

RYSZARD GRADZIŃSKI i ANDRZEJ RADOMSKI

## Spostrzeżenia nad rozwojem jaskiń i krasu kopiastego w Sierra de los Organos na Kubie

**STRESZCZENIE:** Jaskinie Sierra de los Organos należą do jaskiń przepływowych. Rozwój ich jest związany z allochtonicznymi ciekami. Wyróżniono dwa piętra jaskiń i podano ich charakterystykę. Podkreślone zostało znaczenie sytuacji przestrzennej kompleksu skał krasowięjących dla powstawania określonego typu morfologicznego jaskiń. Omówiono również genezę polji centralnych (hoyos), które związane są z rozwojem jaskiń przepływowych.

### WSTĘP

Autorowie brali udział w wyprawie speleologicznej, która przebywała na Kubie w okresie od października 1961 do stycznia 1962. Wyprawa została zorganizowana przez Komisję Tatarnictwa Jaskiniowego Klubu Wysokogórskiego z inicjatywy i na zaproszenie prof. dr Antonio Núñez Jiménez, prezesa Kubańskiej Akademii Nauk, i korzystała z gościny i opieki władz kubańskich, za co autorowie winni są szczególną wdzięczność.

Terenem działania wyprawy na Kubie były między innymi góry Sierra de los Organos, które są jednym z klasycznych obszarów krasu kopiastego. Dotychczasowe badania nad rozwojem rzeźby krasowej Sierra de los Organos prowadzone przez H. Lehmana dotyczyły głównie form powierzchniowych. Przedmiotem badań wyprawy były natomiast przede wszystkim jaskinie, do tej pory słabo poznane lub nie znane. Z tego powodu poczynione obserwacje wnoszą szereg nowych danych do problemu rozwoju form krasowych na tym niezwykle interesującym obszarze.

Autorowie składają w tym miejscu podziękowanie pozostałym uczestnikom wyprawy: P. Burchardowi, W. Danowskiemu, inż. M. Kuczyńskiemu, W. Maczkowi, M. Mitanowi, dr J. Tomaszewskiemu i T. Wojterze za pomoc w czasie wykonywania badań.

## SIERRA DE LOS ORGANOS

Wapienne pasmo Sierra de los Organos położone jest w zachodniej części Kuby, w prowincji Pinar del Rio. Liczy ono około 80 km długości, 7—12 km szerokości i składa się z kilku (2—3) nasuniętych na siebie łusek wapieni Viñales (miejscami podesłanych wapieniami Jagua (Krömmelbein 1963, i inni). Warstwy zapadają zwykle ku NW lub W pod kątem 15—30°, maksymalnie 40°. Wapienie Viñales, zaliczane do górnej jury-neokomu (Palmer 1945, Lehmann, Krömmelbein & Lötschert 1956), są zbite, lekko bitumiczne, gruboławicowe. Miąższość ich wynosi około 650 m i redukuje się w kierunku wschodnim.

Sierra de los Organos obrzeżone są wychodniami formacji Cayetano zbudowanej ze skał nieprzepuszczalnych. Składają się na nią łupki, mułowce i cienkoławicowe drobnoziarniste piaskowce. Miąższość tej formacji oceniana jest na kilka tysięcy metrów. Formacja Cayetano jest starsza od wapieni Viñales i wapieni Jagua, jakkolwiek wiek jej nie jest dokładnie ustalony. Z wapieniami Viñales kontaktuje ona bardzo często wzdłuż linii tektonicznych o charakterze uskoków lub nasunięć. Z formacji Cayetano zbudowane są wzgórza zwane Pizarras rozciągające się po obu stronach pasma Sierra de los Organos.

Na charakterystyczną morfologię Sierra de los Organos składają się wapienne pasma oraz izolowane pagóry o stromych ścianach i zaokrąglonych wierzchołkach, określane lokalną nazwą mogotów. Wzdłuż Sierra de los Organos ciągną się liczne polja marginalne i równiny krasowe, a wśród pasm mogotów istnieją liczne polja wewnętrzne noszące nazwę „hoyos”. Charakterystyczne cechy rzeźby krasowej tego obszaru opisane zostały między innymi przez H. Lehmana (1954) i A. Núñez Jiménez (1955, 1959, 1961).

Północna część Sierra de los Organos, między Viñales a San Vicente, była przedmiotem badań H. Lehmana (1954) oraz H. Lehmana, K. Krömmelbeina i W. Lötscherta (1956). Zdaniem tych autorów, rozwój charakterystycznej dla tego obszaru morfologii o typie krasu kopiastego jest przede wszystkim wynikiem specyficznego rozwoju rzeźby krasowej w warunkach klimatu tropikalnego. Według Lehmana głównym czynnikiem rzeźbotwórczym jest sieć powierzchniowo-podziemnych potoków, płynących w poziomie poljów i równin krasowych. Wody tych potoków, działając silnie korodująco, a także i erozyjnie, podcinają i niszczą u podstawy strome ściany mogotów, powodując w rezultacie stałe ich cofanie się i rozrastanie się powierzchni poljów i równin krasowych kosztem mogotów.

Obserwacje autorów dotyczą przede wszystkim środkowej części Sierra de los Organos, położonej w sąsiedztwie miejscowości Sumidero (fig. 1 i 2). Ta część pasma odwadniana jest przez rzekę Cuyaquateje. Płyynie ona początkowo przez obszar polja marginalnego, które sięga głę-

boko w obręb Sierra de los Organos i tworzy tam obszerną depresję Pica-Pica. W jej południowej części rzeka przepływa przez jaskinię Cueva Clara, przecina duże polje wewnętrzne Hoyo Potrerito i wpływa do następnej jaskini Cueva Oscura, by ponownie pojawić się na powierzchni na obszarze równiny krasowej Valle Luis Laso. Rzeka Cuyaquateje zasilana jest przez szereg stałych i okresowych dopływów. W większości przypadków biorą one początek na obszarze Pizarras, przepływają przez polja marginalne, giną w ponorach u podnóża ścian mogotów, i wypływają następnie po ich przeciwnej stronie. Na drodze podziemnych przepływów tych strumieni rozwinięte są charakterystyczne dla tego obszaru jaskinie przepływowe.

Dna poljów i równin krasowych wypełnione są głównie allochtonicznymi osadami aluwialnymi, złożonymi z materiału piaszczysto-mu-

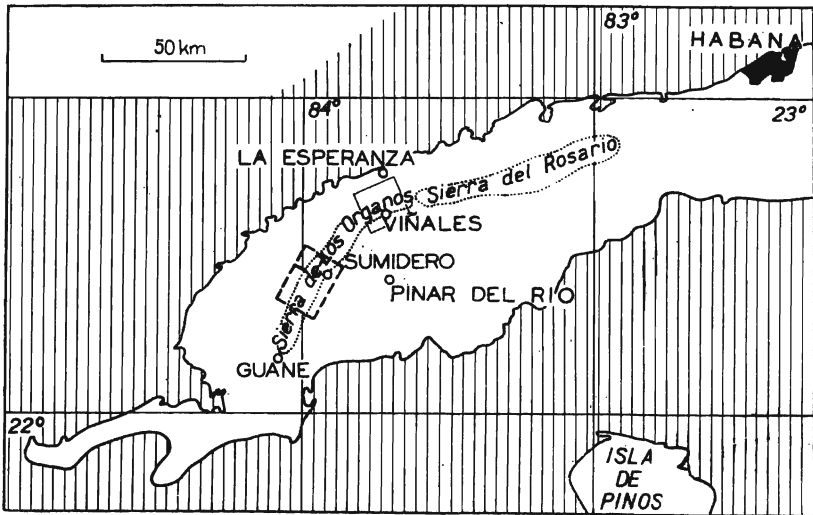


Fig. 1

#### Orientacyjna mapa położenia Sierra de los Organos

Obszar obwiedziony cienką linią w rejonie Viñales — teren badań Lehmana, Krömmelbeina i Lötsherta; obszar obwiedziony linią przerywaną w rejonie Sumidero — teren objęty mapą autorów

#### Sierra de los Organos, carte de situation

Le terrain limité par le trait fin aux environs de Viñales — la région des recherches de Lehmann, de Krömmelbein et de Lötshert; le terrain entouré par le trait interrompu aux environs de Sumidero — la région recouverte par la carte des auteurs

łowego, pochodzącego z niszczenia skał formacji Cayetano. Miejscami występuje także czerwona glina, będąca najprawdopodobniej materiałem rezydualnym. Grubość pokrywy osadów wypełniającej wspomniane obniżenia wynosi zwykle kilka lub kilkanaście metrów. Miejscami spod pokrywy osadów klastycznych wyłaniają się wapienie. Tworzą one nie-

kiedy rozległe pola żłobków krasowych (lapiazu) w poziomie powierzchni aluwiiów, bądź też odsłaniają się w samym korycie rzeki, zwykle jednak w pobliżu ściany mogotów.

Powierzchnia osadów wypełniających polja i równiny krasowe jest na ogół płaska. Wcięte w nią koryta rzek i strumieni są wąskie; ich głę-

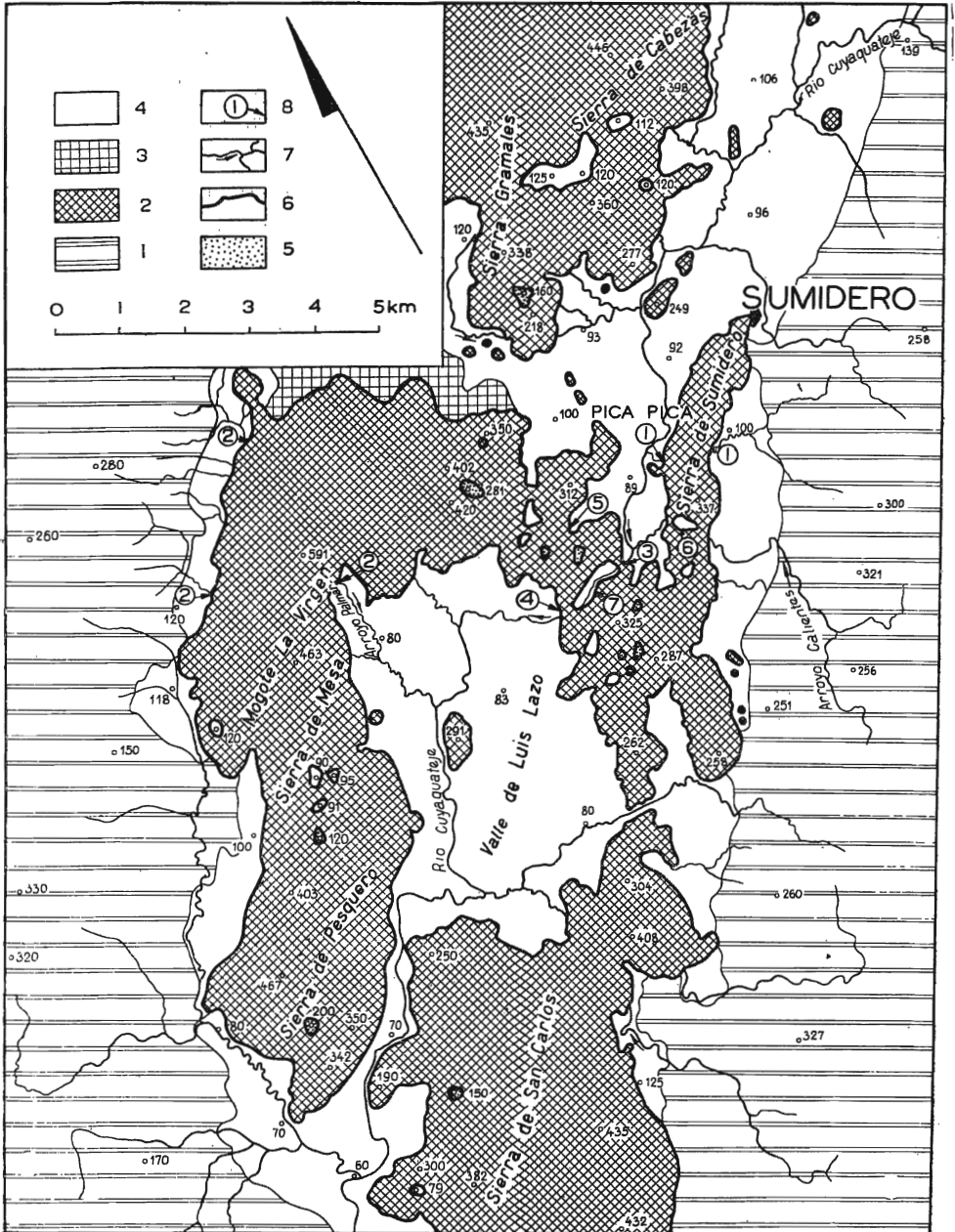


Fig. 2



bokość wynosi kilka metrów. Na obszarze polja Pica-Pica autorowie obserwowali dwa poziomy powierzchni osadów: jeden wzniesiony około 4—8 m nad poziom Cuyaquateje, drugi — około 10—12 m. Jest rzeczą charakterystyczną, że w pobliżu ścian mogotów powierzchnia poljów bardzo często obniża się, tworząc lokalne, pozbawione powierzchniowego odpływu zagłębienia. Gromadząca się w nich po większych opadach woda ginie wśród bloków obrywów skalnych, nagromadzonych wzdłuż ścian i spływa w kierunku mogotów licznymi kanałami krasowymi, które prowadzą w dół, w głąb wapieni.

### JASKINIE

Jaskinie badanego obszaru mają charakter jaskiń przepływowych, których rozwój wiąże się ściśle z powierzchniową siecią rzeczną. Korytarze jaskiń są rozwinięte zasadniczo horyzontalnie i niejednokrotnie tworzą wielkie systemy, składające się z szeregu poziomów, położonych na różnych wysokościach. Poszczególne poziomy danego systemu łączą się niekiedy ze sobą, najczęściej w strefach zawaliskowych, lub wyjątkowo tylko za pośrednictwem ciasnych korytarzy, rozwiniętych przeważnie wzdłuż upadu warstw lub na znaczniejszych szczelinach tektonicznych.

W większości badanych systemów można wyróżnić dwa zasadnicze piętra (fig. 3).

1. Piętro górne, martwe, które składa się z jednego lub częściej z kilku położonych nad sobą poziomów, suche, z nielicznymi okresowymi jeziorami.

Fig. 2

Przeglądowa mapa morfologiczna Sierra de los Organos w rejonie Sumidero, opracowana na podstawie mapy 1:50 000, stereoskopowych zdjęć lotniczych i obserwacji terenowych

1 obszar pagórkowaty Pizarras, o podłożu niekrasowym (formacja Cayetano), 2 obszar mogotów, 3 obszar wapienny pozbawiony mogotów, 4 obszar równin krasowych i poljów, 5 polja wewnętrzne (typu hoyo) położone na wyższym poziomie, 6 krawędzie mogotów, 7 stałe i okresowe powierzchniowe rzeki i strumienie, 8 polja i otwory jaskiń wymienionych w tekście: 1) otwory Cueva del Amistad, 2) otwory Cueva Fuentes, 3) Cueva Clara, 4) Cueva Oscura, 5) Cueva Pio Domingo, 6) Hoyo Calientes, 7) Hoyo Potrerito

Carte morphologique générale de la Sierra de los Organos aux environs de Sumidero, fondée sur la carte au 50 000<sup>e</sup>, sur les photographies aériennes stéréoscopiques et sur les observations du terrain

1 terrain des collines des Pizarras, à substratum non-karstique (formation de Cayetano), 2 terrain des mogotes, 3 terrain calcaire privé de mogotes, 4 terrain des plaines karstiques et des poljés, 5 poljés internes (type du hoyo) situés en niveau plus haut, 6 bords des mogotes, 7 rivières et torrents superficiels, permanents ou périodiques, 8 poljés et ouvertures des grottes, mentionnées dans le texte: 1) ouvertures de Cueva del Amistad, 2) ouvertures de Cueva Fuentes, 3) Cueva Clara, 4) Cueva Oscura, 5) Cueva Pio Domingo, 6) Hoyo Calientes, 7) Hoyo Potrerito

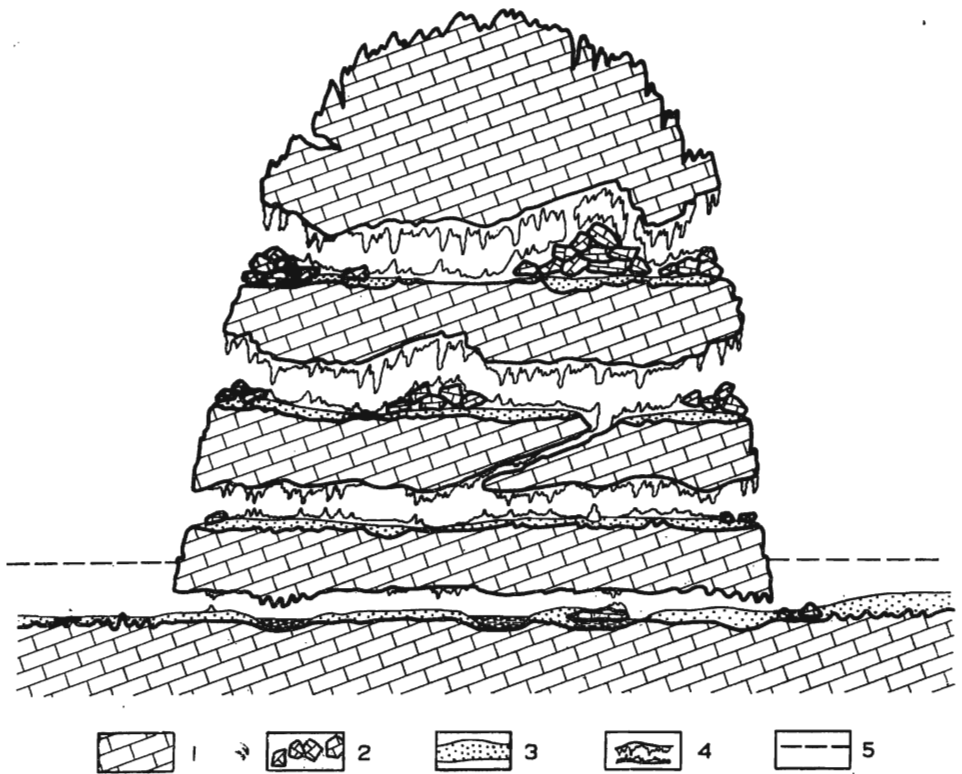


Fig. 3

## Schematyczny przekrój mogotu

1 wapień, 2 bloki obrywów, 3 klastyczne osady rzeczne, 4 utwory naciekowe, 5 poziom osadów aluwialnych polja

## Coupe schématique à travers un mogote

1 calcaire, 2 blocs des écroulements, 3 dépôts fluviaux clastiques, 4 concrétions, 5 niveau des alluvions du polje

2. Piętro dolne, obecnie aktywne, ze stałym lub okresowym przepływem, związane z poziomem poljów.

Wyprawa odkryła dwie wielkie, aktualnie czynne jaskinie przepływowe: Cueva del Amistad (fig. 4) i Cueva Fuentes (fig. 5) oraz kilka mniejszych, dzięki czemu autorowie mieli możliwość przeprowadzić szereg obserwacji nad jaskiniami Sierra de los Organos, reprezentującymi różne stadia rozwoju.

W korytarzach wszystkich pięter zaznacza się wyraźnie określony kierunek przepływu wód, wyrażający się istnieniem korytarza głównego, z którym łączą się (w kierunku płynięcia wody), a rzadziej oddzielają korytarze boczne. Rozwijają się one zawsze albo wzdłuż fug międzyławicowych, albo też wzdłuż pionowych lub stromo nachylonych szczelin, utrzymując się jednak z reguły na mniej więcej tym samym poziomie.

Biegną one kolejno wzdłuż fugi, następnie wzdłuż szczeliny, znowu wzdłuż fugi itd., tworząc w rezultacie na planie linię łamaną. Większe komory powstają z reguły w miejscach przecięcia się kilku większych szczelin, a największe dodatkowo w wyniku obrywów ścian i stropu.

Opis rozpoczynamy od piętra dolnego, bowiem jego korytarze najlepiej zachowały swoje pierwotne formy rozwojowe. Na wyższych poziomach formy te są z reguły maskowane bogato rozwiniętą szatą naciekową, a także licznymi obrywami.

*Piętro dolne* znajduje się zwykle około 2—8 m poniżej płaskiej aluwialnej powierzchni poljów i równin krasowych. Korytarze tego piętra rozwinięte są przeważnie w jednym poziomie, na którym współcześnie, stale lub okresowo płynie strumień podziemny. Szerokość korytarzy bywa rozmaita; np. główny korytarz Cueva Fuentes mierzy na znacznych odcinkach 25—30 m, miejscami jednak zwęża się do 5—6 m a nawet mniej; wysokość jego waha się przeciętnie w granicach od 8 do 20 m.

W przekrojach poprzecznych zaznaczają się wyraźnie fugi lub szczeliny, wzdłuż których nastąpiło rozmycie korytarzy (fig. 6). Rzadziej spotyka się korytarze w kształcie rur lub tuneli. Na ścianach i na skalnym dnie korytarzy widoczne są często formy wadyczne, świadczące o swobodnym przepływie strumieni; najczęściej są to charakterystyczne półki na ścianach i rynny denne. W głównym korytarzu Cueva Fuentes autorowie obserwowali szereg wielkich meandrów (fig. 7) wciętych w ściany. W Cueva del Amistad pospolitymi formami, rozwiniętymi na skalnym dnie korytarza są żebra, zakończone ostrymi krawędziami (fig. 8). Powstają one w strefach, gdzie gruboławicowy wapień pocięty jest licznymi spękaniem ciosowymi. Rozpuszczanie skały przebiega tam najintensywniej wzdłuż płaszczyzn ciosu, pozostawiając między nimi ostre, cienkie a wysokie żebra, oddzielone głębokimi rynnami.

Powierzchnia wapienia na ścianach jaskini bardzo często pokryta jest drobnymi zagłębieniami wirowymi typu „lutes”.

W miejscach obniżenia stropu obserwuje się charakterystyczne żłobki stropowe i wiszary korozyjne. Formy tego rodzaju opisywane były już przez H. Lehmana (1954) z okolic Viñales.

Dno korytarzy opisywanego piętra wypełnione jest na znacznych odcinkach osadami żwirowymi i piaszczystymi. Żwir składa się z otoczków bardziej zwięzłych skał pochodzących z formacji Cayetano (głównie z drobnoziarnistych piaskowców i silnie zdiagenezowanych łupków). Maksymalna średnica otoczków dochodzi do 15 cm. Materiał żwirowo-piaszczysty transportowany jest i osadzany w jaskiniach w okresach powodziowych, przede wszystkim podczas opadów związanych z cyklonami. Miejscami grubość osadów klastycznych na dnie korytarzy wynosi 4—6 m. Lokalne większe obniżenia wypełnione są okresowymi lub stałymi jeziorami.

W partiach położonych w pobliżu wypływu podziemnego strumie-

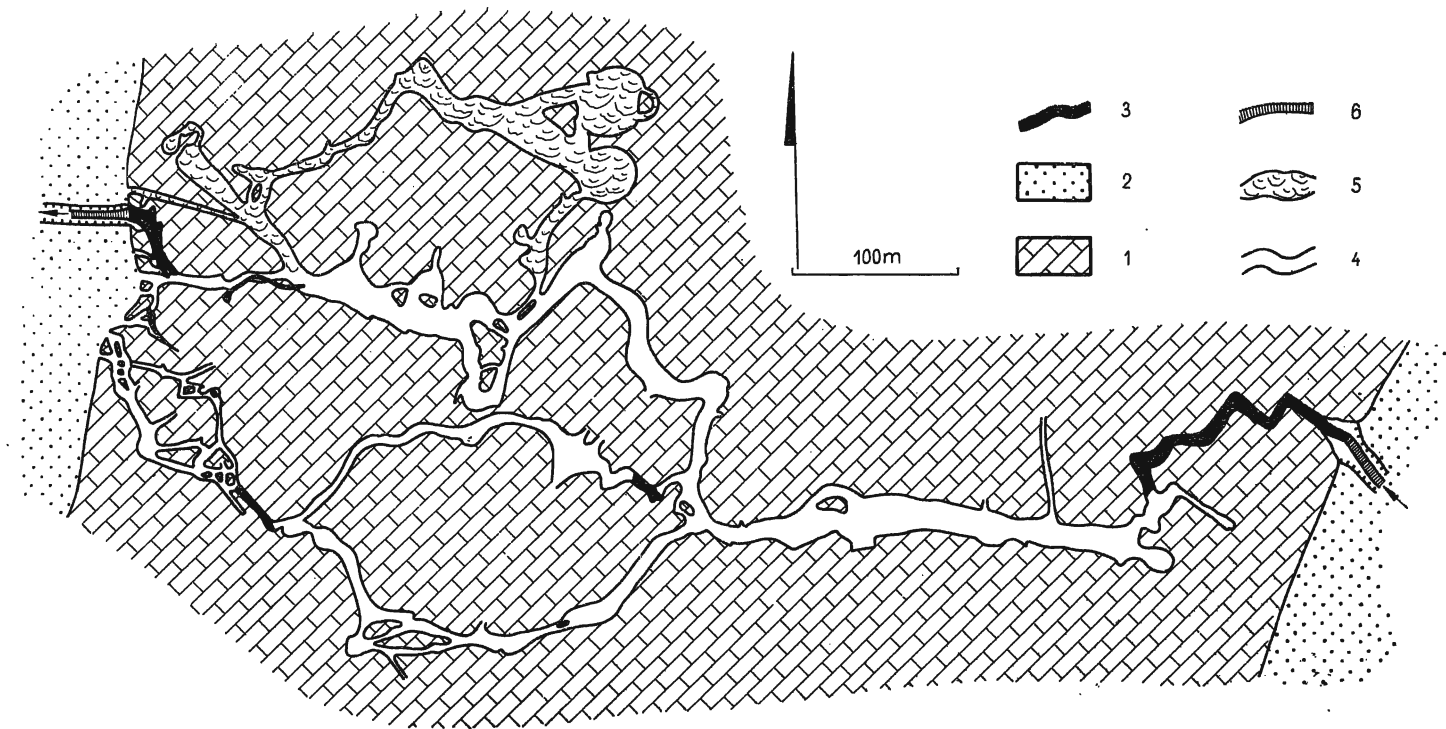


Fig. 4

## Plan jaskini Cueva del Amistad

1 wapień, 2 polja, 3 jeziora i strumień w jaskini, 4 suche korytarze dolnego piętra, 5 korytarze górnego piętra, 6 strumień powierzchniowy

## Plan de la grotte Cueva del Amistad

1 calcaire, 2 poljés, 3 lacs et torrent dans la grotte, 4 couloirs secs de l'étage inférieur, 5 couloirs de l'étage supérieur, 6 torrent superficiel

nia, bardzo często obserwować można rozdzielanie się korytarza na szeregi ramion, tworzących rodzaj labiryntu. Z reguły wapienny masyw mogotu jest silnie spękany w pobliżu ścian, a szczególnie u ich podstawy. Jest to rezultatem zboczowych przesunięć skały i obrywów. Istnienie licznych szczelin, z reguły poszerzonych już krasowo przez wody spływające ze ścian mogotu, sprzyja powstawaniu szeregu kanałów wypły-

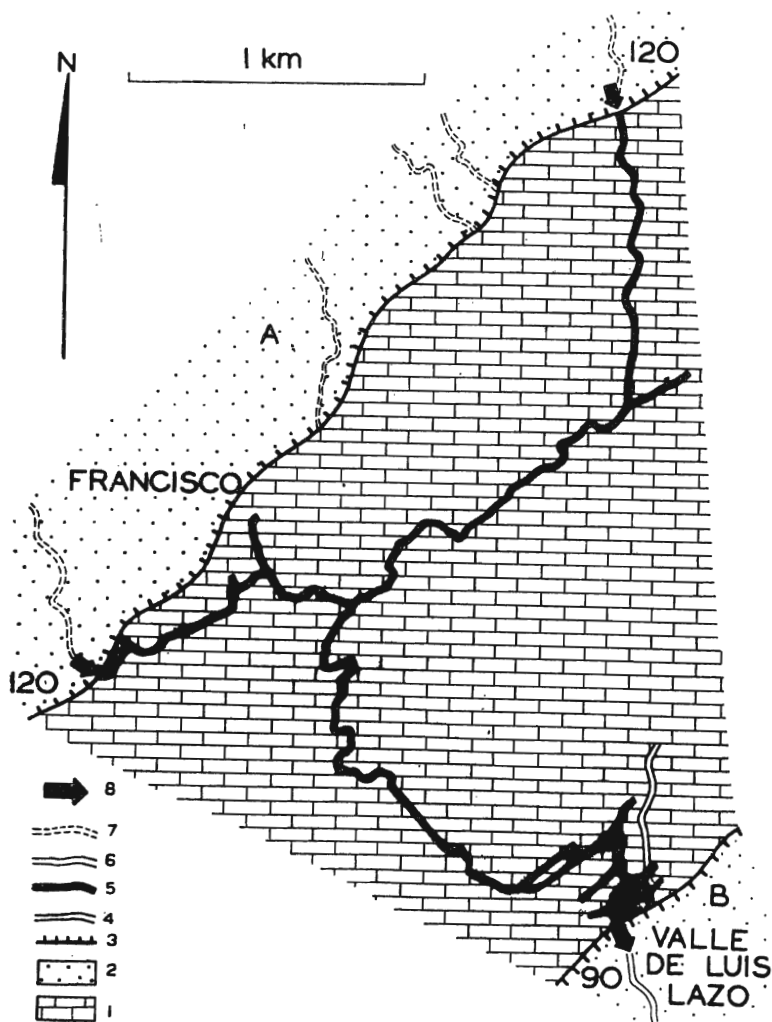


Fig. 5

Plan znanych części jaskini Cueva Fuentes

1 wapień, 2 polje, 3 krawędź pasma mogotów, 4 korytarze górnego piętra, 5 korytarze dolnego piętra, 6 strumień stały, 7 strumienie okresowe, 8 kierunki przepływu

Plan des parties reconnues de la grotte Cueva Fuentes

1 calcaire, 2 polje, 3 bord de la chaîne des mogotes, 4 couloirs de l'étage supérieur, 5 couloirs de l'étage inférieur, 6 torrent permanent, 7 torrents périodiques, 8 direction de l'écoulement

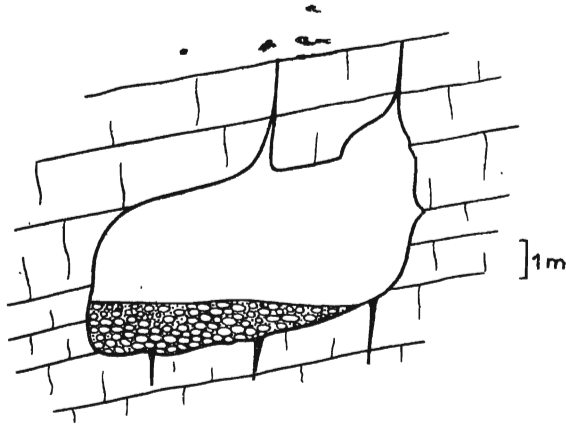


Fig. 6

Przekrój przez korytarz Cueva del Amistad. Zaznacza się związek z fugami międzylawicowymi i szczelinami

Coupe à travers le couloir à Cueva del Amistad. On y voit la liaison de la forme du couloir aux joints de stratification et aux fissures

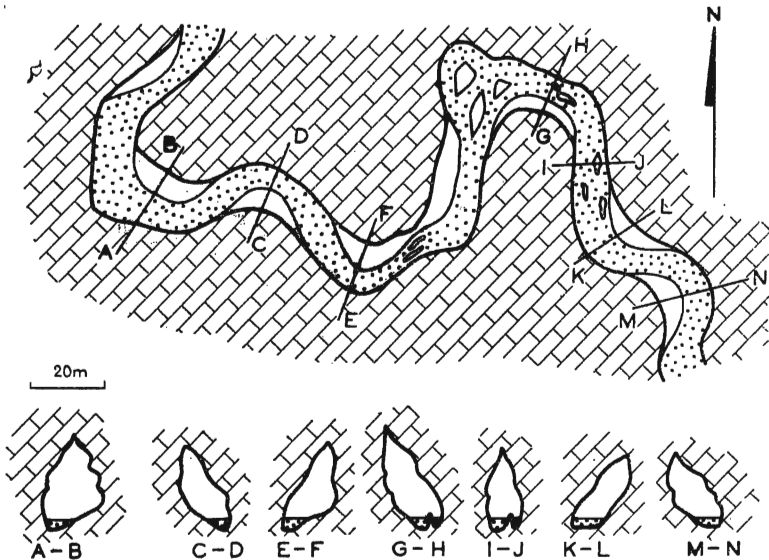


Fig. 7

Fragment korytarza jaskini Cueva Fuentes z rozwiniętymi meandrami  
Kropkami zaznaczono materiał klastyczny w dnie korytarza

Fragment du couloir de la grotte Cueva Fuentes révèle des méandres  
Les points marquent les matériaux clastiques sur le fond du couloir

wowych, oddzielających się od głównego korytarza jaskini. Rozwój takich przyotworowych labiryntów wiązać zapewne należy z procesami zachodzącymi w okresach powodziowych, kiedy wody podziemnego strumienia, nie mieszcząc się w głównym otworze wypływu, zostają spiętrzone i znajdują dodatkowe ujścia na powierzchnię poprzez drobne szczeliny i kanały, które wówczas są szybko poszerzane. Zjawisko takie zachodzi tylko wyjątkowo w głębi mogotu, gdzie przepływ wody skoncentrowany jest w korytarzu głównym. Związek przyotworowych labiryntów z wysokimi stanami wód podkreślony jest tym, że drugorzędne ujścia znajdują się bardzo często nieco powyżej poziomu głównego korytarza piętra dolnego.

Szata naciekowa opisywanego piętra jest bardzo uboga. W nielicznych stosunkowo miejscach pojawiają się stalaktyty, stalagmity i związane z nimi misy naciekowe. Nacieki rozwijają się na powierzchni osadów klastycznych i z reguły noszą wyraźne ślady okresowego niszczenia, głównie mechanicznego. W Cueva del Amistad autorowie obserwowali szereg obalonych stalagmitów, częściowo zagrzebanych wśród materiału żwirowego. Większość stojących stalagmitów wykazuje w przekrojach poziomych charakterystyczny kształt „kropli”. Grubsza, zaokrąglona część „kropli” skierowana jest zawsze pod prąd i wykazuje ubytek pierścieni przyrostowych, spowodowany zniszczeniem tej części nacieku. Na powierzchniach nacieków bardzo często rozwinięte są ponadto typowe zagłębienia wirowe (flutes).

W najlepiej przez autorów zbadanej jaskini, Cueva del Amistad, można stwierdzić ślady kilku następujących po sobie faz erozji i akumulacji w rozwoju piętra dolnego.

W wielu miejscach widoczne są resztki starego poziomu osadów w postaci półek przyklepionych na pewnej wysokości do ścian korytarzy. Półki te zbudowane są z materiału żwirowo-piaszczystego, który jest silnie scementowany, a na powierzchni pokryty cienką polewą żelazisto-manganową.

Miejscami obserwuje się stalagmity zasypane przez materiał tworzący półki (fig. 9). Scementowane w podobny sposób osady klastyczne, pokryte na powierzchni ciemną polewą, wypełniają również na znacznych odcinkach dno korytarzy. Obok nich występują świeżo złożone sypkie żwiry i piaski, w których znajdują się gałęzie drzew, a nawet przedmioty wrzucane przez ludność do powierzchniowego odcinka strumienia. Wynika z tego, że po utworzeniu się korytarzy zaczęły rozwijać się utwory naciekowe, które zostały zasypane materiałem klastycznym. Osady uległy cementacji, a na ich powierzchni utworzyła się ciemna polewa manganowo-żelazista. Z kolei znaczna część osadu została usunięta, a na powierzchni osadów wypełniających dno korytarzy powstała nowa polewa. Obecnie zachodzi w jednych miejscach erozja tych osadów, a w innych ma miejsce akumulacja współcześnie donoszonego materiału. Współ-

czesna erozja i akumulacja związane są z przepływami wód w okresach powodziowych, związanych z cyklonami. Zagadnienie starszych faz akumulacji i erozji jest trudne do rozwiązania. Wydaje się, że są one wynikiem lokalnych zmian w drogach przepływu wód przez jaskinię, choć nie można wykluczyć, że są one spowodowane procesami o szerszym, regionalnym znaczeniu.

Przy niskich stanach wody w korytarzach dolnego piętra wielu jaskiń przepływ odbywa się poprzez dolną część warstwy osadów klastycznych, bądź też systemem ciasnych kanałów, które rozwijają się bezpośrednio poniżej. Kanały te związane są z wypływem podziemnego stru-

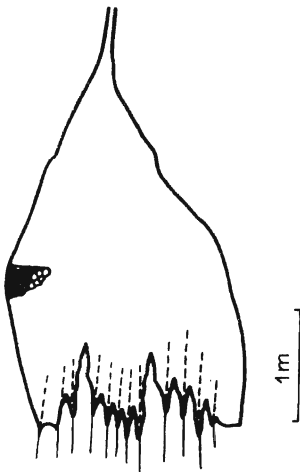


Fig. 8

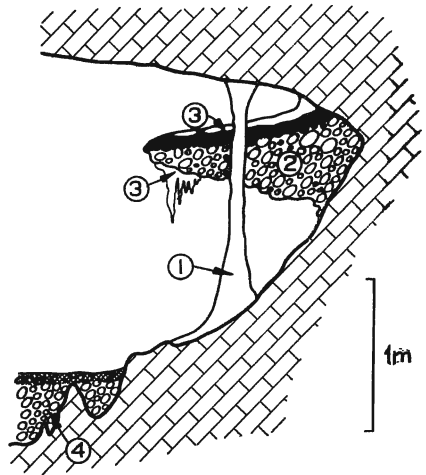


Fig. 9

Fig. 8

Żebra skalne w dnie korytarza jaskini Cueva del Amistad powstałe w wyraźnym związku ze szczelinami ciosowymi. Na ścianie fragment zniszczonej, starej pokrywy osadów klastycznych

Côtes rocheuses sur le plancher du couloir de la grotte Cueva del Amistad, développées en liaison exacte aux diaclases. Au paroi un fragment de l'ancienne couverture de dépôts clastiques

Fig. 9

Ślady dwóch poziomów zasypania w korytarzu jaskini Cueva del Amistad.  
1 kolumna naciekowa, 2 fragment starszego poziomu osadów klastycznych w górnej części scementowanego związkami manganu, 3 nacieki młodszej generacji, 4 młodszy poziom osadów klastycznych

Restes de deux niveaux de comblement dans le couloir de la grotte Cueva del Amistad

1 colonne, 2 fragment du niveau plus ancien de dépôts clastiques, dans leur partie supérieure cimentés par les composés manganiques, 3 concrétions de la génération plus jeune, 4 niveau plus jeune de dépôts clastiques



mienia na powierzchnię i jedynie tylko na niewielkich odcinkach dostępne są dla człowieka.

W niektórych systemach jaskiniowych ponad głównym poziomem piętra dolnego istnieje jeszcze poziom nieco wyższy. Korytarze jego rozwinięte są w pobliżu poziomu poljów lub kilka metrów powyżej. Od opisanych korytarzy dolnego piętra różnią się one tylko bogatszą szatą naciekową. Poziom ten jest zalewany wyjątkowo w czasie bardzo gwałtownych i dużych opadów, kiedy następuje zalanie całego polja marginalnego. Wysokość spiętrzenia wód może dochodzić wówczas do kilkunastu metrów. W Caverna Grande de Santo Tomas ten poziom jest dobrze rozwinięty; A. Núñez Jiménez (1955) określił go nazwą „poziomu torrencjonalnego”.

Poszczególne poziomy piętra górnego (martwego) znajdują się na różnej wysokości nad poziomem poljów. Proces formowania tych korytarzy przez wody pochodzenia allochtonicznego został już ukończony. Ich pierwotny wygląd maskuje w znacznym stopniu szata naciekowa i liczne zawaliska. Dno korytarzy tego piętra było pierwotnie poziome i wysłane jest w wielu miejscach materiałem klastycznym, pochodzącym z formacji Cayetano, co wyraźnie podkreśla ich pierwotny przepływowy charakter.

Ilość poziomów piętra górnego jest w poszczególnych systemach jaskiniowych różna. W Cueva Grande de Santo Tomas A. Núñez Jiménez (1956) wymienia ich 4. W badanych przez nas jaskiniach Cueva Amistađ i Fuentes został stwierdzony tylko jeden poziom wyższy w bezpośrednim związku z czynnym obecnie poziomem przepływowym. W ścianach otaczających mogotów znajduje się jednak wiele jaskiń, położonych na różnych wysokościach, które stanowią niewątpliwie kolejne etapy rozwoju obecnego systemu odwadniającego. Najwyższe obserwowane przez nas poziomy jaskiniowe z materiałem klastycznym na dnie znajdowały się na wysokości około 150 m nad dnem doliny Pica-Pica, w rejonie Cueva Sotterraños.

Na podkreślenie zasługuje fakt, że w kilkunastu zbadanych jaskiniach autorowie nie obserwowali prowadzących w górę kominów. Jedynie tylko w Cueva Pio Domingo istnieje jedna niewielka, opadająca w dół studnia. Również i na powierzchni mogotów napotymano tylko na nieliczne i niewielkich rozmiarów studnie krasowe; częste są tam natomiast głębokie kieszenie krasowe rozwinięte na szczelinach ciosowych.

Szata naciekowa górnego piętra jest nadzwyczaj bogata. Wiąże się to z dużą agresywnością wód, wnikających z powierzchni mogotu w głąb skały, które łatwo nasycają się węglanem wapnia i równie łatwo potem go wytrącają. Bardzo często już w samym otworze jaskini zwieszają się ze stropu stalaktyty o charakterystycznych, nieregularnych kształtach, kilkumetrowej nieraz długości. Narastają one w przedłużeniu żłobków krasowych, którymi woda ścieka po powierzchni skały ponad otworem

jaskini, a także tworzą się u wylotu szczelin, uchodzących w pobliżu w stropie jaskini.

W głębszych partiach jaskini obserwuje się utwory naciekowe o wyjątkowej różnorodności form. Obok stalaktytów, stalagmitów, kolumn i pokryw naciekowych, nadzwyczaj często występują tutaj najróżniejsze misy naciekowe; bardzo pospolite są rozmaitego typu heliktyty. Wnętrza mis, a także i całe partie dna korytarzy i komór pokrywają inkrustacje kalcytowe różnych typów. Do rzadszych form nacieków należą palety, występujące w Cueva Pio Domingo i w Caverna Grande de Santo Tomas oraz nacieki gejzerowe, opisane przez A. Núñeza Jiménez (1962) z tej ostatniej jaskini.

W jaskini Amistad znalezione zostały przez ekspedycję perły jaskiniowe (pizolity o gładkiej, wyszlifowanej powierzchni), które wyróżniają się znacznymi rozmiarami; ich średnice dochodzą do 8 cm. O ile autorom wiadomo, tak duże pizolity nie zostały dotąd z jaskiń opisane. Perły jaskiniowe, a przede wszystkim pizolity o matowej powierzchni, mniejszych tylko rozmiarów (średnicy 3—30 mm) są pospolite w jaskiniach badanego obszaru, podobnie jak na całej Kubie.

#### GENEZA I ROZWÓJ JASKIŃ

Problem związku powierzchniowego form krasowych, z warunkami klimatycznymi jest w ostatnich latach szeroko omawiany. Stosunkowo niewiele natomiast wiadomo o wpływie klimatu na powstanie określonych morfologiczno-genetycznych typów jaskiń. Kuba jest szczególnie dogodnym obszarem dla badań nad wpływem klimatu tropikalnego na rozwój podziemnych form krasowych, ze względu na to, że klimat jej nie uległ zasadniczym zmianom co najmniej od miocenu, liczne zaś jaskinie rozwinięte są w obszarach o różnej budowie geologicznej i różnej rzeźbie.

W poprzedniej pracy autorowie (Gradziński & Radomski 1963) zwrócili uwagę na ścisłą zależność powstawania jaskiń o określonym typie morfologicznym od warunków, określanych jako sytuacja przestrzenna kompleksu skał krasowiejących. Pod pojęciem sytuacji przestrzennej rozumie się miąższość skały krasowiejącej, jej stosunek do skał nadi i podścielających, struktury tektoniczne, położenie bazy erozyjnej oraz rzeźbę powierzchni terenu. W niedawno wypiętrzonych obszarach górskich o dużych deniwelacjach powierzchni powstają przede wszystkim jaskinie o rozwinięciu pionowym, typu gouffres. Na równinnym obszarze wyniesionych tarasów nadmorskich tworzą się jaskinie poziome o charakterze rozległych labiryntów; powstanie ich związane jest z rozpuszczaniem skały w poziomie wód krasowych, w stosunkowo wąskich pasmach gór, zbudowanych z wapieni, a otoczonych przez skały niekrasowie-

jące (np. Sierra de los Organos, Sierra de Jatibonico), głównie rozwijają się poziome jaskinie, związane z przepływami potoków pochodzenia allochtonicznego.

W Sierra de los Organos rozwój charakterystycznej dla tego obszaru rzeźby krasu kopiastego związany jest z siecią powierzchniowo-podziemnych strumieni, których obszary źródłowe znajdują się w Pizarras, zbudowanych z formacji Cayetano. Na drodze podziemnych przepływów tych strumieni przez wapienne mogoty rozwijają się jaskinie. Poszczególne poziomye jaskiń powstawały każdorazowo nieco poniżej współczesnego im poziomu poljów i równin krasowych. W procesie rozwoju jaskiń odgrywała rolę nie tylko intensywna korozja wód, ale także mechaniczna erozja wywołana obecnością transportowanego przez jaskinie materiału klastycznego pochodzącego z Cayetano.

Rozwój poszczególnych poziomów jaskiń uzależniony był więc od położenia lokalnej bazy erozyjnej rzeki, odwadniającej daną część Sierra de los Organos i przyległych Pizarras, w przypadku badanego obszaru — Rio Cuyaquateje. Obserwowane obecnie występowanie jaskiń na różnych poziomach związane jest z postępującym obniżaniem się tej bazy.

Należy przypuszczać, że dokładna ewidencja licznych jaskiń istniejących w mogotach i określenie ich wzniesienia nad współczesnym dnem poljów i równin krasowych pozwoli odtworzyć kolejne etapy obniżania się bazy erozyjnej rzek odwadniających obszar Sierra de los Organos. Analiza orientacji otoczków w klastycznych osadach jaskiniowych i analiza kierunkowych form pierwotnych na ścianach jaskiń pozwolą dodatkowo na odtworzenie kierunków spływu wód i ich lokalnych zmian, jakie istniały w historii rozwoju rzeźby krasowej tego regionu.

#### HOYOS

W Sierra de los Organos występują liczne polja centralne, które na Kubie określone są lokalną nazwą „hoyos” (l.p. hoyo). Ich cechy morfologiczne, geneza i rozwój przedstawione zostaną na przykładzie Hoyo Calientes, które było przedmiotem bardziej szczegółowych badań autorów (1965).

Hoyo Caliente położone jest w pasmie mogotów Sierra de Sumidero. Ma ono kształt owalny, o rozmiarach 450 × 250 m (fig. 10 i 11) i otoczone jest ze wszystkich stron wapiennymi ścianami mogotów, porośniętymi bujną roślinnością. Dno jego pokryte jest kilkumetrowej miąższości warstwą mułowo-piaszczystych osadów aluwialnych. Materiał ten, pochodzenia allochtonicznego, odkładany jest w okresach powodziowych przez wody strumienia Arroyo Calientes.

Aluwialne dno hoyo jest płaskie i obniża się jedynie w bezpośrednim sąsiedztwie ścian mogotów. Na niektórych odcinkach obniżenie to

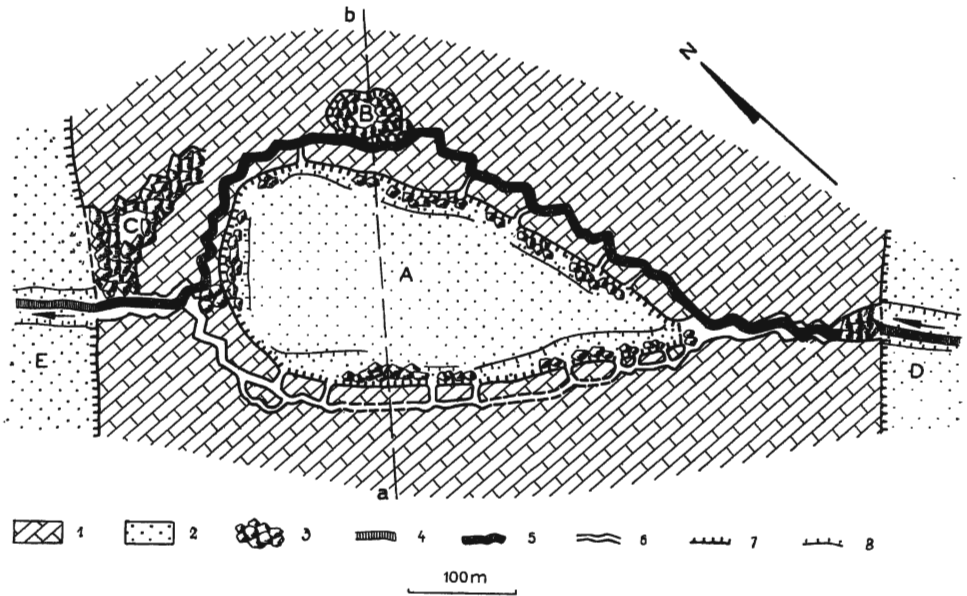


Fig. 10

## Plan Hoyo Calientes (nieco uproszczony)

1 wapień pasma mogotów, 2 osady aluwialne połjów, 3 bloki wapiennych obrywów, 4 powierzchniowe odcinki strumienia, 5 podziemny przepływ strumienia, 6 korytarze suche jaskini, 7 bord des mogotes, 8 rebords d'érosion dans les alluvions, A Hoyo Calientes, B hoyo lateral, C fragment górnego piętra jaskini, D polje marginalne Calientes, E polje Pica-Pica, a-b linia przekroju (fig. 10)

## Plan du Hoyo Calientes (un peu simplifié)

1 calcaire de la chaîne des mogotes, 2 alluvions des poljés, 3 blocs des écroulements calcaires, 4 parties superficielles du torrent, 5 course souterraine du torrent, 6 couloirs secs de la grotte, 7 bord des mogotes, 8 rebords d'érosion dans les alluvions, A Hoyo Calientes, B hoyo lateral, C fragment de l'étage supérieur de la grotte, D polje marginal Calientes, E polje Pica-Pica, a-b ligne de la coupe géologique. (fig. 11)

ma postać głębokiej na około 4 m rynny, ciągnącej się wzdłuż ścian. U podnóża ścian obserwuje się często większe i mniejsze bloki wapienia pochodzące z obrywów. Z dna obniżień ciągnących się wzdłuż ścian, otaczających hoyo, prowadzą w głąb skały liczne większe i mniejsze kanały krasowe.

Strumień Arroyo Calientes spływa z Pizarras, przepływa przez polje marginalne Calientes i ginie w ponorze u podnóża pasma mogotów Sierra de Sumidero. Dalszy bieg rzeki można śledzić w wytworzonych przez nią jaskiniach przepływowych, przebijających to pasmo. Za ponorem znajduje się strefa zapadliskowa, związana z obrywem stropu jaskini. Za nią Arroyo Calientes płynie po dnie jaskini, zachowującej ogólny kierunek z SE ku NW. W odległości kilkunastu metrów przed krawędzią Hoyo Calientes, z którym jaskinia komunikuje się dużym otworem no-

szącym ślady obrywu, od głównego korytarza oddzielają się dwa korytarze, które opasują hoyo od północy i od południa. Przy niskich stanach wody rzeka płynie obecnie ramieniem północnym. Ta część jaskini rozwinięta jest w ścianach mogotów w niewielkiej stosunkowo odległości od ścian hoyo, a z jego dnem komunikuje się kilkoma większymi korytarza-

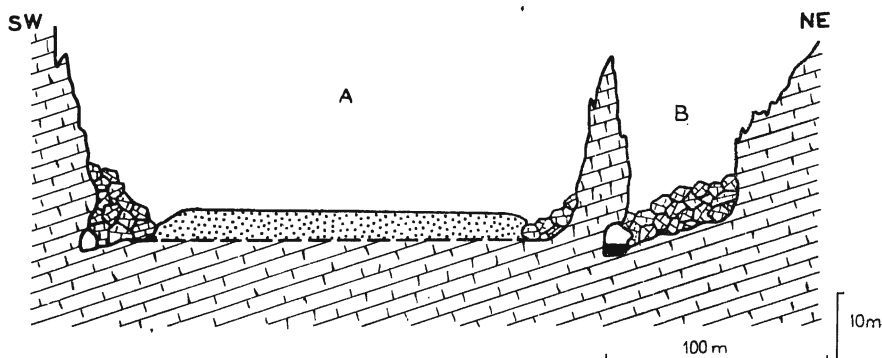


Fig. 11

Przekrój przez Hoyo Calientes

Objaśnienia jak na fig. 10

Coupe géologique à travers l'Hoyo Calientes

(Pour les explications v. fig. 10)

mi i szeregiem mniejszych kanałów krasowych. Na pewnym odcinku rzeka płynie wśród bloków zawaliska, w którym obryw sięgnął do powierzchni terenu, tworząc niewielkie boczne hoyo z dnem zasłanym blokami wapienia. Po okrążeniu Hoyo Calientes północne ramię jaskini łączy się z ramieniem południowym w jeden korytarz, który kończy się wielkim otworem, wyprowadzającym na dolinę Pica-Pica.

Dno korytarzy jaskini, którymi płynie strumień, położone jest około 5—6 m poniżej poziomu płaskiej, środkowej części hoyo.

Południowe ramię jaskini opasujące Hoyo Calientes jest słabiej rozwinięte. Woda przepływa tędy jedynie po większych opadach, a przy niskim stanie wody istnieją tutaj jedynie izolowane jeziora. Południowe ramię, podobnie jak północne, komunikuje się z powierzchnią hoyo licznymi kanałami i szczelinami.

#### GENEZA I ROZWÓJ HOYO

Dzisiejsza forma, jaką reprezentuje Hoyo Calientes, jest niewątpliwie pochodzenia erozyjnego. Przeciw tektonicznemu pochodzeniu hoyo przemawia zarówno jego kształt, brak widocznych uskoków i stref brek-

cji tektonicznych w tej części Sierra de Sumidero, jak również położenie hoyo w środku pasma mogotów.

Stwierdzenie istnienia aktywnych jaskiń, opasujących Hoyo Calientes i obrywów będących wynikiem ich rozwoju, pozwala odtworzyć zachodzący współcześnie proces poszerzania tego rodzaju polji centralnych (hoyos), a jednocześnie jest dowodem ścisłego związku form tego rodzaju z rozwojem jaskiń przepływowych.

Podziemny przepływ Arroyo Calientes przez Sierra de Sumidero na obecnym, najniższym poziomie, przebiegał początkowo wzdłuż mniej więcej prostej linii z SE ku NW; kierunek ten rejestrują początkowy i końcowy odcinek jaskini, położone na SE i NW od hoyo. Ponad tym przepływem niewątpliwie istniały położone wyżej starsze piętra systemu jaskiń przepływowych, wytworzonych przez Arroyo Calientes, oraz związane z nimi depresje powierzchniowe, podobne do opisywanego hoyo. Dowodem tego jest fragment jaskini wyższego poziomu zachowany w ścianie obrzeżającej Hoyo Calientes od NW oraz wyraźnie zaznaczające się w tym rejonie obniżenie powierzchni pasma mogotów Sierra de Sumidero.

Zawalenie się stropu jaskini dzisiejszego najniższego piętra, które sięgnęło do powierzchni terenu, zapoczątkowało rozwój Hoyo Calientes.

Początkowe stadium powstawania hoyo ilustruje dobrze boczne hoyo, położone na N od Hoyo Calientes. Stanowi ono owalną depresję o stromych ścianach, powstałą wskutek zawalenia stropu komory jaskini. Dno jej jest zasłane wielkimi blokami wapienia, które obecnie są intensywnie niszczone wskutek korozyjnej działalności wody opadowej spływającej po powierzchni. W warunkach panującego na Kubie klimatu agresywność wody w poważnym stopniu zwiększa wpływ roślinności porastającej wapienie na mogotach. Fakt ten podkreślił już H. Lehmann, K. Krömmelbein i W. Lötschert (1956). Proces niezwykle szybkiego roztworzenia bloków wapiennych porośniętych roślinnością obserwowali również autorowie w studniach zapadliskowych („dolinas”) jaskiń na półwyspie Caguanes (Kuba, prowincja Las Villas).

Wspomniany wyżej obryw stropu w głównym korytarzu jaskini przepływowej spowodował zepchnięcie strumienia pod ściany powstałej depresji. W środkowej części depresji osadzany był natomiast podczas wyższych stanów wody materiał piaszczysto-mułowy, transportowany przez strumień z obszaru Pizarras; jednocześnie rozpoczął się proces szybko postępującej korozji bloków wapiennych, przyspieszany obecnością roślinności, porastającej odsłonięte zawalisko i aluwia. W tym stadium rozpoczął się proces lateralnego poszerzania hoyo. Główną rolę odgrywał w nim zepchnięty pod ściany strumień, którego woda, działając korodująco i erozyjnie, podcinała stale ściany korytarza i tworzyła w nim coraz to nowe kanały krasowe. Rezultatem było niszczenie podstawy ścian wapiennych obrzeżających powstałą depresję i tworzenie się wokół

rięj dalszych obrywów. W ten sposób stałe podcinanie ścian wapiennych, przy jednoczesnym silnym korodowaniu materiału pochodzącego z obrywów i zapełnianiu powstałego obniżenia osadami klastycznymi, doprowadziło do powstania Hoyo Calientes w jego dzisiejszej postaci. W procesie niszczenia ścian hoyo pewną rolę odgrywała także woda opadowa, spływająca po ścianach obrzeżających hoyo i wnikająca do kanałów krasowych, rozwiniętych u ich podnóża.

Proces rozwoju hoyo jest jednak przede wszystkim związany ściśle z korozją i mechaniczną działalnością strumienia, przepływającego drogą podziemną przez pasmo mogotów. Hoyo tworzy się w aktualnym poziomie przewodników. Z chwilą regionalnego obniżenia się poziomu przewodników i wytworzenia nowego, niżej położonego piętra jaskiń przepływowych, proces rozwoju hoyo zostaje przerwany, niezależnie od stadium rozwoju, w jakim się wówczas znajduje.

W Sierra de los Organos znajdują się liczne formy typu hoyo, położone na różnych wysokościach i reprezentujące różne stadia rozwojowe (por. fig. 2). Oczywiście noszą one również ślady procesów związanych z krasowieniem powierzchni mogotów, które wtórnie prowadziły do niszczenia i przeobrażania tego rodzaju form. Wszystkie te dawne, nieczynne dziś hoyos związane są zawsze z jaskiniami, stanowiącymi fragmenty wyższych pięter systemów jaskiń przepływowych. Przykładem takich form są między innymi wewnętrzne hoyo w systemie Caverna Grande de Santo Tomas (Núñez Jiménez 1956) i stare hoyo za jaskinią Soter-raños.

Autorowie proponują wprowadzenie nazwy „hoyo” dla określenia na obszarach krasu kopiastego polji centralnych, których geneza i rozwój nie są związane z dyslokacjami tektonicznymi, a wyłącznie z korozją i mechaniczną działalnością wody, i które rozwijają się w poziomie przewodników w ścisłym związku z jaskiniami przepływowymi.

#### WNIOSKI OGÓLNE

Proces rozwoju pierścienia jaskiń opasujących Hoyo Calientes, które odgrywa zasadniczą rolę w lateralnym rozszerzeniu się tej formy, wiąże się ściśle, zdaniem autorów, z ogólnym zjawiskiem, które obserwować można wszędzie na terenie Sierra de los Organos. Zjawiskiem tym jest tendencja do ucieczki wody z obszarów aluwialnych i obszarów zbudowanych ze skał niekrasowiejących w system kanałów krasowych rozwiniętych w obrębie wapieni poniżej poziomu aluwialnych den równin, polji marginalnych i hoyos. Spowodowane jest to tym, że dzięki dużej agresywności wód spływających z powierzchni proces tworzenia się kanałów krasowych przebiega bardzo szybko; ponieważ lokalny poziom wód krasowych znajduje się poniżej dna polji i hoyos, na granicy wapienia na-

stępuje „przeciągnięcie” powierzchniowych cieków w głąb skały. W ten sposób w pasmach mogotów powstaje sieć kanałów spełniająca rolę systemu kanalizacyjnego, położonego kilka metrów poniżej dna poljów i hoyos i przechwytyjącego z powierzchni większość wód opadowych i znaczną część allochtonicznych, okresowych lub stałych potoków.

Rezultatem tego zjawiska jest istnienie wspomnianych już poprzednio zagłębień, ciągnących się z reguły u stóp ścian mogotów; woda spływa z nich szczelinami i kanałami w głąb skały. W wapieniach u stóp mogotów rozwinięte są natomiast liczne mniejsze i większe kanały krasowe. Większe kanały krasowe biegną bardzo często równolegle do krawędzi mogotu. Tego rodzaju kierunek obserwuje się też bardzo często wśród korytarzy jaskiń przepływowych w partiach w pobliżu otworu wpływowego i wypływowego.

Na skalę regionalną wspomniane zjawisko „przechwytywania” wody przez wapień znajduje swoje odzwierciedlenie w charakterystycznej hydrografii Sierra de los Organos i przyległych obszarów Pizarras. Wrazem tego są stałe bądź okresowe strumienie z obszaru Pizarras spływające w kierunku wapiennych mogotów, nigdy natomiast nie obserwuje się spływu w kierunku przeciwnym.

*Katedra Geologii  
Uniwersytetu Jagiellońskiego  
Kraków, ul. Oleandry 2a  
Kraków, w maju 1965 r.*

#### LITERATURA CYTOWANA

- GRADZIŃSKI R. & RADOŃSKI A. 1963. Types of Cuban caves and their dependence on factors controlling carst development. — Bull. Acad. Pol. Sci., Sér. Sci. Géol. Géogr., vol. 11, no. 3. Varsovie.
- GRADZIŃSKI R. & RADOŃSKI A. 1965. Origin and development of internal poljes (hoyos) in Sierra de los Organos (Cuba). — *Ibidem*, vol. 13, no. 2.
- KRÖMMELBEIN K. 1963. Beiträge zur geologischen Kenntnis der Sierra de los Organos (Cuba). — Z. Deutsch. Geol. Ges., Bd. 114.
- LEHMANN H. 1954. Der tropische Karst auf den Grossen Antillen. — *Erdkunde*, T. 8.
- LEHMANN H., KRÖMMELBEIN K. & LÖTSCHERT W. 1956. Karstmorphologische, geologische und botanische Studien in der Sierra de los Organos auf Cuba. — *Ibidem*, T. 10.
- NÚÑEZ JIMÉNEZ A. 1955. Curso de espeleologia general. Las Villas.  
— 1959. Geografia de Cuba. Habana.  
— 1962. Estalmitas de geiser. — Cuba, vol. 1, no. 5.  
— 1964. Notas geográficas y geomorfológicas de Cuba. In: Geologia de Cuba. Habana.
- NÚÑEZ JIMÉNEZ A. & SYMINGTON K. A. 1955. Caverns of St. Tomas. — Bull. Nat. Speleological Soc., vol. 17.
- PALMER R. H. 1945. Outlines of the geology of Cuba. — J. Geol., vol. 53.



R. GRADZIŃSKI & A. RADOMSKI

## SUR LE DÉVELOPPEMENT DES GROTTES ET DU KARST À PITONS DANS LA SIERRA DE LOS ORGANOS EN CUBA

### (Résumé)

**SOMMAIRE:** Les grottes de la Sierra de los Organos appartiennent au type des grottes transfluentes. Leur développement est lié aux ruisseaux allochtones. On a discerné les deux étages des grottes et on a présenté leur caractéristique. On a souligné aussi l'importance de la situation territoriale du complexe des roches karstifiées pour la formation des grottes d'un type morphologique défini. L'origine des poljés internes (hoyos) démontre sa liaison au développement des grottes transfluentes.

Les grottes dans la Sierra de los Organos appartiennent au type des grottes transfluentes. Elles furent formées dans les calcaires de Viñales, constituant la Sierra de los Organos, par les rivières et les torrents naités dans les collines non-karstiques des Pizarras. Ces torrents s'écoulent par les poljés marginaux, se perdent dans les gouffres, ensuite ils percent les chaînes calcaires et apparaissent de nouveau sur la surface dans les terrains des poljés internes et des plaines karstiques.

Les traits caractéristiques, les plus importants, de ces grottes sont suivants:

1. Leur liaison stricte aux rivières superficielles, permanentes ou périodiques (fig. 2, 4, 5).
2. Le développement horizontal des couloirs (fig. 3).
3. La direction définie de l'écoulement des eaux, exprimée par l'existence du corridor principal, lié avec les couloirs latéraux (fig. 4 et 5).
4. La présence des formes vadeuses aux parois et sur le plancher des couloirs.
5. La présence des alluvions clastiques allochtones sur les planchers des couloirs.

Pour la plupart des systèmes des grottes reconnues on peut discerner les deux étages généraux: supérieur et inférieur.

*Étage inférieur.* Il s'étend à l'ordinaire 2—8 m au-dessous de la plaine alluviale des poljés et des plaines karstiques. Les couloirs de cet étage sont développés dans un niveau, employé par un torrent souterrain — permanent ou périodique. Aux parois des couloirs on remarque souvent des formes vadeuses, qui démontrent l'écoulement libre du torrent. Pour la plupart ce sont les formes caractéristiques des gradins rocheux et des gouttières de fond. À Cueva Fuentes les auteurs ont observé des grands méandres creusés dans les parois (fig. 7). Les formes communes, développées sur le plancher rocheux des couloirs, comprennent les côtes rocheuses, terminées d'arêtes vives (fig. 8). Elles se forment dans les endroits, où le calcaire est coupé par les diaclases nombreuses. Aux parois la surface du calcaire démontre les cavités petites mais très nombreuses, du type de flutes. Là, où le plafond s'abaisse, il y a des autres formes caractéristiques — des cannelures de plafond et des rochers de surplomb, dus à la corrosion.

Cet étage est très pauvre en concrétions.

Les grandes parties des planchers des couloirs sont comblées par les dépôts graveleux et sableux. Ces dépôts sont composés de galets des grès et des schistes fortement mis en diagenèse, appartenants à la formation de Cayetano, qui constitue les collines voisines, les Pizarras. Le diamètre maximum de ces galets atteint 15 cm. Les matériaux clastiques sont transportés et déposés dans les grottes au cours des hautes eaux. À Cueva del Amistad on rencontre les restes d'ancien niveau de

comblement, visibles sous forme des gradins collés à certaine hauteur aux parois du couloir (fig. 8). Ces gradins contiennent des matériaux clastiques fortement cimentés, leurs surfaces sont couvertes d'une patine mince ferro-manganique. Par endroit on rencontre les stalactites ensévelies sous les anciens dépôts clastiques (fig. 9). Les dépôts pareillement cimentés, couverts d'une patine foncée, se montrent aussi sur les planchers des couloirs. Outre ces dépôts, il y en a des graviers et des sables meubles, récemment déposés. Il s'ensuit de là, que l'excavation des couloirs était suivie par la formation des concrétions, qui furent recouvertes plus tard des matériaux clastiques. Ces dépôts furent soumis à la cimentation et une patine ferro-manganique fut formée sur leur surface. Puis une grande partie des dépôts fut emportée et une nouvelle patine apparut sur la surface des dépôts, qui couvrirent le plancher des couloirs. Maintenant, dans certains endroits ces dépôts sont érodés, dans les autres on remarque l'accumulation des matériaux simultanément amenés. Il est difficile à décider, si les périodes d'érosion et les périodes d'accumulation alternent uniquement en résultat des changements locaux — ou si elles sont dues aux processus d'importance plus vaste, régionale.

Dans les parties situées près de l'issue du torrent on peut remarquer la division du corridor principal en plusieurs branches, qui forment une sorte de labyrinthe. Le développement de tels labyrinthes près des ouvertures doit être lié aux périodes d'inondations, pendant lesquelles les eaux s'élèvent dans la grotte et cherchent d'issue vers la surface en pénétrant les fissures menues. Ces fissures, une fois ouvertes pour l'eau, sont plus tard rapidement élargies. Ce phénomène est rare au fond du mogote, où l'écoulement est concentré dans le corridor principal.

*Étage supérieur — mort.* Il est composé d'un niveau ou de quelques niveaux superposés; il est sec, à l'exception de lacs périodiques, petits et peu nombreux. La formation des couloirs de cet étage par les eaux allochtones est déjà finie. Les formes primaires des couloirs sont fortement masquées par les concrétions riches et par les effondrements. Le nombre de niveaux de l'étage supérieur est divers, à Cueva de Santo Tomas il atteint 4 (Núñez Jiménez 1955). Dans les couloirs des niveaux plus hauts on rencontre aussi les anciens dépôts clastiques allochtones. Les auteurs observaient les plus hauts niveaux de grottes avec les matériaux fluviatiles sur leurs planchers jusqu'à la hauteur de 150 m au-dessus du fond actuel de la vallée de Pica-Pica. Il vaut souligner, qu'il y manque de couloirs à développement vertical, dus à l'action corrosive de l'eau. Les niveaux particuliers se joignent surtout dans les zones des effondrements. Sur la surface des mogotes on ne rencontre de puits que petits et peu nombreux. Par contre il y en a beaucoup de poches karstiques, développées sur les diaclases.

La répartition des dépôts fluviatiles dans tous les niveaux des grottes démontre, que leur origine est liée strictement au développement du réseau fluvial superficiel. Le développement des dépôts dépendait de la situation de la base locale d'érosion de la rivière, qui drainait tout le territoire. La répartition verticale des dépôts discutés est lié à l'abaissement progressif de cette base.

Dans la Sierra de los Organos il y a un grand nombre de poljés internes, appelés localement „*hoyos*” (sing. *hoyo*). Ces sont les dépressions ovales dans la chaîne des mogotes, fermées de tous côtés par les murailles abruptes de calcaires. Les hoyos situés sur le niveau des poljés marginaux correspondent pour la plupart aux secteurs souterrains des torrents, qui s'écoulent à travers les terrains calcaires (fig. 2). Pour expliquer la genèse de ces formes on a pris l'exemple du Hoyo Calientes (fig. 10 et 11). Le processus de la formation du Hoyo Calientes s'est commencé par l'effondrement du plafond au-dessus d'un secteur souterrain du torrent. Les matériaux produits de l'écroulement ont causé le repoussement du torrent vers les parois de la nouvelle dépression morphologique. Peu à peu le hoyo était encerclé

par les grottes. En même temps a eu lieu la corrosion intense, aussi que le sapement des parois par le torrent, ce qui a causé un grand nombre d'écroulements et l'élargissement de la dépression. Le fond de la dépression était comblé par les alluvions. L'évolution du hoyo est lié ainsi surtout à l'action corrosive et mécanique du torrent, qui s'écoule sous la terre à travers la chaîne des mogotes. Le hoyo s'est formé sur le niveau actuel des Vorfluters. Suivant l'abaissement régional des Vorfluters et la formation d'un nouvel étage des grottes transfluentes, situé plus bas, le développement du hoyo s'est arrêté, indépendamment de son stade. Dans la Sierra de los Organos il y a beaucoup de formes du type de hoyo, situées aux hauteurs diverses et représentant les stades différents de l'évolution (fig. 2) (Gradziński & Radomski 1965).

Les auteurs proposent d'introduire le nom „hoyo” pour définir les poljés internes sur les terrains du karst à pitons (Kegelkarst), dont l'origine est due uniquement à l'action corrosive et mécanique de l'eau et qui se forment dans les niveaux des Vorfluters, en liaison exacte aux grottes transfluentes.

Le développement du cercle des grottes autour du Hoyo Calientes est lié justement à la tendance à la fuite de l'eau des terrains constitués des roches non-karstiques vers le système des canaux karstiques, qui se forment dans les calcaires. Puisque le niveau local des eaux karstiques s'étend au-dessous des fonds des poljés et des hoyos, à la limite des calcaires ont eu lieu les „détournements” des ruisseaux vers l'intérieur des roches. Ainsi un réseau des canaux se forme dans la chaîne des mogotes, étendu en quelques mètres au-dessous des fonds des poljés et des hoyos; ce réseau ramène la plupart des eaux de précipitation et une grande partie des torrents allochtones. En regardant la région plus vaste, on voit l'influence du phénomène décrit sur la hydrographie de la Sierra de los Organos et des terrains voisins des Pizarras, exprimée par l'écoulement des torrents des terrains des Pizarras vers les mogotes calcaires.

*Chaire de Géologie  
de l'Université Jagellonne  
Kraków, ul. Oleandry 2a  
Cracovie, en mai 1965*

---

## OBJAŚNIENIA DO PLANSZ I—V

## DESCRIPTION DES PLANCHES I—V

## PL. I

## Fig. 1

Otwór jaskini Pio Domingo w ścianie mogoty, na pierwszym planie skraj polja Pica-Pica

Entrance de la grotte Pio Domingo dans le mur du mogote. En avant-plan la lisière du poljé Pica-Pica

## Fig. 2

Wypływ rzeki Rio Cuyaquateje z jaskini Cueva Clara. Na pierwszym planie odświeżone wapnienie podłoża polja

Sortie de la rivière Rio Cuyaquateje de la grotte Cueva Clara. En avant-plan les calcaires du soubassement du poljé

## PL. II

## Fig. 1

Krajobraz krasu kopiastego Sierra de los Organos, mogoty i polje marginalne Viñales  
Paysage du karst à pitons (Kegelkarst) de la Sierra de los Organos, les mogotes et le poljé marginal Viñales

## Fig. 2

Fragment głównego korytarza jaskini Cueva del Amistad  
Fragment du couloir principal de la grotte Cueva del Amistad

## PL. III

## Fig. 1

Fragment klastycznych osadów starego poziomu zasypiania na ścianie korytarza jaskini Cueva del Amistad

Fragment des dépôts clastiques de l'ancien niveau du comblement sur la paroi du couloir de la grotte Cueva del Amistad

## Fig. 2

Półki skalne w korytarzu jaskini Cueva del Amistad. Na ścianach widoczne zagłębienia wirowe, a na dnie rzeczne osady żwirowe

Gradins rocheux dans le couloir de la grotte Cueva del Amistad. Aux parois on voit les cupules, sur le fond — les dépôts fluviatiles graveleux

## PL. IV

Fig. 1

Stalaktyty w otworze jaskini Cueva Clara  
Stalactites dans l'entrance de la grotte Cueva Clara

Fig. 2

Wnętrze Cueva Sotteraños: przykład korytarza górnego piętra  
L' intérieur du Cueva Sotteraños: exemple d'un couloir de l'étage supérieur

## PL. V

Fig. 1

Widok południowo-wschodniej części Hoyo Calientes  
Vue vers la partie sud-est du Hoyo Calientes

Fig. 2

Osady klastyczne wypełniające dno korytarza z żebrami krasowymi, Cueva del Amistad

Dépôts clastiques remplissant le fond d'un couloir avec les côtes karstiques. Cueva del Amistad

Wszystkie fotografie wykonał R. Gradziński  
Toutes les photographies furent exécutées par R. Gradziński

---

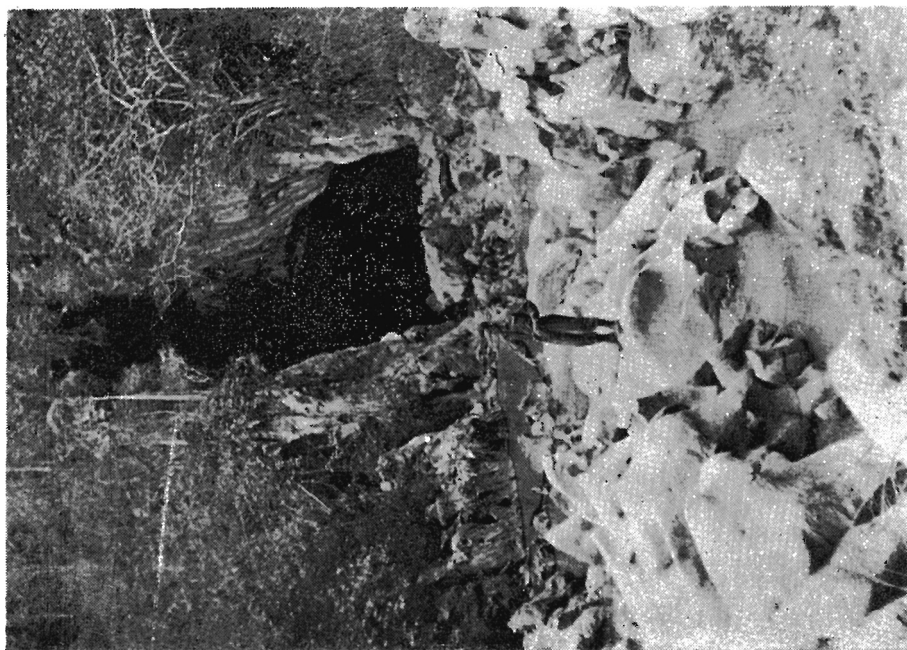


Fig. 2



Fig. 1



Fig. 1

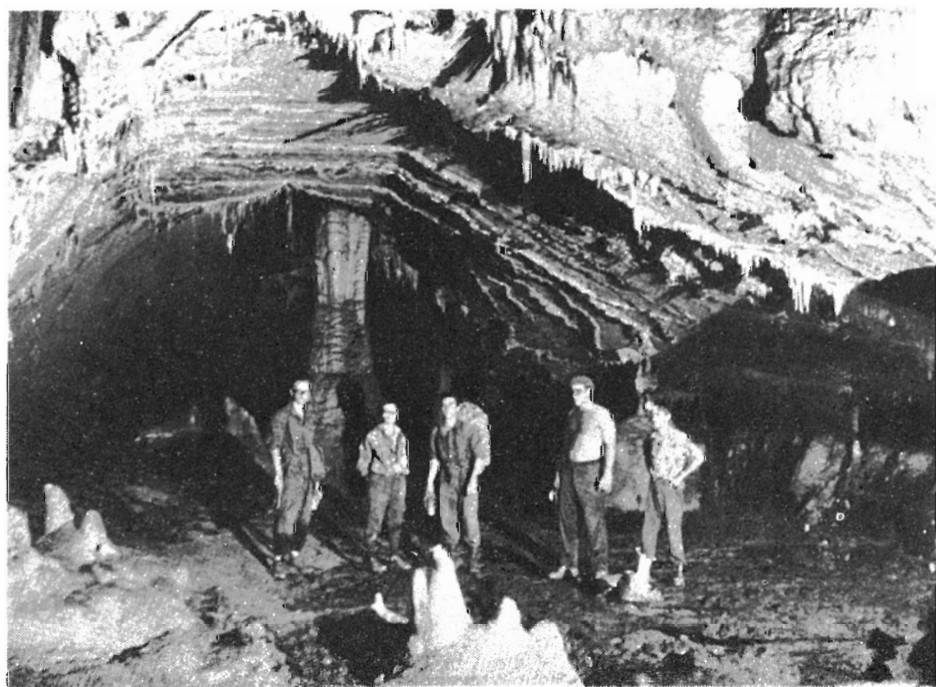


Fig. 2

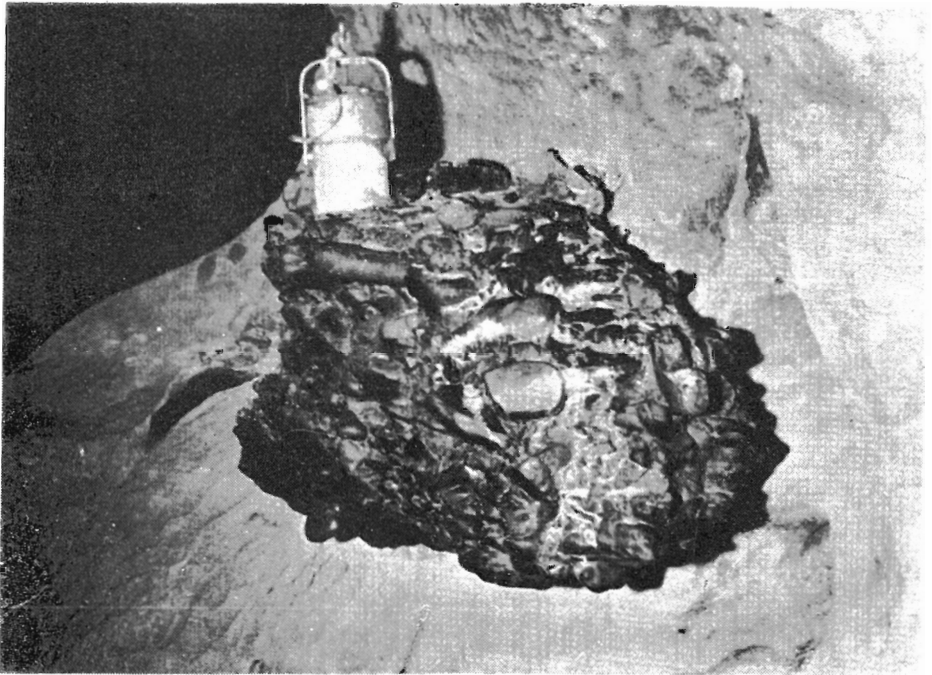


Fig. 1



Fig. 2



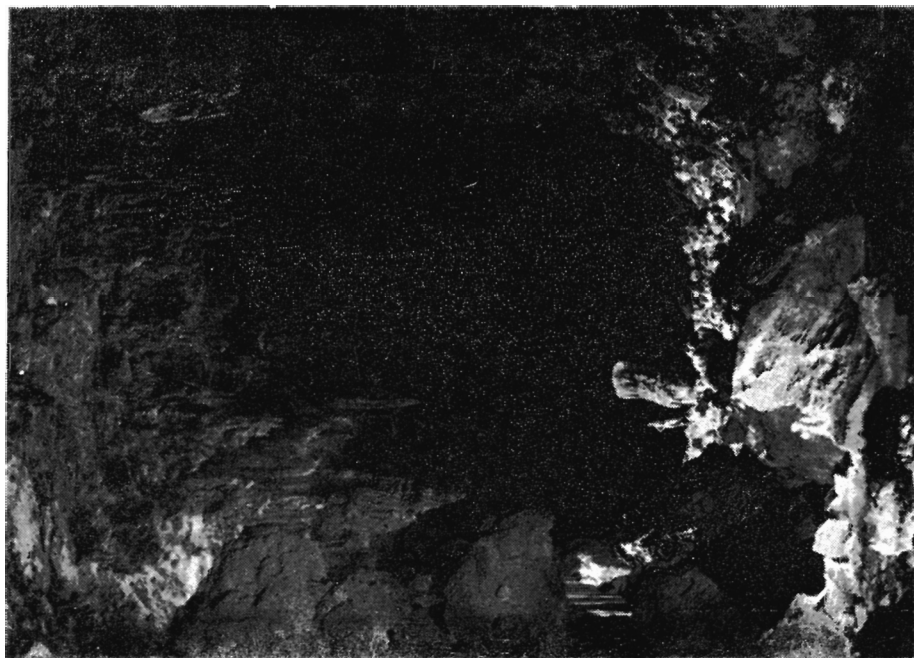


Fig. 2

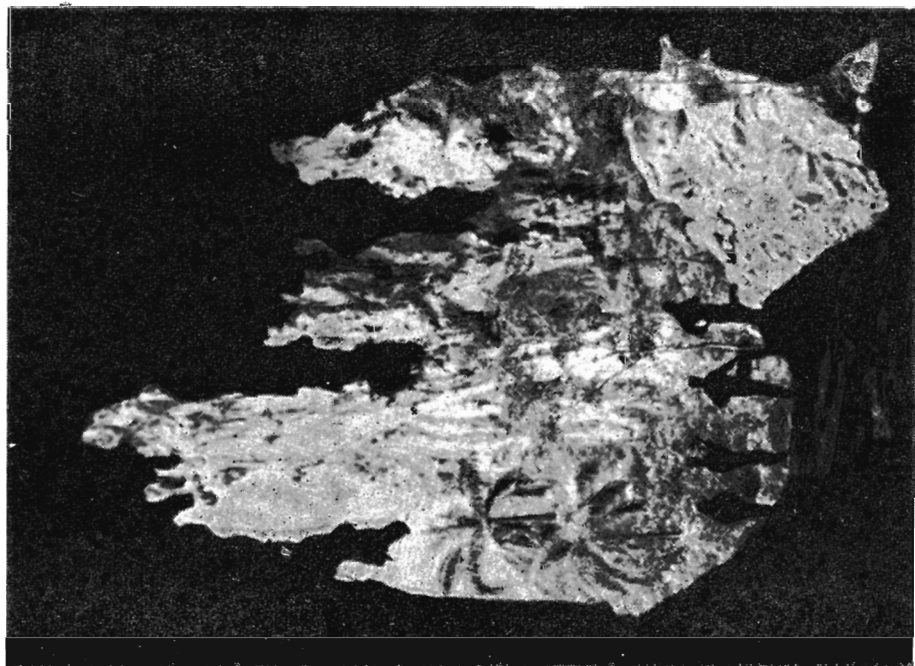


Fig. 1

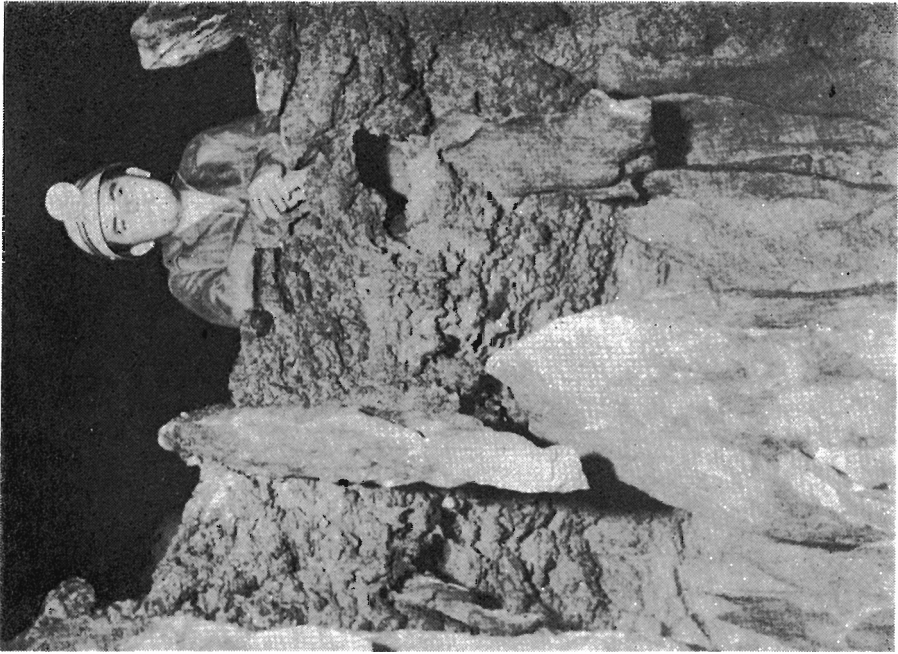


Fig. 2

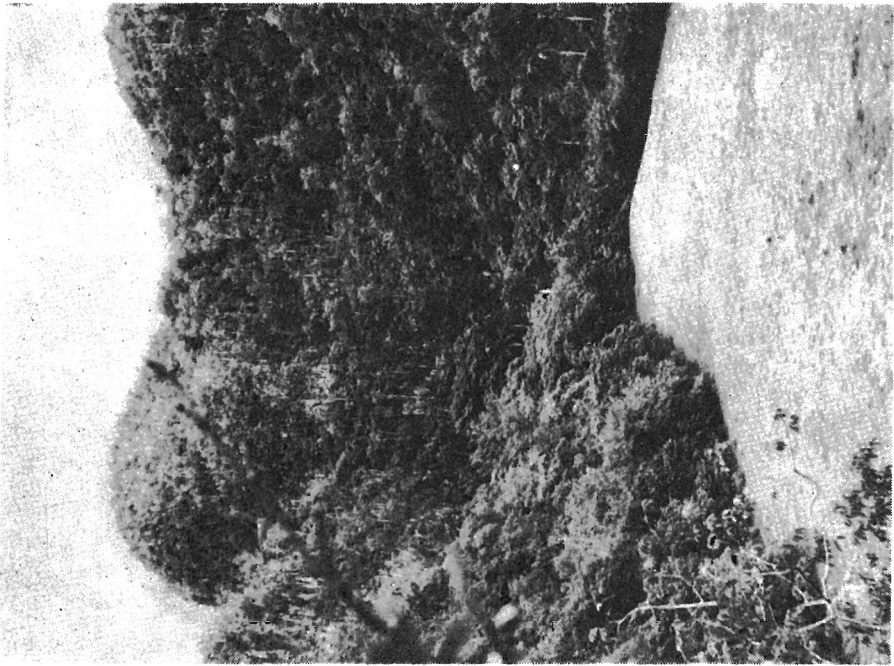


Fig. 1