



**BOLETÍN INFORMATIVO DE LA
COMISIÓN DE GEOSPELEOLOGÍA
Federación Espeleológica de América Latina
y el Caribe
-FEALC-**

*[Geospeleology Commission Newsletter,
Speleological Federation of Latin America and the
Caribbean -FEALC-]*

No. 54, Diciembre 2004

Coordinador: Prof. Dr. Franco Urbani
Sociedad Venezolana de Espeleología. Apartado 47.334, Caracas 1041A, Venezuela.
Telefax: (58)-212-272-0724, Correo-e: urbani@cantv.net

Boletín Informativo de la Comisión de Geoespeleología, Federación Espeleológica de América Latina y el Caribe (FEALC). *Esta publicación es de carácter informal y no arbitrada, preparada con el único objetivo de divulgar rápidamente las actividades geoespeleológicas en la región de la FEALC. Sólo se difunde por vía de correo electrónico. Es de libre copia y difusión y explícitamente se solicita a quienes lo reciban que a su vez lo reenvíen a otros posibles interesados, o lo incluyan en páginas web. Igualmente se pide que obtengan copias en papel para las bibliotecas de sus instituciones. Se solicitan contribuciones de cualquier tipo y extensión para su divulgación. Todos los números anteriores están disponibles en <http://www.fealc.org/geoespeleologia.htm> o solicitándolos a fealc-sve@cantv.net.*

Geospeleology Commission Newsletter, Speleological Federation of Latin America and the Caribbean (FEALC). *This publication is informal and not peer-reviewed. Its only objective is to quickly disseminate the geospeleological activities in the FEALC region. It is only distributed by electronic mail. It can be copied freely and we ask the recipients to forward it to other interested parties or to include it in Web pages. We recommend that you obtain a paper copy for the library of your institution. Contributions of any type and extension are welcomed. All previous issues are available at <http://www.fealc.org/geoespeleologia.htm> or ask for them to fealc-sve@cantv.net.*

Índice – Index

**Cambios climáticos y espeleotemas
Leslie MOLEIRO**

2-8

CAMBIOS CLIMÁTICOS Y ESPELEOTEMAS: EFECTOS DEL EQUILIBRIO Y EL FRACCIONAMIENTO ISOTÓPICO EN DEPÓSITOS DE CAVERNAS

Marzo de 2004

L.F. MOLERO LEÓN Especialista Principal CESIGMA, S.A. J. PAJON Grupo de Paleoclimas, Instituto de Geofísica y Astronomía, Ministerio de Ciencia, Tecnología y Medio Ambiente,

INTRODUCCIÓN

Harmon et al (1975), Gascoyne, Schwarcz y Ford (1978), Harmon y Curl (1978) Atkinson et al (1979), Ford et al (1983), Bakalowicz et al (1987) y Li et al (1989), a partir de estudios de Geoquímica de Isótopos Estables ($^{18}O/^{16}O$ y $^{13}C/^{12}C$) y dataciones absolutas ($^{230}Th/^{234}U$ y $^{234}U/^{238}U$) en espeleotemas, obtuvieron importantes implicaciones paleoclimáticas y geomórficas para el Pleistoceno en el área continental de Norteamérica, así como en Gran Bretaña, logro establecer cronologías asociadas a los periodos glaciales e interglaciales del Pleistoceno.

Ming y Liu (1995) estudiaron mediante AMS ^{14}C y Análisis de Isótopos Estables una estalagmita de 90 mm de altura, tomada en la Cueva Jiguan (Provincia Henan, China). En el rango de tiempo comprendido entre 3 380 - 4 610 yr. B.P., encontraron cinco oscilaciones climáticas no asociadas a un ciclo constante. Estos autores encontraron una tendencia climática al calentamiento, con un rango de variación de las temperaturas de alrededor de 3.6 $^{\circ}C$.

Ming et al (1997), a partir del estudio de una estalagmita holocénica de la cueva Shihua en el Suroeste de Beijing, China, realizaron una reconstrucción de la variación climática de los últimos 2300 años en el área de Beijing. A partir de la interpretación de los resultados isotópicos, dedujeron que el clima y el medioambiente en Beijing puede ser separado en dos etapas durante el Holoceno Tardío. Durante la primera etapa el monzón fue fuerte y el medioambiente húmedo, mientras que en la etapa final el monzón fue débil y el medioambiente seco.

Latham et al (1986), estudiaron mediante Paleomagnetismo y dataciones U/Th, ^{14}C y ^{226}Ra una estalagmita en la cueva Sótano del Arroyo, México; obteniendo interesantes resultados sobre la variación secular del campo magnético en el área, durante los últimos 2 000 años.

MODELO CONCEPTUAL

Las espeleotemas son depósitos esencialmente de calcita formado por aguas de infiltración que circulan por la zona no saturada sobrecargadas de carbonato de calcio (Fig. 1). Estos depósitos de cavernas pueden suministrar una información muy útil sobre los cambios climáticos pasados y, en lo fundamental, sobre las paleotemperaturas, cuando se han originado bajo condiciones de equilibrio isotópico (Dulinsky & Glazek, 1993).

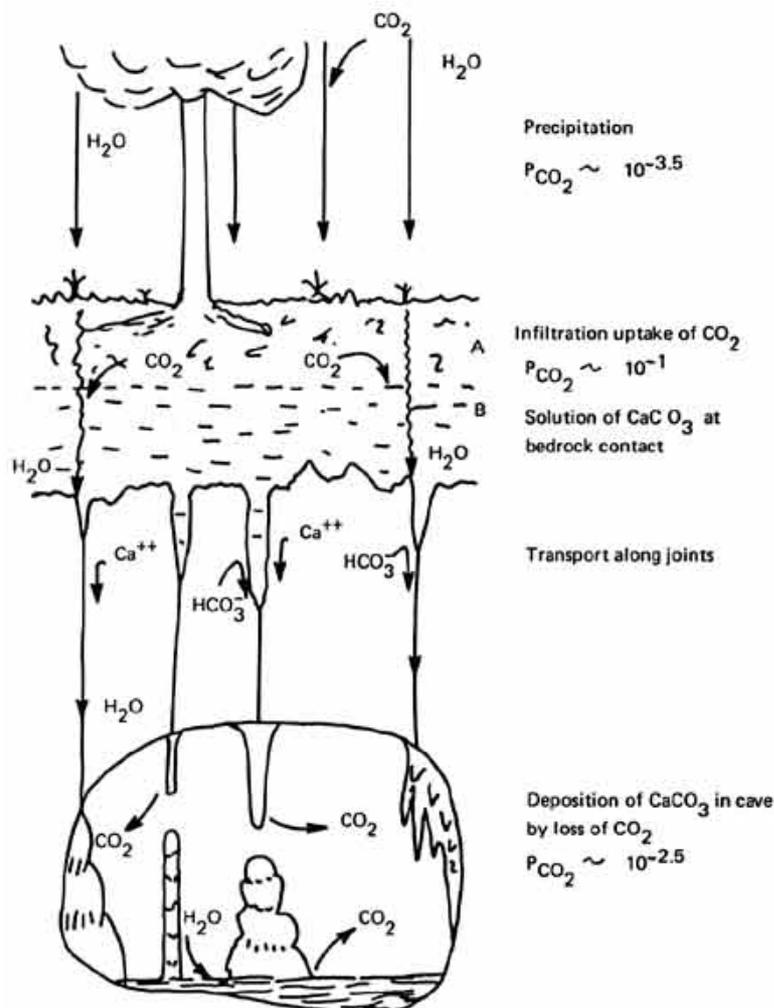


Fig. 1. Modelo físico de la deposición de calcita en espeleotemas (según Holland, 1964 fide White, 1988)

El equilibrio isotópico no se alcanza siempre. Los isótopos de interés (Ford & Williams, 1989) son el ^{16}O , ^{18}O , ^{12}C , ^{13}C . Como estos autores han señalado, el O se fracciona más rápidamente debido a que el C se concentra en los centros de los grupos CO_3 en la calcita. El enriquecimiento o empobrecimiento de ^{18}O respecto al ^{16}O , y la relación $dD-d^{18}O$ para aguas paleoinfiltradas identificadas en las inclusiones de fluido en espeleotemas se usa ampliamente para la reconstrucción de las paleotemperaturas.

No obstante, estas estimaciones pueden desviarse significativamente si los efectos microclimáticos de la caverna impiden el equilibrio isotópico. Como el principio básico para la evaluación isotópica se concentra preferencialmente en la fase más densa, la temperatura ambiental puede determinar la cantidad de tal fraccionamiento.

Dos efectos pueden alterar el equilibrio isotópico, v.gr. la condición más ideal para la evaluación ambiental. Estos efectos son la evaporación y degasificación del CO_2 de las aguas de infiltración. Ellas producen el llamado fraccionamiento isotópico. El fraccionamiento cinético está casi siempre asociado con el ambiente microclimático de la caverna, el tiempo que la solución pende del techo de la cueva, la superficie de la espeleotema y el régimen de flujo en la estalagmita (Schwarcz & Yonge, 1983; Dulinsky & Glazek, 1993). Como estos factores ejercen un notable influencia en la génesis de las espeleotemas, puede reconocerse una asociación entre el fraccionamiento cinético y el tipo de espeleotema. Por ello puede ser ventajoso aprovechar esta relación para seleccionar adecuadamente la espeleotema a muestrear. Obviar este hecho, común para los espeleólogos, puede ser una causa de la interpretación

incompleta o errónea de los registros ambientales de las espeleotemas o una incorrecta estimación de las paleotemperaturas.

El caudal de goteo y el clima son los factores de control en la formación de espeleotemas, Montoriol (1959). Maksimovich (1965) propuso un esquema general de espeleotemas de acuerdo con el flujo de formación y la presión parcial de CO₂ en la atmósfera de la cueva. El caudal de goteo incluye la concentración de calcita disponible para la deposición y la tasa de flujo que alimenta la espeleotema. El factor climático incluye la temperatura del aire y la humedad relativa, velocidad del viento y la presión parcial de CO₂.

Cuando predomina el factor de caudal, la formación crece rápidamente y la espeleotema suele crecer en equilibrio isotópico. La presión parcial de CO₂ del agua y de la atmósfera de la caverna alcanzan muy rápidamente el equilibrio y se forman estalactitas y estalagmitas con formas de tubo, velas y spaghetti. Son espeleotemas donde se produce una evaporación muy pequeña. Casi despreciable y, por ello, el fraccionamiento isotópico es muy pequeño. Cuando domina el factor climático, en cambio, tiene lugar el fraccionamiento cinético. Las expresiones más comunes son estalagmitas de tipo pagoda o zanahoria, que reflejan particularmente las variaciones singulares del clima a lo largo de su eje de crecimiento. También existen espeleotemas de tipo mixto, que son las mejores para el estudio paleoambiental. Se trata usualmente de concreciones que han crecido de forma continua durante largos períodos de tiempo y, por ello, muchas representan ciclos de evaporación y no evaporación, v.gr. fraccionamiento cinético o equilibrio. Muchos sedimentos del tipo de flowstone, no pocos gour y estalagmitas escalonadas o de tipo pagoda tienen este origen.

En muchos reportes de estudios de isótopos estables de espeleotemas o que están relacionados con el fechado absoluto de formaciones secundarias se ofrece poca o ninguna información sobre el tipo genético de la formación muestreada. Usualmente no se brinda información sobre la hidrología y climatología actual y antigua del pasaje subterráneo o del ambiente inmediato al sitio de muestreo. En Cuba, donde el 65% del territorio está carsificado (Molerio, 1975), se le ha dedicado una atención especial a estos factores en cuanto concierne a la identificación de muestras adecuadas para estudios paleoambientales y paleoclimáticos en particular. Posiblemente algunas anomalías de temperatura reportadas en la literatura a partir de la relación dD-d¹⁸O de la inclusión de fluidos, puede ser consecuencia de un muestreo inadecuado.

PRIMERAS DATACIONES RADIOMÉTRICAS DE UNA ESTALAGMITA EN CUBA

Una estalagmita de tipo climática ($pCO_2/\text{Caudal de goteo} \gg 1$) fue extraída como muestra de la cueva de las Dos Anas, en el Sistema Cavernario Majaguas, a la cual se determinó según las diferentes posiciones de crecimiento, la composición isotópica de ¹⁸O y ¹³C. De igual forma, se realizó la datación de la estalagmita mediante ¹⁴C. El punto de muestreo está ubicado a pocos metros antes del Salón Feo, en la galería Carlos Roloff, la cual tiene un funcionamiento hidrogeológico merofósil, solo con actividad del drenaje autóctono en la actualidad. La galería presenta algunas formaciones secundarias en el sector estudiado, así como el piso recubierto por sedimentos cuaternarios, sobre los cuales han crecido algunas estalagmitas, como es el caso de la muestra estudiada (Fig. 2).

Para estudiar el efecto de los Cambios Climáticos ocurridos a partir del Último Máximo Glacial, sobre el carso tropical de montaña de Cuba Occidental, así como complementar los estudios isotópicos (relaciones isotópicas ¹⁸O/¹⁶O y ¹³C/¹²C) y de cálculo de paleotemperaturas, se realizaron dataciones absolutas mediante el método de ¹⁴C en una estalagmita de 420 mm de altura (Fig. 3), ubicada en la Galería Roloff de la Cueva Dos Anas. La estalagmita fue cortada en dos secciones a lo largo del eje longitudinal con el objetivo de exponer la estructura interna con sus bandas de crecimiento. Con un taladro eléctrico con diámetro de 1 mm, se extrajeron nueve (9) muestras de 100 mg c/u en las capas homogéneas de calcita a lo largo del eje de crecimiento y con una separación entre muestras de 50 cm. Las determinaciones isotópicas fueron realizadas en el Departamento de Geología de la Universidad de la Florida.

Dataciones ¹⁴C y Velocidad de Crecimiento

La estalagmita estudiada fue datada mediante el método de ¹⁴C, obteniéndose una edad de 15 330 años A.P. En el caso de los puntos de muestreo 1,3,4,6,7 y 8 se calcularon las edades a partir de las dataciones absolutas ¹⁴C de los puntos de muestreo 2,5 y 9, así como la tendencia de la Velocidad de Crecimiento (Vc) de la formación (Tabla 1, Fig. 3).

Las Vc pueden estimarse a partir de la Fig. 3, donde se observa una apreciable variación en la Vc respecto al eje de deposición de la calcita. Las Vc medias están en un rango de 0.03 – 0.14 mm/año, con un valor medio de 0.04 mm/año. La Vc es mayor antes de los 13 850 años A.P., correspondiente a los primeros 200 mm de crecimiento de la estalagmita, mientras que fueron necesarios 10 420 años para que las bandas de deposición de calcita alcanzaran una altura similar. La mayor Vc para el intervalo 15

330 – 13 850 años A.P., respecto al intervalo 13 850 – 4540 años A.P., pudiera estar asociado a mayores niveles de CO₂ en las aguas de infiltración para el primer caso. La abundante vegetación tropical existente en la parte superior del macizo San Carlos, justifica los elevados valores del contenido de CO₂ encontrados en las aguas contemporáneas Tipo B de la zona de aereación (CO₂ = 5-20 ppm) (Fagundo et. al., 1981), lo cual junto a los elevados valores del RSC (Relación de Saturación de la Calcita), del orden de 0.10 – 0.81, favorecen la formación de espeleotemas.

MUESTRA	ALTURA(mm)	Edad ± 1s(años)Florida LAB	Edad ± 1s(años)Florida LAB
1	0		15 330 ± 50
2	50	14 960 ± 50	
3	100		14 590 ± 50
4	150		14 220 ± 50
5	200	13 850 ± 50	
6	250		11 520 ± 50
7	300		9 200 ± 50
8	350		6 870 ± 50
9	400	4 540 ± 40	

Tabla 1. Valores de las edades de las bandas de crecimiento de la estalagmita CDANAS-01 de la Cueva Dos Anas, según 14C y la relación Vc vs 14C (valores aproximados según el rango de error).

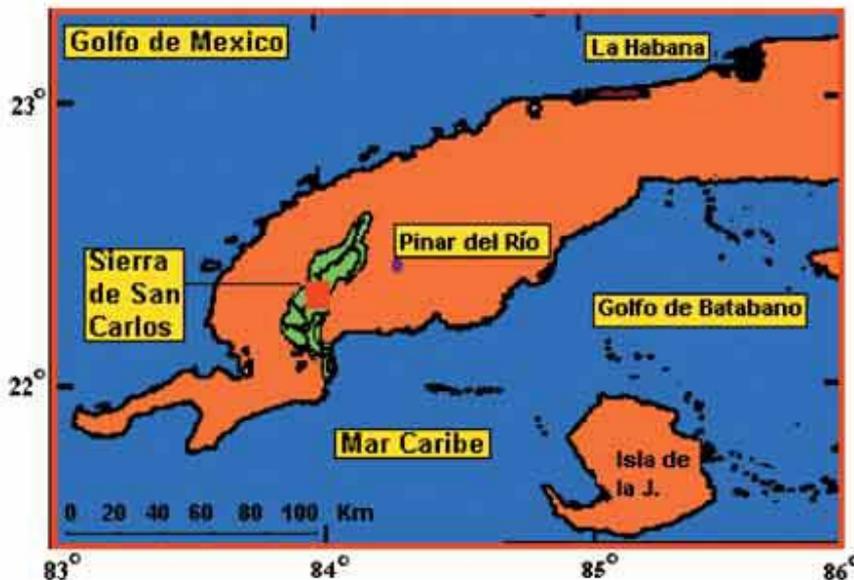


Fig. 2. Ubicación de la estalagmita CDANAS-01 en la galería Roloff de la cueva Dos Anas.

Por otra parte, los bajos valores de paleotemperaturas calculados para el período 15 330 – 13 850 años A.P., favorecen una mayor disolución del CO₂ en las aguas, debido a la ley de Henry, lo cual aumenta la capacidad de disolución y posteriormente de deposición de los cristales de calcita y en última instancia el rápido crecimiento de las espeleotemas.

NOTA FINAL

Algunas sugerencias pueden derivarse para el muestreo de estalagmita con el propósito de someterlas a estudios paleoclimáticos y paleoambientales en general.

Es importante tener en cuenta en el diseño experimental que las espeleotemas, de acuerdo con su tipo genético, representan procesos de fraccionamiento cinético o de equilibrio isotópico.

En cuanto concierne a su tipo termodinámico, los pasajes subterráneos en tubo de viento deben ser preferidos respecto a cualquier otro por razón del intercambio activo que se produce con el ambiente exterior.

Las locaciones con abundantes procesos reconstructivos son mejores para el muestreo, en tanto indican una conexión más directa y expedita con el exterior. Del mismo modo, concreciones desarrolladas sobre o bajo bloques desplomados deben ser evitadas en el muestreo. También deben ser evitadas aquellas espeleotemas que muestren evidencias de corrosión climática o reconstrucción-decalcificación-redisolución alternas. De ser muestreadas, debe tomarse en consideración que la evolución de la formación representa, por sí misma, diferentes tasas de fraccionamiento, evaporación y tasa de flujo de las aguas de formación.



Fig. 3. Estalagmita muestreada

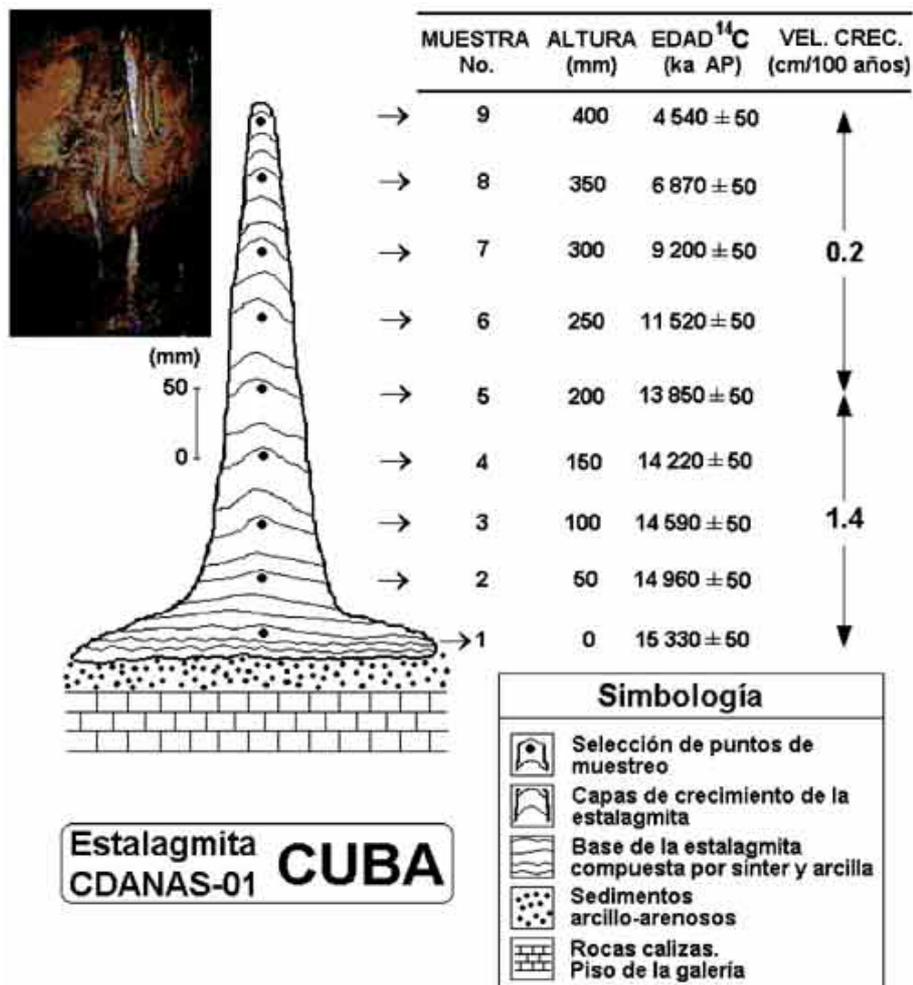


Fig. 3. Curva de crecimiento de la estalagmita CDANAS-01, de la cueva Dos Anas.

REFERENCIAS

- Atkinson, C.T. et al., (1978): Paleoclimatic and geomorphic implications of ²³⁰Th/ ²³⁴U dates on Speleothems from Britain. *Nature* Vol. 272, No. 5648, p. 24-28, March 2 1978.
- Bakalowicz, M. et al., (1987). Thermal Genesis of dissolution caves in the Black Hills, South Dakota. *Geol. Soc. of Am. Bulletin*, V. 99, p. 729-738, December 1987.
- Dulinsky, M., J. Glazek (1993): Speleothems as indicators of past climatic changes –Limitations in the interpretation of data derived from single samples-.An example from de Tatra Mountains, Poland. *Internatl Symp. On Isotope Techniques in the Study of Past and Current Environmental Changes in the Hydrosphere*, IAEA Proc. Series, Vienna, 551-554
- Fagundo, J.R; Pajón, J.M., Valdés, J.J. y Rodríguez (1981): Comportamiento químico-físico de las aguas kársticas de la cuenca del Río Cuyaguaje. *Rev. Ingeniería Hidráulica*, Vol. 11, No.3 ISPJAE, Ciudad de La Habana, p. 251-274.
- Ford, T. D. et al. (1983) : Speleothem Dates and Pleistocene Chronology in the peak district of Derbyshire. *Trans. Brit. Cave Res. Assoc.*, Vol. 10, No. 2, p. 103-115. June 1983.
- Ford, D.K. P.W. Williams (1989): *Geomorphology and Hydrology of Karst.*, Elsevier, 789p
- Gascoyne, M. et al. (1978) : Uranium series dating and stable isotope studies of speleothems: Part I, Theory and Techniques. *Trans. Brit. Cave Res. Assoc.*, Vol. 5, p. 91-111.
- Harmon, S.R. and Curl, L.R. (1978): Preliminary Results on Growth Rate and Paleoclimate Studies of a Stalagmite from Ogle Cave, New Mexico: Reply. *The NSS Bulletin*, Vol. 40, No. 4, October 1978, p. 123-124.
- Harmon, S.R. et al. (1975) : Uranium Series Dating of Speleothems. *The NSS Bulletin*, 1975, 37(2)p

21733.

Latham, G. A. et al. (1986) : The Paleomagnetism and U²³⁵Th Dating of Mexican stalagmite, DAS2. Earth and Plan. Science Letters, 79(1986), p. 195-207

Li, X.W. et al. (1989) : High-precision mass-spectrometric uranium-series dating of cave deposits and implications for palaeoclimate studies. Nature Vol. 339, No. 6225, p. 534-536, 15 June 1989.

Maksimovich, S.D. (1965): Tipos de espeleotemas (en ruso). Archiv. Soc. Espel. De Cuba

Ming, T. and Tungsheng L. (1995): Stable Isotope Records of a stalagmite from Jiguan Cave in Henan Province, China. Scientia Geologica Sinica, Supplementary Issue (1), p. 281-284, 1995.

Ming, T. Xiaoguang, Q. and Tungsheng L. (1997): Climatic Records from annual layers and stable isotopes of a stalagmite in Beijing over the last 2 300 years. The Journal of Chinese Geography, Vol. 7, No. 3, pp 16-25.

Molerio León, L. F. (1975): Fundamentos del Mapa Hidrogeológico del Carso Cubano a escala 1:500 000 Simp. XXXV Aniv. Soc. Espel. Cuba, p 68

Montoriol Pous, J.(1959) : Relaciones entre la quimiolitogénesis y la termocirculación. Speleon X, p 33-44

Schwarcz, H., C. Yonge (1983): Isotopic Composition of Paleowaters as inferred from Speleothem and its Fluid Inclusions. Palaeoclimate and Palaeowaters: A Collection of Environmental Isotope Studies. Panel Proc. Series, IAEA, Vienna, p115-133

White, William B., 1988: Karst Geomorphology and Hydrology. Elsevier, 678 p