

DATOS PRELIMINARES PARA EL ESTUDIO DE ESPELEOTEMAS EN CAVIDADES GRANITICAS

Por VIDAL ROMANI, Juan Ramón(\$) y VILAPLANA, Joan Manuel(\$\$).

(\$).Colegio Universitario de A Coruña.A Coruña(Galicia,España).

(\$\$) Departament de Geologia i Tectònica.Facultat de Ciències Geològiques.
Universitat de Barcelona.GranVía 585.Barcelona 7(Catalunya,España).

SUMMARY: The papers concerning edaphical or subedaphical evolution of granitic areas are numerous in the literature but not happen the same with the equivalent / to subaerial evolution of rocky surfaces other their / geomorphological aspects. The study of subaerial weathering on acid plutonic rocks permit us suppose that the actuation of solution processes are so interesting than unknown in that evolution.

The paper is concerned with the existence of precipitation deposits(named here as speleothems) find in certain places of granitic massif, namely related with structural surfaces(diaclasses or foliation planes), / partially opened with subsequent water circulation. / Here is described the(supposed) formation of that deposits directly related with dropping(stalactites and stalagmites) or flowing waters(flowstone) and their / characteristics.

RESUMEN: Los trabajos referentes a la evolución edáfica o sub-edáfica de las áreas graníticas, son numerosos en la literatura. No ocurre lo mismo con sus / correspondientes sobre la evolución sub-aérea de los macizos rocosos graníticos, salvo en los que se refieren a aspectos geomorfológicos de ese mismo proceso, y ello solo en el aspecto formal y no en el genético.

El estudio de la alteración sub-aérea de las rocas / plutónicas, nos permite suponer que la actuación de procesos de los procesos de disolución allí es tan / importante como desconocida, al menos hasta el momento. Este trabajo se refiere a la existencia de depósitos por precipitación,(aquí llamados espeleotemas), / que aparecen en determinados lugares del macizo granítico, fundamentalmente relacionados con superficies estructurales,(diaclasas, planos de foliación), que /

se hallan abiertos parcialmente, con una subsecuente circulación de agua a su través. Se describe aquí la formación de estos depósitos, relacionada (se supone) con procesos de goteo (estalactitas y estalagmitas) o con aguas fluyentes (coladas) así como también sus principales características.

INTRODUCCION.

La existencia de fenómenos de disolución y precipitación en rocas graníticas es, sino bien conocida, al menos ampliamente asumida como cierta en la mayoría de los trabajos sobre geomorfología granítica. Algunas de las formas desarrolladas sobre granitos, como las pías / (gnammas) son definidas por algún autor, (Fairbridge, R.W., 1968), como " solution pits and pans ", asignando así a la evacuación desde el interior / de la cavidad por desborde de parte de la roca en disolución en el agua / de la lluvia un papel decisivo, y descartando la deflación, el impacto de las gotas de lluvia o la evacuación por suspensión en el agua como importantes en este proceso de disolución, y relegando su influencia a los primeros estadios de desarrollo de la pía (gnamma) (Vidal Romaní, J.R.; 1983).

El que existe una disolución de la roca también en las zonas graníticas es un hecho evidente, comprobable no solo por el análisis de las aguas de escorrentía, (ver cuadro nº1), sino también, y este es el objeto de nuestro trabajo, por el estudio de los depósitos que se producen por precipitación a partir de esas aguas.

ANALISIS DE AGUAS DE ESCORRENTIA SOBRE SUBSTRATO GRANITICO. Cuadro Nº 1

Localidad	UXES	TEIXEIRO	EZARO	CARNOTA	CARBALLIÑO	OURENSE
pH	6.9	6.9	5.8	6.8	7.6	6.7
SiO ₂	3.7	4.2	3.1	3.7	2.6	2.1

Localidad	UXES	TEIXEIRO	EZARO	CARNOTA	CARBALLIÑO	OURENSE
Ca	1	1	1	1	10	1
Mg	2	6	2	2	2	1
Na	17	4	14	15	11	12
K	3	4	16	1	12	9
Al	0.08	0.01	0.07	0.01	0.06	0.06

Todas las muestras estaban en equilibrio con caolinita y no saturadas en SiO₂. Los valores(excepto pH) significan p.p.m. (de Vidal Romaní,J.R.1983

Hasta hace pocos años.,la literatura sobre este tema concreto, al menos hasta el límite de nuestro conocimiento, era escasa, y no se refería directamente a granitos, sino tan solo a rocas asimilables, en cuanto a textura y composición, a ellas. En efecto, las dos únicas referencias conocidas por nosotros,(Bayles,R.E.;1935; Renault,P.,1953) hacen mención de estalactitas(sic) en cavidades formadas en areniscas silíceas. Los tamaños alcanzados por estas formas de deposición son muy pequeños(tan solo de unos milímetros),sobre todo si se los compara con los de sus homónimas de los ambientes cársticos por antonomasia.

Por lo que se refiere a la naturaleza del depósito, / aunque bajo distintas denominaciones,(p.ej. ópalo, sílice), coincide,al / menos químicamente, en todos los casos reseñados.

Por nuestra parte, a consecuencia de un trabajo sobre geomorfología granítica en la zona de Monte Louro(Galicia,España),(Vidal Romaní,J.R. et alters.,1979), tuvimos ocasión de observar por primera vez este tipo de depósitos relacionados directamente con rocas graníticas, que denominamos espeleotemas, y que se corresponden con las descripciones en contradas en la literatura que antes hemos mencionado. Su análisis demostró también la coincidencia en la composición,SiO₂.nH₂O, avanzada para aquellos , pero su estudio permitió una mayor precisión en el conociem_

to de la morfología, composición y tipología de este tipo de depósitos.

En los últimos años, es más usual hablar de la actuación de los procesos de disolución en rocas graníticas, y de los productos de neoformación que se derivan como consecuencia de la precipitación relacionada con aquellos, (Vidal Romaní, J.R.; 1983; Calvo, R., García Rodeja, E., Macías, F., 1983), A pesar de que en este trabajo mantenemos la denominación " espeleotemas " refiriéndonos así a la similaridad con los depósitos de los sistemas cársticos, no existen, hasta el momento, más que hipótesis no comprobadas sobre su formación. Es también evidente que el papel representado por los espeleotemas de las zonas graníticas no es comparable con el jugado por sus equivalentes de los sistemas cársticos calcáreos. Así mismo, el proefijo " speleo " , no implica una forzosa relación de estos depósitos con cavidades cerradas o semicerradas , puesto / que han sido observados en una gran variedad de situaciones, tanto al descubierto, como en zonas parcialmente protegidas de la exposición directa a los rayos de sol o a los agentes meteóricos, indicando pues que, el proceso de precipitación no es achacable a un mecanismo similar al que lo / produce en los ambientes cársticos subterráneos. Finalmente, y en cuanto a la génesis, las hipótesis que tratan de explicar la formación de este / tipo de depósitos coinciden, en general en atribuir su precipitación a / concentración por evaporación, (Vidal Romaní, J.R., 1983), (Calvo, R.; García Rodeja, E., Macías, F., 1983), si bien se han mencionado aun que no en relación directa con la formación de espeleotemas procesos de precipitación de sílice debidos a cambios de pH (Thomas, M.F., 1974) o por intervención / en el proceso de bacterias (Kuznetsov, S.I., 1975; Saavedra, J. y Sanchez, M., 1981).

Sea cual fuere la razón última de la precipitación / de la sílice, es evidente que la formación de los espeleotemas está ligada estrechamente a la circulación de agua a través del sistema de discon

tinuidades de la roca, parcialmente abierto, y que pertenecen a una fase intermedia entre la emersión del macizo rocoso granítico en la superficie de la tierra, propiciado por los agentes erosivos, y la rotura del macizo en unidades menores, (bloques), según el sistema de diaclasas.

MORFOLOGIA Y DIMENSIONES DE LOS ESPELEOTEMAS

Como ya se mencionó en el apartado anterior, el aspecto externo de los espeleotemas formados sobre rocas graníticas es similar al de sus equivalentes de los medios cársticos por antonomasia.

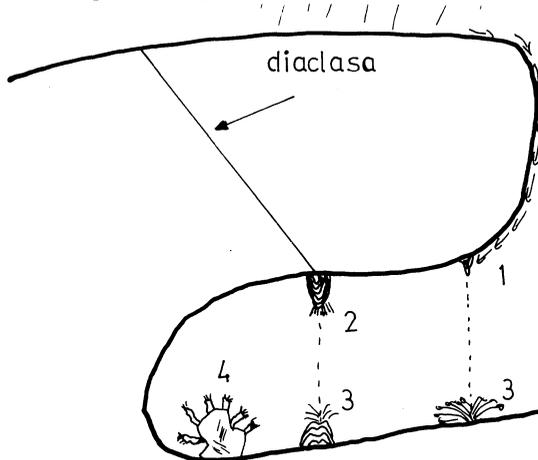
En principio, la única diferencia(excepto la de su / composición química) que presentan con aquellas, es el tamaño, que en lo observado hasta el momento, no sobrepasa los 2 centímetros de longitud en los casos extremos, con un diámetro que vá generalmente desde 0.1 a 0.4 / milímetros. Los distintos tipos de espeleotemas encontrados, siguiendo la nomenclatura usual se clasifican así:

TIPOS DE ESPELEOTEMAS DESARROLLADOS SOBRE ROCAS GRANITICAS. Cuadro N° 2

Génesis	nomenclatura
Depósitos de goteo en techo	Estalactitas
	Costras estalactíticas (cortina, drapery)
Depósitos de goteo en el suelo	Estalagmitas
	Pátinas de recubrimiento
	Costras estalagmíticas (coladas, flowstone)
Espeleotemas erráticos	Espeleotemas s.l. y otros depósitos.

La morfología de los espeleotemas es variable. Por lo general cilíndrica o cónica cuando se liga a salidas de agua puntuales, aunque también tendremos formas planares, (cortina, drapery), para el caso de los espeleotemas formados en salidas de agua relacionadas con una fisura que, si está en el techo, dará una " cortina ", y si en una pared vertical o sub-vertical, dará acumulaciones de tipo colada. Las dimensiones de los espeleotemas en estos casos son las mayores alcanzadas para este tipo de depósitos. Se han observado acumulaciones de hasta 3 ó 4 centímetros de / espesor y a lo largo de fisuras de 3 ó 4 metros de desarrollo horizontal, ligadas a fisuras graníticas bien desarrolladas (diaclasas de exfoliación) Por lo que se refiere a los espeleotemas formados por caída al suelo de / parte del líquido sobrante desde la fisura del techo, son corrientes las formas cilíndricas, pero siempre mucho más rebajadas en altura que las / estalactitas, y también con una base más amplia. Sus dimensiones son tam_ bién similares a los espeleotemas estalactíticos (centimétricas).

En algún caso, los espeleotemas no parecen relacionar_ se con punto alguno concreto de salida de agua (ver figura nº1). Se asoci_



an con viseras o aleros ro_ cosos, donde marcan el punto de alcance máximo de las a_ guas de escurrimiento sobre la superficie externa del / bloque, allí cuando la ten_ sión superficial de la go_ ta ya no puede sostener a /

Figura nº 1: Esquema de la formación de los depósitos tipo espeleotema en una cavidad granítica abierta: (1) Estalactita de borde. (2) Estalactita de goteo. (3) Estalagmita. (4) Espeleotemas erráticos. (de Vidal Romani, J.R., 1983).

esta por más tiempo en contacto con la roca. Las dimensiones de estos depósitos son importantes en extensión lateral, si bien, longitudinalmente no sobrepasan una talla de 1 ó 2 milímetros .

Otros casos son los que aparecen como pátinas asociadas con la zona de goteo o de caída de agua sobre una superficie determinada, que recubren áreas de unos centímetros cuadrados con espesores milimétricos. Finalmente podemos encontrar los espeleotemas denominados " erráticos " , formados por estalactitas y estalagmitas sin relación alguna con / puntos de salida o caída de agua. La forma que adoptan es también la cilíndrica, si bien más delgada que en los casos anteriores y con desarrollos / no rectos sino sinuosos. Su crecimiento puede, en algún caso, ser interferido por procesos externos(p.ej. el viento), dando lugar a crecimientos en codo. Sus dimensiones son similares a las de las estalactitas y estalagmitas antes mencionadas.

El penacho .

Una característica común a todos los espeleotemas con desarrollo preferentemente lineal,(estalactitas y estalagmitas) es la / existencia en el extremo final de estos de una prolongación de cristales radiante, constituida por crecimientos arborescentes de pequeños cristales que, al microscopio aparecen como agregados maclados,(ver fotografías 1 a 5) muy bien desarrollados, con hábito tabular, preferentemente. Este rasgo marca la fase final en el crecimiento de la estalactita, al aparecer siempre en su extremo libre,(lo que no excluye una redisolución del mismo en una eventual nueva etapa de crecimiento del espeleotema).

La existencia del penacho de cristales es común a los espeleotemas, independientemente de su tamaño,(grandes o pequeños), y de su génesis,(estalactitas o estalagmitas).

La observación de este tipo de cristalización terminal radiante en las estalactitas y estalagmitas silíceas formadas sobre

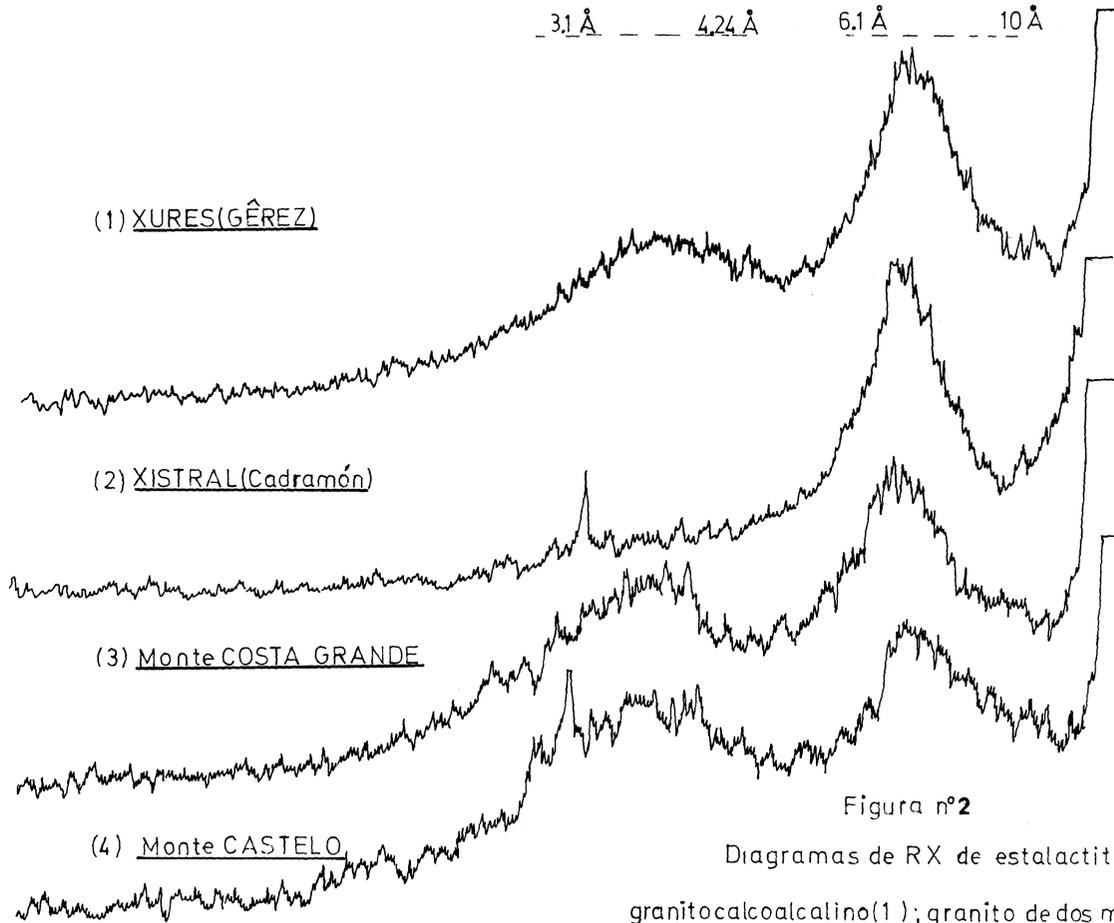


Figura nº2

Diagramas de RX de estalactitas sobre:
 granitocalcoalcalino(1); granito de dos micas(2 y 4); y
 granito de biotita(3)

rocas graníticas en muy variados ambientes(&) aunque siempre a partir de granitos s.l., nos permite asegurar que se trata de un episodio común y no fortuito, en la génesis y desarrollo de los espeleotemas. Su semejanza con los crecimientos radiantes, arborescentes de los espeleotemas de rocas calcáreas(estalactitas erráticas) parece señalar también una génesis similar: procesos de crecimiento de cristales en etapas de escasos aportes de agua,(con distintos materiales en disolución), y en / los que por esta causa predominan sobre las tensiones geomórficas(atracción por la gravedad), las denominadas tensiones moleculares (debidas al crecimiento de los cristales microscópicos del penacho),(fairbridge, R.W.,1968). Existe, sin embargo una diferencia en el caso de los espeleotemas formados sobre rocas graníticas, al tratarse de cristales con una naturaleza totalmente diferente a la del espeleotema que les sirve de base de crecimiento.

Composición química de los espeleotemas

Se han realizado distintos análisis de los espeleotemas por R.X., A.T.D., T.G., así como un examen de los mismos al microscopio electrónico,(Vidal Romaní,J.R.,et alters.;1979),(Vidal Romaní,J.R., 1983). Los diagramas de R.X.,(figura 2) muestran un comportamiento propio de un material no claramente cristalino, pero que tampoco sigue el comportamiento de los materiales amorfos. Presenta una banda difusa entre 8.8 \AA y 10 \AA , y pequeños efectos característicos de los polimorfos de la sílice cristalina, especialmente de la Cristobalita (4.04 \AA y 3.18 \AA) y del Cuarzo (3.32 \AA y 3.18 \AA). Estos efectos han sido descritos en la li

(&) Se han señalado en Galicia en granitos situados en zonas costeras y continentales, pero también en otras zonas graníticas de la Península Ibérica ,p.ej. en Pirineos, Costa Brava,Serra da Estrela(Portugal),etc...

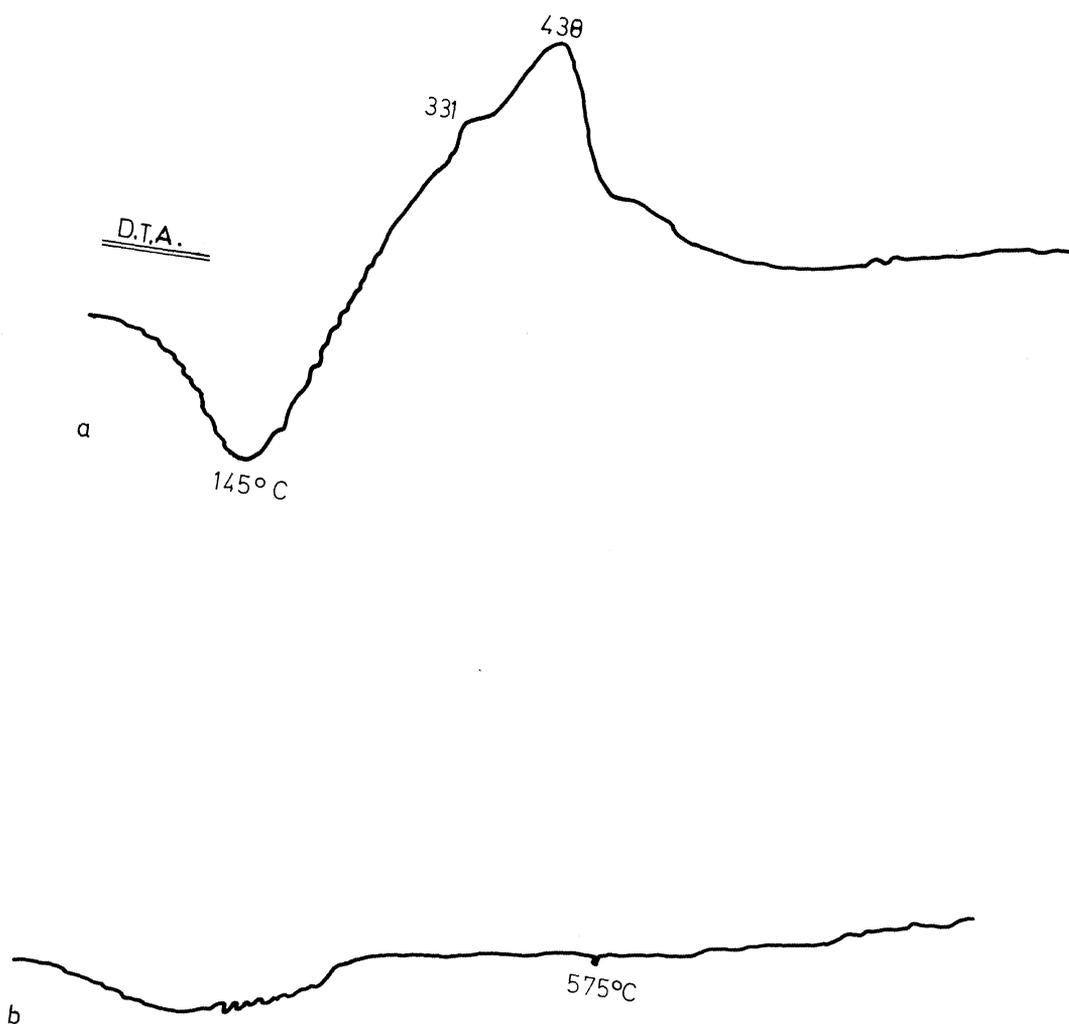


FIG 3

Granito de biotita (Tipo Traba) (de Parga Pondal,I,)		Granito de dos micas orientado (Tipo Muros) (de Vidal et alters., 1.979)	
SiO ₂	72.32		73.25
Al ₂ O ₃	15.23		13.39
Fe ₂ O ₃	0.95		0.42
FeO	0.79		0.91
MnO	0.15		0.91
MgO	0.19		0.10
CaO	1.51		1.87
Na ₂ O	2.55		3.29
K ₂ O	3.93		4.91
H ₂ O ⁺	0.45		1.11
H ₂ O ⁻	0.28		
TiO ₂	0.16		0.19
P ₂ O ₅	0.54		0.44
TOTAL	99.05	TOTAL	99.89
Analista: V. Rodríguez		Analista: M. Vallejo	

cuadro n:2

temperatura, (Jones et al., 1963), como característicos de materiales similares a ópalo.

Otros datos sobre esta composición química aparecen / en los diagramas de A.T.D. (ver figura 3). En ellos aparece la presencia de un endotermo de baja temperatura que corresponde al agua de hidratación contenida en el espeleotema (145° C), al que sigue un exotermo entre 300°C y 450°C (a veces llega hasta los 500°C), que debe atribuirse (Calvo, R., García Rodeja, E., Macías, F., 1983) a la oxidación de la materia orgánica. Este efecto exotérmico solo se registra en aquellos espeleotemas que exteriormente presentan un color oscuro, mientras que en aquellos que son de color blanco no aparece, siendo en ellos el contenido en agua también mucho más bajo. Consideramos que esta fijación de materia orgánica en la parte externa de los espeleotemas se produce con posterioridad a la formación de los mismos, por lo que es una de las características diferenciadoras de los espeleotemas " antiguos", mientras que en los recientes no / se ha incorporado aún la materia orgánica.

Por otra parte, en los espeleotemas recientes (ver / figura 3), el efecto de inversión a 575°C es mucho más bajo que en los demás casos, lo que se interpreta como un índice de mayor cristalinidad para estas muestras.

A partir de la comparación entre los análisis químicos de los espeleotemas y el de la roca base, (ver cuadro nº 2) sobre la / que se desarrollan estos, es evidente la relación que existe entre ambos.

CUADRO DE ANALISIS QUIMICOS DE ESPELEOTEMA Cuadro nº 3			
Lugar de procedencia	SiO ₂	H ₂ O	Otros elementos: Al, Mg, Fe Ca, Na, K. (todos en óxidos)
Monte Lapidó (Padrón, A Coruña)	72%	20%	8%
A Rúa (Ourense)	70%	20%	10%
Cavallers (Lleida)	74%	20%	6%
San Feliu de Guixols (Barna.)	75%	20%	5%

Caldas de Gêrez(Portugal)	73%	20%	7%
Monte Louro(A Coruña)	75%	20%	4%

Como se puede comprobar aparecen reflejados en el mismo Cuadro nº 3 los análisis químicos de estalactitas y estalagmitas, debido a la inexistencia de diferencias en cuanto a composición química de los mismos. Se trata fundamentalmente de SiO₂, con una elevada proporción de agua de hidratación,(ver figura 2).

Al análisis por R.X. este material,(ver figura 2),corresponde por sus características a un mineral de baja ordenación, similar a un ópalo,(Vidal Romani,J.R. et alters.,1979; Vidal Romani,J.R.,1983).

Por lo que se refiere a las cristalizaciones terminales, que hemos denominado anteriormente " penachos", su composición química difiere totalmente de la anterior. Se trata,por otra parte, de cristalizaciones de mineralogía variable en los casos observados hasta ahora. Para la muestra procedente de Cavallers(Lleida,Catalunya), (Vidal Romani,J.R.-et alters.,1983), la composición del penacho es carbonato cálcico, mientras que para el caso de Monte Louro(A Coruña,Galicia) se señalan penachos formados por sulfatos(yeso). En otros casos,(Vidal Romani,J.R.,1983), se han señalado penachos formados por fosfato cálcico.

Esta gran variabilidad en la composición parece indicar para estas cristalizaciones terminales un origen alóctono al sistema roca-fisura-agua de esorrentía, tratándose de un reflejo del entorno del medio de deposición de estos materiales.

GENESIS DE LOS ESPELEOTEMAS

En lo que se refiere a la génesis de los espeleotemas, tanto en su relación con las zonas de salida de agua, como la propia morfología del depósito, todo parece indicar que proceden de la precipitación a partir del agua de la lluvia que se infiltra a través del sistema de diaclasas, en la que las sustancias minerales disueltas en ella son verosimilmente concentradas por evaporación, aunque sin descartar la influencia de otros factores, como el pH,(Thomas,M.F.;1974), o de bacterias,(Pelras,M.; Le Ribault,L.;1982),(Kuznetsov,S.I.;1975),(Saavedra,J.;Sanchez,M.;1981), - mecanismos de deposición señalados antes de este trabajo, si bien no referidos concretamente a la formación de estalactitas y estalagmitas. La disposición en un corte transversal del espeleotema, en capas concéntricas, superpuestas, indica más bien una génesis por acumulaciones sucesivas, lo que hablaría de un proceso rítmico de precipitación, sea cual fuere la causa desencadenante del mismo.

Por lo que se refiere a la génesis del penacho, su composición química, to talmente diferente a la del substrato sobre el que se desarrolla, así como también su elevado grado de cristalinidad, y más aún si se le compara con el del espeleotema, hacen que consideremos su formación obviamente posterior a la del resto del espeleotema.

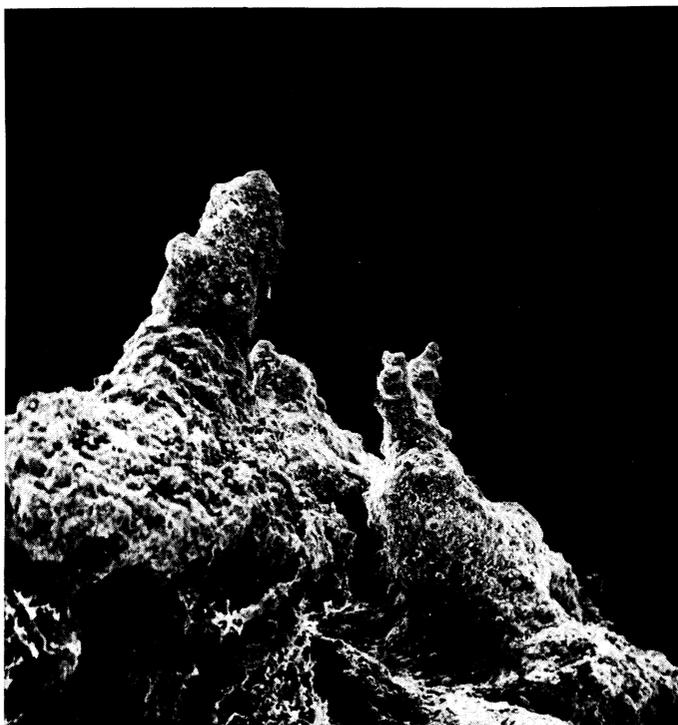
Al microscopio electrónico se puede ver como los crecimientos radiantes del penacho (ver fotografías 1 a 5), nacen a partir de la base silícica del espeleotema, indicando así que se trata de un proceso de cristalización, continuación del que dió lugar a aquella.

Dadas las débiles concentraciones de materiales en disolución existentes en las aguas de escorrentía (ver cuadro nº 1), y la pureza, y al mismo / tiempo variabilidad de las sustancias identificadas como formadoras de / los penachos en los distintos casos conocidos, el proceso que se alegue como causante de su crecimiento, debe explicar la cristalización de cristales puros de una sustancia a partir de una solución diluida de la misma, ajena además al substrato silíceo sobre el que se desarrolla.

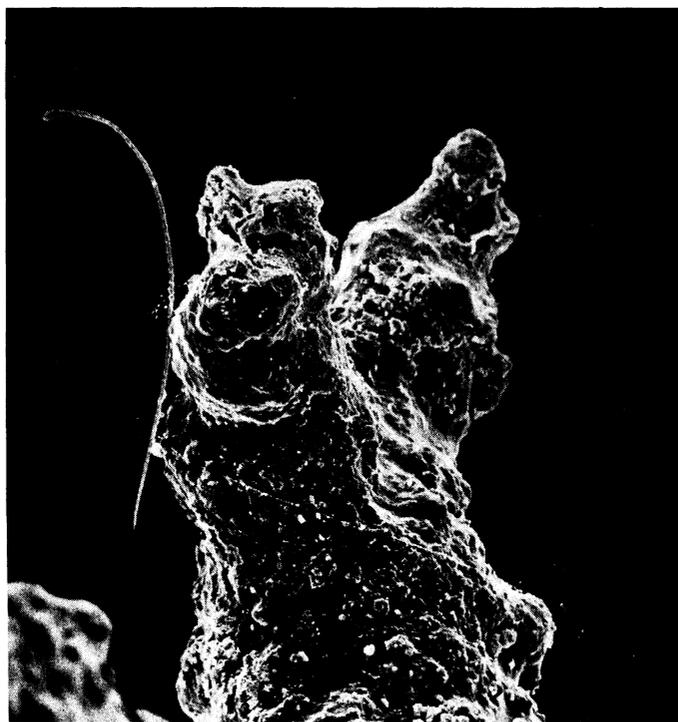
Las analogías con procesos provocados en el laboratorio para la obtención de los triquitos (whiskers), nos hacen postular / para los cristales del penacho un origen similar. Esta técnica de laboratorio, extensamente documentada en la literatura, (García Ruiz, J.M., Amorós J.L., 1978), (Tavira, P.; Amorós, J.L.; 1980), (García Ruiz, J.M.; López Azevedo V.; Tavira P.; 1981), (García Ruiz, J.M.; 1982) utiliza un substrato poroso, (en general gel de sílice), para obtener cristales puros de una sustancia a partir de soluciones débilmente concentradas de la misma. En alguno de los trabajos antes aludidos, (García Ruiz, J.M.; 1982) se describe incluso la formación de cristales puros de este tipo, utilizando como substrato poroso una roca natural (p.ej.; arcillas, arenas, calizas, etc.).

En nuestro caso, el espeleotema, (con hasta un 20% de agua de hidratación), puede ser considerado también como un substrato / poroso, en el que el agua incluida contiene débiles concentraciones de sulfatos, carbonatos, fosfatos, etc., Es a partir de ahí, de donde se pueden obtener monocristales (triquitos) de una forma natural, y según un proceso similar al que se produce en el laboratorio.

Entre los minerales que se han hecho cristalizar en experimentos artificiales de este tipo, aparecen algunos, (fosfato cálcico, carbonato cálcico, sulfato cálcico), de los que se han encontrado constituyendo el penacho de espeleotemas en medios naturales de rocas graníticas. Por lo que se refiere a la procedencia de estos materiales, puede ser fácilmente explicada al / tratarse, en todos los casos de ambientes, p.ej. los costeros, donde los ambientes alóctonos son claros en cuanto a su procedencia. El hecho de que / en ningún caso, al menos hasta el momento, se hayan observado más de una especie mineral formando parte de un mismo penacho, y de una coincidencia por ambientes de los mismos minerales, apoya también esta idea.



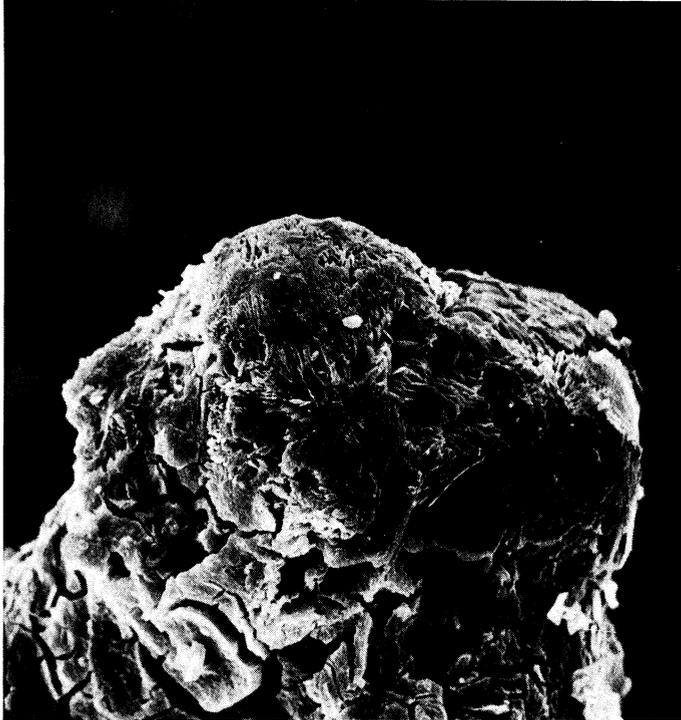
Fotografía n.º 1.—Aspecto general de dos espeleotemas. Aumento total 21.45.



Fotografía n.º 2.—Detalle de la anterior. El pelo adherido a la estalactita sirve de referencia. Aumento total 100.8.



Fotografía n.º 3.—Detalle del extremo libre del espeleotema. Obsérvese el aspecto profundamente cuarteado típico de la sílice desecada. Aumento total 504.



Fotografía n.º 4.—Detalle del extremo libre del espeleotema con las cristalizaciones del penacho. Obsérvese como se inician a partir de la base silíceo del espeleotema. Aumento total 600.



Fotografía n.º 5.—Detalle de los crecimientos del penacho del espeleotema en maclas tabulares bien desarrolladas. Compárese su morfología con la del cuerpo silíceo del espeleotema. Aumento total 6060.

CONCLUSIONES

Es evidente la importancia que tiene en el conocimiento de los procesos de alteración subaérea de los granitos el estudio de los / espeleotemas formados allí. La actuación de procesos de disolución en este medio se ha probado al identificarse depósitos(espeleotemas) de sílice de precipitación, formados principalmente a partir de las aguas de escorrentía infiltradas a través del sistema de discontinuidades, parcialmente abierto, de los macizos rocosos graníticos.

La razón de la selectividad en la composición de los precipitados, formados exclusivamente por $\text{SiO}_2 \cdot n\text{H}_2\text{O}$, no es bien conocida hasta el momento, suponiéndose que la explicación se halla en razones de tipo /- químico, que produzca, p.ej., condiciones de máxima precipitación de un determinado elemento químico(Si), llevado en las aguas en disolución.

Como posibles causas para la génesis de los espeleotemas, se alega la concentración-precipitación por evaporación, sin descartarse la influencia debida a los cambios de equilibrio en la disolución /- producidos por variación en el pH de esta, o incluso la intervención de bacterias que induzcan esa precipitación.

La estructura interna de los espeleotemas indica un crecimiento por acreción exterior de capas sucesivas(no existe canal interno en estas estalactitas), lo que puede justificar la exigüidad de sus dimensiones. Este crecimiento rítmico parece relacionarse con fases de aporte / de agua, y fases de precipitación, de una forma análoga al caso de los espeleotemas formados a partir de rocas francamente solubles.

Hasta el momento, la seriación de tamaños observada en los espeleotemas silíceos indica que se trata de pequeñas formas de acumulación, que no crecen indefinidamente,(o casi), como ocurre en el caso de procesos análogos desarrollados sobre las rocas solubles por antonomasia./ Esto, verosimilmente, se puede achacar a una detención en los aportes de / agua(p.ej. por franca apertura de la fisura a la que generalmente se asocia el espeleotema), o tal vez, porque este tipo de depósitos se origina / en macizos rocosos con un cierto grado de alteración, lo que provoca la desagregación periódica de la roca, y la desaparición de los espeleotemas adheridos a ella. Y finalmente, y esto es en nuestra opinión lo más importante, a una solubilización de la roca, en los dominios graníticos de muy escasa entidad.

De cualquier modo, es evidente la baja velocidad de crecimiento de este tipo de depósitos. En este sentido, pues, los criterios de edad de los espeleotemas no pueden basarse en el tamaño alcanzado por la microforma(generalmente muy homogéneos en todos los casos), sino en caracteres secundarios como los recubrimientos de materia orgánica, externos a la forma, y que /- colorean de negro los espeleotemas estabilizados, mientras que los que se hallan en fase de crecimiento, al menos exteriormente, son de color blanco

brillante. Otro criterio de edad relativa, indicando al menos una fase de estabilización, es el crecimiento del penacho en la parte terminal del espeleotema. En este sentido, dado que es posible observar crecimientos de este tipo en espeleotemas de diferentes tamaños, y siempre en su extremo libre, y nunca(hasta el momento al menos) incluidos en el interior de la masa del espeleotema, parecen indicar una interrupción temporal en el proceso de crecimiento del espeleotema que puede(o no) verse eventualmente reanudada con la llegada de nuevos aportes de agua con materiales en disolución.

La génesis de estos cristales del penacho se supone / similar a la simulada en el laboratorio para obtener triquitos(whiskers), a partir de soluciones no saturadas o débilmente saturadas , utilizando / un substrato poroso(generalmente gel de sílice).

Finalmente, dentro de la evolución subaérea de los / macizos rocosos graníticos, los espeleotemas señalan una fase intermedia entre la emersión del bloque en la superficie terrestre y su individualización según el sistema de discontinuidades que lo delimitan.

Agradecimientos

Agradecemos al Profesor Dr.F. Macías del Departamento de Edafología y Geología de la Facultad de Biología de la Universidad de Santiago su ayuda / en el análisis de los espeleotemas, así como su orientación en el estudio de los procesos de alteración sub-superficiales en los terrenos graníticos.

BIBLIOGRAFIA

- BAYLES,R.E.(1935).- Opal stalactites in sandstone,IX,Univ.Bull.West Virginia.ser.36,nº13,p.82.
- CALVO,R.;GARCIA RODEJA,E.;MACIAS,F.(1983).- Mineralogical variability in weathering microsystems of a granitic outcrop of Galicia(Spain). CATENA,Vol,10,225-236.
- FAIRBRIDGE,R.W.(1968).- The Encyclopedie of Geomorphology. Dowden Hutchinson and Ross Inc.Stronsburg,Pennsylvania,1925 pp.
- GARCIA RUIZ,J.M.;AMOROS,J.L.(1978).- Crecimiento de cristales en gels.I Técnica. Estud.Geol.,34,161-166.
- GARCIA RUIZ,J.M.;LOPEZ AZEVEDO,V.;TAVIRA,P. (1981).- Crecimiento de triquitos sobre gel de sílice.I.Aplicación al BrK. Estud. Geol.37,3-8.
- GARCIA RUIZ,J.M. (1982).- Crystal growth in gels.A laboratory analogous of the natural crystallization. Estud.Geol.,38,209-225.

- JONES et Alters. (1963).- Microfossils in Wisconsin loess and till from Western Illinois and eastern Iowa. *Science*,140,1222-1224.
- KUZNETSOV,S.I. (1975).- The role of micro organisms in the formation / of lake bottom deposits and their diagenesis. *Soil / Science.*,119,81-82.
- PELRAS,M.; LE RIBAUT,L. (1982).- Certains microbes jouent-ils un rôle dans les phénomènes de silicification ?. *Rev.Geol. / Dyn. et de Geogr. Phys.*,vol 23,fasc.2,pp. 151-160.
- RENAULT,P. (1953).- Caractères généraux des grottes gresueuses du Sahara Méridional. *C.R.A.S.*,pp. 275-289.
- SAAVEDRA,J.;SANCHEZ CAMAZANO,M. (1981).- Origen de niveles continentales silicificados con alunita en el Pre-Luteciense de Salamanca, España. *Clay Min.*,16
- TAVIRA,P.;AMOROS,J.L. (1980).- Crecimiento de triquitos sobre sustrato poroso. *Bol.R.Soc.Esp.Hist.Nat.*, (Geol.),78,pp. 189-200.
- THOMAS,M.F. (1974).- Tropical Geomorphology.A study of weathering and / landform development in warm climates. The McMillan Press Ltd.
- VIDAL ROMANI,J.R.;GRAJAL,M.;VILAPLANA,J.M.;RODRIGUEZ,R.;MACIAS,F.;FERNANDEZ,S.;HERNANDEZ PACHECO,E. (1979).- Procesos actuales:micromodelado en el granito de Monte Louro, Galicia España(Proyecto Louro). *Actas IV Reun.G.E.T.C.*, Banyoles.pp.246-266.
- VIDAL ROMANI,J.R.;VILAPLANA,J.M.;MARTI,C.;SERRAT,D. (1983).- Rasgos de modelado periglacial actual sobre zonas graníticas de los Pirineos españoles(Panticosa,Huesca y Cavaller, Lleida). *Acta Geol.Hisp.*, t.18,pp.55-65.
- VIDAL ROMANI,J.R. (1983). El cuaternario de la provincia de A Coruña./ Geomorfología granítica.Modelos elásticos para formación de cavidades. Tesis Doctoral.Pub.Univ.Complut. Madrid.(en prensa).