

## OCURRENCIA DE ESTALACTITAS EXCÉNTRICAS DE ARAGONITO EN LA CUEVA DE PERFECTO (SIERRA DE LOS ORGANOS, PINAR DEL RIO, CUBA),

par Julio J. VALDES (1) y J. Reynerio FAGUNDO (2)

### Résumé.

Les auteurs décrivent les stalactites excentriques trouvées dans la « Chambre d'Aragonites », petite salle située au niveau supérieur de la Grotte de Perfecto. La nature propre et l'occurrence minéralogique des aiguilles d'aragonite et aragonite-calcite, en développement sur toute la surface rocheuse de la salle (plancher, murs et plafond), ainsi que sur des blocs et autres spéléothèmes, sont étudiées. Les analyses diffractométriques de quelques échantillons sont présentées.

Les auteurs discutent les particularités de cette cristallisation, ainsi que son interprétation ; cette dernière basée sur les données disponibles, paraît confirmer l'hypothèse de Cser y Maucha (1968) fondée sur un « effet aérosol » de l'atmosphère de la caverne en rapport avec le champ électrique terrestre.

### Abstract.

The helictites founded in the « Aragonite Room », small hall situated in the upper level of Perfecto's Cave, are described. The mineralogical occurrence and nature are studied : aragonite and aragonite-calcite needles developped over all the rocky surface of the room (walls, roof and floor), as well as over breakdown and other speleothems. Diffractometric analysis of some samples are shown.

The particularities of the crystallization are discussed, as well as the interpretation of them, that according to the present information seems to confirm the hypothesis of Cser and Maucha (1968) based on an « aerosol effect » in the cave atmosphere, in relation to the earth electric field.

### Resumen.

Se describen las estalactilas excéntricas halladas en el « Cuarto del Aragonito », pequeña sala situada en el nivel superior de la Cueva de Perfecto. Es estudiada su naturaleza y ocurrencia mineralógica : agujas de aragonito y aragonito-calcita desarrolladas sobre toda la superficie rocosa de la sala (piso, paredes y techo), así como sobre bloques y otros espeleotemas. Son presentados análisis difractométricos de varias muestras.

Las particularidades de esta cristalización son discutidas, así como su interpretación, que en base a los datos disponibles parece confirmar la hipótesis de Cser y Maucha (1968) basada en un « efecto aerosol » en la atmósfera cavernaria relacionado con el campo eléctrico terrestre.

\*\*\*

(1) *Universidad de la Habana, La Habana, Cuba.*

(2) *Centro Nacional de Investigaciones Científicas, La Habana, Cuba.*

## INTRODUCCION.

Este trabajo comprende un reporte sobre la ocurrencia de excéntricas de aragonito en la Cueva de Perfecto, y su principal propósito es aportar nuevos datos sobre los procesos de cristalización en las zonas tropicales. También trata de explicar el origen de este tipo de espeleotemas en la región considerada, como un primer intento en la elucidación de los mecanismos de formación de las mismas.

La morfología litogénica presenta un gran desarrollo en las cavernas cubanas; y sin embargo, la literatura espeleológica es escasa o nula en lo referente a su estudio, en particular su mineralogía y morfogénesis desde el punto de vista químico físico. Ello ha implicado un insuficiente conocimiento fundamental de la misma y de sus relaciones con otros procesos de la evolución geodinámica.

El «Cuarto del Aragonito» fué descubierto en 1969 por los compañeros Gabriel Barceló, Emilio Sosa, Saul Cruz y Renier Cartaya, durante los trabajos cartográficos en la Cueva de Perfecto, situada en la zona de Sumidero, Pinar del Río. Posteriormente se visitó en 1972 al realizarse lecturas meteorológicas en dicha caverna por G. Barceló y J. J. Valdés; y no fué hasta 1974 en que pudo realizarse otra visita, participando Perfecto Hernández, Armando Reyes, Javier Rodríguez, J. Reynerio Fagundo Jr., J. Reynerio Fagundo y Julio J. Valdés. En ella se efectuaron observaciones más detalladas, se tomaron muestras para la determinación de la verdadera naturaleza de las excéntricas, y se realizaron mediciones de la presión parcial de  $\text{CO}_2$  del aire cavernario en el nivel inferior, siguiendo el método indirecto propuesto por A. ERASO (1963).

Las investigaciones sobre la mineralización secundaria del Cuarto del Aragonito aún no han sido concluidas.

### Reconocimientos.

Los autores desean agradecer sinceramente la cooperación que les han brindado en los trabajos de campo, sus camaradas del Grupo Espeleológico Martel de Cuba, y especialmente los miembros Perfecto HERNÁNDEZ, Ing. GABRIEL BARCELO, ARMANDO REYES, JAVIER RODRIGUEZ, y NOEL GONZALEZ. También se agradece la cooperación de los licenciados Gonzalo Téllez e Ileana Vila por los análisis difractométricos efectuados.

## GENERALIDADES.

La Cueva de Perfecto se encuentra a unos 180 km al WSW de la ciudad de la Habana, en la zona kárstica de Sumidero, perteneciente al conjunto orográ-

fico de la Sierra de los Organos, en la provincia de Pinar del Río. (fig. 1).

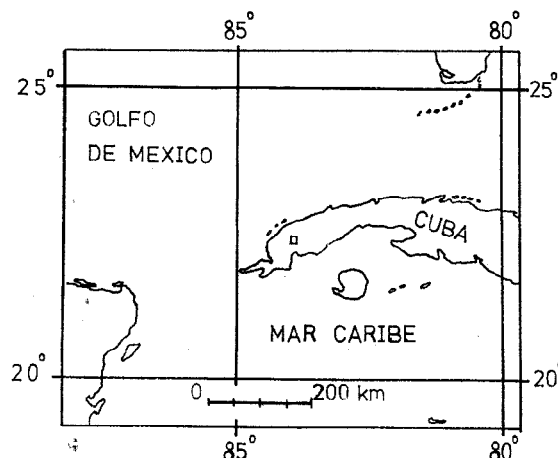


Fig. 1. — Localización geográfica de la cueva de Perfecto.

La Región de Sumidero ha sido descrita como zona de Kegel y Turmkarst, constituyendo este tipo de elevaciones kársticas las clásicamente denominadas «mogotes». Geológicamente, la cavidad está desarrollada en las calizas duras, masivas y de color gris oscuro de la formación Viñales del Jurásico superior.

Desde el punto de vista hidrológico, se trata de una caverna transfluente muerta, de drenaje alóctono, que constituyó un pretérito *thalweg* hipógeo del río Cuyaguatzeje. Actualmente, producto de la disección del relieve, la Cueva de Perfecto está a unos 15 m de altura sobre el Valle de Pica-Pica, siendo aún posible efectuar la travesía subterránea que comunica dicho valle con el polje interno llamado Hoyo de Potrerito (fig. 2). En la cavidad pueden distinguirse dos niveles de galerías: el inferior, asociado al antiguo drenaje alóctono, y el superior, probablemente integrado por pseudogalerías (W. MAUCCI, 1952), fuertemente afectadas a posteriori por los procesos clásticos hipogeos y el drenaje alóctono-autóctono. Es en este nivel superior y a unos 70 m de la salida al Hoyo de Potrerito que se encuentra el Cuarto del Aragonito.

## DESCRIPCION DEL CUARTO DEL ARAGONITO

El Cuarto del Aragonito consiste en una pequeña cámara fusiforme de planta toscamente oval, orien-

tada de E-W, con unos 5 m de largo 3 m de ancho y 2,5 m de altura. El acceso a la misma es a través de una corta gatera a nivel del piso, de unos 0,5 m de diámetro, que parece ser un diafragma entre fusos parcialmente fosilizado. Este pasaje une la saleta con

### LA MINERALIZACION SECUNDARIA.

El carácter verdaderamente notable del Cuarto del Aragonito es, sin duda, su recubrimiento litogénico

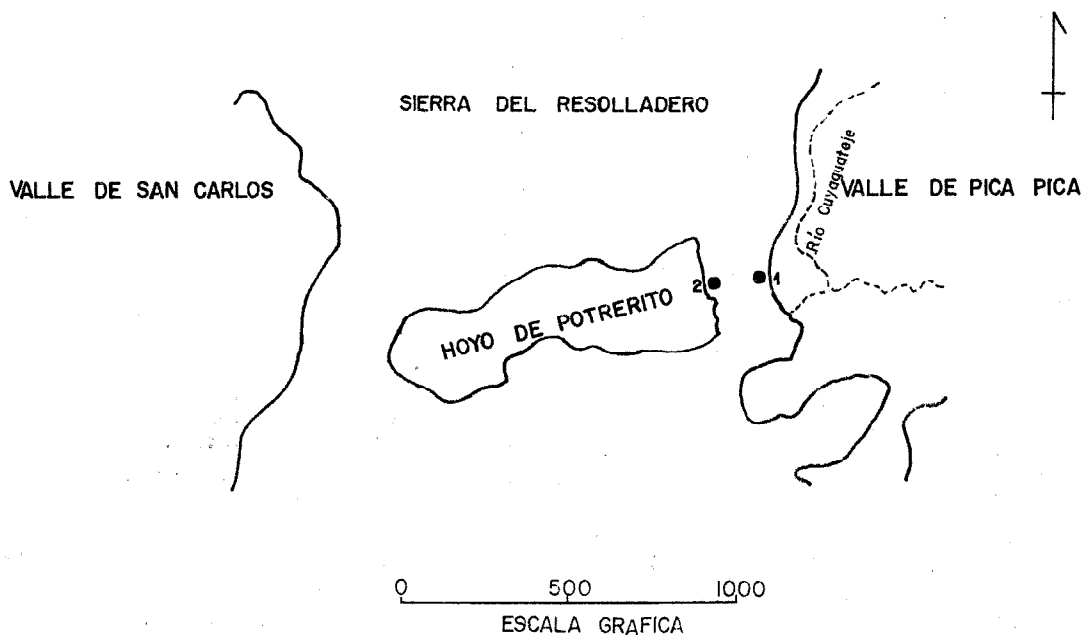


Fig. 2. — Area donde está enclavada la cueva de Perfecto. 1, 2 — Entradas de la cueva.

la pseudogalería constituyente del nivel superior. El material sedimentario presente es de naturaleza arcillo-arenosa de grano fino (fig. 3).

El piso central del cuarto está constituido por una placa de sinter calcáreo de unos 15 cm de espesor, parcialmente destruida, debajo de la cual existe una caída de 5 m de profundidad que continúa inexplorada.

La porción final de la sala aparece colmatada por una rampa de derrubios y bloques que la sellan totalmente y que parecen provenir de una cavidad adyacente aún desconocida.

Así, puede reconocerse una fase de colmatación sedimentaria parcial, mediante la cual se obturó el estrecho diafragma de entrada, y se cubrió el piso hasta el nivel evidenciado por la placa de sinter que cristalizó sobre dichos sedimentos, resultando esto una segunda fase que corresponde al cubrimiento litogénico del cuarto. Posteriormente se sucedió una tercera, donde por subsidencia y soliflucción, el material sedimentario colmatante fué removido, reabriéndose la sala y produciéndose el vaciamiento de su substrato.

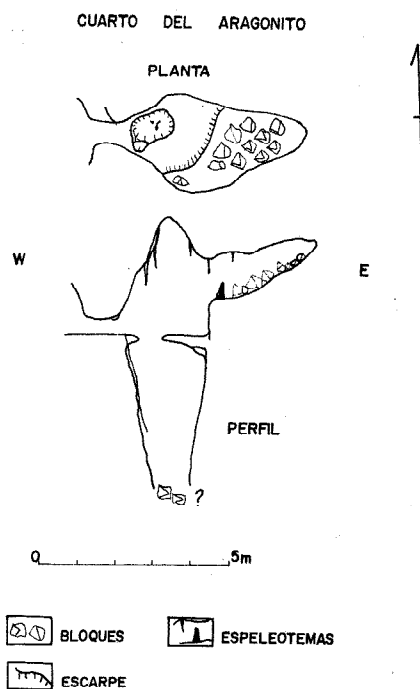


Fig. 3. — Croquis del cuarto del aragonito.

y mineralización, que interesa a la totalidad de la superficie rocosa de la cámara, simulando una gran geoda.

Tanto por su naturaleza como por su tipología litogénica, pueden identificarse dos grupos de espeleotemas: uno compuesto por estalactitas y estalagmitas, columnas, helictitas comunes de calcita y mondmilch; y el otro constituido por las excéntricas y borlitas de aragonito.

Las estalactitas presentes pertenecen al tipo de *caudal*, A. ERASO (1963), y su longitud oscila entre varios decímetros y más de un metro; las estalagmitas, que no sobrepasan los 30 cm de altura, son de tipo *climático*, y aparecen en combinación axial con las estalactitas descritas aunque no forman columnas, las que están formadas enteramente por las estalactitas cuyo excesivo crecimiento las ha soldado al piso sin desarrollo de estalagmita.

El mondmilch aparece fundamentalmente en las paredes, completamente desecado y debido a su consistencia, puede tomarse sin que pierda su integridad.

El segundo grupo se desarrolla libremente sobre el resto de las morfologías de la cámara, aprovechando toda superficie disponible. Su ocurrencia se superpone tanto a las paredes y techo de la sala, como al piso, el material clástico que sobre él yace y los tipos litogénicos correspondientes al primer grupo, ya descritos.

La naturaleza de esta mineralización fué determinada por análisis de difracción de rayos X realizados en el Centro Nacional de Investigaciones Científicas por el método de Debye-Sherrer, con un equipo TUR 61 M. Fueron tomadas tres muestras representativas, de las cuales dos resultaron estar compuestas exclusivamente de aragonito, y la otra de aragonito-calcita (ver Tabla 1, en que  $I/I_1$  es la relación de intensidades,  $\theta$  la posición angular y  $d$  la distancia entre los planos cristalinos).

Estos análisis contrastan notablemente con los realizados en otras cavidades, como por ejemplo, los de las excéntricas de Mairuelegorreta (España), J. MONTORIOL-POUS y M. FONT-ALTABA (1968), donde no fueron halladas diferencias mineralógicas entre las excéntricas y el resto de las espeleotemas.

El hábito mineralógico de la cristalización es eminentemente acicular. Las agujas que componen las excéntricas aparecen tanto aisladas como unidas y ramificadas, con longitudes que oscilan entre unos pocos milímetros y unos 15 cm; correspondiendo las menores a las que ocurren aisladamente. La sección transversal de las excéntricas es triangular, evidenciando una ausencia de conductos capilares, corres-

pondiendo el eje de la excéntrica al eje  $c$  del cristal. Geométricamente las agujas muestran tendencia a orientarse perpendicularmente a la superficie sobre la que se han desarrollado, independientemente de la naturaleza de la misma.

TABLA 1.

Resultados de los análisis difractométricos realizados por el método de Debye-Sherrer.

| Muestra | No. | $I/I_1$ | $\theta$ | $d$  | Mineral             |
|---------|-----|---------|----------|------|---------------------|
| 1       | 1   | 100     | 15.30    | 3.39 | Aragonito           |
|         | 2   | 60      | 15.97    | 3.25 |                     |
|         | 3   | 50      | 18.02    | 2.89 |                     |
|         | 4   | 70      | 19.40    | 2.69 |                     |
|         | 5   | 60      | 21.20    | 2.47 |                     |
|         | 6   | 60      | 22.25    | 2.36 |                     |
|         | 7   | 30      | 24.15    | 2.18 |                     |
|         | 8   | 40      | 25.20    | 2.10 |                     |
|         | 9   | 90      | 27.07    | 1.96 |                     |
|         | 10  | 60      | 28.62    | 1.86 |                     |
|         | 11  | 50      | 29.62    | 1.81 |                     |
| 2       | 1   | 70      | 15.30    | 3.39 | Calcita y Aragonito |
|         | 2   | 30      | 16.00    | 3.24 |                     |
|         | 3   | 100     | 17.25    | 3.01 |                     |
|         | 4   | 50      | 21.22    | 2.47 |                     |
|         | 5   | 50      | 19.37    | 2.69 |                     |
|         | 6   | 40      | 25.37    | 2.09 |                     |
|         | 7   | 60      | 27.00    | 1.97 |                     |
|         | 8   | 40      | 27.90    | 1.91 |                     |
|         | 9   | 60      | 28.62    | 1.86 |                     |
|         | 10  | 40      | 20.62    | 1.81 |                     |
|         | 11  | 50      | 31.10    | 1.73 |                     |
| 3       | 1   | 40      | 15.32    | 3.38 | Calcita y Aragonito |
|         | 2   | 30      | 15.90    | 3.26 |                     |
|         | 3   | 100     | 17.20    | 3.02 |                     |
|         | 4   | 40      | 19.45    | 2.68 |                     |
|         | 5   | 60      | 21.25    | 2.46 |                     |
|         | 6   | 50      | 23.25    | 2.25 |                     |
|         | 7   | 60      | 25.50    | 2.07 |                     |
|         | 8   | 50      | 27.05    | 1.96 |                     |
|         | 9   | 60      | 28.17    | 1.89 |                     |
|         | 10  | 60      | 28.67    | 1.86 |                     |

No han sido halladas evidencias de que la cristalización sea activa en la actualidad, sino todo lo contrario. No se ha observado goteo alguno en la cámara y aparentemente, la litogénesis se encuentra interrumpida. Ello ha impedido el estudio de las condiciones causantes de la cristalización del aragonito, puesto que no puede estudiarse el carácter químico físico del agua de infiltración kárstica y su relación con la atmósfera cavernaria del cuarto.

Así, solo es posible plantear una evolución probable en base a las morfologías observables, pero cuya necesidad es cuestionable.

Teniendo en cuenta las relaciones de superposición entre los dos grupos de espeleotemas descritos,

la litogénesis, que fué la fase que siguió a la colmatación parcial que aisló el cuarto del resto de la caverna, comenzó con la generación de las espeleotemas del primer grupo. La tipología presente da una idea de las condiciones probables de desarrollo en esta etapa. Las combinaciones axiales ya descritas, requieren la siguiente relación de abundancia relativa entre las variables, caudal de goteo o causas de caudal (Ca), y presión de  $\text{CO}_2$  o causas climáticas (Cl), A. ERASO (1963) :

|                         |      |      |
|-------------------------|------|------|
| Estalactitas de caudal  | + Cl | — Ca |
| Estalagmitas climáticas | + Cl | — Ca |

Es decir, una abundancia relativa a favor de la presión de  $\text{CO}_2$  de la atmósfera de la cámara, aislada del exterior.

Pero la continua cristalización en estas condiciones tendería al aumento de la humedad relativa hasta llegar a la saturación adiabática; y por otra parte, la presión de  $\text{CO}_2$  aumentaría por encima del valor inicial del aire subterráneo, de por si mayor que el de la atmósfera epigea. Esa atmósfera saturada de vapor de agua, y con una elevada presión de  $\text{CO}_2$  en el aire, conllevaría a un menor gradiente entre la gota y la atmósfera cavernaria.

Hay que decir que estas condiciones son, de acuerdo con Th. POULSON y W. B. WHITE (1969), más favorables para la deposición de la calcita. Según estos autores condiciones favorables para la deposición de la calcita se dan en aquellos pasajes cavernarios que están completamente aislados del exterior, a menudo por trampas de agua, siendo la humedad de esas cámaras del 100 % y la evaporación despreciable.

Pero el cese del crecimiento de las espeleotemas del primer grupo sugiere una reducción del caudal de goteo en la cavidad, y por tanto, una mayor sobresaturación del agua que llega a la misma. Sometida a condiciones de máxima humedad y débil gradiente de presión de  $\text{CO}_2$ , la evaporación sería muy pequeña o casi nula, y la cristalización sumamente lenta. Probablemente pues, el aragonito se haya desarrollado en tales condiciones, representando la segunda fase litogénica.

La calcita acompañante en las excéntricas puede haber sido singenética con el aragonito, o representar una actual transición hacia la variedad polimórfica más estable. Dado que no existían grandes variaciones morfológicas ni de ocurrencia entre las muestras compuestas por aragonito y por aragonito-calcita, esta última causa parece ser más probable.

La interrupción de la cristalización del aragonito puede haberse debido a las siguientes causas, aunque con mayor probabilidad a las dos primeras :

1° Cese del goteo en la cavidad

2° Reapertura de la sala, lo cual traería un cambio en las condiciones ambientales.

3° Incremento de la presión de  $\text{CO}_2$  del aire a tal punto que el gradiente en la superficie de la gota llegase a ser nulo. Sumado a ello, la casi inexistencia de evaporación debida a la saturación en vapor de agua.

Lo hasta aquí expuesto concierne mayormente a las posibles condiciones bajo las cuales evolucionó la cristalización del aragonito, pero no a los *mecanismos* mediante los que se originó. Realmente este problema no está aún resuelto; pero la ocurrencia mineralógica ya descrita, invalida los mecanismos de capilaridad invocados por otros autores, y por el contrario, sólo parece responder a un crecimiento *a partir de la atmósfera cavernaria*. En efecto, tal fenómeno podría explicar la instalación de las agujas, especialmente sobre los bloques del piso y la superficie de las estalagmitas.

La hipótesis de un crecimiento de excéntricas basada en este punto de vista ha sido planteada por F. CSER y L. MAUCHA (1968), considerando un « efecto aerosol » de suspensión de las gotas de agua kárstica, y su orientación en el campo eléctrico subterráneo.

Sin que ello implique una necesaria asociación, debe señalarse que las condiciones de alta humedad o saturación, y por tanto poca o nula evaporación probables para el cuarto del Aragonito, facilitarían la estabilidad de las minúsculas gotas de agua que podrían producirse por fragmentación.

Aunque es difícil evaluar las condiciones meteorológicas pretéritas del Cuarto del Aragonito, en la actualidad, y producto de su morfología, el intercambio de gases es de tipo difusivo, existiendo una gran estaticidad e inercia ante los cambios externos. Lecturas meteorológicas efectuadas en julio de 1972 revelaron una temperatura de  $24^\circ\text{C}$  y un 97 % de humedad relativa, mientras que las medias anuales de la región son del orden de los  $22^\circ\text{C}$  y 78,5 % respectivamente. Una presión de  $\text{CO}_2$  media de  $1,14 \times 10^{-3}\text{atm}$  fué medida en el nivel inferior, que funciona en tubo de viento de intensidad débil; este valor es mayor que el correspondiente para la atmósfera externa promedio ( $3 \times 10^{-4}\text{atm}$ ).

Resumiendo la evolución litogénica del cuarto, parecen haberse sucedido las siguientes fases :

1° Formación de los espeleotemas del primer grupo

2° Aislamiento del cuarto. Segunda fase litogénica, con cristalización de las excéntricas de aragonito en borlitas y agujas.

3° Cese de la cristalización del aragonito y transición gradual a calcita debido al cambio del medio ambiente (cese el goteo y/o reapertura de la cámara).

## DISCUSION.

Considerando lo hasta aquí expuesto, se evidencia la necesidad de realizar estudios más detallados no sólo en esta localidad, sino también en otras donde han sido halladas, aunque no con la profusión de las del Cuarto del Aragonito, probables cristalizaciones de este mineral, como en la Cueva de las Dos Anas y en la Cueva Superior del Sumidero del Arroyo Majaguas, ambas directamente comunicadas, pertenecientes al Sistema Cavernario Majaguas-Cantera, situado a unos 7 km al SW del área de la Cueva de Perfecto.

## BIBLIOGRAFIA.

- CŠER (F.) y L. MAUCHA — 1968 — Contribution on the origin of « excentric » concretions. *Proc. 4th. Int. Cong. Spel.*, Yugoslavia.
- ERASO (A.) — 1963 — Sobre las relaciones morfoquímicas en la litogénesis. *3er. Cong. Int. de Espeleología*, 2, 1, p. 53.
- MAUCCI (W.) — 1952 — L'ipotesi dell' erosione inversa come contributo allo studio della speleogenesi. *Bol. Soc. Ad. Cs. Nat.*, 46.
- MONTORIOL-POUS (J.) y FONT-ALTABA — 1968 — Estudio difractométrico, espectrográfico y fotoluminiscente de las estalactitas excéntricas de Mairuelegorreta (Macizo del Gorbea, Alava, España).
- POULSON (Th. L.) y W. B. WHITE — 1969 — The cave environment. *Science*, 165, p. 971-981.