

TRABAJOS DE LAS SECCIONES



CONFERENCIAS-LECCIONES PRONUNCIADAS
POR D. N. LLOPIS LLADO EN ATAUN (GUI-
PUZCOA), DURANTE EL CURSILLO DE INI-
CIACION A LA GEOESPELEOLOGIA ORGANI-
ZADO POR EL GRUPO «ARANZADI»

Tercera y última Conferencia

EVOLUCION DE LAS CAVERNAS

Morfología subterránea

El nombre de caverna como antigua forma de conducción de un aparato cárstico, sólo puede aplicarse en su sentido más amplio, puesto que en realidad, la complicada topografía de los conductos subterráneos por donde discurrían las aguas cársticas, obliga a complicar el vocabulario considerando únicamente el punto de vista topográfico. De aquí pues, que, aun cuando la palabra caverna en su sentido lato debe hacerse extensiva a toda clase de cavidades subterráneas, el uso la ha consagrado para las cavidades de desarrollo horizontal, denominándose por oposición simas o abismos, a las cavidades de desarrollo vertical.

Pero todos los espeleólogos saben cuán aleatorias son estas definiciones, puesto que en realidad en la práctica, si bien encontramos cavernas y simas tipos, es muy frecuente la existencia de cavidades en que alternan regiones de topografía muy diversa desarrollada alternativamente en sentido vertical y horizontal y con inclinaciones de todos los ángulos posibles. Estas formas intermedias son debidas a una serie de circunstancias locales casi siempre condicionadas por estructuras tectónicas complejas, que por otra parte es lo corriente en la masa caliza, de tal modo que sólo en casos excepcionales, co-

mo en el Karst de mesa, cuyas formas se orientan sobre diaclasas verticales o subverticales y sobre planos de estratificación horizontales, encontramos las simas y cavernas típicas.

Para poder estudiar estas formas de una manera racional y lógica hemos de seguir el camino del agua, es decir penetrar por las zonas de absorción, desplazarnos a lo largo de las formas de evolución y emerger finalmente al exterior por las antiguas surgencias.

Las simas son pues las cavidades más próximas a las formas de absorción. Desde el punto de vista genético, podremos considerar dos tipos de simas estrechamente ligadas a otros dos tipos de formas de absorción de que hablamos en nuestra charla anterior: simas formadas por hundimiento de dolinas y simas generadas exclusivamente por erosión. (Fig. 18).

Las simas han sido cualquiera que sea su origen, formas de absorción en masa, puesto que, aun cuando deriven de dolinas, una vez establecida por el hundimiento, comunicación directa entre el exterior y las formas de conducción profunda, el agua ya no penetra gota a gota, sino que discurre en masa a lo largo de la cavidad así establecida. En el segundo caso, ya desde un principio, la sima se ha generado por la existencia de un sumidero; en este caso, es evidente que no puede engendrarse más que en la vaguada de un valle epígeo, puesto que sólo ahí se reúnen aguas en cantidad suficiente para determinar los fenómenos de erosión capaces de excavar la sima-sumidero. No ocurre lo propio, en cambio, con las simas de hundimiento, puesto que las dolinas madres pueden estar situadas en una vertiente y la sima generada a expensas del hundimiento actuará también como sumidero de las aguas salvajes que recorren la vertiente, aunque desde luego, no tendrá la capacidad absorbente de la sima de erosión desarrollada en una vaguada.

En ocasiones nos encontramos con simas cuyas características morfológicas nos indican que han sido engendradas exclusivamente por erosión, situadas en laderas y aun cumbres de cerros en los cuales las posibilidades de absorción son nulas, lo cual no tiene otra explicación que admitir que estas formas no son sino residuos de otras más desarrolladas y en relación con una topografía distinta de la actual, capaz de permitir la absorción necesaria para la formación de estas simas las cuales, por este motivo, designé en otra ocasión con el nombre de "residuales" por constituir partes de otras simas más extensas cuyas bocas deberían abrirse en vaguadas hoy desaparecidas. Estos fenómenos son debidos casi siempre, al desplazamiento lateral y en profundidad de los valles epígeos a consecuencia de depresiones del nivel de base local o general, que condiciona la erosión. En estos casos el relieve va siendo degradado poco a poco hasta llegar a la fase denominada por los morfólogos de "inversión" en la cual los primitivos valles se transformaron en divisorias de aguas, estableciéndose por el contrario las vaguadas sobre las antiguas divisorias. Esto explica que estas simas estén constituidas exclusivamente por formas de erosión a pesar de encontrarse actualmente en sitios donde la erosión no es posible.

No obstante, el estudio de las simas ofrece al geoespeleólogo un relativo interés, puesto que estos elementos del aparato cárstico son poco expresivos, de manera que con los datos que de los mismos podemos obtener, solamente podremos deducir una porción muy reducida del desarrollo total del aparato cárstico.

Las cavernas, por el contrario, son formas que nos proporcionan datos suficientes para tener una idea de la historia cárstica de la región; son pues, formas fundamentales en el aparato cárstico y en su origen son esencial-

mente formas de erosión. No obstante la caverna, una vez muerta en sentido hidrológico, comienza una larga evolución que termina por enmascarar totalmente las formas primitivas a consecuencia de la producción de una serie de fenómenos subterráneos que son el corolario de la evolución cárstica; por este motivo toda caverna, aun cuando no encontremos en ella ningún signo de erosión, ha de ser ineludiblemente considerada como una forma derivada de fenómenos erosivos cuyas huellas han sido borradas por la evolución subterránea ulterior. Si pudiéramos llegar a otras regiones más profundas de la misma caverna, o menos enmascaradas por estas acciones ulteriores, encontraríamos evidentemente las huellas de la erosión primitiva que la ha engendrado. (Fig. 19).

Las **formas de erosión** son por lo tanto las primitivas y por consiguiente elementales en toda cavidad. No obstante, las cuevas, exclusivamente como formas de erosión, son hasta cierto punto excepcionales y su conservación es consecuencia de tratarse de cavidades recientemente abandonadas por las aguas cársticas o en casos especiales por un aborto en la evolución general de la caverna, puesto que generalmente cuando una cueva sigue su evolución normal, una vez generados los fenómenos de erosión primitivos, comienza, como acabamos de decir, un conjunto de acciones que enmascaran total o parcialmente la primitiva morfología.

Las secciones transversales de las cuevas, revelan claramente la existencia de formas de erosión. Estas secciones pueden obedecer a varios tipos distintos condicionados siempre por los elementos tectónicos de la masa caliza en que se ha excavado la cavidad: cuando el modelado subterráneo utiliza una diaclasa vertical, las formas se desarrollan naturalmente en este sentido; en cambio, cuando la excavación se realiza a lo largo de un plano de estratificación horizontal, la caverna es generalmente ancha y baja. Estas formas son casos extremos de una gama de términos intermedios, que encontraríamos en el Karst de mesa; la forma más sencilla intermedia entre ambas, es la determinada por la intersección de una diaclasa vertical con un plano de estratificación horizontal, en cuyo caso la caverna se ensancha y eleva considerablemente. Estas formas mixtas sencillas en el Karst de mesa se complican extraordinariamente en el Karst de montaña, donde los planos de estratificación presentan fuertes buzamientos y a veces pliegues accesorios y micropliegues y las diaclasas toman posiciones inclinadas y aun horizontales; la aparición de las fallas y fracturas, contribuye a complicar la topografía subterránea por ser planos de mínima resistencia que las aguas cársticas pueden excavar más fácilmente. En estos casos el conjunto estructural de la caliza es altamente propicio para una buena carstificación, puesto que aun los mismos planos de estratificación, a consecuencia de los plegamientos, pueden resbalar unos sobre otros aumentando considerablemente las posibilidades de infiltración y erosión subterránea. Un ejemplo bien claro del Karst de montaña lo tenemos en las peñas de Aitzkoate, del cual constituye una forma subterránea, Troskaeta-ko-kobea, cuya ala principal está excavada en los planos de estratificación del flanco norte de un anticlinal.

Además del factor estructural, la morfología de erosión viene condicionada por las características de ésta. Se ha demostrado en las cavernas la existencia de dos tipos de circulación: 1) A presión hidrostática y 2) fluvial. En el primer caso el agua llena en su totalidad los conductos por donde circula, ejerciendo por consiguiente una erosión mucho más intensa a consecuencia de que a los fenómenos químicos y mecánicos ordinarios inherentes a la erosión subterránea, se suma la presión hidrostática. En el segundo caso el agua corre libremente por el interior de la caverna como en los ríos epi-

geos y la erosión se realiza exclusivamente a lo largo de la vaguada. Las formas resultantes son distintas, pues mientras en el primer caso las secciones transversales son circulares o elípticas a consecuencia de que la erosión se ejerce radialmente, en el segundo caso tienden a alargarse hacia abajo porque la erosión está condicionada exclusivamente por la gravedad. Las secciones longitudinales tienen en el primer caso formas de rosario o de embutido, mientras que en el segundo se inicia el modelado de un perfil de equilibrio en todo análogo al de un río epigeo. (Fig. 12 2.^a Lección).

Estas diferencias en la circulación, explican sobradamente las anomalías hidrológicas del Karst, como la frecuente existencia de ríos subterráneos en los ejes de los anticlinales siendo así que parece lógico, como ocurre con las aguas freáticas, que éstas se acumulen en los ejes inclinados. El eje anticlinal es una zona de mínima resistencia, puesto que aparecen en él las charnelas de pliegue acompañadas de su cortejo de diaclasas satélites y deslizamientos de los planos de estratificación y por consiguiente es una zona de fácil erosión; como estos ejes sufren fuertes oscilaciones verticales, las aguas pueden penetrar por las zonas más elevadas de estos ejes y bajar rápidamente hacia las zonas deprimidas por los mismos haciendo posible el afloramiento de surgencias en las charnelas anticlinales, fenómeno que aparentemente parece contradecir las leyes hidrológicas generales.

Todas estas consideraciones nos llevan hacia la conclusión de que el desarrollo longitudinal de una cueva puede ser extremadamente complicado aunque determinado inexorablemente por la estructura, puesto que a ella está inevitablemente ligada de tal modo que en cualquier desviación, recodo o accidente topográfico de la caverna, encontraremos siempre el elemento estructural, falla, diaclasa o plano de estratificación que lo ha determinado.

Las formas de erosión corresponden pues, a una morfología exclusivamente juvenil. Las formas arriñonadas debidas a la presión hidrostática, representan siempre la primera fase dentro de esta morfología primitiva; las formas de erosión fluvial corresponden ya a un estado de madurez hidrológica muy avanzado próximo a la senilidad y muerte de la forma de conducción y por lo tanto del establecimiento de la caverna.

En este momento se inicia el dominio de los procesos químicos, puesto que las diaclasas y leptoclasas de la masa caliza, permiten infiltraciones lentas que determinan fenómenos de decalcificación análogos a los ya expuestos en la segunda charla al exponer la evolución de la dolina: el agua circulando gota a gota a través de estas fisuras, disuelve parte de la caliza de las paredes separando "terra rosa" y aislando por consiguiente un conjunto de bloques paralelepípedicos que faltos de apoyo tienden a desplazarse hacia abajo hasta llegar a hundirse modificando entonces totalmente la faz de la caverna y originando un conjunto de formas que por su origen y características se designan con el nombre de **morfología clástica**. (Fig 21).

Estos hundimientos se producen siempre en las zonas más fuertemente tectonizadas de la caverna, las zonas de brechas tectónicas, los haces de diaclasas de los ejes anticlinales y de las flexiones, y aun en las zonas de intersección de dos sistemas de diaclasas de pequeños intervalos. Estos hundimientos se producen finalmente por una necesidad de equilibrio morfológico alterado por el proceso de decalcificación. Una vez producido el hundimiento, las formas vuelven a ser estables, tomando las bóvedas formas parabólicas por ser éstas las que mayor resistencia ofrecen. No obstante, no quiere esto decir que la región hundida haya adquirido definitivamente su equilibrio morfológico, puesto que puede ser alterado de nuevo si el proceso de decalcificación continúa: no obstante es frecuente que el hundimiento de una bóve-

da no se repita por corresponder la zona hundida a una región colectora de la infiltración que desaparece después del hundimiento, disminuyendo entonces considerablemente la infiltración.

Los restos de la bóveda desplazada se acumulan en forma de conos gigantescos o de **caos de bloques** en el suelo de la caverna, enmascarando totalmente las formas de erosión primitivas y formándose, como se ve, bóvedas netamente estructurales. En los casos complejos del Karst de montaña los buzamientos de los estratos y la abundancia de estructuras secundarias, favorece extremadamente la infiltración y los hundimientos, ayudando en estos casos, la gravedad a los desplazamientos. Es frecuente encontrar en el suelo de estas cavernas trozos enteros de estratos desplazados que han sufrido un proceso de decalcificación muy pobre: el descenso desde la zona vestibular de Troskaeta hacia las cavidades inferiores, nos ofrece una serie de ejemplos de este fenómeno.

Otro tipo de **formas clásticas** muy extendidas en las cavernas, son los conos de deyección, de los cuales existen también magníficos ejemplos en Troskaeta: son acumulaciones de detritus de pequeño tamaño que han sufrido ya un cierto arrastre y son comparables, por consiguiente, a los aluviones del exterior. Pero estos fenómenos de deslizamiento de las masas detriticas subterráneas, análogo a la "soliflucción" epigea, puede producirse también en los casos de bloques resultantes de los hundimientos de bóvedas cuando el suelo que lo soporta tiene una cierta pendiente, en cuyo caso pueden producirse deslizamientos lentos de cierta importancia favorecidos por las masas arcillo-plásticas que generalmente los cementa. El valor de estos deslizamientos dependerá siempre de la pendiente, de la masa de los bloques y del poder lubricante de las arcillas, pero siempre es lentísimo, oscilando entre algunos metros y algunos centímetros por año.

El tercer tipo de morfología corriente en las cavernas de evolución avanzada (fig. 22) está integrado por las formas **litogénicas o reconstructivas**, es decir, las formaciones corrientemente conocidas con el nombre de estalactitas y estalagmitas, formas que son naturalmente las que captan la atención al turista que visita una caverna a consecuencia de su mimetismo. Por este motivo han sido estudiadas con bastante más detalle que el resto de la morfología subterránea, pero es tal su variedad, tan distintas las estructuras y tan diversas las formas que presentan, que a pesar de la atención que han merecido, no sólo estamos muy lejos de conocerlas a fondo, sino que por el contrario plantean todavía una serie de problemas fundamentales que no han sido resueltos.

La explicación más corrientemente admitida está basada en el poder químico del agua de infiltración, que disuelve el carbonato de calcio de la caliza con separación de terra rosa, es decir, en el ya varias veces mencionado fenómeno de decalcificación. Este carbonato cálcico es arrastrado por el agua circulando por las diaclasas y continuando la disolución hasta que el agua está saturada. En el momento en que el agua aparece en la bóveda de una caverna, se produce la evaporación parcial, precipitándose en consecuencia parte del carbonato de calcio disuelto. La gota de agua se desprende de la bóveda y cae en el suelo, extendiéndose y evaporándose más fácilmente, precipitando los restos del carbonato de calcio disuelto: los depósitos del techo constituyen las estalactitas que van progresando poco a poco hacia abajo, mientras los productos de la evaporación del agua caída en el suelo de la caverna constituyen las estalagmitas y la progresión se realiza hacia arriba, pudiendo llegar a encontrarse ambas formas procedentes de la misma diaclasa hasta su conjugación, formándose entonces columnas estalactíticas.

Es evidente, no obstante, que aunque esta explicación debe de servir de base a todas las teorías que puedan exponerse acerca de la formación de las estalactitas, no cabe tampoco la menor duda de la complejidad que ofrece este tipo de litogénesis. Esta complejidad se revela inmediatamente al observar la morfología de los depósitos, puesto que es extraordinariamente variable, oscilando entre la típica estalactita cónica, hasta las complicadas formas excéntricas, ganchudas y arborescentes de las anemolitas. La complicación aumenta cuando estudiamos la estructura de estos depósitos, la cual oscila también desde la típica constitución textural formada por una serie de capas concéntricas alternativamente constituidas por asociaciones de cristales fibroso-radiados y depósitos criptocristalinos y aun amorfos, hasta las concreciones de tipo monogenético cuya estructura es totalmente homogénea; en las primeras se encuentra generalmente un agujero central o por lo menos las huellas de éste más o menos enmascaradas por una cristalización tardía, mientras que en las estalactitas atípicas y paratípicas, rara vez se encuentran huellas de este tubo inicial.

Estas consideraciones y otras muchas que podríamos hacer sobre este particular, nos ilustran acerca de la complejidad que debe presidir la génesis de estos sedimentos y cuyo estudio debe entrar de lleno en el campo de la Físico-Química. Todo esto explica la diversidad de teorías más o menos afortunadas emitidas para explicar las formaciones más complicadas que son evidentemente las célebres estalactitas excéntricas, frecuentes en mayor o menor proporción en la mayor parte de las cavernas. Estas teorías, sin negar que deben tener algo de bondad, deben ser sometidas evidentemente a una severa crítica Físico-Química para poder ser incorporadas de una manera definitiva a la litología subterránea (fig. 23).

No obstante cada día se van realizando nuevas observaciones que permiten ir aclarando particularidades de detalle de la génesis de estos sedimentos. Una de las formas más extendidas en las cavernas, como son las coladas y suelos estalagmíticos, pueden tener un interesante origen según pudimos observar por primera vez en las cuevas de Villanúa (alto Aragón): En las cuevas existen siempre dos tipos fundamentales de suelos, suelos arcillosos y suelos detriticos. En los primeros, excesivamente blandos, las gotas de agua al caer desde la bóveda, se hunden en él, de tal modo que forman de esta manera un pequeño agujero dentro del cual tiene lugar la precipitación del carbonato de calcio, que de no tratarse de un suelo arcilloso, se depositaría en el exterior; las gotas siguientes van rellenando poco a poco de carbonato de calcio el agujero primitivo, hasta que el depósito llega a la superficie del suelo arcilloso, derramándose entonces radialmente alrededor del agujero y constituyendo de esta manera el embrión de una estalagmita que tendrá una raíz enclavada en el suelo arcilloso primitivo. Por conjugación de una serie de estalagmitas vecinas originadas de idéntica manera, puede engendrarse un suelo estalagmítico cubriendo el sustrato arcilloso, el cual se transformará de suelo activo en suelo fósil.

Si por el contrario el suelo de la caverna está formada por detritus gruesos, el fenómeno es algo distinto, puesto que para producirse la fosilización total se necesitará ente todo, una previa cementación; si los cantos tienen ya cemento arcilloso congénito, la cementación será solamente superficial, formándose rápidamente una costra estalagmítica que fosiliza también el suelo de cantos. En este segundo caso no aparecen como forma inicial del suelo estalagmítico, las estalagmitas radicales que aparecían en el caso del suelo primitivo arcilloso.

En estos últimos casos, a pesar de la fosilización, el sustrato continua

teniendo cierta actividad, especialmente en los casos en que los cantos de bloques tienen cementación arcillosa congénita. Esta actividad se manifiesta de una manera clara si el depósito de cantos se apoya sobre un pavimento inclinado, en cuyo caso puede producirse un lento deslizamiento de toda la masa, es decir, verdaderos fenómenos de soliflucción que se manifiestan en la corteza estalagmítica fosilizante por la diaclasación y agrietamiento de ésta, rotura de estalagmitas y demolición de columnas. Si el fenómeno tiene mucha intensidad, puede producirse una verdadera destrucción de formas litogénicas que momentáneamente pueden perturbar el proceso litogenético. Pero como éste continúa ininterrumpidamente, la cementación se prosigue y poco a poco los esfuerzos de la masa detrítica para sustraerse a la fosilización, resultan estériles y llega el momento de la completa cementación, lapidificación y muerte del sedimento detrítico subyacente que se transforma en masa uniforme y el conjunto alcanza la estabilidad definitiva.

La superficie de las coladas y suelos estalagmíticos, es extremadamente irregular y rico en microaccidentes topográficos. Los más frecuentes son las rizaduras que tienen casi siempre su origen en las irregularidades del suelo arcilloso primitivo sobre el que empezó el ciclo de estalagmitización. Cuando las coladas se depositan en pendientes acentuadas, se producen formas botrioides y mamelonares por adaptación a las irregularidades de la caliza subyacente. Unas de las formas que llaman más la atención en estas coladas, son los llamados "gours" o pozas que no son sino verdaderos microlagos originados de maneras diversas según las condiciones topográficas de la colada, pero siempre por formación de una barrera estalagmítica que actúa de presa y determina la formación de un pequeño embalse. En las grandes cavernas existen ejemplos de gours gigantes que permiten incluso la navegación, pero lo frecuente es que se trate de lagunillas de pequeña extensión y profundidad y lo más corriente, como hemos dicho, de microlagos que a menudo quedan secos por evaporación de las aguas estancadas, en cuyo caso es frecuente la formación de bellísimas geodas de cristales de calcita.

Evolución subterránea

Los tres tipos de formas subterráneas que rápidamente acabamos de analizar, es decir, formas de erosión, formas clásticas y formas de reconstrucción, no constituyen en realidad, tres etapas distintas de la evolución de las cavernas, sino un conjunto de fenómenos que interfieren y que por consiguiente están estrechamente relacionados y que son por lo tanto, inseparables al abordar la evolución de conjunto en la génesis de una caverna o espeleogénesis.

Es cierto, como ya hemos dicho, que las formas de erosión son formas juveniles generadas en las primeras fases de la evolución subterránea y que las formas clásticas y reconstructivas corresponden a épocas de madurez morfológica y evolutiva de la caverna; pero no obstante, estas realidades no implican forzosamente una sucesión cronológica de formas, puesto que pueden empezar los procesos de estalagmitización en los últimos períodos de la fase juvenil de la caverna, es decir, en su fase fluvial, cuando quedan ya techos secos que permiten la infiltración y estalactitización. Cuando la caverna se seca en su totalidad, el proceso reconstructivo adquiere evidentemente mucha mayor importancia, puesto que los suelos se cubren de estalagmitas y se pavimentan de coladas, pudiendo darse el caso de cavernas cuyas formas de erosión primitivas aparecen única y exclusivamente enmascaradas por los procesos reconstructivos sin intervención ninguna de fenómenos clásticos. Ya di-

jimos anteriormente que el proceso clástico, a pesar de su elevada frecuencia, requería siempre condiciones particulares de estructura tectónica.

Pero tanto en uno como en otro caso, existe una tendencia clara hacia la total fosilización de la caverna para terminar el ciclo subterráneo, con lo cual las cuevas no escapan tampoco a la ley geológica universal de la demolición, fosilización por sucesivas litogénesis de las formas del relieve. La evolución de la caverna no difiere pues en este sentido de la evolución general epigea en la cual, a la fase de erosión o gliptogénesis, sucede siempre la sedimentación o litogénesis.

Así pues el objetivo final de la evolución subterránea, es la fosilización del Karst. Esta fosilización puede realizarse no solamente por acumulación de sedimentos autóctonos, es decir, por los procesos clásticos y por la estalagmitización, sino también por aportaciones de sedimentos alóctonos procedentes del exterior, es decir, verdaderos aluviones transportados en las fases de régimen torrencial de la red cárstica, durante las avenidas.

Pero esta fosilización precoz de las cavernas por depósitos aluviales, es siempre excepcional y localizada en el Karst de montaña, bajo condiciones climáticas muy favorables. Podríamos citar ejemplos de cavernas fosilizadas de esta manera, en el Prepirineo, en los Prealpes y en las montañas cantábricas, es decir, siempre en regiones ricas en fuertes desniveles y baja condiciones hidrológicas condicionadas por la nivación con sus periodos de crecidas estacionales. En cambio las cavernas extra alpinas (alpino en sentido de montaña) estos casos son rarísimos y aunque las aportaciones exteriores pueden tener una cierta importancia, en general no representan sino un elemento más en el proceso de fosilización.

Fácil es comprender que la sedimentación subterránea sea cualquiera su origen, hace cambiar totalmente la faz de la caverna. La primitiva morfología de erosión es rápidamente enmascarada por la sedimentación clástica aluvial o estalagmitica de tal modo que cuando el proceso litogénico tiene una cierta madurez, no se reconocen ya huellas de las primitivas formas de erosión. La culminación del proceso sedimentario en sus diversos aspectos es, como ya hemos dicho, la fosilización total de la caverna con lo que termina el ciclo subterráneo. Este es, pues, el triste destino de la cueva: después de haber sido parte importante del complejo cárstico, muere con la sedimentación (fig. 24). No quiere esto decir que siempre se realice en su totalidad el ciclo subterráneo, puesto que por circunstancias diversas puede abortar en cualquiera de sus fases sin modificación alguna ulterior, gracias a lo cual encontramos cavernas cuya génesis se inició en épocas lejanas (pon-tiense y plioceno) que han llegado casi intactas hasta nosotros, detenida su evolución en alguna de las fases astieriormente descritas.

Pero del mismo modo que la evolución subterránea puede detenerse, también es posible un rejuvenecimiento de la caverna después de su fosilización, es decir la inauguración de un nuevo ciclo subterráneo. Ya George nos ha hablado de un Karst policiclico que evidentemente debe admitirse en su sentido más amplio; a este policiclismo cárstico de George, corresponde evidentemente en profundidad, el rejuvenecimiento de la red cárstica fósil.

La inauguración de un segundo ciclo cárstico está condicionada por la depresión del nivel de base local que determina el desarrollo del Karst, en cuyo caso es posible que los conductos fósiles recuperen su actividad, actuando entonces como soluciones de continuidad propicias al desarrollo de la nueva carstificación, las zonas de contacto entre las formas fosilizadas y los sedimentos fosilizantes. En estas soluciones de continuidad, se excavan rápidamente nuevos conductos hídricos que funcionan primeramente a presión hidros-

tática, continúan con la fase fluvial y se inauguran seguidamente, por segunda vez, los procesos clásticos y litogenéticos. En los casos en que la fosilización de la red cárstica del primer ciclo ha sido completa, es fácil diferenciar las formas fósiles primitivas de las nuevas formas creadas en el segundo ciclo cárstico; pero en los casos de Karst abortado, cuando éste recupera su actividad, se establece una interferencia entre las formas antiguas y las modernas, que hace extremadamente difícil su diferenciación. En estos casos es fácil, en ocasiones, confundir formas estructurales con formas de erosión de dos ciclos cárstico interferentes, por lo que es necesaria una extremada prudencia antes de diagnosticar en estos casos, la existencia de Karst policíclicos, sobre todo sin tener en cuenta la evolución cárstica superficial.

Todo esto nos conduce hacia la inevitable conclusión de que no es posible emprender el estudio de las cavidades subterráneas sin tener en cuenta la morfología cárstica de superficie, de tal manera que necesitamos recordar lo expuesto al comenzar estas lecciones, referente a que las cavernas no son sino formas de conducción de los aparatos cársticos, es decir, elementos de estructuras más complejas, partes de un todo, que no es posible comprender sin tener una visión acabada del conjunto cárstico.

La serie de conocimientos brevemente expuestos y difícilmente sintetizados en estas breves lecciones, nos ilustran acerca de la complejidad del mundo subterráneo cárstico y en especial de la ingente mole de problemas que quedan todavía por resolver. Desde que Martel, hace ya casi 80 años, escribió su libro sobre la "Evolución subterránea", verdadera Biblia espeleológica, hasta la actualidad, evidentemente se ha progresado bastante, pero no lo suficiente todavía para que podamos dejar sentadas las bases de una hidrología cárstica definitiva. Este atraso en que se encuentra la hidrología cárstica respecto a la hidrología subterránea en general, se debe única y exclusivamente a las dificultades que ofrece el estudio de las formas subterráneas del Karst. Por esto se hace imprescindible la incrementación y sistematización de estos estudios y exploraciones que por desgracia tan descuidados están en España, cuando por el interés práctico que ofrecen, deberían haberse situado en un primer plano en la investigación geológica. No hay que olvidar que poseemos una España caliza en la que la hidrología cárstica tiene una extensión y desarrollo extraordinario; que esta España caliza representa la sexta parte de la superficie total del territorio hispano y que especialmente en las regiones de la España seca, el alumbramiento de aguas cársticas puede desempeñar un papel importante en la agricultura y por lo tanto en la economía nacional. Por esto, al encontrarme entre vosotros, que de una manera desinteresada habéis constituido este Grupo de exploraciones subterráneas, cuyos trabajos y descubrimientos son dignos de todo encomio, siento la satisfacción de colaborar en la medida de mis fuerzas en esa labor que os habéis impuesto y me siento honrado por haber sido elegido por vosotros para exponer unas breves directrices que puedan servir para vuestras futuras investigaciones.

Ataun, 17 de junio de 1952.

Fig. 18.— a). Sima residual.—b) Sima en la vaguada de un valle epigeo.

Fig. 19.— FORMAS DE EROSION.—a) Corte esquema mostrando el desarrollo vertical producido por la acción erosiva de las aguas actuando sobre una diaclasa. b) Cuando la erosión actúa sobre un plano de estratificación el corte muestra una figura ancha y baja de bóveda. c) y d). Formas mixtas de desarrollo en el «karst» de mesa en la intersección de una diaclasa con un plano de estratificación. e) Esquema mostrando el desarrollo de una caverna alojada en el pliegue de un anticlinal f) Esquema mostrando el desarrollo de una caverna alojada en el eje de un sinclinal g) corte transversal en caverna desarrollada sobre planos de estratificación. Fenómenos clásticos y litogénicos más tarde, enmascaran su primitiva morfología («Troskaetako kobia».—Ataun, Guipúzcoa).

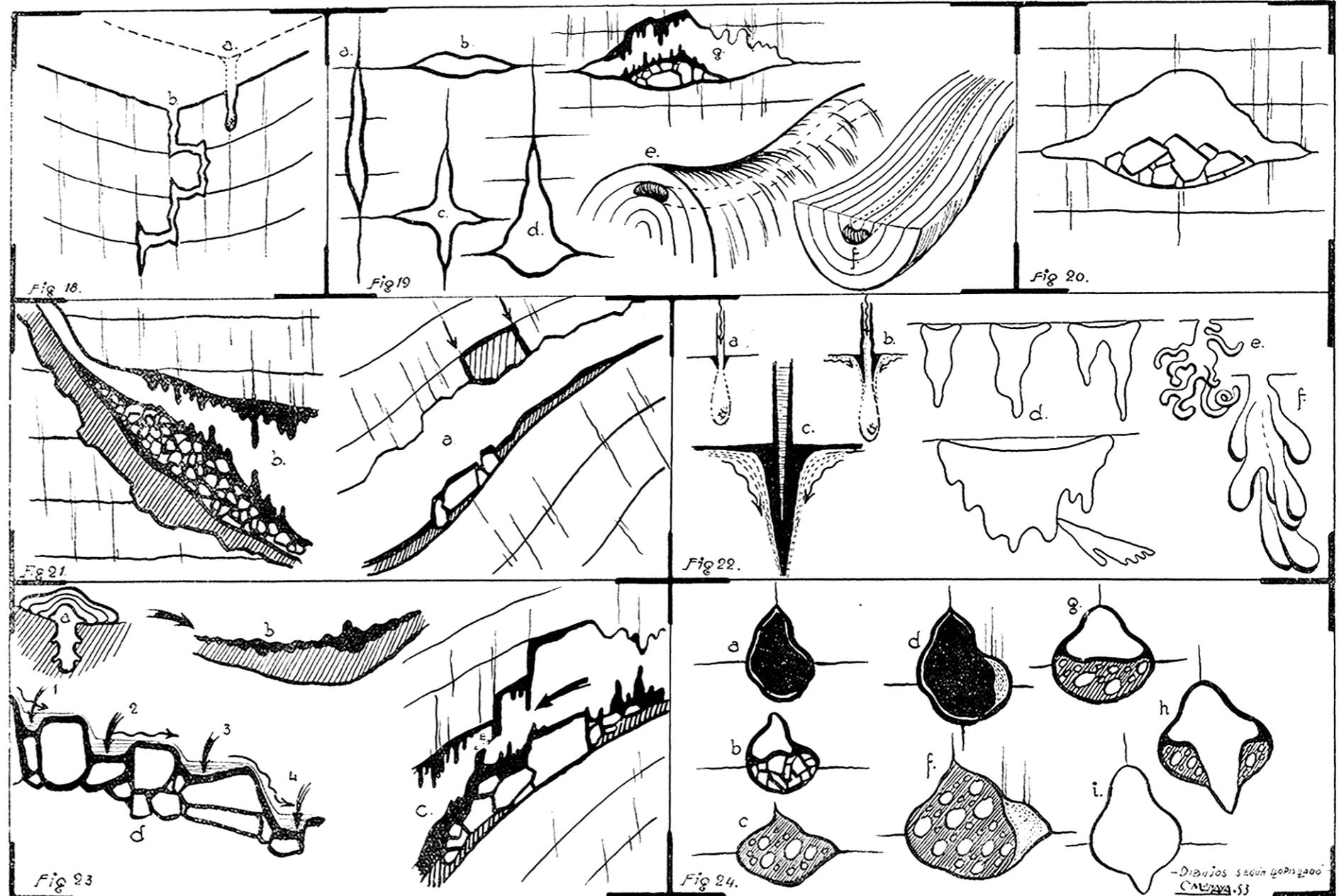
Fig. 20.— Caverna de estructura. Fenómenos de decalcificación actuando a través de diaclasas y leptoclasas con separación de «terra rosa», aislan bloques de la primitiva bóveda que se desprenden y precipitan originando un conjunto de formas que por sus características y origen se denominan «clásticas». Su estudio comprende la «morfología clástica».

Fig. 21.— a) Corte transversal de una galería mostrando un bloque próximo a desprenderse. b) Corte transversal mostrando un «cono de deyección». Sobre una capa de arcilla—rayado—formóse un caos de pequeños bloques que han sido cementados entre sí por un proceso litogénico; la capa estalagmítica recubre los bloques por encima quedando enmascarada la primitiva morfología clástica del fenómeno

Fig. 22.—Formas litogenéticas o reconstructivas.—a), b), y c). esquemas mostrando el desarrollo y formación de una estalactita típica sobre la bóveda de una caverna iniciándose en los labios de una diaclasa. d) Esquema de estalactitas «en bandera». e) y f) Excéntricas de forma caprichosa.

Fig. 23.—a) Estalagmita formada sobre una capa arcillosa. b) La extensión del fenómeno sobre un manto arcilloso da lugar a la formación de un «suelo estalagmítico». c) Cementación estalagmítica sobre cantos gruesos. El sustrato continúa activo desplazándose sobre la línea de máxima pendiente, fenómeno que se observa en la rotura y separación de las partes de la columna E, o en la destrucción de éstas. d) Formación de «gours», —1, 2, 3 y 4—sobre una pendiente de bloques soldados, cementados por un proceso litogénico—estalagmitación—.

Fig. 24.— a), b), y c) cortes transversales de caverna. En a) se encuentra fosilizada por procesos de estalagmitización. En b) en periodo de fosilización por procesos clásticos y litogenéticos y en c) por sedimentos alóctonos, aluviones transportados desde el exterior. d) Inauguración de un segundo ciclo cárstico sobre galería fosilizada por estalagmitización. f) Idem sobre galería fosilizada por fenómenos de aluvión. En ambos casos el agua inicia su actividad sobre las zonas de contacto entre las formas fosilizadas y el elemento fosilizante. g) Forma abortada en el proceso de fosilización. h) Un nuevo ciclo cárstico puede dar lugar a esta nueva forma en la que es posible encontrar verdaderas terrazas de aluvión como en los valles epigeos. i) La forma terminal del piso en V hace pensar en la existencia de dos ciclos cársticos que han actuado sobre un conducto primitivo.



—Dibujos según Lopis 1900
CAMERA 53