varie dimensioni, in dipendenza della situazione tensionale in cui si trovano.

4) Figure 23 D e E

I contemporanei fenomeni di rilascio dei versanti (sempre più importanti via via che le pareti vallive arretrano e si approfondiscono) causano aperture (graduali, salvo eventi eccezionali) anche metriche delle fratture verticali (e, in maggior misura di quelle parallele ai versanti stessi): questo provoca la cancellazione dei primitivi proto-condotti verticali, e l'instabilità delle porzioni rocciose intatte da questi isolate. Fenomeni di crollo ed effaissement successivi causano l'evoluzione verso forme a cañon, lunghe (allungate secondo i fasci di fratture parallele ai versanti, quelle che subiscono maggiori sforzi di trazione) e relativamente strette (tipicamente, più strette alla base, per fenomeni trattivi connessi alla propagazione delle fratture in profondità). Tali "cañon" possono evolvere fino ad intercettare le pareti limitrofe, trasformandosi così in cañon veri e propri, e perdendo il loro ruolo di relativa "protezione" dall'erosione della superficie esterna, che può subire mutamenti relativamente rapidi, con formazione di piattaforme cosparse di torrioni e massi, residui delle antiche simas smantellate.

Molto comuni, nelle simas-cañon, sono i blocchi e le frane sospese, dovute all'effaissement successivo dei blocchi superiori, che scivolano verso il basso a causa dello smantellamento di quelli sottostanti: i blocchi possono così rimanere incastrati tra di loro e contro le pareti. È necessario postulare una circolazione idrica sul fondo delle simas in grado di disgregare e allontanare i blocchi: se questo non avviene (come, ad esempio, nel tratto tra Sima 2 e Sima 4, dove si individua uno spartiacque sotterraneo) la sima risulta quasi completamente occupata dai massi di crollo. Questo meccanismo evolutivo (relativamente recente e analogo a quello che determina i boulders, castellated boulders, tours e tourelles, e piattaforme esterne) può naturalmente intercettare e fossilizzare (smantellandone la falda sospesa) uno o più livelli a scorrimento idrico orizzontale, o, al contrario, fornire a tali livelli ulteriori apporti idrici, favorendone un'evoluzione vadosa (con salti e saltini, come nelle gallerie di Sima 4). La localizzazione dei fenomeni carsici nei pressi dei bordi delle pareti potrebbe essere spiegata con la stretta dipendenza dai versanti delle macroforme a cañon, che sono quelle che permettono di entrare nei sistemi più propriamente carsici, en treillis (per l'esistenza dei quali sono sufficienti aperture di pochi micron, e quindi potrebbero, e dovrebbero, svilupparsi anche in zone relativamente lontane dal versante).



Per quanto riguarda una stima dell'età del fenomeno carsico, si osserva che:

1) In base a studi di carattere regionale (G.C.Ch., 1985), i tepuy hanno cominciato ad evolversi morfologicamente a partire dal Cretacico, e quindi difficilmente il carsismo può essere più antico.

2) Per spiegare gli imponenti fenomeni distensivi visibili sui bordi dei tepuy, si potrebbe ipotizzare anche l'intervento di espansioni laterali nei litotipi più plastici sottostanti (formazioni basali del Gruppo Roraima? e basamento metamorfico), privati del loro contenimento laterale dalla creazione di superfici erosionali a quote più basse. Questo flusso laterale trascinerebbe nel movimento le rigide formazioni quarzitiche soprastanti, accentuando grandemente l'apertura delle discontinuità preesistenti.

Se questa ipotesi fosse verificata, allora, per avere formazione dei "cañon" si dovrebbe attendere che il fondo valle intagli le formazioni basali, fenomeno che avviene con le superfici erosionali più recenti (tardo terziarie e/o quaternarie).

3) L'alterazione chimica sembra essere tuttora attiva nelle gallerie ipogee (per condensazione?, per pareti umide a causa di piene?) dove, pertanto, si deve ipotizzare la presenza di acqua sulle pareti con lunghi tempi di residenza.

La corrosione non sembra, invece, essere in genere attiva nei "cañon", a parte poche eccezioni: è molto probabile che qui non possano realizzarsi le condizioni più favorevoli all'attacco chimico della roccia e, comunque, anche se questo avvenisse, lo scorrimento diffuso delle acque lungo le pareti asporterebbe rapidamente i granuli disaggregati, impedendo la formazione di uno strato alterato di un certo spessore. In altri casi invece è la mancanza di acqua (di ruscellamento o di condensazione) che impedisce la corrosione. Talvolta possono essere attivi processi organici (fito-foto-karst) che contribuiscono alla formazione lungo le pareti di morfologie carsiche superficiali (es. docce e cannelures).



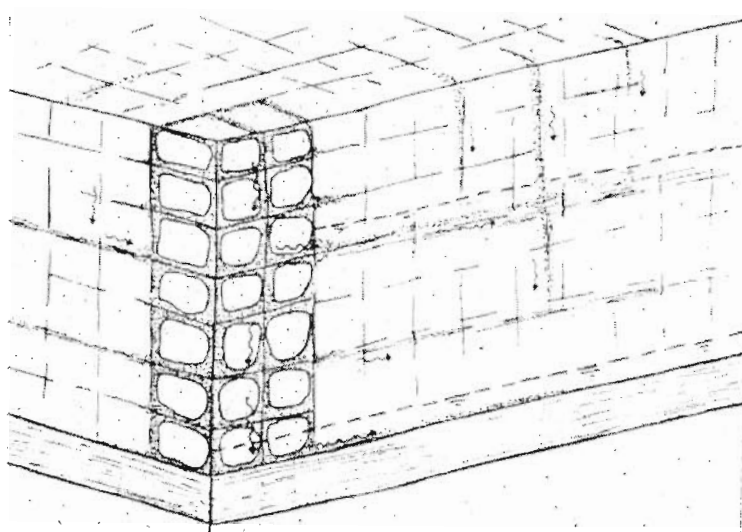
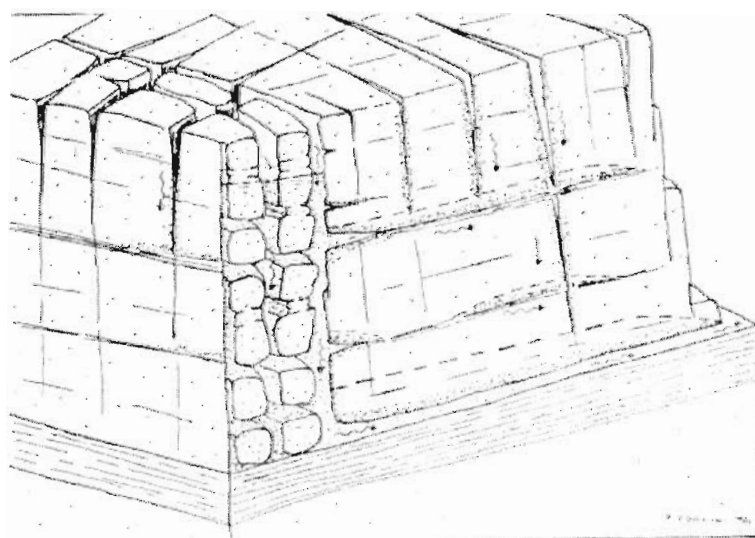


Fig.23 A e B ,P.T.



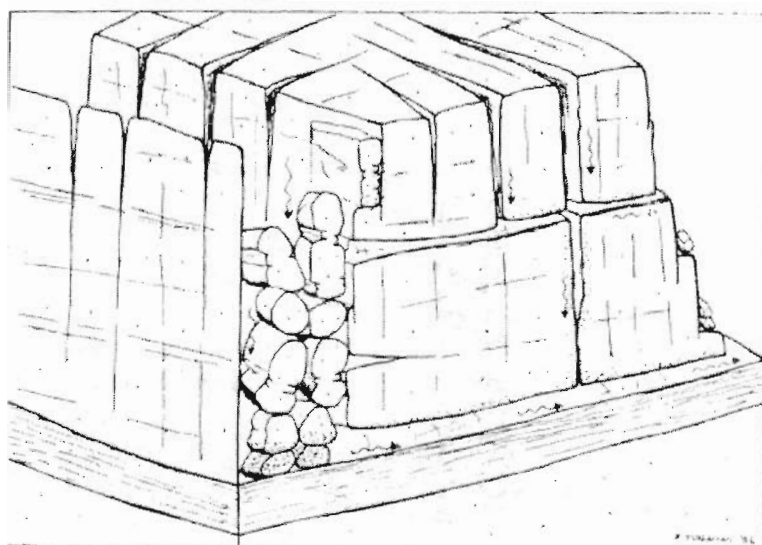
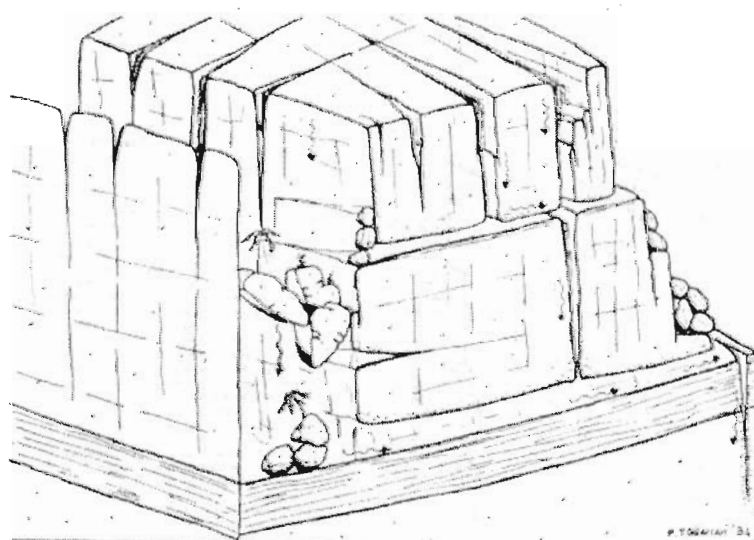


Fig. 23 C e D



Sommario

RINGRAZIAMENTI.....	4
I PARTECIPANTI (Paola Tognini)	5
DIARIO DELL' ATTIVITA' (Mauro Inglese)	8
INTRODUZIONE (Mauro Inglese)	10
LA REGIONE: geologia e forme del territorio (Paola Tognini)	12
LA SPEDIZIONE (Mauro Inglese)	14
L' AMBIENTE (Paola Tognini)	18
LE GROTTI (Paola Tognini)	20
VENEZUELA, IL DESERTO PRECAMBRIANO (Daniela Cavalli)	22
La Montagna dell'Inferno (Giuliano Trezzi)	24
La vita sul Tepuy (Giuliano Trezzi)	26
Photo Page	29
ASPETTI BIOLOGICI, GEOLOGICI, GEOMORFOLOGICI E CHIMICI DELLA PIATTAFORMA "AONDA SUPERIOR" E DEI SISTEMI CARSICI ESPLORATI	30
INTRODUZIONE	30
ABSTRACT	30
2 LA SUPERFICIE DELL'AUYANTEPUY	31
2.1 La roccia (Ivo Rigamonti).....	32
2.2 Morfologie superficiali (Paola Tognini)	41
3- IDROGEOLOGIA E CHIMISMO DELLE ACQUE	43
3.1 Idrografia superficiale e scorrimento idrico sotterraneo (Paola Tognini)	43
3.2 Analisi chimiche delle acque e atmosfera (Silvio Gori)	46

4 L'AMBIENTE IPOGEO	48
4. 1 Descrizione delle cavita' (Paola Tognini)	49
4.2 Morfologie ipogee (Paola Tognini)	60
4.3 I DEPOSITI CHIMICI (PAOLO FORTI)	63
5. IL CARISMO NELLE QUARZITI DELL' AUYANTEPUY	65
5.1 DATI ED IPOTESI SULLA CHIMICA (Silvio Gori)	66
5.2 Ipotesi sulla possibile genesi ed evoluzione dei sistemi carsici in rocce quarzitiche (Paola Tognini).....	68
BIBLIOGRAFIA	76



BIBLIOGRAFIA

Chalcraft D., Pye K. - Humid tropical weathering of quartzite - Zeitschrift fur Geomorphologie N.F. Bd 28, Heft 3 - 1984, pp.320-332

Decu V., Orghidan T. e Dancau D. (Romania). Bordon C., Linares O., Urbani F., Tronchoni J. e Bosque C. (Venezuela) - Fauna hipogea y hemiedafica de Venezuela y de otros paises de America del Sur 1-Editura Academiei Republicii Socialiste Romania 1987.

Erhart H. - Itinéraires géochimiques et cycle géologique du silicium - DOIN, Paris - 1973

Galan C. - Cavernas y formas de superficie en rocas silíceas precámbricas del Grupo Roraima, Guayana Venezolana - Bol. Soc. Venezolana Espel. (23) -1988, pp.1-11

Galan C. e Lagarde J. - Morfologie et evolution des cavernes et forme superficielles dans les quartzites du Roraima (Venezuela) - Karstologia N 11-12 - 1988, pp. 49-60.

Galan C., W. Perez, J. Nolla, Joris Lagarde - Sima Aonda - Soc. Venezolana Espel. Abril 1983.

G.C.Ch. - Reconocimiento preliminar del macizo de Chimantà, Edo. Bolivar, Venezuela - Acta Cient. Venez, 37 - 1985, pp. 25-42

George U. - Venezuela's Islands in Time - National Geographic, May 1989, pp.526-561.

Hancock P.L. - Brittle microtectonics: principles and practice - J. Struct. Geol. N 7 - 1985, pp. 437- 458

Hill C.A. & Forti P. - Cave minerals of the world - NSS Huntsville 1986, pp.1-236

Martini J. - Rate of quartz dissolution and weathering of quartzite - Bull. South African Spel.Ass.- 1984

Martini J. - The control of karst development with reference to the formations of caves in poorly soluble rocks in the Eastern Transvaal, South Africa - Proc.8 Internat. Congr. Spel, Kentucky, USA, 1-1981, pp. 4-5

Noticiero Espeleologico - Expedicion espeleologica Polaco-Venezolana 1976, a la meseta de Sarisarinama, Estado Bolivar - Bol. Soc. Venezolana Espel. 7 (13) Abril, 1976, pp.101-119.

Pouyllau M. - Pseudo-karst dans des roches grés-quartzitiques de la formation Roraima - Karstologia N 5, pp. 45-52.

Renault Ph. - Contribution a l' étude des actions mécaniques et sédimentologiques dans la spéléogénèse - Annales de Spéléologie, Tomes 22, 23 - 1967/1968

Roberto A. Marrero C. - La gran Sabana Guia Turistica - Litografia Miranda. C.A. 1971.

Szczerban E. e Urbani F. - Carsos de Venezuela. Parte 4: formas carsicas en areniscas precambrias del Territorio Federal Amazonas y Estado Bolivar - Bol. Soc. Venezolana Espel. 5(1) Abril, 1974, pp.27-54.

Urbani F. - Novedades sobre estudios realizados en las formas carsicas y pseudocarsicas del Escudo de Guayana - BSVE, 8 (16) - 1977, pp.4-5

Zawidzki P., Urbani F. e Koisar B. - Preliminary notes on the geology of the Sarisarinama plateau Venezuela, and the origin of its cave - Bol. Soc. Venezolana Espel. 7(13) Abril, 1976, pp.29-37.



Createx

**IMPAGINAZIONE
ELETTRONICA
RIVISTE E BOLLETTINI
BATTITURA TESTI**

**Digitalizzazione immagini tramite scanner
Fotoritocco, elaborazione immagini
Integrazione testo/immagini su impaginati
Creazione e realizzazione logo**

**Lucidi da proiezione
Realizzazione manifesti
Digitalizzazione rilievi**

Per informazioni

Via Rondoni 11 Milano

Mauro Marazzi



Alberto Buzio

Tel. 02-475070

ALP

D E S I G N



