

Bric-à-brac karstique

Alain COUTURAUD

GSBM

Nous livrons ici les différents éléments et observations, glanés sur le massif de Soloco, qui pourront être utiles à la compréhension de ce karst. En l'état actuel des connaissances, il est difficile de faire une véritable synthèse. Nous privilégions donc les observations, préliminaires à toute interprétation.

Éléments de géomorphologie. Le massif de Soloco s'inscrit, dans ses plus grandes dimensions, dans un rectangle d'environ 20 km du N au S et de 10 km d'W en E, l'ensemble de cette surface n'étant pas en totalité constituée de carbonates. La surface est globalement inclinée du S vers le N, avec une altitude passant d'environ 3500 m au S à 3300 m vers la latitude de la résurgence de Soloco ; plus au N, une autre surface semble prendre le relais, s'abaissant vers 2750 m. Le río Sonche interrompt cette surface au N (alt. 1950 m environ). On peut noter, au niveau de la confluence du río Soloco avec le río Sonche, un replat vers la cote 2200 m. La montagne Malcamal, à 6 km au NE de Soloco, présente un sommet plat d'environ 3 km² vers l'altitude de 2900 m, dans un contexte de roches plissées du Crétacé ; cette surface pourrait être un ancien niveau morphologique.

Dépressions. Les dépressions sont très nombreuses et les fonds des plus grandes sont assez constamment à une altitude voisine de 2900 m, qui coïncide avec la surface précédemment décrite. Les terrains non carbonatés permettent une concentration des écoulements qui se perdent au contact des calcaires. Ceux-ci, quand ils affleurent sur une surface suffisante, donnent une morphologie typique de karst à dolines jointives. Ces dolines sont souvent de grande taille (on peut parler de mégadolines) et peuvent être le siège d'écoulements temporaires, grâce au recouvrement par des altérites et des sols épais. Certaines formes de grande ampleur se rapprochent de poljés (Chaquil), le secteur W (Toclon) s'apparentant à un poljé défoncé par des dépressions.

Terrasses et formes apparentées. On en observe très souvent au fond des dépressions. Elles paraissent relativement récentes, sans relation avec un niveau de base ou un niveau de galeries. Sont-elles dues à un décolmatage des pertes, à un changement de couverture végétale, d'origine anthropique ou climatique ?

Chaquil : le niveau est bien marqué, les méandres du ruisseau y sont encaissés de quelques mètres. Un niveau plus ancien semble présent, 10-15 m au-dessus (cf. photo p. 49 in CESPE Lima & al., 2004).

Leonidas : le fond de cette dépression est plan mais en forte pente. L'incision est brutale et n'apparaît qu'à quelques dizaines de mètres du point de perte. L'écoulement d'étiage est issu de la base de l'incision.

Parjugsha Chico : le ruisseau s'est encaissé de plusieurs mètres dans la partie amont, avec une pente moins forte que le niveau originel.

Parjugsha Grande : la terrasse est subhorizontale, mais l'incision est réduite à environ 2 m.

Glissements. Ils sont fréquents, mais seuls les plus récents sont bien visibles, comme celui de la dépression de Parjugsha Mega, à l'amont de la perte actuelle. Les autres se devinent dans la morphologie, comme sur les versants de la dépression de Parjugsha Grande.

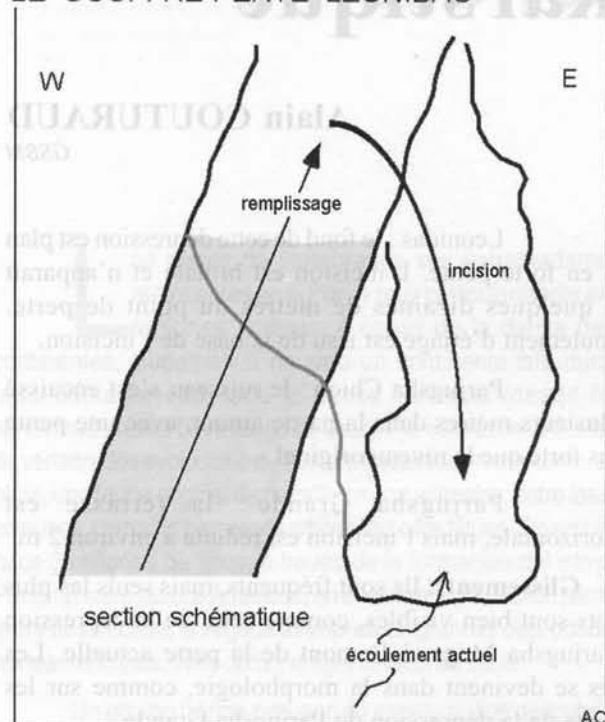
Manteau d'altérites et sols. Ils sont souvent d'épaisseur pluri-métrique. Le substratum n'apparaît le plus souvent que sur les versants très escarpés. Ils sont constitués de résidus de dissolution, voire peut-être d'alluvions très anciennes datant de la phase antékarstification et soutirées ensuite. Ils sont à l'origine de l'importante réserve en eau qui alimente le karst en continu. Les arrivées d'eau, souvent agressive (absence de précipitation), observées à l'étiage en plafond des galeries sont probablement issues directement de cet horizon.

Remplissages endokarstiques carbonatés. D'imposantes masses d'un carbonate très blanc et homogène s'observent, soit en place et reprises par la corrosion, soit démantelées sous forme de blocs d'effondrement (gouffres-pertes de Parjugsha Grande, Parjugsha Chico et Parjugsha Mega). Les carbonates « actuels » sont ordinairement plus chargés en oxydes. Des coulées stalagmitiques corrodées, très noires dans la masse, s'observent dans les puits d'entrée des gouffres-pertes Leonidas et de la Vaca Negra.

Remplissages endokarstiques détritiques. Nous distinguerons les remplissages anciens (archives sédimentaires) et les dépôts plus ou moins récents représentés par les argiles et limons de décantation. Quelques sites semblent particulièrement intéressants :

Gouffre-perte de Leonidas : on observe vers le fond, au niveau de l'actif et incisé par celui-ci, une coupe dans un remplissage, constitué de lits d'épaisseur variable de limon, argile, sable et petits galets à stratification entrecroisée. Plus à l'amont, le méandre actuellement emprunté par l'écoulement recoupe l'ancien conduit colmaté de dépôts fins (fig.).

POLYPHASAGE DE CONDUIT DANS LE GOUFFRE-PERTE LEONIDAS



Gouffre-perte de Parjugsha Alto : la galerie du Serpent présente un ensemble sédimentaire d'une épaisseur qui semble atteindre une dizaine de mètres et qui est sans rapport avec l'écoulement actuel qui la parcourt et qui l'a incisé.

Gouffre-perte de Parjugsha Grande, dans la galerie de jonction avec le gouffre-perte de Parjugsha Mega : des dépôts de galets dans un talus d'alluvions indiquent un sens d'écoulement du S vers le N, qui conforte la direction indiquée par les timides orientations des formes pariétales. Ces dépôts sont par endroits soutirés dans des conduits sous-jacents. On note également dans cette galerie, des marmites, des cannelures et de superbes dépôts d'argile sur certaines parois, sous la forme de vermiculures.

Les argiles et limons de décantation sont omniprésents dans les gouffres dès que l'on y atteint une certaine profondeur.

Gouffre-perte de Parjugsha Grande : une épaisse couche d'argile limoneuse recouvre sol (constitué de blocs) et parois basses de la salle NNW, engendrant entonnoirs et fentes de dessiccation. La galerie d'accès à cette salle (vers galerie Maritza) est également enduite d'argile.

Collecteur de Parjugsha : seule la partie basse est découpée par l'écoulement torrentiel. Au-dessus d'un niveau par rapport à l'eau de 1,4 m dans le collecteur amont (étroit) et 0,5 à 1 m à l'aval (large), les parois sont couvertes d'argile et les renforcements (éventuels conduits) abondamment colmatés.

Gouffre-perte de Vaca Negra : il en est de

même, le chaos de blocs qui débute la partie aval en voit ses formes particulièrement adoucies.

Éboulis. Ils sont une caractéristique très commune dans l'ensemble des cavités parcourues et souvent constitués d'éléments de grandes tailles. Beaucoup d'orifices de cavités sont encombrés de blocs d'effondrement : gouffres-pertes de Leonidas, de Parjugsha Chico, de Parjugsha Alto notamment. Ces éboulis retiennent souvent des alluvions contenant parfois des débris végétaux (bois semblant ancien au gouffre-perte de Leonidas). Plus en profondeur, des effondrements de voûte sont à l'origine des grands volumes. Dans le gouffre-perte de Leonidas, il faut progresser sous les blocs de la salle d'effondrement pour poursuivre vers l'aval. Le colmatage est important entre les blocs, donnant l'impression d'une véritable galerie. Des amas de blocs emplissent parfois des galeries peu larges, mais que l'on devine très hautes (gouffres-pertes de Vaca Negra, de Parjugsha Alto, de Parjugsha Arriba). La décompression des parois en est vraisemblablement la cause. C'est l'obstacle majeur à la progression dans ces cavités.

Enfouissement des écoulements et étagement des conduits. Aucun conduit subhorizontal de grande ampleur n'a été reconnu au niveau des pertes. Une zone de puits et de conduits très inclinés mène directement au niveau de la zone profonde de drainage. Quelques galeries sont perchées, jusqu'à une trentaine de mètres au-dessus de ce niveau ; elles peuvent être le siège d'écoulements en période de fortes crues. Mais le schéma général semble être une incision prépondérante, comme le suggère la hauteur souvent impressionnante des conduits, au moins dans la partie amont des zones de drainage. Ceci résulterait d'un enfouissement très progressif des écoulements. À l'aval, au niveau de la résurgence, l'existence d'un niveau fossile suggère un abaissement plus brutal du niveau de base. On observe localement un rehaussement du niveau d'écoulement, au gouffre-perte de Vaca Negra : à l'amont, un massif stalagmitique plonge dans l'eau, formant un siphon. L'importante zone de blocs qui forme barrage à l'aval en est certainement la cause, ce qui pourrait permettre de dater cet effondrement.

Chemins de drainage. Le seul exutoire important connu est la résurgence de Soloco, perchée à environ 2580 m. Cette source, au pied de la montagne Liclic, donne naissance au ruisseau (ou torrent) de Salcaquihua, qui prend le nom de rio Soloco après la confluence avec le ruisseau de Totoracucho. La source de celui-ci draine l'extrémité nord-orientale du massif de Soloco et alimente une pisciculture. Le collecteur de Parjugsha et la résurgence de Soloco sont sans aucun doute en continuité hydrologique, puisque situés sur le même flanc synclinal. Il n'est à ce jour pas démontré que l'écoulement rencontré au fond du gouffre-perte de Vaca Negra soit le collecteur de Parjugsha. Il ne s'agit peut-être que d'un affluent. Le secteur de Chaquil semble situé sur le flanc occidental de

ce synclinal. Il est probable qu'il alimente la résurgence de Soloco. On observe que le synclinal est barré au N de la résurgence par une structure complexe, avec couches redressées et broyages. Un linéament de grande amplitude est d'ailleurs visible à ce niveau sur les photographies aériennes.

Le secteur plus à l'W serait, d'après la carte géologique, une structure synclinale bordée par des grès (substratum de l'aquifère karstique), et un drainage par la résurgence de Soloco est de ce fait problématique. Mais la structure géologique est peut-être plus complexe que celle représentée par la carte géologique. Il est possible d'envisager un drainage vers la vallée du rio Sonche, où une source a été repérée au niveau de la rivière, ainsi qu'un affluent au débit non négligeable mais qui reste modeste vis-à-vis de la surface à drainer. Une prospection systématique de la rive gauche du rio Sonche serait à entreprendre, d'autant plus que le rio Soloco se perd totalement, jusqu'en moyennes eaux, à quelques centaines de mètres à l'aval du village, sans qu'on en connaisse le point de réapparition. Côté S (au-delà du gouffre-perte de Santa Maria), on ignore tout de la destination des eaux.

Écoulements. Les crues provoquent un ennoiment des conduits profonds. La résurgence étant encombrée de blocs, le niveau de l'eau ne peut que monter, sans toutefois atteindre le niveau de la cavité fossile (absence de traces d'écoulement). Les abondants dépôts d'argile marquent ici le niveau de battement. Dans les réseaux amont (collecteur de Parjugsha et ses affluents), l'ennoiment semble plutôt dû à des pertes de charge locales (rétrécissements, siphons à faibles sections) qu'à une montée piézométrique générale. Ces ennoiments permettent une régularisation des débits de crue de la résurgence, ce qui devrait apparaître sur l'hydrogramme de la station mise en place à Soloco par l'IRD. On n'a qu'une faible idée de l'amplitude des débits de la résurgence de Soloco. Des estimations ont donné un débit d'environ 1,8 m³/s le 01/07/04 (décrue) et 0,6 m³/s le 16/07/05, soit une semaine après une crue. Entre le 18/07 et le 20/07/05, le niveau est resté stable bien qu'il ait plu de façon intense toute la nuit du 19 au 20.

Pendant la saison des pluies, il est probable que les pertes absorbent des débits très importants, jusqu'à leur engorgement : des débris végétaux sont visibles, coincés entre les blocs jusqu'au plafond dans le gouffre-perte de Parjugsha Chico par exemple. Un fémur humain a même été découvert dans le sable vers le fond du gouffre-perte de Leonidas.

Le ruisseau de Parjugsha au niveau du camp donne une idée de la réactivité aux pluies. Son débit « habituel » est de l'ordre de 5 à 10 l/s. Le 07/07/05, la pluie ne s'est pas arrêtée de la nuit, et il est tombé environ 100 mm en une journée. Vers 4 h, le niveau du ruisseau n'a pas bougé. Au matin, l'eau est devenue marron et le débit a fortement augmenté (estimé à 150-200 l/s, 10,4°C), la conductivité

(27,7 µS/cm) montre que l'eau est essentiellement issue du ruissellement. Le 09/07/05 à 14h15 (13,3°C - 157,7 µS/cm), le débit a fortement diminué, comme la part du ruissellement. On notera également les importants écarts de température, dus à l'origine externe des eaux, qui doivent se répercuter rapidement dans le karst, avec toutes les conséquences que cela implique.

Le tableau suivant donne une idée des débits de différents types d'écoulements. Les débits sont estimés, « à l'œil » ou selon la technique du « flotteur » dans certains cas.

site	date (heure)	débit estimé (l/s)
gouffre-perte de Parjugsha Alto (collecteur)	05/07/05	50
ruisseau de Parjugsha (camp)	16/06/04 (13:30)	5 - 10
ruisseau de Parjugsha (camp) après 100 mm de pluie	07/07/05 (10:00)	150 - 200
gouffre-perte de Parjugsha Mega (extérieur)	18/06/04	1 - 2
collecteur de Parjugsha (siphon amont)	20/06/04 (12:30)	200 - 250
gouffre-perte de Vaca Negra (collecteur)	01 - 03/07/05	150 - 200
Rio Chaquil	16/06/04 (16:00)	160
Rio Soloco (aval résurgence)	16/07/05	600
Rio Soloco (village)	01/07/04 (08:00)	1800
ruisseau Upaponcho (vallée du rio Sonche)	20/07/05	50
émergence rive gauche du rio Sonche (carrière)	16/07/05	50 - 100
émergence rive gauche du rio Sonche (carrière)	20/07/05	5
ruisseaux à l'aval (traversés par la piste vers Chachapoyas)	16/07/05	< 100

Indices tectoniques endokarstiques. Gouffre-perte de Parjugsha Alto : un glissement banc sur banc au niveau d'une interstrate marneuse est visible dans le méandre orienté vers l'WNW, le pendage étant d'environ 20° vers le NW. La fraîcheur du phénomène semble indiquer qu'il est postérieur au creusement du conduit. Gouffre-perte de Parjugsha Mega : un glissement banc sur banc est à l'origine de concrétions tectonisées : le décalage entre stalactites et stalagmites est d'une dizaine de centimètres, un massif stalagmitique remplissant l'interstrate est cisailé et une stalactite inclinée présente une repousse verticale (fig.).

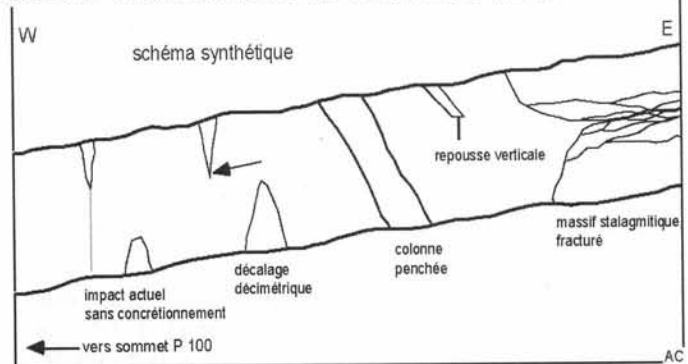
Aérologie. Les courants d'air sont fréquents dans les cavités explorées ou repérées. Le tableau suivant en dresse un inventaire incomplet.

site (orifice)	date	caractère
gouffre-perte de Vaca Negra	01 - 03/07/05	aspirant
gouffre-perte de Leonidas	19/06/04	aspirant
gouffre-perte de Parjugsha Mega	06/04	aspirant
gouffre-perte de Parjugsha Chico	06/04	soufflant
gouffre-perte de Parjugsha Grande	06/04	soufflant
gouffre-perte de Parjugsha Alto	01/07/05	aspirant / soufflant
gouffre de Chaquil	29/06/05	aspirant (estimé à 500 l/s)
gouffre-perte de Santa Maria	02/07/05	aspirant

Si l'on considère que les observations ont été faites en période hivernale, les courants d'air aspirants indiquent un orifice inférieur, pour un fonctionnement en tube à vent. Mais les écarts de température entre été et hiver sont sans doute faibles à cette latitude et les écarts entre « journée ensoleillée » et « nuit froide » sont parfois conséquents et peuvent être le facteur dominant. L'influence de l'air extérieur peut se faire sentir très en profondeur : dans le gouffre-perte de Vaca Negra, les blocs situés juste au-dessus de l'écoulement principal, soit vers -230 m, présentent étonnamment des surfaces sèches, à mettre en relation avec la force du courant d'air aspirant.

Biospéologie. Il paraît surprenant que la faune troglobie soit des plus pauvres, mais ce constat est à nuancer : les recherches n'ont pas été systématiques. Un seul spécimen a été observé (un Campodè), par Jean-Yves Bigot, dans le gouffre-perte de Vaca Negra. Pourtant, il y a au niveau de la confluence un milieu particulièrement adapté à cette faune, avec des dépôts organiques sur les talus d'argile. Une colonie de chauves-souris (vampires d'après Jean-Yves Bigot) a élu domicile dans les plafonds d'entrée de cette cavité. Les nids de colibris sont très fréquents dans les entrées de cavités (gouffres-perdes de Parjugsha Mega et de Parjugsha Alto). ♦

FRACTURATION ET DECALAGE DE CONCRETIONS DANS LE GOUFFRE-PERTE DE PARJUGSHA MEGA



Tópicos Kársticos

Alain COUTURAUD

GSBM

Este es un alcance de los diferentes elementos y observaciones, obtenidos sobre el macizo de Soloco, que pueden ser útiles para la comprensión de este Karst. Según los datos, es difícil hacer una verdadera síntesis. Por lo tanto, vamos a privilegiar las observaciones, que son preliminares a cualquier interpretación.

Elementos de geomorfología. El macizo de Soloco se inscribe, en sus mayores dimensiones, en un rectángulo de aproximadamente 20 km de N a S y 10 km de O a E, su superficie no está totalmente constituida por carbonatos. Se encuentra globalmente inclinada del S hacia el N, con una altitud que va de 3500 m al S a 3300 m aproximadamente hacia la latitud de la resurgencia de Soloco, más al N, otra superficie parece tomar la posta, descendiendo a 2750 m. El río Sonche interrumpe esta superficie al N (alt. 1950 m aproximadamente.) Se puede observar, al nivel de la confluencia del Río Soloco con el Río Sonche, un rellano a una cota de 2200 m. La montaña Malcamal, a 6 km al NE de Soloco, presenta una meseta de aproximadamente 3 km² hacia la altitud de 2900 m, en un contexto de rocas foldeadas del Cretáceo; esta superficie podría ser un antiguo nivel morfológico.

Depresiones. Las depresiones son muy numerosas y los fondos de las más grandes, se encuentran a menudo a una altitud aproximada de 2900 m, que coincide con la superficie descrita anteriormente. Los terrenos no carbonatados permiten una concentración de las corrientes que se pierden al contacto de las calcáreas. Cuando afloran en una superficie considerable, dan una morfología típica de karst con dolinas continuas. A menudo estas dolinas son de gran tamaño (se podría hablar de mega-dolinas) y pueden ser la base de escorrimientos temporales, gracias al recubrimiento por alteritas y suelos espesos. Algunas formas de gran amplitud se asemejan a las planicies cártsticas (poljés, Chaquil), el sector Oeste (Toclon) se parece a un polje hundido por depresiones.

Terrazas y formas parecidas. Muy a menudo se observan terrazas al fondo de las depresiones. Estas parecen ser relativamente recientes, sin relación con un nivel de base o un nivel de galerías. Estas se deben a una remoción de daño, a un cambio de la capa vegetal, de origen antrópico o climático.

· Chaquil : el nivel está bien marcado, los meandros del arroyo están encajonados algunos metros. Un nivel más antiguo parece presentarse 10-15 m por encima.

· Leonidas : el fondo de esta depresión es plano pero de fuerte pendiente. La incisión es brutal y sólo aparece a diez metros del punto de pérdida. La escorrentía de estiaje sale de la base de la incisión.

· Parjugsha Chico: el arroyo está encajonado varios metros en la parte aguas arriba, con una pendiente menor que el nivel original.

· Parjugsha Grande: la terraza es sub-horizontal, pero la incisión se reduce a aproximadamente 2m.

Deslizamientos. Los deslizamientos son frecuentes, pero solo los más recientes son visibles, como el de la depresión de Parjugsha Mega, río arriba de la pérdida actual. Los otros se adivinan en la morfología, como sobre las vertientes de la depresión de Parjugsha Grande.

Manto de alteritas y suelos. A veces tienen un espesor plurimétrico. A menudo, el sustrato sólo aparece en las vertientes muy escarpadas. Se constituyen de residuos de disolución, incluso tal vez de aluviones muy antiguos que datan de la fase pre-kárstica y sustraídas enseguida. Originan la importante reserva de agua que alimenta el karst en continuo. Las llegadas de agua, a menudo agresiva (ausencia de precipitación), observadas en estiaje al fondo de las galerías resultan probablemente de este horizonte.

Rellenos endokársticos carbonatados. Imponentes masas de un carbonato muy blanco y homogéneo se observan, ya sea en el terreno y afectados por la corrosión o, ya sea desmantelados en forma de bloques de hundimiento (tragaderos de Parjugsha Grande, Parjugsha Chico y Parjugsha Mega.) Comúnmente, los carbonatos « actuales » están más cargados de óxido. Coladas estalagmíticas corroídas, muy negras en la masa, se observan en los pozos de entrada de los tragaderos de Leonidas de la zona de Vaca Negra.

Rellenos endokársticos detríticos. Distinguiremos los rellenos antiguos (archivos sedimentarios) y los depósitos más o menos recientes representados por las arcillas y limos de decantación. Algunos lugares parecen especialmente interesantes:

· Tragadero de Leonidas: se observa hacia el fondo, al nivel del activo e inciso por el mismo, una sección en un relleno constituido de lechos de espesor variable de limo, arcilla, arena y pequeñas gravas de estratificación entrecruzada. Aguas más arriba, el meandro actualmente prestado por la escorrentía recorta el antiguo conducto colmatado de sedimentos finos.

· Tragadero de Parjugsha Arriba: la galería de la Serpiente presenta una masa sedimentaria de un espesor que parece alcanzar los diez metros y que está en relación con el flujo actual que la recorre y que la ha inciso.

· Tragadero de Parjugsha Grande, en la galería de unión con el tragadero de Parjugsha Mega: se observa sedimentos de grava en un talud de aluviones indicando un sentido de flujo del S hacia el N, que conforta la dirección indicada por las tímidas orientaciones de formas parietales. Estos depósitos están sustraídos por lugares en los conductos subyacentes. En esta galería también se observa marmitas, ranuras y grandes depósitos de arcilla sobre algunas paredes, en forma de cola de rata.

Las arcillas y limos de decantación están omnipresentes desde que se alcanza cierta profundidad.

Tragadero de Parjugsha Grande: una espesa capa de arcilla limosa recubre el suelo (constituido de bloques) y paredes bajas de la sala NNW, engendrando embudos y fisuras de desecación. La galería de acceso a esta sala (hacia galería Maritza) también está revestida de arcilla.

Colector de Parjugsha: sólo la parte baja está decapada por la escorrentía torrencial. Por encima de un nivel con respecto al agua de 1,4 m en el colector aguas arriba (estrecho) y 0,5 a 1 m aguas abajo (ancho), las paredes están cubiertas de arcilla y los conductos abundantemente colmatados.

Tragadero de Vaca Negra: lo mismo, el caos de los bloques que se inicia en la parte aguas arriba adquiere particularmente formas suaves.

Derrubios. Son una característica muy común en el conjunto de las cavidades recorridas y constituidas a menudo por elementos de gran tamaño. Muchos orificios de cavidades están congestionados de bloques de derrumbe: sobretodo los tragaderos de Leonidas, de Parjugsha Chico, de Parjugsha Alto. A menudo, estos derrubios contienen aluviones que a veces contienen detritos vegetales (bosque que parece antiguo en el tragadero de Leonidas.) Mas al fondo, unos derrumbes del techo ocupan grandes espacios. En el tragadero de Leonidas, se debe avanzar bajo los bloques de la sala de derrumbe para seguir aguas abajo. La colmatación es importante entre los bloques, dando la impresión de una verdadera galería. Bloques llenan a veces unas galerías poco anchas pero se puede adivinar que son muy altas (tragaderos de Vaca Negra, de Parjugsha Alto, de Parjugsha Arriba.) Parece que esto se debe a causa de la descompresión de las paredes. Es el obstáculo mayor para la progresión en estas cavidades.

Enterramiento de las escorrentías y niveles de los conductos. Ningún conducto sub-horizontal de gran amplitud ha sido reconocido al nivel de las pérdidas. Una zona de pozos y de conductos muy inclinados lleva directamente al nivel de la zona profunda de drenaje. Algunas galerías están suspendidas, hasta treinta metros por encima de ese nivel; estas pueden ser la sede de escorrentías en periodo de fuertes crecidas. No obstante, el esquema general parece ser una incisión preponderante, como lo sugiere la altura a menudo impresionante de los conductos, al menos en la parte río debajo de las zonas de drenaje.

Esto resultaría de un enterramiento muy progresivo de las escorrentías. Aguas abajo, al nivel de la resurgencia, la existencia de un nivel fósil sugiere la caída más brutal del nivel de base. Se observa localmente un realce del nivel de escorrentía, en el tragadero de Vaca Negra: aguas arriba, un macizo estalagmítico se sumerge en el agua, formando un sifón. La gran zona de bloques que forma presa aguas abajo es, sin duda la causa, hecho que podría permitir datar este hundimiento.

Caminos de drenaje. El único exutorio importante conocido es la resurgencia de Soloco, suspendido a aproximadamente 1580 m. Esta fuente, al pie de la montaña Lidic, da origen al arroyo (o torrente) de Salcaquihua, que toma el nombre de Río Soloco luego de la confluencia con el arroyo de Totoracucho. El origen de este drena el

extremo nororiental del macizo de Soloco y alimenta una piscicultura. El colector de Parjugsha y la resurgencia de Soloco están, sin duda alguna, en continuidad hidrológica, puesto que están situadas sobre el mismo flanco sinclinal. Aún no está demostrado que la escorrentía encontrada al fondo del tragadero de Vaca Negra sea el colector de Parjugsha. Tal vez sólo se trate de un afluente. El sector de Chaquil parece estar situado sobre el flanco occidental de este sinclinal. Es probable que alimente la resurgencia de Soloco. Se observa que el sinclinal está bloqueado al N de la resurgencia por una estructura compleja, con estratos verticales y segmentados. Un lineamiento de gran amplitud también es visible en este nivel sobre las fotos aéreas.

El sector más al Oeste sería, según el mapa geológico, una estructura sinclinal bordeada de arenisca (sustrato del acuífero kárstico), y por lo tanto, un drenaje en la resurgencia de Soloco es problemático. Sin embargo, la estructura geológica talvez sea más compleja que la que está representada por la carta geológica. Es posible observar un drenaje hacia el valle del Río Sonche, donde se identificó una fuente al nivel del río, así como un afluente a un caudal no despreciable pero que permanece modesto con respecto a la superficie que va drenar. Una prospección sistemática del margen izquierdo del Río Sonche debería realizarse, más aún cuando el Río Soloco se pierde totalmente, hasta aguas medias a unos cien metros aguas abajo del pueblo, sin que se conozca el punto de reaparición. Hacia el lado Sur (más allá del Tragadero de Santa María), se ignora todo sobre el destino de las aguas.

Escorrentías. Las crecidas provocan una inundación en los conductos más profundos. Puesto que la resurgencia está congestionada de bloques, el nivel de agua solo sube pero sin alcanzar el nivel de la cavidad fósil (ausencia de huellas de escorrentía). Los abundantes depósitos de arcilla marcan el nivel de batimiento. En las redes aguas arriba (colector de Parjugsha y sus afluentes), el relleno parece más bien debido a pérdidas de carga locales (estrechamientos, sifones de secciones débiles) que a una elevación piezométrica general. Estos rellenos permiten una regularización de los caudales de la resurgencia, hecho que debería figurar en el hidrograma de la estación implantada en Soloco por el IRD. Sólo se tiene una idea vaga la amplitud de los caudales de la resurgencia de Soloco. Algunas estimaciones han dado un caudal de aproximadamente 1,8 m³/s el 01/07/04 (decreciente) y de 0,6 m³/s el 16/07/05, es decir, una semana después de una crecida. Entre el 18/07 y el 20/07/05, el nivel permaneció estable aunque haya llovido intensamente toda la noche del 19 al 20.

Durante la estación de lluvias, es probable que las pérdidas absorban caudales mayores, hasta su embudo: se observan detritos vegetales, atrapados entre bloques hasta el fondo en el tragadero de Parjugsha Chico, por ejemplo. Inclusive, un fémur humano fue descubierto al fondo del tragadero de Leonidas.

El arroyo de Parjugsha al nivel del campo da una idea de la reactividad de lluvias. Su caudal « habitual » es del orden de 5 a 10 l/s. El 07/07/05, la lluvia no paró toda noche, y hubo una precipitación de aproximadamente 100 mm en un día. Alrededor de las 4, el nivel del arroyo no cambió. En la mañana, el agua se volvió marrón y el caudal aumentó considerablemente (estimado a 150-200 l/s, 10,4°C), la conductividad (27,7 µS/cm) muestra que el agua sale esencialmente de la escorrentía. El 09/07/05 a las 14 horas con 15

(13,3°C - 157,7 μ S/cm), disminuyó considerablemente, tanto el caudal, como la parte de la escorrentía. También se observará las diferencias de temperaturas muy marcadas, debidas al origen externo de las aguas, que deben repercutirse rápidamente en el karst, con todas las consecuencias que eso implica.

La siguiente tabla da una idea de los caudales de diferentes tipos de escorrentía. Los caudales son estimados, « al ojo » o según la técnica del « flotador » en algunos casos.

LUGAR	FECHA (HORA)	CAUDAL ESTIMADO (L/S)
tragadero de Parjugsha Alto (colector)	05/07/05	50
arroyo de Parjugsha (campo)	16/06/04 (13:30)	5 - 10
arroyo de Parjugsha (campo) después de 100 mm de lluvia	07/07/05 (10:00)	150 - 200
tragadero de Parjugsha Mega (exterior)	18/06/04	1 - 2
colector de Parjugsha (sifón aguas arriba)	20/06/04 (12:30)	200 - 250
tragadero de Vaca Negra (colector)	01 – 03/07/05	150 - 200
Río Chaquil	16/06/04 (16:00)	160
Río Soloco (aguas abajo resurgencia)	16/07/05	600
Río Soloco (pueblo)	01/07/04 (08:00)	1800
arroyo Upaponcho (valle del Río Sonche)	20/07/05	50
Punto de surgencia del margen izquierdo del Río Sonche (dragado)	16/07/05	50 - 100
Punto de surgencia del margen izquierdo del Río Sonche (dragado)	20/07/05	5
arroyo aguas abajo (travesía por la carretera hacia Chachapoyas)	16/07/05	< 100

Índices tectónicos endokársticos. Tragadero de Parjugsha Alto: un deslizamiento banco sobre banco al nivel de un interestrato margoso es visible en el meandro orientado hacia el WNW, teniendo una inclinación de aproximadamente 20° hacia el NW. Lo reciente del fenómeno parece indicar que es posterior al orificio del conducto. Tragadero de Parjugsha Mega : un deslizamiento banco sobre banco origina concreciones tectonizadas:

la diferencia entre estalactitas y estalagmitas es de diez centímetros, un macizo estalagmítico que rellena el interestrato es cizallado y una estalagmita inclinada presenta una eflorescencia vertical (fig.).

Aerología. Las corrientes de aire son frecuentes en las cavidades exploradas o identificadas. La tabla siguiente da cuenta de un inventario incompleto.

lugar (orificio)	fecha	carácter
tragadero de Vaca Negra	01 - 03/07/05	aspirante
tragadero de Leonidas	19/06/04	aspirante
tragadero de Parjugsha Mega	06/04	aspirante
tragadero de Parjugsha Chico	06/04	soplante
tragadero de Parjugsha Grande	06/04	soplante
tragadero de Parjugsha Alto	01/07/05	aspirante / soplante
Abismo de Chaquil	29/06/05	aspirante (estimado a 500 l/s)
tragadero de Santa María	02/07/05	aspirante

Si se considera que las observaciones han sido realizadas en periodo invernal, las corrientes de aire aspirantes indican un orificio inferior, para un funcionamiento en tubo a viento. Sin embargo las diferencias de temperatura sin duda son débiles en esta latitud y las diferencias entre «día soleado» y «noche fría» a veces son consecuentes pueden ser el factor dominante. La influencia del aire exterior puede sentirse muy a profundidad: en el tragadero de Vaca Negra, los bloques situados justo por encima del flujo (la escorrentía) principal, es decir, a -230 m, presentan sorprendentemente superficies secas, que deben ser relacionadas con la fuerza de la corriente de aire aspirante.

Biospoeología. Parece sorprendente que la fauna cavernícola sea tan pobre, pero esta constatación debe ser matizada: las investigaciones no han sido sistemáticas. Jean-Yves Bigot observó un sólo espécimen (un Campodeo), en el tragadero de Vaca Negra. Sin embargo, al nivel de la confluencia existe un medio particularmente adaptado a esta fauna, con depósitos orgánicos sobre los taludes de arcilla. Una colonia de murciélagos (vampiros, según Jean-Yves Bigot) ha elegido como domicilio los techos de entrada de esta cavidad. Los nidos de colibríes son muy frecuentes en las entradas de cavidades (tragaderos de Parjugsha Mega y de Parjugsha Alto). ♦