

# HISTÓRIA PRIESKUMU A NÁZORY NA KVARCITOVÝ KRAS, SPELEOLOGICKÉ VÝSKUMY STOLOVÝCH HÔR LA GRAN SABANY (ESTADO BOLÍVAR, VENEZUELA) PRÍRODOVEDECKOU EXPEDÍCIOU CHIMANTÁ – RORAIMA 2007

**Lukáš Vlček – Branislav Šmíd – Charles Brewer-Carías – Marek Audy  
– Federico Mayoral – Roman Aubrecht – Tomáš Lánczos**

## PREDHовор

Tak ako ľudské telo, aj krajina má svoje póly. Negatívny, záporne nabitý pól sa v prírode nachádza na tých najhlbších miestach – v hlbokých údoliach, roklinách a priesastiach, kde len zriedka prenikne lúč svetla. S bezútešným pocitom, aký tieto miesta vyvolávajú, sa nevie vyrovnáť každý – aj preto sa jaskyniarom nemôže stať hocikto. Naopak, pozitívny – kladne nabitý pól nachádzame na vrcholoch hôr, najvyšších končiaroch, v krajinе za inverzie obklopanej oblakmi. Aj preto všetky kultúry sveta umiestňujú nebo (či jeho analógie) k výšinám oblohy a peklo do najhlbšieho podzemia. Aj preto sú ľudia žijúci na vrchoch zdravší, plní elánu, vitality a životnej rovnováhy. Pobyt na horách uzdravuje, vlieva človeku do žil akúsi nedefinovateľnú tajomnú mystickosť a zároveň mu dáva pocit úľavy, uvoľnenosti a slobody. Mesačný pobyt v horách človeku dokonale vyvetrá hlavu a zotaví unaveného ducha lepšie než čokoľvek iné. My jaskynari, napriek tomu, že sme vlastným rozhodnutím odsúdení strávíť veľkú časť života pod zemou, zvolili sme úžasný kompromis v rovnováhe medzi nebom a podzemím. Za jaskyňami totiž treba zájsť vysoko, niekedy vskutku poriadne vysoko... Na expedíciach do Venezuely sme sa dali na objavovanie nových, dosiaľ nepreskúmaných jaskyň na najvyšších horách celej Guayanskej vysočiny – na stolových horách *tepuy*, kde podľa mýtov a le-

giend v bielych chuchvalcoch oblakov vysoko nad okolitou krajinou, odpútaní od bežného – osídleného ľudského sveta, sídlia mocný bohovia a rodí sa všetka voda Zeme...

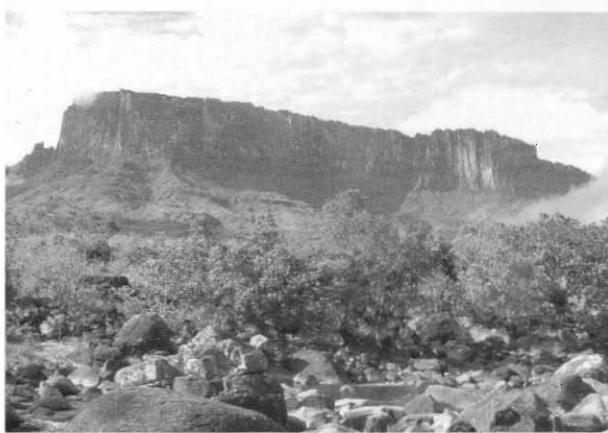
## HISTÓRIA OBJAVOV JASKÝN STOLOVÝCH HÔR

Stolové hory Guayanskej vysočiny predstavujú nevyčerpateľnú pokladnicu objavov. Od roku 1838, keď ich predstavil svetu anglický kráľovský zememerač Robert Schomburgk, a neskôr, roku 1884, keď na ne prvýkrát vystúpila expedícia vedená Sirom Everardom Im Thurn a Harry Perkinsom, sa sem zorganizovali stovky výprav, z ktorých každá jedna priniesla svetu niečo nové, dosiaľ neobjavené. Biológovia tu našli dovtedy nepoznané unikátné rastliny a živočíchy, geológovia zo skamenených záznamov hornín a reliéfu výčitali nové poznatky o vývoji územia v minulosti a speleológovia v tejto magickej krajine objavili dokonca jaskyne. Pre extrémnu izolovanosť boli stolové hory *tepuy* dlho prirovnávané k ostrovom stagnujúcim v plynúcom čase („Venezuela's Islands in Time“ George Uwe: National Geographic, May 1989). Vývoj rastlín i živočíchov sa tu vplyvom nízkeho predačného i konkurenčného tlaku na dlhé roky akoby úplne zastavil. Svet, aký tu nachádzame, má mnohé spoločné črtys s prírodou, akej existenciu predpokladáme až kedysi na konci druhohôr. V raji endemických rastlín a živočíchov na vysokými stenami izolovaných stolových hôr, pravidelne bičovaných daždivým počasím a vetrami divokých monzúnov, sa v minulosti podarilo nájsť viacero **jaskyň**, ktoré sú svojou morfológiou, genézou a prostredím vzniku úplne unikátné.

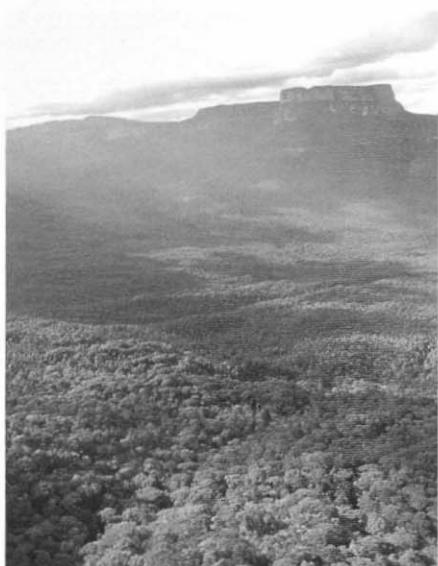
A prečo sú na území Guayanskej vysočiny práve jaskyne až takým neobvyklým a dôležitým nálezom? Všetky stolové hory sú budované nekrasovými sedimentárnymi horninami – najmä kremencami a kremennými pieskovcami, ktoré patria medzi najodolnejšie horniny na Zemi. Voči chemickému rozpušťaniu (krasovaniu)

(*sensu lato*) sú tak málo náchylné, že ešte pred nedávnom by tu nik žiadne jaskyne ani nehľadal. To by však bola veľká škoda, pretože podľa súčasných poznatkov práve kremencové jaskyne stolových hôr patria medzi najpestrejšie, ba i najväčšie podzemné priestory sveta!

Speleológia v kvarcitových masívoch Guayanskej vysočiny začala na stolových horách Autana – skalnej ihle až 1300 metrov vysoko čnejúcej nad venezuelskou Amazóniou (Colveé, 1972, 1973; Urbani a Szczerban, 1974; Szczerban a Urbani, 1975; Szczerban a Gamba, 1973; Brewer-Carías, 1972, 1973a, 1976a; Galán, 1982; Pérez La Riva, 1976; Pérez La Riva a Reyes, 1976) a Juaua-Sarisariñama – rozsiahlej horskej plošine ukrytej v hlbokej džungli povodia Río Caura (Urbani a Szczerban, 1974; Szczerban a Urbani, 1975; Szczerban a Gamba, 1973; Brewer-Carías 1973b, 1976b; Nott, 1975). Na Autane (1400 m n.m.) bola už zo starého spisu z roku 1782 známa už z veľkej diaľky viditeľná jaskyňa, ktorej portál ako obrovské skalné oko vystupoval na mohutnej, 800 m vysokej južnej stene stĺpovej hory, a ktorej horizontálne chodby, ako sa



Obr. 1. Stolové hory skupiny Roraima patria medzi najvyššie body Guayanskej vysočiny, na fotografii Kukenán tepuy. Foto: J. Schlögl  
Fig. 1. The table mountains of Roraima group are the highest points in Guyana Highlands, the picture shows Kukenán tepuy. Photo by J. Schlögl



Obr. 2. Stupňovité platô Chimantá vyzerá na prvý pohľad kompaktné, v skutočnosti je komplikované rozčlenené stovky metrov hlbokými grietami. Foto: J. Schlögl  
Fig. 2. Terraced plateau of Chimantá massif looks compact, but in detail view it is very complicated segmented by hundreds of meters deep shafts – grietas. Photo by J. Schlögl



Obr. 3. Povrch stolových hôr je rôznorodý – stovky metrov hlboké tektonické údolia striedajú zoskupenia skalných veží až močaristé platá na zárovnanej skalnom povrchu. Macizó Chimantá, v blízkosti jaskyne Cueva Charles Brewer. Foto: L. Vlček, R. Aubrecht a E. Kapucian  
Fig. 3. The surface of table mountains is variable – hundreds of meters deep tectonic valleys change the stony towers and fingers or swampy plateaus on the leveled rocky surface. Macizó Chimantá, in the surroundings of Cueva Charles Brewer. Photo by L. Vlček, R. Aubrecht and E. Kapucian

neskôr zistilo, ústia do stien viacerími otvormi, prechádzajúcimi z jednej strany hory na druhú. V roku 1971 ju prvýkrát preskúmala a zmapovala v dĺžke 395 m výprava vedená Ch. Brewerom-Cariásom a neskôr bola detailne opísaná (napr. Urbani a Szczesban, 1974; Brewer-Cariás, 1976b). Venezuelskí vedci tu dosiahli niekoľko významných úspechov, odtiaľto dokonca v roku 1980 prvýkrát priniesli svetu minerál sveit  $KAl_7[Cl](OH)_8 \cdot (NO_3)_2 \cdot 8H_2O$  (napr. Martini, 1980; Martini a Urbani, 1984). Cueva del Cerro Autana sa stala prvou detailne preskúmanou jaskyňou v kvarcitových horninách na svete. Jej existencia však podnetila niekoľko otázok. Ak jaskyňa vznikla prúdením ponorej rieky, o čom svedčia erózne vyhlíbeniny na jej stenách, ako to bolo dávno, keď medzitým nastala erózia okolitého terénu o celé stovky metrov? Kam rieka tiekla a predovšetkým – existujú aj iné

jaskyne na ostatných stolových horách, ktoré táto prastará rieka vytvárala? Odpoveď na tieto otázky mohol priniesť len ďalší prieskum okolitých hôr. Od začiatku bolo zrejmé, že cesta týmto smerom nebude ľahká.

Na prekonanie 900 m vysokých kolmých stien hory Autana a prieskum jaskyne Cueva del Cerro Autana neostávalo nič iné, ako komplikované pristáť vrtuľníkom na vrcholovej plošine a za pomoci lanových rebríkov zliezať k jej otvorom v skalnej stene 150 m pod zárovnánym vrcholom tejto obrovskej kamennej ihly. Naproti nej džungľou zarastená obrovský rozfahlá hora Sarisariňama (2300 m n. m.) je na prvý pohľad úplne plochá. Zaujímavá je z vtácej perspektívy už z diaľky viditeľnými vertikálnymi depresiami s priemerom až 350 m(!), ktorých kolmé steny spadajú do zhruba tej istej hľbky. Z nich dovnútra masívnu pokračujú obrovské tunelovité chodby.

Objavenie jaskyň i prístup k nim boli možné, ako inak, opäť len zo vzduchu – za pomoci ľahkých, zručne manévrovateľných vrtuľníkov. Jaskynné depresie Sima Mayor, hlboká 314 m, a Sima Menor, s hlbkou 248 m, ktoré preskúmala v roku 1974 vedecká expedícia vedená opäť príroovedcom Ch. Brewerom-Cariásom, sú odvodňované do vyvieráčiek kilometre vzdialených (napr. Brewer-Cariás, 1973; 1976b; Urbani a Szczesban, 1974; Szczesban a Urbani, 1975; Szczesban a Gamba, 1973). Vedci v rámci expedície pripasti podrobne zmapovali. Objem 18

mil.  $m^3$  zaradil Simu Mayor (Sima Humboldt sensu De Bellard, 1974a, b, 1975; resp. Sima Brewer-Cariás sensu Brewer-Cariás, 1974) na popredné miesto vo svetovom rebríčku – stala sa 5. najväčšou krasovou dutinou sveta. Za zmienku stojí, že na túto lokalitu krátko po sebe smerovali dokonca dve expedície. Prvá, vedená Charlesom Brewerom-Cariásom, je zachytená v článkoch Ch. Brewera-Cariasa (napr. 1973, 1976b) či v nádhernej vedecko-populárnej monografii Brewer-Cariás (1983) a druhá – poľsko-venezuelská výprava vedená F. Urbanim, sa opisuje vo viacerých speleologických periodikách (napr. Zawidzki, Urbani a Košar, 1976; Dyga, Székely a Zawidzki, 1977; CEDV, 1976) alebo populárno-náučných publikáciach či v krátkych informatívnych správach (Kuczynski, 1976a, b; Košar a Solicki, 1977a, b). Z dnevej časti menšej pripasti zvanej Sima Menor (alebo Sima Martel sensu De Bellard, 1974a, b, 1975, resp. Sima Gibson sensu Brewer-Cariás, 1974) vybiehajú dve protistojne smerujúce vetvy do jaskynných segmentov zvaných Cueva de la Cascada a Cueva de los Guácharos. V blízkosti týchto lokalít sa nachádza ďalší obrovský krasový kolaps, nazvaný Sima de la Lluvia s dĺžkou až 1352 m, zahŕňajúcou z neho vybiehajúcu vetvu Cueva de los Cristales.

Jaskyne sa našli aj na ďalších stolových horách Venezuely. Z mesety Guaiquinima opisujú kvarcitové jaskyne s dĺžkou do 130 m Szerban, Urbani a Colveé (1977) alebo Urbani (1977). Jaskyne na planinách Sierra de Pacairima (Pacaraima) sú predmetom príspevkov autorov Urbani (1977) alebo Pérez La Riva (1977) (Bo. 4 – Bo. 7). Národný speleologický kataster – Carastro Espeleológico Nacional (sprvu Catastro Espeleológico de Venezuela), ktorý opisuje všetky známe jaskyne vo Venezuele, uvádza jaskyne z hôr Yuruaní tepuy (Galán, 1982), Sierra Marutani (Bo. 9 – Bo. 19), Kukenán tepuy (Bo. 22 – Bo. 25), Acopán a Amuri (Bo. 40 – Bo. 53), Cerro Chirikayén (Bo. 90 – Bo. 91), krátke jaskynky z povođia Río Aponguao (Bo. 20 – Bo. 21). Galán (1988) vyráta jaskyne na horách a čiastočných masívoch Jaua-Sarisariňama (3), Guaiquinima (9), Eutobarima (1), Aonda (8), Urutany (2), Auyantepuy Norte (1), Tramén (1), Agua-pira (15), Kukenán (5), Roraima (1) a Yuruani (2), v predpolí stolových hôr pri Santa Elene de Uairén – El Paují (4), na hore Aponguao (2), Serrania Pereña (2), Chimantá (1) a Autana (3). V roku 1988 bolo vo Venezuele známych 60 kvarcitových jaskyň v celkovej dĺžke 14 504 m zo štátov Estado Bolívar (57) a Territorio Federal Amazonas (3). Neskôr sa objavila i mohutná, ale bezvýznamná jaskyňa aj na hore Ilú tepuy (Bo. 33) a celý rad krasutčkých abri a pseudokrasových jaskyň napr. v Distrito Cedeño (Bo. 56 – Bo. 82). Jaskyne sa objavili aj na hore Chimantá (Meaztu et al., 1995; SVE, 1994). Ghneim (1999) uvádza v bibliografii venezuelských jaskyň všetky dovedené známe lokality z Catastro Espeleológico Nacional, pričom všetky jaskyne s označením „Bo.“ (skratka podľa štátu Bolívar) sú vytvorené v kremencoch (91 lokalít) a keďže niektoré jaskyne stolových hôr ležia aj v teritóriu Amazonas, po pripočítaní niektorých lokalít „Am.“ (napr. Cueva del Cerro Autana) nám vychádza okolo 100 známych kvarcitových



Obr. 4. Speleologické expedície na stolové hory sú nepredstaviteľné bez vrtuľníkovej podpory. Foto: J. Schlägl  
Fig. 4. Speleological expeditions to the table mountains are realized by helicopters. Photo by J. Schlägl

jaskyň. Dnes ich poznáme asi 140. Prevažnú časť z nich tvoria vertikálne trhliny alebo len krátke podzemné chodby. Výnimku predstavuje niekoľko zaujímavých jaskyň.

V osemdesiatych rokoch spopularizovala kvarcitovú speleológiu vo svete priečasť Sima Aonda ležiacu na mesete Auyán-tepuy (2560 m n. m.), stolovej hore známej aj na Slovensku vďaka dobrodružnému filmu Pavla Barabáša Amazonia Vertical (K2 Studio, Bratislava, 2004). Medzinárodné výpravy vedené venezuelskými, talianskymi a poľskými lídrami tu narazili na hlboké tektonické údolia a trhliny siahajúce do hĺbky až niekoľkých stováckov metrov, navzájom poprepájané podzemnými chodbami, odvádzajúce povrchové zrážkové vody pozdĺž nepriepustnej bázy von zo stolovej hory. Tu preskúmané a v prácach od autorov Galán (1983a, b, 1984), Inglese a Tognini (1993), Pezzolato (1993, 1996), Piccini (1994), Gori et al. (1993), Barnabei et al. (1993), Carreño (1996) alebo Piccini – Mechchia a Preziosi (1994), Mechchia et al. (1994), Pezzolato et al. (1994) v monografickom čísle časopisu Progressione (Barnabei, ed., 1994) a iných detailne opísané jaskyne sa na dlhý čas stali najhlbšími kremencovými jaskyniami sveta a najhlbšími jaskyniami Južnej Ameriky vobec. Sima Aonda Superior, dlhá 2,1 km a hlboká najprv 320 m, neskôr až 362 m (Martínez, 1989; Urbani a Bordón, 1997), bola čoskoro prekonaná Talianmi objavenou jaskyniou Sima Aonda 2, hlbokou 325 m, a neskôr jaskyniou Sima Auyan-tepuy Noroeste, dlhou až 2950 m a hlbokou až 370 m (Barnabei et al., 1993; Bellomo et al., 1994; Barnabei, ed., 1994; Piccini, 1995; Mechchia a Piccini, 1999). Urbani (1993) vypočítava z kvarcitových masívov vo Venezuele 6 jaskyň s dĺžkou nad 1 km, 13 jaskyň nad 2 km, 13 hlbších ako 200 m a 14 hlbších ako 250 m, čo sú však údaje veľmi sporné. Z kvalitných a pôsobivých publikácií talianskej speleogrupy La Venta, aktívne distribuovaných do celého sveta, však jednoznačne vyplývalo, že v prípade jaskyň na Auyán tepuy ide o rozsiahly systém obrovských tektonických porúch, domorodcami miestne nazývaných grieta, navzájom poprepájaných subhorizontálnymi kanámi rádovo menších rozmerov. Drenážna funkcia týchto jaskyň bola sice očividná a jednoznačná, bolo však na pochybách, či ide skutočne o „kras“ a o „jaskyne“ v pravom zmysle slova. Krasovými jaskyniami podľa súčasných poznatkov možno nazvať prepájacie kanály medzi jednotlivými gretami, ale keďže sa nachádzajú v značnej hĺbke pod povrchom, k ich dĺžke sa samozrejme pripočítali aj vertikálne úseky gret.

Medzičasom sa vo svete výskyt kremencových jaskyň rozšíril na všeobecne akceptovaný fenomén, avšak väčšinou šlo o pomere krátke jaskyne. V Brazílii (množstvo prác z územia náhornej plošiny Mato Grosso a štátu Minas Gerais, napr. Wernick, Pastore a Pires Neto, 1977; Auler, 2002), v Čade, Nigéri, Alžírsku (napr. Busche a Erbe, 1987), Juhoafrickej republike (množstvo prác, najmä Martini, napr. 1981, 1982, 1984, 1985). V Juhoafrickej republike sa v posledných rokoch objavili jaskyne, ktoré sa zaradili do prvej dvadsaťtak najhlbších jaskyň v kvarcitoch na svete – Bat's (Giant's) Climber's Cave System (1632 m; Truluck, 1996). Kremencové



Obr. 5. Voštiny na skalnom povrchu pieskovcových lavíc. Foto: R. Aubrecht

Fig. 5. Honeycomb structures on the rocky-surface of sandstone beds. Photo by R. Aubrecht

platá Guayanskej vysociny siahajú až do Brazílie, kde nachádzame aj ich analógie, ďaleko od hraníc s Venezuelou. Na brazílskej plošine Mato Grosso bola v roku 1999 opísaná jaskyňa Caverna Aroe Jari, dlhá 1,4 km (Borghí a Moreira, 2000, 2002). Koncom deväťdesiatych rokov domáci speleológovia preskúmali trhlinové jaskyne Grutta do Centenario (dĺžka 3,8 km a hlbka 481 m), Grutta da Bocaina (dĺžka 3,2 km a hlbka 404 m) a Gruta Alaouf (dĺžka 1,2 km a hlbka 294 m) v masíve Pico do Inficionado v štáte Minas Gerais (Faverjón, 2003; Auler, 2002; Rubbioli, 1996, 1998, 2001, 2003; Dutra 1996b, 1997; Hirashima, 1997; Perret, 2001; Sausse, 2001; Chaimovicz, 2001; Rodríguez a Silverio, 2002; Dutra, Rubbioli a Horta, 2005) i iné kremencové jaskyne na juhu oblasti (napr. Dutra, 1996a). V príspevku autora Rubbioli (1996) sa dozvedáme, že zrejme prvá mapa kvarcitovej jaskyne bola vytvorená už v roku 1952 a šlo o jaskynu dnes známu ako Grutta do Centenario. Jej charakteristiky však svedčia viac o tektonickom pôvode jaskyne; rozpušťanie sa v nej prejavilo len podradne ako faktor dotvárajúci morfológiu jej priestorov. Kremencový kras (či v Európe v minulosti často polemicke nazývaný ako „pseudokras“) sa začal v posledných rokoch opisovať z viacerých ďalších lokalít z celého sveta. V oblasti Meghalaya na hraničnom území medzi Indiou a Bangladéšom sa nachádza dnes 1297 m dlhá pieskovcová ponorová jaskyňa Krem Dam, ktorá je dokonca sprístupnená pre verejnosť (Oldham, 2003). V Českej republike v súčasnosti dokumentujú viac než 20 km dĺžky systém skalných trhliín v kremenných pieskovcoch, nazvaný Systém Poseidon (Mlejnek a Ouhrabka, 2008). Ak sa však detailne zaobráme kvarcitovými terénmi, vynorí sa pred nami dôležitá otázka: Čo teda považovať za kras a čo za pseudokras? Kedy ide skutočne o krasovú kremencovú jaskynu? Diskusia v tomto zmysle pokračovala niekoľko rokov (napr. Jennings, 1983; Wray, 1997, 2003). Krasový fenomén bol klasicky definovaný na základe rozpúšťania materskej horniny vodnými roztokmi (napr. Cigna, 1978), a tak krasové jaskyne by mali byť vytvorené prednostne koralou a eróziou vody. Preto je v histórii jaskyniarstva v kvarcitových masívoch dôležitým medzníkom rok 2002, keď sa vo Venezuele

objavila unikátna jaskyňa, zdokumentovaná o rok neskôr česko-slovenskými jaskyniarmi (Šmídka, Audy a Vlček, 2003).

Skutočný boom v objavovaní kremencových jaskyň nastal až po česko-slovenskej výprave z roku 2003 (Audy, 2003; Šmídka, Audy a Vlček, 2003; Audy a Šmídka, 2003; Vlček, 2004; Šmídka, 2004), keď sa objavili rozsiahle pokračovania tejto jaskyne, ako aj ďalšie horizontálne podzemné chodby na stolovej hore Roraima (2810 m n. m.), v hraničnom teritóriu medzi Venezuelou, Brazíliou a Guayanou (Zona en Reclamación). Tento objav bol

historickým zlomovým okamihom v chápaniu kremencového krasu Guayanskej vysociny a dal podnet na skutočne rozsiahly a detailný prieskum kvarcitových masívov v tomto regióne. Taká rozsiahla a morfológicky pestrá ponorovo-výverová jaskyňa, akú česko-slovenský tím speleológov opísal z Roraimy, zatiaľ nemá na svete obdobu. Niekoľko kilometrov dĺžky vodou vytvorený a fluviálne aktívny systém horizontálnych chodieb, aký sa nachádza v Jaskyni Kryštálových očí (po španielsky Cueva Ojos de Cristal, anglicky Crystal Eyes Cave), sa zatiaľ neobjavil v žiadnom inom masíve. Zameriavanie a dokumentácia tejto lokality prebiehalo viacfázovo v rokoch 2003 až 2007. Jaskyňa bola chvíľu najdlhšou jaskyniou Venezuela (prekonala ju známa krasová jaskyňa Cueva El Samán s dĺžkou 18 200 m), krátko od jej objavenia až dodnes figuruje ako najdlhšia jaskyňa v kvarcitoch na svete. Po roku 2006 sa Jaskyňa kryštálových očí pýšila dĺžkou 15 280 m a hĺbkou 73 m (Vlček a Šmídka, 2007). Čoskoro po jej objave pribudli ďalšie nové jaskyne na venezuelskej hore Chimantá (2698 m n. m.), ktoré spolu s venezuelskými jaskyniami zdrženými okolo prírovodca Ch. Brewera-Caríasa preskúmali a zdokumentovali opäť česko-slovenskí speleológovia v rokoch 2004 až 2007. Jaskyňa Charlesa Brewera (po španielsky Cueva Charles Brewer, anglicky Charles Brewer Cave) s dĺžkou 4800 m je vďakosť svojich dvoch gigantických vetiev bezkonkurenčne najväčšou kvarcitovou jaskyniou sveta (Brewer-Carías, 2005a). Jej dômy s obdĺžnikovým profilom charakteristickým pre kvarcitové jaskyne dosahujú šírku miestami až 100 m (!) a ich plochý strop siahá do výšok až 40 m (!). Objem týchto priestorov je porovnatelný s dosiaľ najväčšími opísanými jaskynnými dómami (tzv. chambers) vo vápencových systémoch Bornea či Novej Guiney. Opisu jaskyne sa venovalo množstvo článkov, hlavne v prestížnych zahraničných žurnáloch (Šmídka, Audy a Mayoral, 2005a, b, c, d, e), ale i v populárno-náučnej literatúre (Šmídka et al., 2004a, b; Audy a Šmídka, 2005a, b; Šmídka, 2005). Na Slovensku výšlo monografické číslo Spravodaja Slovenskej speleologickej spoločnosti venované tejto lokalite (Šmídka, Brewer-Carías a Audy, eds., 2005). Na hore

sa okrem Jaskyne Charlesa Brewera objavilo a zdokumentovalo viacero pomerne rozsiahlych jaskýň, naposledy počas expedície v roku 2007 (Šmíd et al., 2007; Audy, Tásler a Brewer-Carías, 2008; Šmíd et al., 2008a, b), ktoréj sa v podstatnej miere venuje aj tento príspisok. Po prezentácii výsledkov z Jaskyne kryštálových očí sa na horu Roraima vydał venezuelsko-španielsko-anglický speleologický tím, ktorý túto istú jaskyňu premapoval v dĺžke 10 580 m a vedome premenoval na Cueva Roraima sur. Svoje výsledky publikovali členovia tímu najmä v monografičkom čísle bulletinu SVE (Galán a Herrera, 2005; Galán – Herrera a Carreño, 2004; Galán – Herrera a Astort, 2004; Carreño a Urbani, 2004; Carreño a Blanco, 2004; Galán et al., 2004) a v niekoľkých krátkych správach v periodiku Juhoamerickej speleologickej federácie – Fealc (napr. Pérez a Carreño, 2004; Carreño et al., 2005; Galán a Herrera, 2005), i keď v literatúre bol už od roku 2003 kodifikovaný názov Cueva Ojos de Cristal a ďalej sa používal aj v anglofónnej literatúre (Šmíd et al., 2005 a, b). Medzičasom na Wei-Assipu – menšej „sestre“ Roraimy (nazývanej aj Roraimita, 2400 m n. m.) objavili venezuelskí jaskyniar menšie trhlinové jaskyne (Carreño, Nolla a Astort, 2002) a na hore Kukenán zas slovenská výprava našla krátke horizontálne prietokové jaskyne (Vlček a Šmíd, 2007). Masív Cerro Aracaima v brazílskej časti Guayannej vysočiny v roku 2006 odhalil nečakaný objav – jaskyna Abismo Guy Collet (Epis, 2006) má súčasťou jednoduchý priebeh, no siaha do hĺbky až 670,6 m, čím sa stala najhlbšou kremencovou jaskyňou sveta a pri znájom potenciáli kvarcitových masívov sveta predpokladáme, že ňou určite ešte dlhší čas ostane. Takisto Jaskyni kryštálových očí pravdepodobne ešte dlho nebude dĺžku konkurovať žiadna iná kremencová jaskyňa. Na expedícii Chimantá – Roraima 2007, ktoréj sa venuje tento príspisok, boli jej priestory domierané na 16 140 m! (Šmíd et al., 2008 a, b). Dosiaľ na stolové hory Venezuely smerovalo s cieľom speleologickej prieskumu okolo 40 expedícií, preskúmalo a zdokumentovalo sa 18 krasových území a viac než 140 kvarcitových jaskýň so sumárnu dĺžkou okolo 50 km.

#### PREHĽAD DOTERAJŠÍCH NÁZOROV NA VZNIK KRAZOVÝCH JAVOV V KVARCITOCH

Vzhľadom na všeobecne známu nízku rozpustnosť rôznych foriem výskytu  $\text{SiO}_2$  by sme výskyt krasových javov, ako ich poznáme z oblastí budovanými vápencami, mohli v nich oprávnenne považovať za veľmi málo pravdepodobný. Napriek tomu, ako sme už opisovali v predošлом teste, pozorovali sa plne vyvinuté **krasové javy** v kvarcitoch na rozličných miestach sveta.

White et al. (1966) boli prví, ktorí študovali rozpúšťanie kvarcitov v La Gran Sabane a opisovali ich škrapám podobné povrchové formy. Autori sa v citovanej práci vyjadrili, že ak existujú geomorfologické javy typické pre kras na povrchu týchto silikátových hornín, potom tu zákonite môžu existovať podzemné priestory vzniknuté ich rozpúšťaním. Po krátkej diskusii

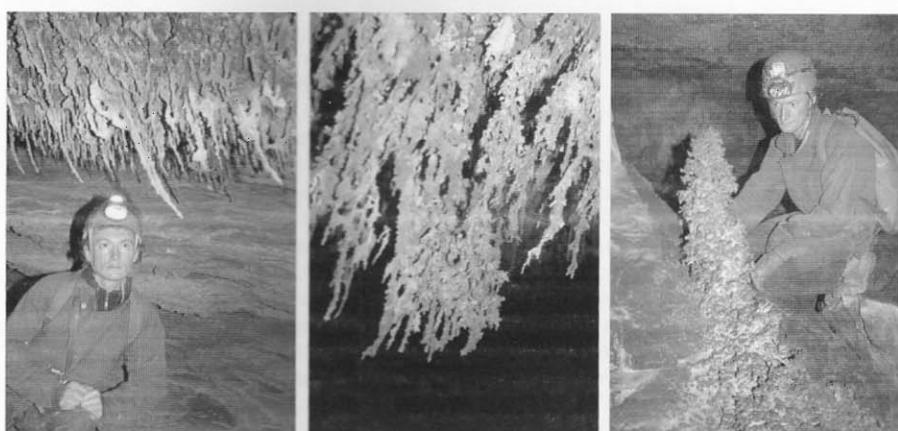
o mechanizme zvetrávania kvarcitov sa vyjadrili, že petrografické a chemické zloženie kremených hornín na tomto území vznik podzemných foriem vzniknutých rozpúšťaním umožňuje.

Názvoslovie označujúce geomorfologickej javy analogické krasu v klasickom ponímaní (horniny obsahujúce  $\text{CaCO}_3$ , resp.  $\text{MgCO}_3$ ) je dlhodobo diskutovanou problematikou. Pôvodné označenie pseudokrasa sa pre rôznorodosť genézy i prostredia vzniku kvarcitových jaskýň veľmi neujoalo. Cigna (1978) zadefinoval pseudokras sensu stricto, kam patria jasky-

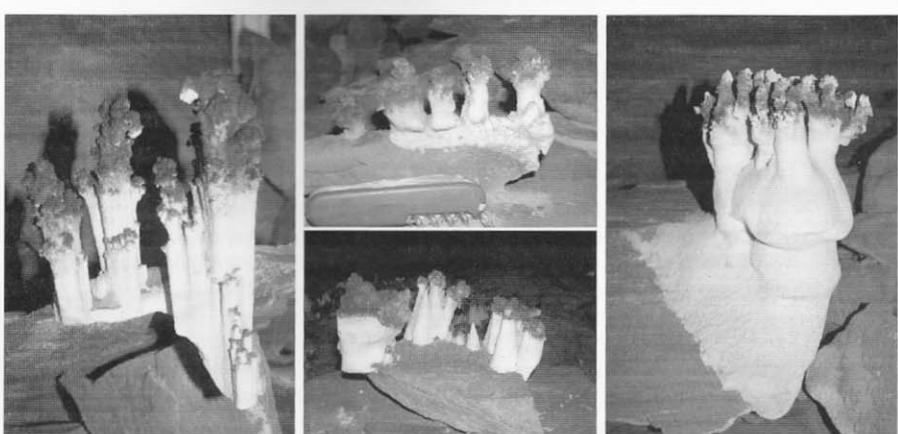
ne vzniknuté výlučne (resp. predominantne) mechanickým spôsobom, bez rozhodujúcej účasti chemicko-fyzikálnych procesov obdobných rozpúšťaniu uhličitanov. Táto definícia zdôrazňuje, že na vzniku pseudokrasových foriem sa nepodieľa chemický ani fyzikálny rozpustný proces. Kvarcitové jaskyne vo Venezuela však vznikli primárne rozpúšťaním, preto sa paralelne zaviedla terminológia krasu v nekarbonátových horninách – parakrase. V rámci parakrasu je dobre vyvinutý krasový fenomén známy v evaporitoch (tachykras) a kvarcitoch



Obr. 6. Niektoré opálové stalaktity sa vyznačujú formou podobnou klasickým sintrovým kvapľom, charakteristickým pre jaskyne karbonátových oblastí. Ich vznik zatiaľ nie je detailne rozluštený. Foto: B. Šmíd  
Fig. 6. Some opal stalactites has typical form, similar to classical dripstone stalactites from carbonate-karst regions. Their origin is not detail resolved yet. Photo by B. Šmíd



Obr. 7. Speleotémy typu Teleraña a koraloïdov vznikajú na kostre tvorenej sieťami pavúkov, stromčekovité stalagmity sú jedinečné a aj v jaskyni Cueva Charles Brewer sa ich nachádza len niekoľko kusov. Foto: B. Šmíd  
Fig. 7. Teleraña-type of speleothems and corraloids are created on the spiders webs, dendritic stalagmites are unique, just few of them occurred in Cueva Charles Brewer Cave. Photo by B. Šmíd



Obr. 8. Speleotémy typu Muñecos, rastúce z dna jaskyne smerom nahor. Foto: B. Šmíd a J. Schlögl  
Fig. 8. Muñecos-type of speleothems, growing upwards from the cave bottom. Photo by B. Šmíd and J. Schlögl

či iných kremenných horninách (**bradykras**). Mikuláš (2003) na základe porozity ako klúčového faktora hydrografie stolových hôr nazval krasový fenomén kvarcitových stolových hôr **porokrasom**, tento termín sa však zatiaľ neujal. Popri členení na základe genetických procesov sa v speleologickej literatúre vyskytuje aj niekoľko nomenklátr založených na typológii hornín. Field (2002) zaviedol termín klastokras pre krasové javy v karbonátových klastických sedimentoch – pieskovcoch a zlepcoch, kde jaskyne vznikajú rozpúšťaním tmelu a uvoľňovaním klastickej zložky. Tento termín však podľa nášho názoru do istej miery možno použiť aj pre kvarcity, kremenné pieskovce a zlepce stolových hôr, a pretože ich kremenný tmel za určitých okolností takisto podlieha rozpúšťaniu, môžeme krasové javy a jaskyne v nich nazvať **kvarcitovým klastokrasm**. Rozpúšťaním atakované zóny v kremenných sedimentoch sa stávajú zvodneniam a kolektormi atmosférickej vody, aj keď horninové prostredie musí mať isté predispozície na vznik týchto krasových javov, ako to vysvetlíme v ďalšom texte.

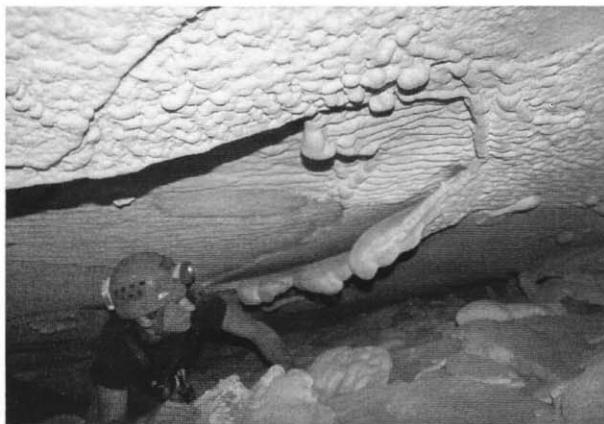
Prvýkrát sa o odvodňovaní stolových hôr vyjadril Ch. Brewer-Carías už v roku 1974. Prvý tiež predniesol teóriu o obrovskom podzemnom kolektore odvodňujúcom Sarisariňamu. Po preskúmaní jaskyň na tejto mesete sa o ich genéze v krátkosti vyjadrili Zawidzki, Urbani a Košar (1976), Urbani (1976 b, c) a ako pravdepodobný vznik šácht na Sarisariňame uvádzajú prepadnutie stropu horizontálnych jaskyň, ktorých zvyšky tu existujú doteraz. Kvarcitové jaskyne podľa nich vznikli v dvoch zásadných fázach: a) vo fáze hydrotermálnej alterácie sa hydrotermálne rozpúšťaním a disolúciou kremitého cementu zmenil i extrémne tvrdý kremenc na drobivý pieskovec; rozpúšťanie prebiehalo vo vertikálnom smere pozdĺž zlomov a v laterálnom pozdĺž plôch vrstevnatosti. Potom, čo erózia odkryla hydrotermálne alterované horniny, v druhom kroku – fáze tvorby samotných jaskyň, začala pozdĺž zlomov prúdiť do masívu meteorická voda, ktorá odnášala oddrobené kremenné zrná a formovala podzemné kanály. Väčšie priestory týchto jaskyň sa vytvárali kolabovaním strofov preexistujúcich podzemných dutín. Azi najkomplexnejšie a najhodnotnejšie príspevky ohľadne genézy kvarcitových jaskyň stolových hôr z pera venezuelských vedcov predstavujú štúdie Galán (1988), Galán a Lagarde (1988), Briceño a Schubert (1992), Pollyau a Seurin (1985) a Urbani (1986). Galán neskôr pokračoval v skúmaní genézy kvarcitového krasu (Galán, 1991; Galán a Herrera, 2005).

O chemizme rozpúšťania kvarcitov existuje stále len minimum poznatkov. Vie sa, že proces je dlhodobý a rozpúšťaním podlieha najmä kremítym tmelom spájajúcim zrná. Odpoved' na otázku, ako je to možné, sa snažili získať hydrogeologovia. Zrejme prvý hydrogeochemický rozbor z mesiet Sarisariňama a Jaua realizoval Herrera (1976). Geochémiu vód na tepuy Chimantá sa v monografii o tejto hore zaoberali Briceño a Paolini (1992). Na horách Acopán, Amurí a Chimantá študoval vplyv vód na koróziu kvarcitového masívu Ipiña (1994), ktorý konštatoval, že aj keď je korózia minimálna, za 40 mil. rokov expozície povrchu hôr atmosférickým vodám tu prebehlo

výrazné krasovatenie. Rozpúšťiacu schopnosť vody na hore Auyan tepuy analyzovali aj Mecchia a Piccini (1999), ktorí zostavili dosiaľ asi najprehládnejšiu publikovanú hydrogeochemickú správu o kvarcitovom krase. Uvádzajú, že voda tečúca po povrchu Auyán tepuy je výrazne kyslá, s pH 3,6 – 4,5. Čistá dažďová voda je prakticky bez obsahu kremíka a tečúca po povrchu tepuy sa obohacuje o tento prvok len veľmi nepatrne. Voda vo vydieračkách po prechode krasovým systémom je však už o kremík výrazne obohatená. Do procesu teda vstupuje iný faktor ovplyvňujúci rozpúšťanie. Povrchová voda pred vstupom do podzemia je výrazne obohatená o organické humínové kyseliny, pochádzajúce z rastlinného pokryvu mesiel. V súčasnosti na základe najnovších poznatkov predpokladáme, že veľký vplyv na vznik a formovanie kvarcitového exo- i endokrasu majú sinice a baktérie. Tieto extrémofily, schopné žiť v nehostinných podmienkach na povrchu tepuy i v úplnej tme v útrobách kremencových jaskyň, patria medzi aktuálne najstudovanejšie problémy výskumu kvarcitového parakrasu. Pri rozpúšťaní kremenných hornín sa ich cesta ani zďaleka nekončí, pretože sinicové zhluky vytvárajú v podzemných priestoroch organické opálové speleotémy(!).

Už prvé články o mineralogických výplniach v jaskyniach Venezuela (Urbani, 1975, 1976a) dokladajú opálové speleotémy v podzemí kvarcitového krasu. Vzorky z Cueva del Cerro Autana analyzuje Urbani (1976a, 1977), dokladá ich mikroskopickými zábermi, avšak vysvetleniu ich štruktúry sa bližšie nevenuje. Urbani (1977) opisuje aj vzorky z jaskyň Cueva El Abismo (Sarisariňama) a Cuevas de Urutany (Sierra de Pacaraima), analyzuje ich chemické zloženie, no nevysvetľuje dosťačne ich genézu. Na neskorších expediciach sa vedci podrobne venovali petrologii, sedimentológií a mineralogii v jaskyniach, ale obmedzovali sa len na krátke opisné zhnutia. Množstvo zmienok venovali hlavne nálezu nového minerálu z jaskyne Cueva del Cerro Autana, ktorý pomenovali na počesť venezuelskej speleologickej

spoločnosti (Sociedad Venezolana de Espeleología so skratkou SVE) ako **sveit** (Martini, 1980; Martini a Urbani, 1984; Urbani, 1981). Študovali morfológiu opálových speleotém, nevysvetlili však dostačujúco ich vznik. V jaskyni Sima de la Lluvia na mesete Sarisariňama dokonca objavili viac než 2 m vysoký stalagmit vytvorený z dovtedy neznámeho železiteho materiálu, o ktorom sa nazdávali, že ide o goethit (Zawidzki, Urbani a Košar, 1976;



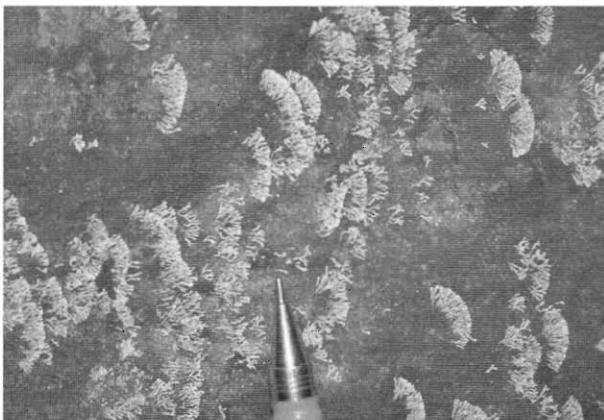
Obr. 9. Speleotémy typu Champignones (šampiňóny) pokrývajú miestami veľké plochy povrchu stien. V jaskyni Cueva Juliana, na obrázku, sa pod váhou speleotém tenká pieskovcová vrstva na stropie prehýba a postupne odpadáva. Foto: B. Šmíd

Fig. 9. Champignones-type of biospeleothems covered someplaces large areas of cave walls surface. In Cueva Juliana Cave, on the Picture, the thin lamina of sandstone bear down by the weight of speleothems. Photo by B. Šmíd



Obr. 10. Biospeleotémy typu Champignones (šampiňóny) sú charakteristické všeobecným rastom. Ich veľkosť dosahuje často i viac než 50 cm. Foto: B. Šmíd

Fig. 10. Champignones-type of biospeleothems are characteristic by omnidirectional growth. The size reaches often more than 50 cm. Photo by B. Šmíd



Obr. 11. Zárodky opálových speleotém tvoria inkrustované dendritické zhluky siníc z radu Nostocales. Foto: B. Šmíd

Fig. 11. The initial forms of opal biospeleothems forms incrusted dendritic clusters of Cyanobacterias. Photo by B. Šmíd

Dyga, Székely a Zawidzki, 1976). Goethit sa pravdepodobne nepotvrdil, pretože ho Urbani (1996) neuvádzal v prehľade jaskynných minerálov zistených vo Venezuele. V tejto práci sa však vyskytujú zmienky o ozajstných skvostoch – opálových kvapľoch z jaskyne Sima de la Lluvia, dlhých miestami až 35 cm a širokých v hornej časti až 2,5 cm(!). Forti (1994) opisuje výskyt opálu, nitrammitu a sadrovcových kryštálov z jaskyne Sima Aonda Superior, nájdeme tu prvú fotografiu sadrovcov (jeso) z kvarcitových jaskýň. Nové, rozsiahle a komplexné poznatky z pozorovania mineralných výplní a opálových speleotém z jaskyne Cueva Charles Brewer priniesli až Aubrecht, Brewer-Carías a Šmídka (2005), Brewer-Carías (2005). Kým v dovedajúcej literatúre sa zjavovali zmienky o speleotémach milimetrových, maximálne niekoľko centimetrových rozmerov, tieto práce sa zakladajú na štúdiu novonájdených a skúmaných speleotém rádovo vyšej veľkosti(!). Ich detailnejším opisom sa ďalej venuje aj táto práca.

Viacerí z horevedených autorov vysvetľujú vznik a vývoj kvarcitového krasu rozpúšťacími procesmi materiálu kvarcitov vplyvom vhodných poveternostných podmienok v kombinácii s extrémne dlhým časovým obdobím, keď sú vystavené chemickému zvetrávaniu, t. j. rozpúšťaniu zrážkovými vodami. Na vysvetlenie vlastného mechanizmu rozpúšťania kremeňa vzniklo viaceru hypotéz, napr. zvyšovanie rozpustnosti hydratáciou kremeňa na opál (White, Jefferson a Haman, 1966) alebo hydrotermálnou alteráciou pozdĺž puklín (Szczepan, Urbani a Colvée, 1977). Niektorí autori (napr. Briceño a Schubert, 1990) sa prikláňajú skôr k vysvetleniu skrasovatenia pravotným rozpúšťaním cementu medzi zrnami a následným mechanickým uvoľňovaním zrín kremeňa. Podľa pozorovaní je zvetrávanie penetratívne pozdĺž plôch styku medzi jednotlivými zrnami a plôch medzi vrstvami (Chalcraft a Pye, 1984; Wray, 1997). Dôležitý je poznatok Gorbushiny et al. (2001), podľa pozorovania ktorých je zvetrávanie kvarcitov na povrchu stolových hôr Venezuely silne ovplyvnené biogennými procesmi; autori podtrhávajú vplyv siníc, húb a lišajníkov.

Niektoří z predchádzajúcich autorov vysvetľovali vznik kvarcitových jaskýň Guayankej vysoko v hydrotermálnej alterácii, rozrušením masívu tektonickými procesmi a rozpúšťaním intergranulárnej výplne horniny (cementu) pozdĺž vrstevných plôch (napr. Zawidzki, Urbani a Koisar, 1976; Urbani 1976b, c). Odnos sprostredkovala meteorická voda prúdiaca v kanáloch novotvorených oddrobovaním kremenných zrín a následná tvorba jaskynných speleotém podľa nich prebiehala precipitáciou opálu za nejasných genetických podmienok. Až Urbani, Compère a Willems (2005) načrtli čiastočne biogenný pôvod opálových speleotém na príklade Sima de los Guácharos na Wei-Assipu tepuy a súčasne Aubrecht, Brewer-Carías a Šmídka (2005), Brewer-Carías (2005) objavili a opísali nové formy biospeleotém z jaskyne Cueva Charles Brewer. Každú teóriu však treba dokázať, a to bolo jedným z dôvodov realizácie Expedície Chimantá – Roraima 2007, na ktorej sa podarilo získať prevratné výsledky (Aubrecht et al., 2007; Lánczos et al., 2007).

## EXPEDÍCIA CHIMANTÁ – RORAIMA 2007

Expedícia Chimantá – Roraima 2007 bola prírodovedeckou expedíciou zameranou takmer výlučne na riešenie geologických otázok týkajúcich sa vzniku a vývoja krasových javov a jaskýň na stolových horách Venezuely. Popri speleologických práciach – objavovaní, mapovaní a dokumentácii jaskýň, začatých na predošlých expedíciach v rokoch 2003 – 2006, sa riešila aj hydrogeochémia, litológia a genéza jaskýň a ich speleotém, odoberali sa vzorky sekundárnych jaskynných výplní na štúdium siníc a ich vplyvu na vznik a formovanie krasových javov v kvarcitoch.

### Lokalizácia územia a geologické pomery

Skúmané územie sa nachádza vo venezuelskej časti Guayanského pohoria (juhovýchodná Venezuela, štát Bolívar), v rohu tvorenom z východu štátnej hranicou s Guayanou a z juhu s Brazíliou. Širšie okolie stolových hôr tvorí odlesnená savana nazvaná La Gran Sabana ( $4^{\circ}30' - 6^{\circ}45' N$  a  $60^{\circ}34' - 62^{\circ}50' W$ ) v hornej časti povodia rieky Caroní, jedného z hlavných prítokov rieky Orinoco. Toto územie sa niekedy zvykne nazývať aj Guayana čiže „Zem vód“. Stolové hory sú súčasťou národného parku **Canaima** s výmerou 3 mil. ha. V celej Venezuele sa nachádza okolo 100 stolových hôr, v národnom parku z nich leží asi polovica. Najrozľahlejšie z nich majú rozlohu až  $700 \text{ km}^2$  (Auyán tepuy), naopak najmenšie veľkosť vrcholového plato iba niekoľko hektárov (Autana). Canaima patrí vďaka svojim svojráznym prírodným krásam medzi najznámejšie a turisticky často vyhľadávané regióny sveta. Nachádza sa tu niekoľko najvyšších vodopádov sveta, vrátane toho najvyššieho, Salto Angel s výškou 979 m. Explorovaná hora Roraima je hraničným bodom medzi Venezuelou, Brazíliou a Guayanou, horská skupina Macizo Chimantá sa nachádza asi 150 km západnejšie.

Širšie okolie oblasti Gran Sabana budujú horniny **Guayanského štítu**, ktorý predstavuje severný segment Amazónskeho krátonu. Guayanšký štít sa rozprestiera na ploche asi  $900\,000 \text{ km}^2$  v oblasti medzi riekami Amazonka a Orinoko na území piatich krajín (Venezuela, Guiana, Surinam, Francúzska Guiana a Brazília). Patrí medzi najrozšiahléjšie a zároveň z geologického i speleologického hľadiska najmenej preskúmané paleoproterozoické entité. Stolové hory sú tvorené horninami **skupiny Roraima**, pozostávajúcimi z pieskovcov so zdrojovou oblasťou v „Transamazónskom pohorí“ ktoré boli deponované v predoblúkovej panve v prostredí divočiacich riek, delta a plynktého mora, ale prevažujú v nich piesočnaté kontinentálne depozity (Reis et al., 1990 ex Santos et al., 2003). Sedimentácia dobre vytriedených kremenných pieskov v deltách veľkých riek, v epikontinentálnych moriach a kontinentálnych panvach je väčšinou rýchla a pomerne stála, jej výsledkom teda môžu byť súvrstvia masívnych alebo hrubolavcovitých pieskovcov desiatky až stovky metrov hrubých. Uvedené sedimentačné prostredia sú viazú na nadložie kontinentálnej kory, t. j. tektonicky veľmi stabilné regióny, čoho výsledkom sú subhorizontálne uložené pakety hornín bez výrazných vrássových alebo zlomových porušení,

typických pre aktívne oblasti. Horniny skupiny Roraima, vytvárajúce tabulárne plateau, kvesty a kozie chrby čnejúce ponad paleoproterozoické podložie, majú hrúbku od 200 m do vyše 3000 m. Maximum dosahujú v náhornej plošine Pacaraima, odkiaľ je skupina najlepšie opísaná. Pozostáva z nasledujúcich jednotiek v postupnosti od najspodnejšej k najvrchnnejšej: Arai, Suapi (Uiramutá, Verde, Pauré, Cuquénan, Quinó), Uaimapué a Mataú (Reis a Yánez, 2001). Stolové hory sa vytvárali najmä v rámci jednotky **Mataú**. Pozdĺž severnej hranice náhornej plošiny Paracaima prekrýva 2,25 – 2 Ga staré transamazonánske kryštalinikum (skupiny Pastora a Carichapo), kym pozdĺž južného okraja sa v jej podloži nachádzajú vulkanické jednotky Uraicaá, Surumu a Pacaraima (1,96 Ga; Schobbenhaus et al., 1994 ex Santos et al., 2003). Vek hornín najvrchnnejšej časti skupiny Roraima stanovený na základe U-Pb metódy v zirkónoch v zelených tufoch formácie Uaimapué je  $1873 \pm 3$  Ma (Santos et al., 2003). Výprava Chimantá – Roraima 2007, zameraná na masívy Chimantá a Roraima, skúmala jaskyne v najvrchnnejšej zóne týchto mesties, budovanej výlučne kvarcitmi, pieskovcami a zlepencami jednotky Mataú.

### Účastníci výpravy a topografická schéma priestoru

Expedícia Chimantá – Roraima 2007 sa zúčastnili speleológovia zo 4 krajín. Organizačorskou krajinou bola pozývajúca Venezuela, ktorej tím sformovaný okolo Charlesa Brevera-Caríasa tvorili dobrodruh Federico Mayoral a herpetológ César Barrio. Najpočetnejšou skupinou bolo slovenské jaskyniarske jadro, zložené zo speleológov/geológov Branislava Šmídu, Lukáša Vlčeka, speleológov Zoltána Ágha, Erika Kapuciana, geológov Romana Aubrechta, Jána Schlegla a geochemika Tomáša Lánczosa. Český tím tvorila jaskyniarisko-fotografická trojica Marek Audy, Radko Táslér a Richard Bouda. Zostavu jaskyniarov uzatvárala chorvátska dvojica Mladen Kuhta a Robert Dado. Na výprave sa zúčastnili aj členovia tímu materiálnej podpory a prípravy (Ben Williams, Igor Elorza), televízny filmársky štáb BBC a žurnalistka Ian James za Associated Press zo Spojených štátov.

V rámci výpravy sa realizovali 3 tábory na stolovej hore Chimantá. Prvý venezuelsko-chorvátsky-slovenský tábor bol umiestnený v marginálnej časti kompaktného stupňovitého plato východne od centrálnej časti s. – j. orientovanej zlomovej zóny Chimanty, ktorý sa využíval počas prvej polovice pobytu na hore. Od tialto podnikali jednodenné výpravy do vnútra tektonickej zóny, kde objavovali a mapovali niekoľko nových veľkých jaskýň paralelných s traktom Cueva Charles Brewer a mapovali v minulosti objavenú jaskynu Cueva Cañon Verde. Výnimkou bol dvojdenný pochod s bivakov, ktorý zrealizovala trojčlenná slovenská skupina na sever hory k jaskyni Sima Noroeste. Severne od základného tábora si umiestnili kemp českí jaskyniari, bádajúci v blízkej novoobjavenej jaskyni Cueva de la Araña. Ich pobyt v blízkosti tábora sa viazal na celý čas výpravy. V druhej polovici pobytu na Chimante, po prílete Ch. Brevera-Caríasa a filmárského tímu, sa premiestnil base camp do vstupného portálu Cueva Charles Brewer, odkiaľ sa podnikali vý-

pravy dovnútra jaskyne a do jej blízkeho okolia v tektonicky porušenej zóne západne od tábora. Interné presuny v rámci hory boli hlavne pešie; na horu a z nej či na niektoré vzdialenejšie miesta hory (presun prvý tábor – Cueva Charles Brewer, Cueva Charles Brewer – Cueva Juiana) sa presúvalo viacfázovo vrtuľníkom.

Časť výpravy prebiehajúca na hore Roraima sa realizovala peším výstupom na mesetu, presunmi v rámci nej i zostupom do indiánskej dedinky Parai-tepui. Základný tábor sa vybudoval v jaskyni blízko južnej hrany Roraimy a v rámci pobytu na hore sa uskutočnila jedna dvojdenná prieskumná výprava do Gyauanskej časti Roraimy k jazeru Lago Gladys. Na prieskume v masíve Roraima sa podieľala slovenská časť výpravy a dva dni tu pôsobili i dva chorvátski a jeden venezuelský jaskyniar.

#### Výsledky speleologickej prieskumu

V rámci expedície sa v masívoch Chimantá a Roraima objavilo, preskúmalo a zdokumentovalo niekoľko významných jaskýň, častočne prezentovaných v krátkych článkoch (Audy – Tásler a Brewer-Carías, 2008; Šmíd et al., 2007; Šmíd et al., 2008a, b).

**Sistema de la Araña (Pavúčia jaskyňa).** Jeden z vchodov do druhej najdlhšej jaskyne mesety po Cueva Charles Brewer lokalizoval Ch. Brewer-Carías počas prieskumného helikoptérového letu v roku 2005. Územiu sa počas výpravy 2007 venovala autonómna česká trojica speleológov, ktorá zlanila z najvyššieho

platô hory do rozoklanej poloootvorenej megadepresie a jaskyňu preskúmala v zameranej dĺžke zatial 2,5 km. Jaskyňu tvoria dve subparallelné vetvy. Mohutnejšia Galería la Cortina je asi 350 m dlhá, 30 – 40 m široká a vychádza na opačnej strane do otvoreného kolapsu Sima Occidental. Galería la Araña je 20 – 30 m širokou chodbou, ktorú po asi 400 m úseku presekáva asi 100 m dlhá grieta. Druhá polovica vetvy je kompliknejšia, preteká ľhou slabší aktívny tok, formujúci početné jazerá. V chodbe sa nachádzajú vadozne zárezy, kaňony a unikátnie sformované stĺpoviská so stokami(!) pieskovcových stôpov. Jaskyňa sa tu končí mohutnými závalmi. Medzi oboma vtvami je vytvorená menšia chodba (Galería Cocotal), morfológiu veľmi podobná chodbám v Cueva Ojos de Cristal na Roraime. Podrobňa mapa, opis a fotografie tejto jaskyne sa nachádzajú v článku autorov Audy – Tásler a Brewer-Carías (2008).

**Cueva del Diablo (Pekelná diera).** Vchody do tretej najdlhšej jaskyne nami skúmaného čiastkového platô Chimanty sa nachádzajú v dne 80 m hlbokej členitej prepadliny s rozmermi asi 80 × 200 m. Z jej dna vybieha na sever mohutná, 400 m dlhá priamočiara fosílna chodba s priemernými profilmi 30 – 40 × 10 – 15 m. Končí sa dómom s priemerom 80 m a výškou 60 m (Gran Caverna de Barabáš), ktorý je presvetlený otvorenou trhlinou z vrchu. Za ním jaskyňa pokračuje už len asi 100 m dlhým výbežkom so závalom. Pod protiahľou perifériou vstupného kolapsu pokračuje jaskyňa tzv. Južnou vtvou, mohutnou aktívnu riečnou

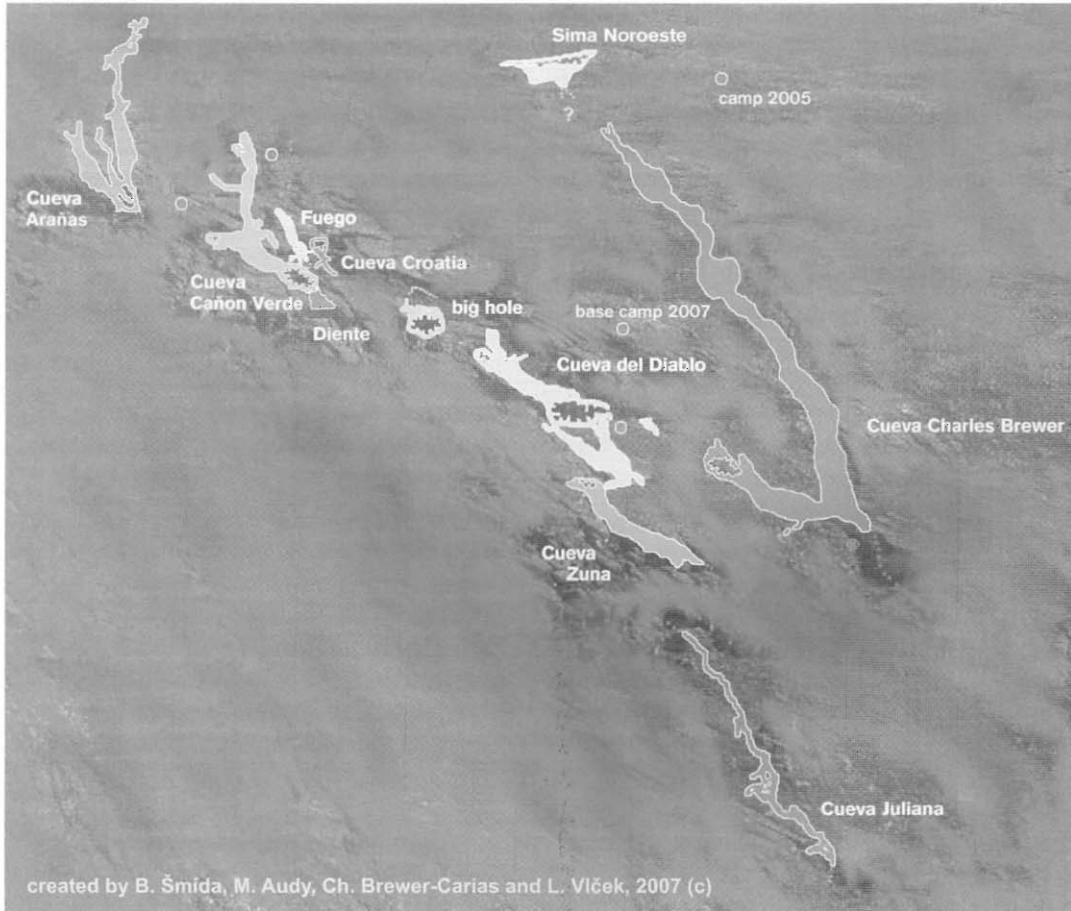
chodbou rozmerov 15 – 20 × 30 – 50 m, v časti Gran Galería de Ben Williams rozšírenou na takmer 80 m. Chodba sa vtvárik a pokračuje dvojmi priestrannými galériami, dĺžkou niekoľko sto metrov. Pre lokalitu sú typické korodované formy speleotém typu „Champignones“ a až 3 m dlhé(!) robustné speleotémové formácie typu „Teleraña“, visiacie najmä na hraniach stropov chodieb blízko osvetlených vstupov. Jaskyňa je charakteristická speleotémami v senilnom štadiu vývoja. V jej vchodech sú pozostatky vegetácie špecificky zvetrané do až 1 m hrubého prachového pokryvu. Lokalitu sme objavili, preskúmali a zamerli na expedícii v roku 2005. Značná časť scén filmu Tepuy (Barabáš, 2007) bola nakrútená práve v tejto lokalite a jej okolí. Jej vstupný kolaps sme pôvodne pokladali za možné pokračovanie chodby Guácharos v jaskyni Cueva Charles Brewer, ktorá je ukončená závalom. Ukazuje sa však, že línie ich chodieb na seba nenadvádzajú, ide teda zrejmé o samostatné, paralelne vyvinuté systémy. Zameraná dĺžka jaskyne Cueva del Diablo je 2,3 km.

**Cueva Cañon Verde (Zelený kaňon).** Jaskyňu našla v roku 2005 slovensko-venezuelská trojica. Preskúmali ju z tzv. 2. platô, zlanením do cca -100 m hlbokého uzavretého kolapsu s priemerom asi 80 m. Na jeho dne prenikli skalnou trhlinou do 300 m dlhej a 20 – 40 m širokej galérie s vodným tokom. Vtvárik pokračuje cez závaly smerom nahor do 250 m dlhej chodby s výškou 10 – 20 m a šírkou 30 – 50 m, z oboch strán vyúsťujacej na povrch v skalných depresiach zarastených džungľou. V jaskyni

sme počas expedície našli pokračovania a zmapovali sme ju v dĺžke 1,2 km. Genetickou súčasťou jaskyne je oválne prepadisko 50 × 80 m (zrútené pôvodné pokračovanie jaskyne), ktoré priamo nadvázuje na skalnú bránu Puente de Diana.

**Puente de Diana (Dianin most).** Počas prieskumného helikoptérového letu v roku 2005 sa zo vzduchu lokalizoval 150 m široký jaskynný portál. Pri fyzickom prieskume na expedícii 2007 sme však zistili, že ide len o skalnú bránu, širokú asi 50 m, a s nou súvisiace vnútromasívové praskliny a odtrhy.

**Cueva de Bautismo del Fuego (Krst ohňom).** Jaskyňa sa lokalizovala na výprave 2007. Jej 400 m dlhý trakt tvorí systém 8 – 30 m hlbokých, vzájomne poprepájaných trhlin, labyrintov a menších prepádkov, ktoré spadajú až na menej prieplustnú bázu kvarcitov, kde sa nachádza rozľahlejšia horizontálna chodba s aktívnym vodným tokom. Je možné, že táto riečka je zhodná s tokom znáym v Cueva Cañon Verde. Obe jaskyne zrejmé spolu geneticky súvisia.



created by B. Šmíd, M. Audy, Ch. Brewer-Carías and L. Vlček, 2007 (c)

Schematická lokalizácia novoobjavených jaskýň na hore Macizo Chimantá. Mapka: B. Šmíd, M. Audy, CH. Brewer-Carías, L. Vlček  
Schematic location of the new-discovered caves on Chimantá table mountain. Created by B. Šmíd, M. Audy, Ch. Brewer-Carías & L. Vlček

**Cueva Croatia.** Jaskynu lokalizovala chorvátska dvojica na výprave 2007. Podľa ich informácií ide o mikrosystém podobne korozívne premodelovaných sácht a ich spojok, aké sú známe v spodných partiach jaskyň na Auyán tepuy. Dĺžka cca 150 – 200 m, hĺbka niekoľko desiatok m. Lokalita má zrejme genetickú afinitu k jaskyni Cueva de Bautismo del Fuego a možno aj ku Cueva Cañon Verde.

**Cueva Julianá.** Rieka, ktorá vytieká z jaskyne Cueva Charles Brewer, tečie ďalej po povrchu údolím tvaru širokého U, o ktorom sa domnievame, že ide o prepadnutú jaskynu vzniknutú spätnou eróziou. Po asi 1 km toku sa v nôm nachádza 30 m vysoký skalný prah, z ktorého padá vodopád. Pralesná depresia pod ním je zavalená blokmi, bez evidentného povrchového odtoku. Smerom späť do vnútrozemia spod prahu vybieha odhadom 1 km dlhá jaskyňa. Za vstupným portálom širokým 15 m pokračuje nízka, najviac do 5 m, prevažne však len 1 – 2,5 m vysoká chodba. Niektoré úseky však tvoria i široké ploché plazivky sotva 50 cm vysoké, veľmi podobné chodbám v Cueva Ojos de Cristal na Roraimě. Jaskynu na niekoľkých miestach predefinujú malé griety, spájajúce horizontálne chodby s povrhom. Zaujímavé je, že „šampiňónové“ speleotémy sú v jaskyni vyuvinuté ešte vo fotkej, pomerne dobre presvetlenej zóne.

**Cueva Tetris.** Na obrázku s lokalizáciou jaskyň sa nachádza v mieste tzv. big hole. Ide o obrovskú, dnes už polootvorenú depresiu na križovatke niekoľkých griet, zrejme priestor po zrútení plafónov významnejšej staršej

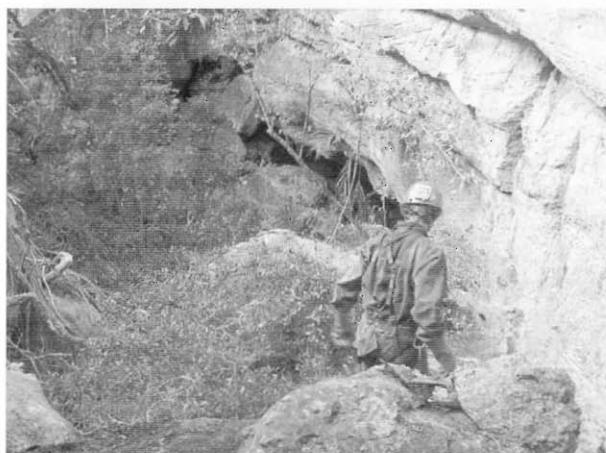
jaskyne. Má hĺbku cca -100 m. V tejto pozícii sa dajú očakávať pokračovania galérií Cueva del Diablo alebo aj chodby Guácharos. Preskúmali sme tu však len krátku blokoviskovú jaskyňu pod východnou stenou prepadliny, dlhú 150 m a hlbokú 40 m. Nevylučujeme však úplne, že niekde pod obrovskými blokmi, v trhlinách vybiehajúcich z nej existuje spojnica na nejaký priestraný horizontálny jaskynný ľah.

**Cueva Zuna.** Jaskyňa sa nachádza v 40 m hlbokom jaskynnom kolapse juhozápadne od vchodu do Cueva Charles Brewer. Tvorí ju jedna plochá priestraná chodba rozmerov až  $20 \times 6$  m, prerušená z oboch strán otvorenými závalmi. Zo severu na ňu za vstupným kolapsom nadväzuje Cueva del Diablo, z juhu jaskyňa vyráža do skalného vežoviska, kde v minulosti pokračovala v smere na Cueva Julianá. V jaskyni sa nachádza aktívny vodný tok s niekoľkými prítokmi, ktorý sa tratí v blokovisku. Pokračovanie na juh je dnes zrútené. Jaskyňa má zameranú dĺžku 313 m.

**Sima Noroeste.** Túto lokalitu sme preskúmali v očakávaní možného pokračovania Cueva Charles Brewer počas expedície 2005.

Ide o obrovskú tiahlu, no zo všetkých strán uzavretú grietu, s vonkajším ústím prinajmenej  $400 \times 60$  m, preskúmanú do hĺbky -130 m. Dno lokality je však ľahko priechodné, zatarené balvanmi. V dnoch partiach pod zaklinenými balvanmi predpokladáme pokračovanie do horizontálnych chodieb. Vodopád spadajúci po východnej stene pripasti z by mohol byť čiastkovou zdrojnicou vod severovýchodnej vetvy Cueva Charles Brewer.

**Cueva con Columnas.** Ide o iniciaľný „stĺpovity“ jaskynný systém, podobný jaskyniam na Roraimě alebo na Kukenáne. Výška



Obr. 12. Vchod do jaskyne Cueva Tetris na dne 100 m hlubokého, džungľou porasteného krasového kolapsu. Foto: E. Kapucian  
Fig. 12. The entrance to Cueva Tetris Cave situated on the bottom of 100 m deep collapse, covered by jungle. Photo by E. Kapucian



Obr. 13. Jazero Lago Gladys – príprava na zostup k jaskyni Cueva de Lago Gladys (Cueva del Vencejos). Foto: L. Vlček

Fig. 13. Lago Gladys Lake – descent to Cueva Lago Gladys Cave (Cueva del Vencejos). Photo by L. Vlček

chodieb dosahuje 1,5 – 2 m, sú labyrintovité. Jaskyňu sme nezameriavali ani bližšie neskúmali, odhadovaná dĺžka je niekoľko 100 m.

**Cueva Ojos de Cristal (Jaskyňa kryštálových očí).** Na expedícii sme pripojili k znáym časťam horizontálneho riečneho systému Jaskyne kryštálových očí na Roraimě aj dve jaskyne najvyššej známej vývojovej úrovne systému – Cueva de Gilberto a Fragmento Marginal, objavené v roku 2003. Tie-to jaskyne sú navzájom prielezne prepojené a od jaskyne Cueva Ojos de Cristal ich oddeľoval len neveľký kolaps, zakončený bývalou jaskynou Cueva Asfixiadora, ktorá sa po roku 2006 stala súčasťou Jaskyne kryštálových očí. Prepojením týchto jaskyň do jedného polygónového ľahu vznikol jaskynný systém dlhý 16 140 m, čím si Jaskyňa kryštálových očí potvrdila svoje prvenstvo najdlhšej kvarcitovej jaskyne sveta.

**Cueva de los Vencejos (Cueva Lago Gladys).** Jaskyňu prebádal už roku 1997 Ch. Brewer-Carías. Je ponorovou jaskynou zbierajúcou vodu z jazera Lago Gladys v Guyanskej časti Roraimy. Jaskyňa predstavuje jedna rozmernej plochá chodba, v smere do odtoku končiacia sifónom. Jaskynná chodba pravdepodobne vyráža do steny Roraimy niekde v oblasti Provy, kde sa nachádza množstvo nepreskúmaných vertikálnych trhlin, desiatky až stovky metrov hlubokých.

#### Výsledky speleologických výskumov

Počas expedície sa nám podarilo uskutočniť detailný a komplexný prírodovedecký výskum krasu v podzemí i na povrchu mesiel Chimantá a Roraima. Odobraté vzorky sa úspešne previezli na laboratórnu analýzu do Európy. V Cueva Charles Brewer sa realizovali podrobne geoprofilovania, spojené s odbermi vzoriek hornín zo stien na mikroskopickú analýzu výbrusov. Vzorky sa odoberala aj z opálových speleotém, minerálnych výplní, vody i živých kultúr mikroorganizmov budujúcich biogénne opálové speleotémy.

Na vytypovaných miestach podzemnej rieky v Cueva Charles Brewer, v Cueva Ojos de Cristal, ale aj na iných lokalitách v podzemí i na povrchu planín (riečky, močariská) sa odoberala a analyzovala voda. Merala sa konduktivita, teplota, prietoky, spektromet-



ricky stanovené obsahy Fe, Al,  $\text{SiO}_4^{4-}$ ,  $\text{PO}_4^{3-}$ ,  $\text{NO}_3^-$ ,  $\text{Cl}^-$  a kyselinová kapacita; na laboratórnu analýzu sa odobrali vzorky na stanovenie izotopov O a H. Aj venezuelskí špecialisti na biológiu odobrali bohatý materiál na analýzu. Zaujímavý je výskyt veľmi zriedkavého fosfátového minerálu **sanjuanitu**.

Expedícia priniesla aj iný pohľad na genézu kvarcitových jaskýň. Na základe našich výskumov jaskýň a povrchu stolových hôr sme dospeli k presvedčeniu, že jednou z podmienok vývoja krasu v kremencoch je predispozícia samotných kvarcitov vo forme striedania vrstiev pieskovcov s rôznou zrnitosťou. Zrnitosť a z nej vyplývajúca hydraulická vodivosť hornín má zásadný vplyv na prestop diagenetických roztokov gravitačne presukujúcich cez súvrstvie smerom dole. V jemnozrnných vrstvach, kde roztoky rovnomerne vyplňovali voľný priestor medzi zrnamenami pôvodne nespevneného piesku, vznikali rovnomerne kremenným tmelom diageneticky spevnené lavice, pomerne odolné voči zvetrávaniu. Pokiaľ sa pod jemnozrnnou vrstvou nachádza hrubo-zrnnejšia s vyššou hydraulickou vodivosťou, dochádza pod vplyvom gravitácie k zrýchlenému prúdeniu v niekoľkých samostatných prstovitých prúdoch (*finger flows*). Tento jav podrobne opísali viacerí autori zaoberajúci sa transportnými procesmi v nenasýtej zóne zvodneného horninového prostredia a v pôdach. V hrubo-zrnných polohách kvarcitov masívov Chimantá a Roraima sú prstové prúdy veľmi dobre zachované v podobe akýchsi stĺpov tvaru presýpacích hodín, spevnených kremenným tmelom, okolo ktorých sa vyskytuje menej prekremenéný, až takmer nespevnený piesok odnášaný vodou alebo vetrom. Takýmto spôsobom vznikajú iniciálne jaskynné priestory v podobe nižších chodieb so stropom podopretým spevnenými stĺpmi – teda fosilizovanými prstovými prúdmi. Postupne nastáva k stenčovaniu stĺpov v dôsledku rozpúšťania tmelu, ako aj abráznych procesov, ktoré vedie k zrúteniu stropov, a tým k zväčšeniu jaskynných priestorov. Týmto spôsobom vznikajú gigantické podzemné priestory Cueva Charles Brewer na masíve Chimantá. Vo finálnej fáze senilného štátia tvorby jaskyne dochádza ku kolapsu jaskynných priestorov, čím sa otvoria až na povrch vrcholovej plošiny, ako je to napr. v prípade známych jaskýň na Sariarijame alebo Chimante.

Popri týchto procesoch sa v kvarcitoch prejavuje aj rozpúšťanie. Analýzou vzoriek vód odobratých v jaskynných priestoroch sme identifikovali korozívne rozpúšťanie kremeňa a/alebo kremenného tmelu vplyvom nenasýtených vód zrážaných na stene jaskýň zo vzdušnej vlhkosti v Cueva Charles Brewer a Cueva Ojos de Cristal na hore Roraima. Tiež sme zistili zvyšujúcu sa koncentráciu rozpusteného  $\text{SiO}_2$  a mernej elektrickej vodivosti vzoriek v smere prúdenia vody v jaskynnom systéme na Roraime, čo poukazuje na kineticky kontrolované rozpúšťanie materiálu kremencov. Procesy rozpúšťania majú za následok aj vznik opálových speleotém.

Často opisované zvláštne opálové speleotemy, ktoré sa vyskytujú v kvarcitových jaskyniach skúmaných masívov, sú svojou podstatou mikrobiálny. Biogenný a mikrobiálny pôvod speleotém načrtli už Aubrecht, Brewer-Carías

a Šmídá (2005), Brewer-Carías (2005), no najnovšie na základe výsledkov nadobudnutých počas tejto expedície sa tejto problematike detailne venujú Aubrecht et al. (2007, 2008), Lánczos et al. (2007). Speleotemy predstavujú rôzne nátekové formy anorganického pôvodu, pomerne častejšie sú vztýčené formy, ktoré vznikli mikrobiálnou akumuláciou. Pri speleologickom prieskume sa rozlíslo vyše 10 rôznych tvarových foriem (Brewer-Carías, 2005), najčastejšie sú „šampiňóny“ (Champignones), „panáčiky“ (Muñecos), „čierne koraly“ (Corales negros) a zvláštne formy – „pavučinové stalaktity“ (Teleraña), vzniknuté inkrustáciou pavučin visiacich zo stropu. Napriek rôznym tvarom ide všeobecne o mikrobiálny, ktoré majú pomerne jednotnú základnú stavbu. Keďže majú laminovanú štruktúru, možno ich nazvať stromatolitmi. Najčastejšie pozostávajú z centrálnego tmavého kompaktného stromatolitu a vonkajšej bielej vrstvy pripomínajúcej kriedu. Výskum pomocou optickej a elektrónovej mikroskopie ukázal, že centrálny kompaktný stromatolit je jemne laminovaný a na jeho stavbe sa podielajú pravdepodobne cyanobaktérie radu *Oscillatoriales*, ktoré pripomínajú rod *Phormidium* a *Cyanostylon* (alebo *Entophysalis*) z radu *Chroococcales*. Vonkajšiu kriedovitú vrstvu tvoria biele peloidy, usporiadane v laminách. Ich mikrobiálne komponenty sú v väčšej časti zotreté; zachované sú len v najvrchnejších, najmenej inkrustovaných vrstvičkách. Výskum ukázal, že ide s najväčšou pravdepodobnosťou o sinice z radu *Nostocales*. Kým sinice formujúce speleotemy vo vstupných častiach jaskýň opisované napr. z Japonska alebo Oregonu, USA (Kashima – Teruo a Kinoshita, 1987; Kashima a Takanori, 1995) sa viažu na vstupné časti jaskýň, a teda fotickú zónu, sinice v nami opisovaných jaskyniach sa zrejme prispôsobili heterotrofnému spôsobu života (nostoky dokonca zvyčajne žijú heterotrofné aj v iných podmienkach, napr. v lišajníkoch a výšších rastlinách, a ich hlavným zdrojom výživy je fixácia dusíka). Mikroskopickou analýzou sa zistilo, že aj tmavočervené

lepkiavé bahno – tzv. *barro rojo*, má štruktúru tvorenú zatiaľ neurčenými špirálovitými mikroorganizmami. Na druhovú determináciu týchto extrémofílnych organizmov je potrebná DNA-analýza živého materiálu z odobraných vzoriek. Vybrané vzorky speleotém sa podrobili



Obr. 14. Stĺpovitá štruktúra vypreparovaných sedimentárnych prstových paleoprúdov. Foto M. Audy, R. Tásler a R. Bouda

Fig. 14. Columns of paleosedimentary finger flows structures. Photo by M. Audy, R. Tásler and R. Bouda



Obr. 15. Aké biochemické procesy spôsobujú koróziu extrémne odolného kremeňa – to je otázka, na ktorú sa pokúšame nájsť odpoved. Kremenný obliak z Roraimy. Foto: T. Lánczos

Fig. 15. What for biochemical process caused the corrosion of extremely resistant quartz? This is the question, for which we try to find the answer. Quartz boulder from Roaraima surface. Photo by T. Lánczos



Obr. 16. Priemerná chodba v Cueva Charles Brewer, Chimantá. Foto: M. Audy

Fig. 16. The common passage in Cueva Charles Brewer Cave in Chimantá massif. Photo by M. Audy

rtg. difrakčnej práškovej analýze a identifikoval sa v nich opál-A. Podrobnejšou mineralogickou identifikáciou zatial prešli šampiňónovité krasové útvary s výrazne kolomorfou a vrstevnatou textúrou, dobre pozorovateľnou na ich prierezech. Pomocou ramanovej spektroskopie sa v opálovej hmote identifikovali dobre zaoblené zrná kremeňa, okolo ktorých boli dobre pozorovateľné kolomorfné textúry, charakteristické pre vznik opálu-A polymerizáciou kyseliny kremičitej ( $H_4SiO_4$ ).

#### Potenciály budúceho prieskumu a výskumu

Podzemná drenáž masívov stolových hôr Chimantá a Roraima je stále preskúmaná len do malej mieri. Až ďalšia speleologická expedícia ukáže, či sa podarí objaviť začiatok – ponorovú zónu jaskyne Cueva Charles Brewer.

Odvodňovanie do centra Roraimy, ktoré sme v minulosti predpokladali, sa takisto dosiaľ nepodarilo objaviť. Predpokladáme, že neprebrádané podzemie stolových hôr je rozsiahle a zatial poznáme len jeho nepatrný zlomok. Len v masíve Chimanty by sa teoreticky malo nachádzať niekoľko paralelných, navzájom geneticky súvisiacich systémov akejsi deltovej anastomóznej pôdorysnej textúry, ako je to v menšej mierke na Roraime v prípade Cueva Ojos de Cristal. Jedným z najvýznamnejších krovok v našom výskume je štúdium opálových speleotém biogenného pôvodu, aké sa vyskytujú v skúmaných jaskyniach. Naše doteraz prezentované a publikované výsledky sú ešte iba začiatkom výskumného procesu týkajúceho sa biospeleotém. Štúdiom extrémofilov sa v súčasnosti zaoberá mnoho výskumných tímov tých najprestížnejších prav-

covísk po celom svete. Spolu práca s vedcami v tomto mainstreamovom smere je základom nášho úspechu. V tomto duchu sa nesie aj nasledujúca pripravovaná expedícia na stolové hory Venezuely, plánovaná slovenskými, venezuelskými a českými speleológmi v spolupráci s vedcami Univerzity Komenského v Bratislave na rok 2009.

#### **Podákovanie**

Ďakujeme agentúre APVV za poskytnutie grantu č. 0251-07, agentúre VEGA za grant č. 1/0246/08 a Ministerstvu školstva SR za podporu a pomoc pri vedeckej časti projektu. Naša vďaka patrí aj mnohým našim dobrým venezuelským a slovenským priateľom, ktorí nám poskytli materiálnu pomoc alebo fyzickú či psychologickú podporu.

#### LITERATÚRA

- AUBRECHT, R. – BREWER-CARÍAS, CH. – KOVÁČIK, L. – MAYORAL, F. – SCHLÖGL, J. – ŠMÍDA, B. – VLČEK, L. – LÁNCZOS, T. 2007. Microbial composition of opal stromatolites in Venezuelan sandstone caves. *9<sup>th</sup> International Symposium on Fossil Algae, Croatia*, 204–205.
- AUBRECHT, R. – BREWER-CARÍAS, CH. – ŠMÍDA, B. – AUDY, M. – KOVÁČIK, L. 2008. Anatomy of biologically mediated opal speleothems in the world's largest sandstone cave Cueva Charles Brewer, Chimantá Plateau, Venezuela. *Sedimentary Geology*, Elsevier, Amsterdam, 203, 181–195.
- AUBRECHT, R. – BREWER-CARÍAS, CH. – ŠMÍDA, B. 2005. Opálové biospeleotemy jaskyne – petrografická analýza. In: Šmíd, B. – Brewer-Carías, Ch. – Audy, M. (eds.): *Cueva Charles Brewer – najväčšia kvarcitová jaskyňa sveta*. Spravodaj Slovenskej speleologickej spoločnosti (mimoriadne číslo), Liptovský Mikuláš, 36, 3, 84–96.
- AUDY, M. – ŠMÍDA, B. 2003. Kryštálové oči (Československá výprava do kremencového krasu venezuelské Guyany). In Bosák, P. – Novotná, J. (eds.): *Speleofórum 2003*, Česká speleologická společnost, Praha, 22, 60–63.
- AUDY, M. – ŠMÍDA, B. 2005a. Jeskyně Charles Brewer. Mamutí jeskyně v kvarcitech Guyanské vysociny. *Vesmír*, Praha, 84 (135), 1, 20–29.
- AUDY, M. – ŠMÍDA, B. 2005b. Největší kvarcitová jeskyně světa Cueva Charles Brewer. In Bosák, P. – Novotná, J. (Eds.): *Speleofórum 2005*, Česká speleologická společnost, Praha, 24, 58–62.
- AUDY, M. – TAŠLER, R. 2008. Tepui 2007 – Sistema de la Araña. In Bosák, P. – Novotná, J. (eds.): *Speleofórum 2008*, Česká speleologická společnost, Praha, 27, 44–49.
- AUDY, M. 2003. Kremencový kras venezuelské Guayány. *Vesmír*, Praha, 82 (133), 5, 256–265.
- AULER, A. S. 2002. Karst areas in Brazil and the potential for major caves – an overview. *Boletín de la Sociedad Venezolana de Espeleología*, Caracas, 36, 29–36.
- BARABÁS, P. 2004. Amazonia Vertical. K2 Studio, Bratislava, DVD video, 63 min.
- BARABÁS, P. 2006. Tepuy – cesta do hlbín Zeme. Dobrodružný film z objavovania najmohutnejšej kremencovej jaskyne sveta. K2 Studio, Bratislava, DVD video, 61+30 min.
- BELLOMO, R. – GORI, S. – RIGAMONTI, I. – TOGNINI, P. – TREZZI, G. – FORTI, P. 1994. Il Sistema "Aonda Superior" dell' Auayantepui. Resconto della spedizione speleologica italiana "Venezuela 92". *El Cuácharo*, Caracas, 33, 1–93.
- BERNABEL, T. – MECCIA, M. – PEZZOLATO, P. – PICCINI, L. – PREZIOSI, E. 1993. Tepuy '93: ancora Venezuela! *Speleologia* (Soc. Italiana Speleologia), 29, 8–21.
- BERNABEL, T., ED. 1994. Tepuy 93. Progressione, Comm. Grotte Eugenio Boegan, Trieste, 30, 1–120.
- BERNABEL, T. ET AL. 1994. La spedizione Tepuy 93 (Auyantepuy, Bolívar, Venezuela). *Progressione*, 30, Trieste, 1–120.
- BORGHI, L. – MOREIRA, M. I. C. 2000. The Aroe Jari cave region, chapada Dos Guimaraes, Mato Grosso state, Brazil. *Bollettino informativo de la comisión de geospeleología, Federación Espeleológica de América Latina y el Caribe – FEALC*, 36, 1–7.
- BORGHI, L. – MOREIRA, M. I. C. 2002. Caverna Aroe Jari, Chapada dos Guimaraes, MT: Raro exemplo de caverna em arenito. In Schobbenhaus, C. – Campos, D., A. – Queiroz, E. T. – Winge, M. – Berbert-Born, M. L. C. (eds.): *Sítios Geológicos e Paleontológicos do Brasil. DNPM/CPRM – Comissão Brasileira de Sítios Geológicos e Paleobiológicos (SICGEP)* – Brasília, 481–489.
- BREWER-CARÍAS, CH. 1972. Cerro Autana, Elite descubre otra maravilla del Mundo. *Revista Elite* #2457, Caracas, 27. 10. 1972, 36–43.
- BREWER-CARÍAS, CH. 1973. Las Cuevas del Cerro Autana. *Diario El Nacional. Suplemento Séptimo Día*, 25. 2. 1973, Caracas, 5.
- BREWER-CARÍAS, CH. 1973. Proyecto de Exploración de las Mesetas de Jaua, Guanacoco y Sarisarínama. *Suplemento del Boletín de la Sociedad Venezolana de Ciencias Naturales*, Caracas, 30, 127, 1–32.
- BREWER-CARÍAS, CH. 1974. En busca de los orígenes. *El Farol*, Caracas, 18–23.
- BREWER-CARÍAS, CH. 1976a. Las Cuevas del Cerro Autana. *Revista Natura, Sociedad de Ciencias Naturales La Salle*, Caracas, 58, 33–48.
- BREWER-CARÍAS, CH. 1976b. Las Simas de Sarisarínama. *Boletín de la Sociedad Venezolana de Ciencias Naturales*, Caracas, 22, 132–133, 549–625.
- BREWER-CARÍAS, CH. 1983. Sarisarínama. Editorial Arte, Caracas, 1–228.
- BREWER-CARÍAS, CH. 1988. Roraima. Caracas, 1–153.
- BREWER-CARÍAS, CH. 2005b. Las Espeleotemas de la Cueva Charles Brewer. (Speleotémy). In Šmíd, B. – Brewer-Carías, Ch. – Audy, M. (eds.): *Cueva Charles Brewer – najväčšia kvarcitová jaskyňa sveta*. Spravodaj Slovenskej speleologickej spoločnosti (mimoriadne číslo), 36, 3, 65–83.
- BREWER-CARÍAS, CH. 2005a. El descubrimiento y la exploración de la Cueva Charles Brewer. (Ako bola objavená jaskyňa Charles Brewer). In Šmíd, B. – Brewer-Carías, Ch. – Audy, M. (eds.): *Cueva Charles Brewer – najväčšia kvarcitová jaskyňa sveta*. Spravodaj Slovenskej speleologickej spoločnosti (mimoriadne číslo), 36, 3, 8–11.
- BRICEÑO, H. – PAOLINI, J. 1992. Aspectos Geoquímicos del Macizo del Chimantá. In Huber O. (ed.): *Chimantá. Escudo de Guayana, Venezuela. Un Ensayo Ecológico Tepuyano*, Caracas, 75–88.
- BRICEÑO, H. – SCHUBERT, C. 1992. Geomorfología. In Huber, O. (ed.): *El Macizo de Chimantá. Escudo de Guayana, Venezuela. Un Ensayo Ecológico Tepuyano*, Caracas, 61–74.
- BUSCHE, D. – ERBE, W. 1987. Silicate karst landforms of the southern Sahara (northeastern Niger and southern Libya). *Zeitschrift für Geomorphologie, Supplementband*, 64, 55–72.
- CARREÑO, R. – BLANCO, F. 2004. Notas sobre la exploración del Sistema kárstico de Roraima Sur, Estado Bolívar. *Boletín de la Sociedad Venezolana de Espeleología*, Caracas, 38, 45–52.
- CARREÑO, R. – NOLLA, L. – ASTORT, J. 2002. Cavidades del Wei-Assipu-tepui, macizo del Roraima, Brazil. *Boletín de la Sociedad Venezolana de Espeleología*, Caracas, 35, 36–45.
- CARREÑO, R. – PÉREZ, W. – GALÁN, C. – HERRERA, F. – ASTORT, J. – BLANCO, F. – VILLAREAL, O. – CURA, I. DEL – PÉREZ, M. A. – GARCÍA, G. 2005. Los 6,1 km de la Cueva Roraima sur, Estado Bolívar: La cueva de mayor desarrollo en rocas cuarcíticas. *Boletín informativo de la comisión de geospeleología, Federación Espeleológica de América Latina y el Caribe – Fealc*, 55, 27–28.
- CARREÑO, R. – URBANI, F. 2004. Observaciones sobre las espeleotemas del Sistema Roraima Sur. *Boletín de la Sociedad Venezolana de Espeleología*, Caracas, 38, 28–33.
- CARREÑO, R. 1996: Actividades espeleológicas Venezolanas desde 1990 hasta 1995. *Boletín de la Sociedad Venezolana de Espeleología*, Caracas, 30, 1996.
- CEDV, 1976. Expedición espeleológica Polaco-Venezolana 1976, a la meseta de Sarisarinama, Estado Bolívar. *Boletín de la Sociedad Venezolana de Espeleología*, Caracas, 7 (13): 101–119.
- CIGNA, A. 1978. A Classification of Karstic Phenomena. *International Journal of Speleology*, 10, 1, 3–9.
- COLVÉ, P. 1972. Consideraciones Geológicas sobre el Cerro Autana. *Informe D.I.A. i-1 de la División de Investigación aplicada, MOP-CODESUR*. Enero 1972, 1–12.

- COLVÉE, P. 1973. Cueva en Cuarcitas en el Cerro Autana. Boletín de la Sociedad Venezolana de Espeleología, Caracas, 4, 1, 5–13.
- DE BELLARD 1974a. Exploration préliminaire du plateau de Sarisariñama (Venezuela). Spelunca, Paris, 4, 99–101.
- DE BELLARD 1974b. Los grandes abismos del tepui de Sarisariñama. Sociedad Venezolana de Geología, Circular, 63, 35–36.
- DE BELLARD 1975. Descubrimiento en Venezuela del mayor abismo del mundo. Boletín de Sociedad Venezolana Ciencias Naturales, 31, 130–131, 624–632.
- DUTRA, G. 1996a. Cavernas em Quartzito na Região de Luminária – MG. O Carste, Grupo Bambú de Pesquisas Espeleológicas, 8, 2, 26–31.
- DUTRA, G. 1996b. Geologia Informal da Região do Pico do Inficionado. O Carste, Grupo Bambú de Pesquisas Espeleológicas, 8, 3, 56–59.
- DUTRA, G. 1997. O Maior Desnível do Mundo em Quartzito. O Carste, Grupo Bambú de Pesquisas Espeleológicas (edição. Espec.), 9, 62–69.
- DUTRA, G. M. – RUBBIOLI, E. L. – HORTA, L. S. 2005. Gruta do Centenário, Pico do Inficionado (Serra da Caraça), MG. A maior e mais profunda caverna quartzítica do mundo. (SIGEP 20). In Schobbenhaus, C. – Campos, D., A. – Queiroz, E. T. – Winge, M. – Berbert-Born, M. (eds.): Sítios geológicos e paleontológicos do Brasil, 1, 431–441.
- DYGA, R., T. – SZÉKELY, K. – ZAWIDSKI, P. 1976. A venezuelai Sarisariñama-fennsík homokkőknál. Karszt és Barlang, Budapest, 1–2, 43–46.
- EPIS, L. 2006. Recorde Mundial de Profundidade. Expedição Amazona 2006 – Terra misteriosa. InformAtivo SBF, Sociedade Brasileira de Espeleologia, 92, 30–36.
- FAVERJON, M. 2003. Alaou! O Carste, Grupo Bambú de Pesquisas Espeleológicas, 15, 2, 70–77.
- FORTI, P. 1994. Los Depósitos Químicos de la Sima Aonda Superior y de Otras Cavidades del Auyan-tepui, Venezuela. Boletín de la Sociedad Venezolana de Espeleología, Caracas, 28, 1–4.
- GALÁN, C. – HERRERA, F. – ASTORT, J. 2004. Génesis del Sistema Roraima Sur, Venezuela, con notas sobre el desarrollo del karst en cuarcitas. Boletín de la Sociedad Venezolana de Espeleología, Caracas, 38, 17–27.
- GALÁN, C. – HERRERA, F. – CARREÑO, R. 2004. Geomorfología e hidrología del Sistema Roraima Sur, Venezuela, La mayor cavidad del mundo en cuarcitas: 10,8 km. Boletín de la Sociedad Venezolana de Espeleología, Caracas, 38, 2–16.
- GALÁN, C. – HERRERA, F. 2005. Génesis de la Cueva Roraima sur, Venezuela: La cavidad de mayor desarrollo del mundo en cuarcitas. Boletín informativo de la comisión de geospeleología, Federación Espeleológica de América Latina y el Caribe – Fealc, 55, 21–22.
- GALÁN, C. – HERRERA, F. F. – CARREÑO, R. – PÉREZ, M. A. 2004. Roraima Sur System, Venezuela: 10.8 km, world's longest quartzite cave. Boletín de la Sociedad Venezolana de Espeleología, Caracas, 38, 53–60.
- GALÁN, C. – LAGARDE, J. 1988. Morphologie et évolution des cavernes et formes superficielles dans les quartzites du Roraima (Venezuela). Karstologia, 11–12, 49–59.
- GALÁN, C. 1988. Cavernas y formas de superficie en rocas silíceas precámbricas del Grupo Roraima, Guayana, Venezuela. Boletín de la Sociedad Venezolana de Espeleología, Caracas, 23, 1–12.
- GALÁN, C. 1991. Disolución y génesis del karst en rocas carbonáticas y silíceas: un estudio comparativo. Munibe, San Sebastián, España, 43, 43–72. Reprinted in El Guácharo, Caracas, 40, 21–50, 1997.
- GALÁN, C. 1982. Notas sobre la Morfología de la Cueva del Autana y comentarios sobre las formas Pseudoaarasicas desarrolladas en Cuarcitas del Grupo Roraima, Guayana Venezolana. Boletín de la Sociedad Venezolana de Espeleología, Caracas, 10, 19, 115–128.
- GALÁN, C. 1983a. Expedición a la Sima Aonda. Boletín de la Sociedad Venezolana de Espeleología, Caracas, 20, 99–103.
- GALÁN, C. 1983b. La sima Aonda, -362m. Venezuela. Spelunca, Paris, 14, 2, 14–17.
- GALÁN, C. 1984. Las mayores cavidades del mundo para 1984. Boletín de la Sociedad Venezolana de Espeleología, Caracas, 21, 96.
- GALÁN, C. 1986. Informe general de la expedición efectuada al tepuy Yuruaní. Boletín de la Sociedad Venezolana de Espeleología, Caracas, 22, 84–85.
- GHNEIM, K. 1999. Índice general del Boletín de la Sociedad Venezolana de Espeleología, Nos. 1 al 32, 1967–1998. Boletín Informativo de la Comisión de Geospeleología, Federación Espeleológica de América Latina y el Caribe – Fealc, 9, 1–14.
- GORBUSHINA, A. – BOETICHER, M. – BRUMSACK, H., J. ET AL. 2001. Biogenic forsterite and opal as a product of biodeterioration and Lichen Stromatolite Formation in Table Mountain Systems (Tepuis) of Venezuela. Geomicrobiology Journal, 18, 117–132.
- GORI, S. – INGLESE, M. – TOGNINI, P. – TREZZI, G. – RIGAMONTI, I. 1993. Auyantepuy, speleologia tropikale nelle quarziti. Speleologia, 28, 23–33.
- HERRERA, R. 1976. Análisis físico-químicos de aguas carsiñas. El Guácharo, Caracas, 1/2, 8/9.
- HIRASHIMA, H. 1997. A Corda Hayato!!! O Carste, 9, 3, 67–69.
- CHAIMOVICZ, F. 2001. A Quebrada da Gruta da Bocaina e Outras Historias emocionantes do Inficionado. O Carste, Grupo Bambú de Pesquisas Espeleológicas, 13, 2, 108–111.
- CHALCRAFT, D. – PYE, K. 1984. Humid tropical weathering of quartzite in southeastern Venezuela. Zeitschrift für Geomorphologie, 28, 321–332.
- INGLESE, M. – TOGNINI, P. 1993. Auyantepuy. The devil's Mountain. The international Caver Magazine, 6, 3–10.
- IPÍÑA, J. M. LZ. DE 1994. Aspectos Físico-Químicos de los Tepuyes Acopan y Amuri. Macizo de Chimantá, Gran Sabana, Venezuela. Boletín de la Sociedad Venezolana de Espeleología, Caracas, 28, 5–9.
- JENNINGS, J. N. 1983. Sandstone Pseudokarst or Karst? In Young, R. W. – Nanson, G. C. (eds.): Aspects of Australian Sandstone Landscapes. Australian and New Zealand Geomorphology Group Special Publication No. 1, Wollongong: University of Wollongong, 21–30.
- KASHIMA, N. – TAKANORI, O. 1995. A note on Biogenic Effect of Coraloid Speleothems in Round Mountain Lava Cave, Oregon, U.S.A. Journal of Speological Society of Japan, 19, 8–12.
- KASHIMA, N. – TERUO, I. – KINOSHITA, H. 1987. Diatom, Contributors of Coraloid speleothems, From Togawa-Sakaidani-do Cave in Miyasaaki Prefecture, Central Kyushu, Japan. International Journal of Speleology, 16, 95–100.
- KOISAR, B. – SOLICKI, T. 1977a. Wyprawa na mesete (1). Kamienne sciany. Poznaj świat – Magazyn geograficzny, 25, 8, 18–25.
- KOISAR, B. – SOLICKI, T. 1977b. Wyprawa na mesete (2). Wieżniowie Sarisariñama. Poznaj świat – Magazyn geograficzny, 25, 9, 21–28.
- KUCZYNSKI, M. 1976a. Expedición espeleologica polaco-venezolana 1976 a la meseta de Sarisarinama, Alto Acura, Estado Bolívar. UIS Buletin, 1, 3.
- KUCZYNSKI, M. 1976b: Sarisariñama 1976. Taternik, Warszawa, 3/76, 123–127.
- LÁNCZOS, T. – AUBRECHT, R. – SCHLOGL, J. – ŠMIDA, B. – BREWER-CARÍAS, CH. 2007. Preliminary results of the Tepuy 2007 expedition to the Venezuelan table mountains – water geochemistry and its relation to genesis of the quartzite karst. In Fláková, R. – Ženíšová, Z. (eds.): Proceedings of the Hydrogeochémia 2007 conference, Slovak Association of Hydrogeologists, Bratislava, 136–141.
- MAEZTU, J. – IPÍÑA, J. DE – ALANGUA, F. – LAKTASA, I. 1995. Catálogo de cavidades exploradas en el macizo de Chimantá. Karaitza, España, 4, 33–44.
- MARTÍNEZ, J. 1989. Venezuela, Sima Aonda (-362 m). Desnivel – revista de montaña, España, 49, 52–55.
- MARTINI, J. E. J. – URBANI, F. 1984. Sveita, un nuevo mineral de la Cueva del Cerro Autana (Am. 11). Territorio Federal Amazonas, Venezuela. Boletín de la Sociedad Venezolana de Espeleología, Caracas, 21, 13–16.
- MARTINI, J. E. J. 1980. Sveita, a new mineral from Autana Cave, Territorio Federal Amazonas, Venezuela. Transactions Geological Society South Africa, 83, 239–241.
- MARTINI, J. E. J. 1981. The control of karst development with reference to the formations of caves in poorly soluble rocks in the eastern Transvaal, South Africa. Proceedings of 8th International Congress of Speleology, Bowling Green, Kentucky, 1, 4–5.
- MARTINI, J. E. J. 1982. Karst in Black Reef and Wolkberg Group quartzite of eastern Transvaal escarpment, South Africa. Boletín de la Sociedad Venezolana de Espeleología, Caracas, 10, 19, 99–114.
- MARTINI, J. E. J. 1984. Rate of quartz dissolution and weathering of quartzite. Bulletin of South African Speleological Association, 25, 7–10.
- MARTINI, J. E. J. 1985. Caves of South Africa. Karstologia, 5, 1, 39–44.
- MECHIA, M. – PICCINI, L. 1999. Hydrogeology and SiO<sub>2</sub> geochemistry of the Aonda Cave System, Auyan-Tepui, Bolívar, Venezuela. Boletín de la Sociedad Venezolana de Espeleología, Caracas, 33, 1–11.
- MIKULÁŠ, R. 2003. Tepuis – geomorfologie pískovcového fenoménu vlhkých tropů. Vesmír, Praha, 82 (133), 5, 256–259.
- MLEINER, R. – OUHRABKA, V. 2008. Poseidon – unikátní pseudokrasový systém v kvádrových pískovcích Teplických skal. In Bosák, P. – Novotná, J. (eds.): Speleofórum, Česká speleologická společnost, Praha, 27, 32–43.
- NOTT, D. 1975. Into the Lost World. Prentice Hall, Englewood Cliffs, New Jersey, 1–186.
- OLDHAM, T. 2003. The Caves of Meghalaya. <http://www.showcaves.com/english/in/region/MeghalayaOldham.html>. (date: 1. 1. 2006)
- PÉREZ LA RIVA, W. – REYES, C. 1976. Cueva del Cerro Autana. Boletín de la Sociedad Venezolana de Espeleología, Caracas, 7, 13, 81–85.
- PÉREZ LA RIVA, W. 1976. Ascenso al Cerro Autana, Territorio Amazonas. Boletín de la Sociedad Venezolana de Espeleología, Caracas, 7, 13, 114–116.
- PÉREZ LA RIVA, W. 1977. Nuevas exploraciones espeleológicas en la Sierra de Pacairima, Guyana Venezolana. Boletín de la Sociedad Venezolana de Espeleología, Caracas, 8, 16, 235–241.
- PÉREZ, M. A. – CARREÑO, R. 2004. Exploration of the Roraima Sur Cave, Bolívar State, Venezuela, the longest quartzite cave in the world. NSS Convention Abstracts, Journal of Cave and Karst Studies, 116.
- PERRET, J.-F. 2001. Caraça. Um Ponto Alto de 99. O Carste, Grupo Bambú de Pesquisas Espeleológicas, 13, 2, 100–105.
- PEZZOLATO, P. 1993. Tepuy 93. Progressione, Comm. Grotte Eugenio Boegan, Trieste, 29, 46–48.
- PEZZOLATO, P. 1996. Venezuela. Tepuy "Terra senz tempo". Progressione, Comm. Grotte Eugenio Boegan, Trieste, 34, 27–33.

- PICCINI, L. 1994. Aspetti geologici e geomorfologici del settore nordoccidentale dell'Auyan-tepuy (Est. Bolívar, Venezuela). *Progressione, Comm. Grotte Eugenio Boegan*, Trieste, 30, 14–26.
- PICCINI, L. 1995. Karst in Siliceous Rock: Karst landfoms and Caves in the Auyan-tepuy (Est. Bolívar, Venezuela). *International Journal of Speleology*, 24, 41–54.
- POLLYAU, M. – SEURIN, M. 1985. Pseudo-karst dans des roches grés-quartziques de la formation Roraima. *Karstologia*, 5, 1, 45–52.
- REIS, N. J. – YANEZ, G. 2001. O Supergrupo Roraima ao Longo da faixa fronteirica entre Brasil – Venezuela (Santa Elena del Uairen – Roraima Mountain). In Reis, N. J. – Monteiro, M. A. S. (eds.): *Contribuiçao a geología da Amazonia*. Sociedade Brasileira de Geologia, Manaus, 2, 113–145.
- RODRIGUEZ, R. – SILVERIO, M. O. 2002. CNC – Cadastro Nacional de Cavernas do Brasil. *InformAtivo SBE*, São Paulo, 79, 8–12.
- RUBBIOLI, E. L. 1998. Into the „Devil's Throat“. Cruta do Centenário – The world's deepest quartzite cave. *International Caver*, 22, 19–24.
- RUBBIOLI, E. L. 1999. O Pico do Inficionado. A exploração da gruta mais profunda do Brasil. O Carste, Grupo Bambuí de Pesquisas Espeleológicas, 8, 3, 46–49.
- RUBBIOLI, E. L. 2001. Gruta da Bocaína o Desafio Continua. O Carste, Grupo Bambuí de Pesquisas Espeleológicas, 13, 2, 98–99.
- RUBBIOLI, E. L. 2003. A Nova Entrada da Gruta da Bocaína co Encontro com o et no Pico do Inficionado. O Carste, Grupo Bambuí de Pesquisas Espeleológicas, 15, 2, 57–65.
- SANTOS, J. O. S. – POTTER, P. E. – REIS, N. J. – HARTMANN, L. A. – FLETCHER, I. R. – MCNAUGHTON, N. J. 2003. Age, Source and Regional Stratigraphy of the Roraima Supergroup and Roraima-like Outliers in Northern South America Based on U-Pb geochronology. *GSA Bulletin*, 115, 3, 331–348.
- SAUSSE, O. 2001. O Último Ponto da Expedição de 99. O Carste, Grupo Bambuí de Pesquisas Espeleológicas, 13, 2, 106–107.
- SVE, 1994. Cavidades Estudiadas en la Expedición al Macizo de Chimantá, 1993. *Boletín de la Sociedad Venezolana de Espeleología*, Caracas, 28, 34–51.
- SZCZERBAN, E. – GAMBA, J. 1973. Cuevas y simas en areniscas Precámbricas de la Formación Roraima, Territorio Federal Amazonas y Estado Bolívar, Venezuela. *Boletín de la Sociedad Venezolana de Espeleología*, Caracas, 4, 2, 226.
- SZCZERBAN, E. – URBANI, F. – COLVÉE, P. 1977. Cuevas y simas en cuarcitas y metalimolitas del grupo Roraima, meseta de Guaiquinim, Estado Bolívar. *Boletín de la Sociedad Venezolana de Espeleología*, Caracas, 8, 16, 127–154.
- SZCZERBAN, E. – URBANI, F. 1974. Carsos de Venezuela. Parte 4: Formas Cársicas en areniscas Précambrianas del Territorio Federal Amazonas y Estado Bolívar. *Boletín de la Sociedad Venezolana de Espeleología*, Caracas, 5, 1, 27–54.
- ŠMÍDA, B. – AUDY, M. – BIORD, H. – MAYORAL, F. 2005a. Cueva Charles Brewer (Chimantá) and Cueva Ojos de Cristal: the greatest quartzite caves of the world (table-mountain, Venezuela). *Bulletin of the SSS (special edition, for the 14th Speleological Congress UIS in Greece)*, Liptovský Mikuláš, 3–10.
- ŠMÍDA, B. – AUDY, M. – BIORD, H. – MAYORAL, F. 2005b. Cueva Charles Brewer (Chimantá) and Cueva Ojos de Cristal: the greatest quartzite caves of the world (table-mountain, Venezuela). *Proceedings of the 14th International Congress of Speleology (electronic version)*, Athena.
- ŠMÍDA, B. – AUDY, M. – MAYORAL, F. – CARNICERO, L. A. 2004a. Expedícia Chimantá 2004, alebo objavovanie Cueva Charles Brewer – najväčšej kvarcitojovej jaskyne sveta. *Spravodaj Slovenskej speleologickej spoločnosti*, Liptovský Mikuláš, 35, 2, 3–14.
- ŠMÍDA, B. – AUDY, M. – MAYORAL, F. – CARNICERO, L. A. 2004b. Expedition Chimantá 2004 or discovering of Cueva Charles Brewer – the largest quartz cave in the world. *Bulletin of the Slovak Speleological Society*, Liptovský Mikuláš, 35, 2, 3–14.
- ŠMÍDA, B. – AUDY, M. – MAYORAL, F. 2005d. Cueva Charles Brewer. *Regards*, 58, 9–12.
- ŠMÍDA, B. – AUDY, M. – MAYORAL, F. 2005e. Cueva Charles Brewer. *The largest quartzite cave in the world (Chimantá massif, Venezuela)*. *Journal of the SSS, Sydney Speleological Society*, Sydney, 49, 1, 3–12.
- ŠMÍDA, B. – AUDY, M. – MAYORAL, F. 2005a. Cueva Charles Brewer – la plus importante grotte du monde creusée dans les quartzites (massif du Chimantá, Venezuela). *Spelunca, París*, 97, 27–35.
- ŠMÍDA, B. – AUDY, M. – MAYORAL, F. 2005b. Cueva Charles Brewer: Largest quartzite cave in the world. *NSS News, National Speleological Society*, 63, 1, 13–14, 31.
- ŠMÍDA, B. – AUDY, M. – MAYORAL, F. 2005c. Into the Lost World. *Descent, Abergavenny*, 183, 36–38.
- ŠMÍDA, B. – AUDY, M. – VLČEK, L. 2003. Expedícia Roraima, Venezuela, január 2003 – Cueva Ojos de Cristal (Kryštálové oči). *Spravodaj Slovenskej speleologickej spoločnosti*, Liptovský Mikuláš, 34, 2 (special issue), 1–192.
- ŠMÍDA, B. – BREWER-CARIAS, CH. 2005. Descripción, morfología, génesis, hidrología y perspectivas de la Cueva Charles Brewer. Náčrt genézy jaskyne a perspektívnej jej pokračovania. In Šmída, B. – Brewer-Cariás, Ch. – Audy, M. (eds.): *Cueva Charles Brewer – najväčšia kvarcitojová jaskyňa sveta*. *Spravodaj Slovenskej speleologickej spoločnosti (mimoriadne číslo)*, 36, 3, 26–31, 97–101.
- ŠMÍDA, B. – BREWER-CARIAS, CH. – AUDY, M., eds. 2005. Cueva Charles Brewer – najväčšia kvarcitojová jaskyňa sveta. *Speleoexpedícia do masívu Chimantá 2004*, Venezuela. *Spravodaj Slovenskej speleologickej spoločnosti*, Liptovský Mikuláš, 36, 5 (special issue), 1–178.
- ŠMÍDA, B. – BREWER-CARIAS, CH. – AUDY, M. – MAYORAL, F. 2007. Expedícia TEPUY 2007, stolové hory Chimantá a Roraima, Venezuela: oficiálna správa o výsledkoch. *Spravodaj SSS, Liptovský Mikuláš*, 38, 1, 78–80.
- ŠMÍDA, B. – BREWER-CARIAS, CH. – AUDY, M. – Vlček, L. – MAYORAL, F. – AUBRECHT, R. – LÁNCZOS, T. – SCHLÖGL, J. 2008. Exploračné sumárum o kvarcitojových jaskyniach objavených v rokoch 2004 – 2007 v masíve Chimantá, Venezuela (Ľudia, objavy, lokality, literatúra). *Spravodaj Slovenskej speleologickej spoločnosti*, Liptovský Mikuláš, 39, 1, 90–102.
- ŠMÍDA, B. – BREWER-CARIAS, CH. – MAYORAL, F. – Vlček, L. – AUBRECHT, R. – LÁNCZOS, T. a kol. 2008. Speleoexpedícia TEPUY 2007 (stolové hory Chimantá a Roraima, Venezuela). In Bosák, P. – Novotná, J. (eds.): *Speleofórum*, 27, Česká speleologická spoločnosť, Praha, 49–57.
- TRULUCK, T. F. 1996. The Survey of Bat's (Giant's) Climber's Cave System. [www.darklife.co.za/caves/wcape/Table\\_Mountain/Bats\\_Giants\\_survey\\_and\\_exploration.htm](http://www.darklife.co.za/caves/wcape/Table_Mountain/Bats_Giants_survey_and_exploration.htm) (date: 9. 12. 2000)
- URBANI, F. – BORDÓN, C. 1997. Spedizione "Auyán-tepui 1992" – Venezuela, riposta a Mauro Inglese. *El Guácharo*, Caracas, 40, 8–11, 1997.
- URBANI, F. – COMPÈRE, P. – WILLEMS, L. 2005. Opal-A Speleothems of Wei-Assipu-tepui. Roraima Province, Brazil. *Boletín de la Sociedad Venezolana de Espeleología*, Caracas, 39, 21–26.
- URBANI, F. – SZCZERBAN, E. 1974. Venezuelan Caves in Non-carbonate Rocks: A New Field in Karst Research. *NSS News, National Speleological Society*, 12, 32, 233–235.
- URBANI, F. 1975. Mineralogia de Espeleotemas Venezolanas. *Boletín de la Sociedad Venezolana de Espeleología*, Caracas, 6, 12, 131–132.
- URBANI, F. 1976a. Ópalo, Caledonia y Calcita en la Cueva del Cerro Autana. Territorio Federal Amazonas, Venezuela. *Boletín de la Sociedad Venezolana de Espeleología*, Caracas, 7, 14, 129–145.
- URBANI, F. 1976b. Comentarios generales y estado actual de los estudios de las formas cárnicas de las cuarcitas del Grupo Roraima. *Boletín de la Sociedad Venezolana de Espeleología*, Caracas, 7, 14, 289–293.
- URBANI, F. 1976c. Polish-Venezuelan Expedition Studies Sarisarínamá Caves. *NSS News, National Speleological Society*, 34, 11, 194–195.
- URBANI, F. 1977. Novedades sobre Estudios Realizados en las Formas Cárnicas y Pseudocárnicas del Escudo de Guayana. Octubre 1977. *Boletín de la Sociedad Venezolana de Espeleología*, Caracas, 8, 16, 175–197.
- URBANI, F. 1977. Novedades sobre estudios realizados en las formas cárnicas y pseudocárnicas del escudo de Guayana. *Boletín de la Sociedad Venezolana de Espeleología*, Caracas, 8, 16, 175–196.
- URBANI, F. 1981. Sveita, nuevo mineral de la cueva del Cerro Autana (Am. 11), territorio Federal Amazonas. *Natura, Sociedad de Ciencias Naturales La Salle*, Caracas, 70–71, 59–61. Reprinted in: *El Guácharo*, Caracas, 22, 30–31, 1981.
- URBANI, F. 1986. Notas sobre el origen de las cavidades en rocas cuarcíferas precámbricas del Grupo Roraima, Venezuela. *Interciencia*, Caracas, 11, 6, 298–300.
- URBANI, F. 1993. Quartzite Caves in Venezuela. *Caves & Caving*, 61, 32–33.
- URBANI, F. 1996. Venezuelan Cave Minerals: a Review. *Boletín de la Sociedad Venezolana de Espeleología*, Caracas, 30, 1–13.
- UWE, G. 1989. Venezuela's Islands in Time. *National Geographic Magazine*, May 1989, 526–561.
- VLČEK, L. 2004: Horizontal quartzite-karst caves in Venezuela – one of the newest geomorphological discoveries. *Proceedings of the 8th International Symposium on Pseudokarst, Teplý vrch, Slovakia*, 57–61.
- VLČEK, L. – ŠMÍDA, B. 2007. Objavy členov Slovenskej speleologickej expedície Roraima – Kukenán 2006 na stolovej hore Roraima v Guayankej vysočine (Venezuela). *Aragonit, Liptovský Mikuláš*, 12, 89–93.
- WERNICK, E. – PASTORE, E. R. B. – PIRES NETO, A. 1977. Cuevas en Areniscas, Rio Claro, Brasil. *Boletín de la Sociedad Venezolana de Espeleología*, Caracas, 8, 16, 99–107.
- WHITE, W. B. – JEFFERSON, G. L. – HAMAN, J. F. 1966. Quartzite Karst in Southeastern Venezuela. *International Journal of Speleology*, 2, 309–314. Reprinted in *El Guácharo*, Caracas, 6, 35–39, 1973.
- WRAY, R. A. L. 1997. A Global Review of Solutional Weathering Forms on Quartz Sandstones. *Earth Science Reviews*, 42, 3, 137–160.
- WRAY, R. A. L. 2003. Quartzite Dissolution: Karst or Pseudokarst? *Cave and Karst Science*, 24, 2, 1997, 81–86.
- ZAWIDSKI, P. – URBANI, F. – KOSAR, B. 1976. Preliminary Notes on the Geology of the Sarisarínamá Plateau, Venezuela, and the Origin of its Caves. *Boletín de la Sociedad Venezolana de Espeleología*, Caracas, 7, 13, 29–37.

HISTORY OF RESEARCH AND OPINIONS ON QUARTZITE KARST, SPELEOLOGICAL RESEARCH  
OF TABLE MOUNTAINS OF LA GRAN SABANA (ESTADO BOLÍVAR, VENEZUELA)  
BY SCIENTIFIC EXPEDITION CHIMANTÁ – RORAIMA 2007

**Summary**

In February 2007, an international expedition to the two Venezuelan famous table mountains, the Macizó del Chimantá and Roraima tepuy was organized and led by Charles Brewer-Carías with the assistance of Federico Mayoral from the Sociedad Venezolana de Ciencias Naturales. The participants were from Slovakia, Czech Republic, Croatia and Venezuela. The scientific tasks of the expedition were performing geological, geochemical and biological field research.

The area, where the table mountains occur, is located in the Venezuelan Guayana of northern South America (southeastern Venezuela, State Bolívar), in the corner formed by the borderlines of Guayana from the east, and Brazil from the south. The wider area of the tepuis is formed by the treeless savanna locality of the La Gran Sabana ( $4^{\circ}30' - 6^{\circ}45' N$  and  $60^{\circ}34' - 62^{\circ}50' W$ ), at the headwaters of the Caroní river, one of the major tributaries of the Orinoco river. The wider area of the Gran Sabana is built up by the rock of Guiana Shield which represents the northern segment of the Amazonian Craton in the South America. It covers an area of nearly 900,000 km<sup>2</sup> between the Amazon and Orinoco rivers and underlies the territory of five countries (Venezuela, Guyana, Suriname, French Guiana and Brazil). The Guiana Shield is among the least documented Precambrian terrains, although it represents one of the world's most extensive entities of Paleoproterozoic crust. The tepuis themselves are formed by the rocks of the Roraima Supergroup consisting principally of sandstones derived from the Trans-Amazonian Mountains to the north and deposited in braided, deltaic, and shallow-marine environments in a foreland basin.

In the paper the history of speleological surveying in quartzite caves of Venezuelan table mountains as well as all over the world is briefly presented. The history of quartzite karst surveying began just in South America. The first reference related to quartzite cave was related to the Gruta do Centenário cave located in state Minas Gerais, Brasil, in the 1950's. As this cave space is manifested as the more or less opened fissure net in quartzite massif, not too much interest was given to it. Much more attention was paid in numerous articles to the cave Cueva del Cerro Autana, explored by Ch. Brewer-Carías in 1971. Cueva del Cerro Autana is located on Cerro Autana table mountain, in southern part of Venezuelan state Territorio Federal Amazonas. This 395 m long cave formed in quartzites is characterized by typical forms normally occurring in the classical karst caves. The cave consists of large fossil horizontal corridors. At the beginning of 70's also huge quartzite-karst collapsed depressions were explored on the Sarisariñama table mountain (300 m in diameter and about 300 m deep). Systematic speleological survey began later also on others of more than 100 table mountains located in the Guyana Highlands. Since the 80's, when the exploration of the meseta on the top of Auyán-tepui began, the Venezuelan and Italian cavers gathered considerable result during the exploration of the caves Sima Aonda Superior (2.1 km long and 362 m deep), the Sima Aonda 2 (325 m deep) and the Sima Auyan-tepui Noroeste (2,950 m long and 370 m deep). These caves became known as the deepest quartzite caves of the world and together the deepest caves in South America for the long time. However, following their origin they are hardly be genetically classified as „karstic caves“.

Parallel with caves discoveries in non carbonate rocks (like gypsum, halite, quartzites and also crystalline rocks – granites), it changed also the consideration regarding the genesis of karst phenomena and those caves in non-carbonate rocks. For this phenomenon earlier the name pseudokarst was frequently used. But pseudokarst means karstic-like phenomena as the result of mechanical processes and not chemical dissolution of the rock material in water. Newer findings suggested that also quartzites and/or other non-carbonate rocks are corroded by chemical dissolution processes and simultaneously extensively eroded by water; consequently using the pseudokarst term only because the non-carbonate rock material appears often inadequate. For these phenomena in non-carbonatic karst a new term – parakarst was introduced, for endo- and exokarstic forms in quartzites the term bradykarst was proposed to use. Instead of the term parakarst we propose to use quartzite klastokarst which seems to be more adequate following the physical and chemical aspects of the karst genesis of the studied area. One of the main processes of the quartzite karst cave formation are dissolution of quartz cement of the quartzites, quartzitic sandstones and conglomerates on tepuis in Venezuela, less common are pseudokarstic parts formed by mechanical processes, so the caves could be considered as real karstic phenomenon.

This idea is supported by the results from the latest geological and geomorphological researches in the newest-discovered caves on the table mountains Roraima tepuy and Macizó del Chimantá. In 2003, the members of Czech-Slovak expedition discovered and for the first time explored the sensational cave Cueva Ojos de Cristal on Roraima tepuy. Today length of the cave reaches up to 16,140 m. This discovery was the turning point in the history of quartzite karst research in Guyana Highlands and it gave the impulse for extensive and wide-ranged, but also very detailed survey of the quartzite massifs in this region. The Czech-Slovak team explored the most extensive and morphologically most varied cave also including ponors and karst-springs located on the Roraima – the Cueva Ojos de Cristal (Crystal Eyes Cave). No comparable quartzite cave system with several kilometers long fluvial-active system of horizontal corridors is known all over the world yet. After the results were published also caver from Venezuela, Spain and Great Britain started their explorations there. They renamed the cave to Cueva Roraima Sur in their publication, however, the name Cueva Ojos de Cristal is still predominantly in use up today. Within the group of tepuis Macizó del Chimantá is the Cueva Charles Brewer located. This cave was discovered in 2004 by Venezuelan cavers. Following its length 4,800 m and the size of its two giant branches is unrivalledly the biggest quartzite cave in the world. The domes bearing typical and characteristic rectangular profile, width more than 100 m and their flat ceilings come up to the height of 40 m. The volume of this space is comparable with the cave chambers in limestone systems of Borneo or Papua-New Guinea, the biggest underground chambers in the world, e.g. the Gran Galería Karren y Fanny has the volume of about 400,000 m<sup>3</sup>. In present time the investigation of these caves and the localities in their surroundings is ongoing. The goal is to find explanation of the cave origin and the peculiar opal biospeleothems occurred in their deep as well as to find out the role of microorganisms in the processes of the cave and speleothems genesis.

During the expedition 11 mostly horizontal caves on Chimantá massif and 2 caves on Roraima tepuy were explored. On the Chimantá massif the following caves were explored: Sistema de la Araña (2.5 km), Cueva del Diablo (2.3 km), Cueva Cañón Verde (1.2 km), Puente de Diana (150 m), Cueva de Bautismo de Fuego (400 m), Cueva Croatia (200 m), Cueva Juliana (1 km), Cueva Tetris (150 m), Cueva Zuna (313 m). During the stay on the Roraima the Cueva Ojos de Cristal and Cueva de los Vencejos (Cueva Lago Gladys) were further explored. The length of Cueva Ojos de Cristal (Crystal Eyes Cave) arised to 16,140 m and actually, it is the longest cave in silicate rocks in the world.

Within the scientific program also water samples were taken. Colorimetric water sample analyses were performed aside in situ routine field measurements. In the history of exploration of the tepuis only one comparable research was performed in 1996 during exploration of the Aonda cave system on the Auyán Tepui in Venezuela, as it was published by Mecchia and Piccini in 1999. The water samples were taken from surface water bodies (creeks, swamps, ponds) and underground water bodies (streams, lakes and cave dripping water). The first hypotheses regarding the genesis of the quartzite karst on the table mountains were formulated based on water properties and geological findings.

Following the geological and geomorphological research the cave genesis could most feasibly explained as winnowing and erosion of unlithified or poorly lithified arenites. Dissolution is also present but it probably plays neither the trigger role, nor volumetrically important role in the cave-forming processes. The strongest dissolution/reprecipitation agent is the condensed air moisture which is most likely the main agent contributing to growth of siliceous speleothems. As such, it can be active only after, not before the cave is created. Siliceous speleothems are mostly microbialites except of some normal stalactites, cobweb stalactites and flowstones which are formed inorganically. They consist of two main types: 1. fine-laminated columnar stromatolite formed by silicified filamentous microbes (either heterotrophic filamentous bacteria or cyanobacteria) and 2. a porous peloidal stromatolite formed by *Nostoc*-type cyanobacteria. The initial stages of encrusted shrubs and mats of microbes were observed, too, but the surrounding arenitic substrate was intact. This is a strong evidence for the microbial mediation of the silica precipitation.