

El moonmilk, un depósito endokárstico singular. Presencia en cavidades españolas

Moonmilk: a singular endokarstic deposit. Presence in Spanish caves

J.J. Durán (*,**), J. López-Martínez (*), J.L. Martín de Vidales (*), J. Casas (*,***) y J. Barea (*)

(*) Universidad Autónoma de Madrid, Facultad de Ciencias, Dpto de Química Agrícola, Geología y Geoquímica. Cta. Colmenar Viejo, km 15, 28049 Madrid.

(**) Instituto Tecnológico Geominero de España. Ríos Rosas, 23. 28003 Madrid.

(***) Centro de Ciencias Medioambientales, CSIC. Serrano, 115 bis. 28006 Madrid.

ABSTRACT

Moonmilk is an endokarstic deposit which composition and genesis is controversial. In this work, the presence of moonmilk-type deposits is summarized and studied in four Spanish caves, located in areas with different geological, geographical and environmental conditions. The theories about their origin proposed in the literature are discussed and considered in relation to the studied cases. In the present study the moonmilk has been found under very different endokarstic environmental conditions, from cold to warm caves, with main air temperature ranging from less than 10°C up to 20°C. According to their composition, two main types of moonmilk have been observed: calcium-rich and magnesium-rich carbonates, depending on the original composition of the rock where the cave is developed. The magnesium-rich carbonate moonmilks can be mono or polimineral, possibly depending on the environmental and physico-chemical characteristics of the deposit surroundings and of the water composition. In all the cases the presence of moonmilk is related to the arrival to the cave, by porous and very small fissures, of waters with a very high CO₂ pressure. Signs of microbiological activity participation on the moonmilk formation have not been observed.

Key words: cave deposits, karst, moonmilk, Spanish caves.

Geogaceta, 29 (2001), 43-46

ISSN: 0213683X

Introducción

El término moonmilk proviene del nombre de una cavidad kárstica situada en Suiza, al sur del monte Pilatus, a una altitud de 1.710 m s.n.m. Esta cueva, conocida desde el siglo XVI, se denominaba con el nombre de "Höhle mondmilchloch", es decir "Caverna de la leche de luna", debido a la existencia en su interior de unos depósitos no consolidados de color blanco, muy apreciados por sus supuestas virtudes terapéuticas. De hecho, este material ha sido utilizado por la farmacopea centroeuropea durante los siglos XVI a XVIII, como remedio para numerosas enfermedades (como secante de úlceras, antiácido, o antidiarreico contra las fiebres malignas) y como cosmético de belleza para caras y manos (Hill y Forti, 1986). Desde entonces, el moonmilk ha sido citado en cavidades kársticas de más de una veintena de países, repartidos entre Europa central y meridional, Centroamérica, Caribe, Estados Unidos, África central, Sureste asiático y Australia. Ha sido objeto de numerosas controversias en relación con

su definición, composición mineralógica, génesis y nomenclatura, habiendo sido utilizadas hasta 79 denominaciones diferentes (Heller, 1966, en Hill y Forti, 1986). Sin embargo, son muy escasos los trabajos encaminados a relacionar su presencia con factores ambientales.

En este trabajo, se pone de manifiesto la presencia de depósitos de tipo moonmilk en cavidades de la Península Ibérica, avanzándose, por primera vez en este ámbito, algunos datos de su distribución geográfica, composición mineralógica, posibles controles litológicos y ambientales y su génesis.

Definición y composición del moonmilk

El moonmilk de la cueva suiza donde fue inicialmente descrito es un depósito muy plástico en estado húmedo, de color blanco, compuesto por más del 95% de calcita micro o criptocristalina, dispuesta en capas de aproximadamente una décima de milímetro de espesor (Fischer, 1993). Este autor limita la aplicación del término moonmilk a los depósitos de composición exclusivamente carbonáti-

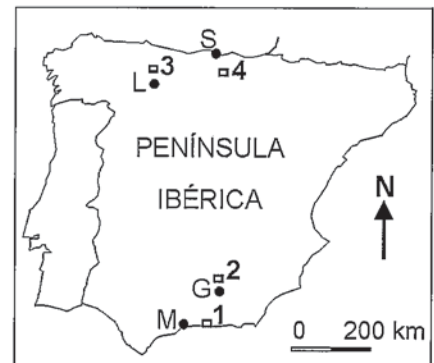


Fig. 1.- Situación de las cuevas españolas con moonmilk estudiadas en este trabajo. 1, Cueva de Nerja. 2, Cueva del Agua. 3, Cueva del Valporquero. 4, Torca de Bernallán. M, Málaga. G, Granada. L, León. S, Santander.

Fig. 1.- Location of the studied caves with moonmilk in Spain. 1, Cueva de Nerja. 2, Cueva del Agua. 3, Cueva de Valporquero. 4, Torca de Bernallán. M, Málaga. G, Granada. L, León. S, Santander.

ca, sugiriendo la denominación "pseudomoonmilk" para aquellos otros formados por especies minerales diferentes (sulfatos, fosfatos, silicatos). Bernasconi

(1981) propone el uso de la denominación "white plastic masses" para todos los depósitos subterráneos similares al moonmilk, cualquiera que sea su composición mineralógica, siempre y cuando constituyan un sistema de dos fases, sólido y agua, reservando el término moonmilk para los depósitos cuya fase sólida supere el 90% de calcita identificada mineralógicamente. Sin embargo, frente a estos dos autores que restringen el término a los depósitos de una composición mineralógica determinada, son numerosos los autores (e.g. Hill y Forti, 1986) que describen el moonmilk como un tipo de espeleotema o depósito endokárstico de origen químico (o bioquímico, como se comentará más adelante), caracterizado por sus propiedades físicas y su aspecto, compuesto por diferentes especies mineralógicas, entre las cuales se encuentran, además de los carbonatos más comunes en medio kárstico (calcita y aragonito), otros menos habituales, como monohidrocalcita, dolomita, magnesita, huntita, hidromagnesita, nesquehonita e hidrocincita; también en algunos casos se ha citado la presencia de pequeñas cantidades de minerales ajenos al grupo de los carbonatos, como yeso, algunos fosfatos y silicatos (Bögli, 1980; White, 1988; Hill y Forti, 1986 y 1997; Ford y Williams, 1992; Moore y Sullivan, 1997). Incluso llegó a proponerse a principios del siglo XX un nuevo mineral (lublinita) para una variedad de calcita fibrosa típica de este tipo de depósitos. No obstante, la mayor parte de los autores modernos (Bernasconi, 1981) desaconsejan la utilización de ese término. Hill y Forti (1986) establecen que la calcita es el mineral más abundante en el moonmilk presente en las cuevas desarrolladas en calizas, mientras que la hidromagnesita lo es en los depósitos existentes en aquellas cavidades abiertas en rocas dolomíticas.

Génesis del moonmilk

La génesis del moonmilk ha sido objeto de numerosas controversias, y aún permanece poco clara. Es un depósito que sólo se ha identificado en ambientes subterráneos (Bull, 1983), bien sean naturales (cavidades kársticas) o artificiales (túneles). Se han propuesto varios mecanismos para explicar el origen de este tipo de depósitos. Hill y Forti (1997) citan los siguientes: 1) el enfriamiento de la caliza debido a la acción de agua subterránea a muy baja temperatura puede producir la expulsión del dióxido de carbono contenido en la roca, provocando la formación de un fluido lechoso en las paredes; 2) la desintegración o transforma-

ción de la roca o de espeleotemas previos; 3) la precipitación directa de los componentes del moonmilk a partir de soluciones provenientes de la interacción con la roca del agua de infiltración rica en dióxido de carbono, bajo determinadas condiciones ambientales que impiden el crecimiento macrocristalino; y, por último, 4) una génesis ligada a la presencia o actividad de microorganismos, bien por corrosión bioquímica de la roca por ácidos orgánicos producidos por los mismos, o bien por precipitación activa de moonmilk por ciertos grupos de bacterias. Como puede verse, alguno de estos mecanismos sólo son aplicables en condiciones muy determinadas, y descartables en función de las circunstancias concurrentes en cada caso a analizar.

Un aspecto recurrente en las discusiones genéticas sobre este material ha sido la participación activa de microorganismos. Pochon *et al.* (1964) cultivaron bacterias del género *Macromonas* a partir de depósitos de moonmilk, sin demostrar que participaran activamente en su génesis. También se ha citado la presencia de otros microorganismos, entre ellos *Bacillus brevis*, *Perabacterium spelei*, actinomicetes y algas cianofíceas, sin que quede claro el papel activo de los mismos.

Otro aspecto interesante es la síntesis de moonmilk en laboratorio, que ha sido abordada por Gèze y Pobeguín (1958), a partir del tránsito en tubos capilares horizontales de una disolución acuosa de carbonato cálcico rica en CO₂. Viehmann y Motiu (1974) estudiaron el comportamiento en laboratorio, durante un periodo de tiempo largo, de perlas de las cavernas de moonmilk procedentes de una cueva rumana, apreciando incrementos y disminuciones de tamaño y peso en función de la humedad ambiental.

El papel del clima (sobre todo el control ejercido por la temperatura) también parece ser importante. Pese a haber sido inicialmente descritos y estudiados en regiones alpinas frías, los depósitos de tipo moonmilk parecen ser más abundantes, en lo relativo a las cantidades depositadas, en las cavidades tropicales, y por extensión, en las regiones templadas y cálidas.

Moonmilk en cavidades españolas

Posiblemente sean muy numerosas las cavidades de la Península Ibérica y Baleares donde estén presentes depósitos de tipo moonmilk. Sin embargo, hasta la actualidad no han llamado la atención de los investigadores. En este trabajo se consideran cuatro cavidades en las que hemos identificado dichos depósitos. Estas cuevas poseen características singulares

que las hacen especialmente interesantes para un análisis de conjunto de la presencia del moonmilk y su posible significado. Las cavidades son las siguientes: Cueva de Nerja (Nerja, Málaga), Cueva del Agua (Iznalloz, Granada), Cueva de Valporquero (Valporquero, León) y Torca de Bernallán (Ruesga, Cantabria) (Fig. 1).

Las características de las cuatro cavidades, de su entorno y del moonmilk presente en su interior se resumen en la tabla 1. Como puede apreciarse, las cavidades están situadas en diferentes ámbitos geológicos y geográficos, presentando distintas condiciones ambientales, tanto exteriores como endokársticas.

La Cueva de Nerja se encuentra en el extremo sureste de la provincia de Málaga, muy cerca de la línea de costa mediterránea, a baja cota, con alta temperatura media exterior e interior y precipitaciones medias anuales moderadas (ver Tabla 1). Es una gran cavidad, con un vacío de unos 265.000 metros cúbicos y una superficie proyectada en planta de 35.000 metros cuadrados. Abiertas en mármoles dolomíticos triásicos del Complejo Alpujárride (Zona Interna de la Cordillera Bética), sus salas son de grandes dimensiones, con alturas de hasta 30 metros, y una gran profusión de espeleotemas, pertenecientes a diferentes generaciones pleistocenas (Durán *et al.*, 1993). Es una cueva muy bien estudiada, existiendo numerosos trabajos geológicos, hidrogeológicos y ambientales sobre la misma (ver, entre otros, Andreo y Carrasco, 1993; Durán *et al.*, 1993; Carrasco *et al.*, 1995, 1999; Liñán *et al.*, 2000). Parcialmente habilitada para el turismo subterráneo, con 500.000 visitantes al año, los depósitos de moonmilk se localizan en el sector no accesible al público.

La Cueva del Agua es una cavidad situada en las cumbres de Sierra Arana, en la provincia de Granada. Posee un laboratorio subterráneo en su interior, que permite el control de las variables ambientales de la atmósfera subterránea y de las aguas de infiltración (Sánchez Martos *et al.*, 1999). Se desarrolla en calizas y dolomías jurásicas del Subbético Interno (Zona Externa de la Cordillera Bética), y constituye un buen ejemplo de cavidad de montaña media mediterránea, con clima frío.

La Cueva de Valporquero es una cavidad hidrogeológicamente activa, con un río subterráneo en el nivel inferior (Durán *et al.*, 1999). Se localiza en el norte de la provincia de León, al sur de la Cordillera Cantábrica. Excavada en dolomías y calizas paleozoicas, su desarrollo conocido es de unos 3.500 metros, con salas y galerías de gran amplitud. Se han detectado

Loc	Alt	T ext	P	R/E	Tip cav	Sit	T int	Asp	Ent	Min	Edad
Cueva de Nerja, Málaga	150	18	490	mármol triásico	horizontal, con grandes volúmenes	lecho, suelo	19-20	masa untuosa, blanca-gris	excéntricas y fistulosas	poliminerálico, rico en huntita	Pleistoceno Sup-Holoceno-actual
Cueva del Agua, Granada	1.730	8,9	900	calizas y dolomías jurásicas	laberíntica, salas de gran tamaño	paredes, techo	9,5	finísima lámina blanca	estafactitas, goleos activos	Calcita	Holoceno-actual
Cueva de Valporquero, León	1.309	9	1.500	calizas y dolomías paleozoicas	rectilínea, con río subterráneo activo	paredes y suelo de pequeños voladizos	6-9	masa plástica blanca-gris	excéntricas y fistulosas	moniminerálico, hidromagnesita	reciente-actual
Torca de Bernalán, Cantabria	940	8	2.500	calizas cretácicas	sima y red horizontal inferior	suelo detrítico y paredes de roca	8-10	copos blancos fibrosos	corrientes de viento, grandes espeleotemas	moniminerálico, calcita	reciente-actual

Tabla 1.- Características de las cavidades con moonmilk y de los depósitos estudiados. Loc: nombre de la cavidad y provincia en la que se halla; Alt: altitud de la boca, en m s.n.m.; T ext: temperatura media anual en el exterior, en °C; P: precipitación media anual, en mm; R/E: tipo y edad de la roca en la que se desarrolla la cavidad; Tip cav: tipo de cavidad; Sit: ubicación del moonmilk en el interior de la cavidad; T int: temperatura interior de la cavidad en °C; Asp: descripción de visu del moonmilk; Ent: características del entorno inmediato de los depósitos; Min: composición mineralógica dominante en el moonmilk; Edad: edad relativa del depósito.

Table 1.- Main characteristics of the studied deposits and caves with moonmilk.

Loc: cave and province names; Alt: altitude (m a.s.l.) of the cave entrance; T ext: external mean annual temperature (°C) of the air; P: mean annual rainfall (mm); R/E: type and age of the rock; Tip cav: cave type; Sit: moonmilk location in the cave; T int: air temperature (°C) in the cave; Asp: visu features of moonmilk; Ent: features of the moonmilk deposits surrounding; Min: main mineralogical composition; Edad: relative moonmilk age.

en su interior varias generaciones de espeleotemas pleistocenos y holocenos (Durán y Heredia, 1997; Barea *et al.*, 1998). Está habilitada parcialmente para su visita turística, existiendo controles de los parámetros ambientales e hidrológicos endokársticos (López-Martínez *et al.*, 1998, 2000). Presenta un clima exterior e interior frío, situándose el moonmilk en los niveles hidrológicamente inactivos del sistema.

La Torca de Bernalán es una sima de más de 500 metros de profundidad, conectada con una red horizontal de gran desarrollo (más de 10 kilómetros), situada en Cantabria. Se abre en calizas cretácicas del Complejo Urganiano. El moonmilk presente en esta cavidad es totalmente diferente al de las anteriores, y su presencia había sido puesta de manifiesto por Barea y González Gallego (1997). Se encuentra a unos 500 metros de profundidad respecto a la boca de la sima, en galerías con fuertes corrientes de aire. Su aspecto es el de unos copos algodonosos, de color blanco, situados sobre las paredes calizas, encima de espeleotemas anteriores o en el suelo de la cavidad, constituido por sedimentos detríticos endokársticos.

Actualmente se encuentran en estudio con diferentes técnicas, las características mineralógicas y geoquímicas del moonmilk existente en las cavidades citadas, estando ya disponibles algunos resultados preliminares, que se avanzan parcialmente en este trabajo y en Casas *et al.* (2000).

Características de los depósitos de moonmilk

Los depósitos estudiados se sitúan en lugares de las cavidades que poseen ciertas características comunes. Por ejemplo, en la mayoría de los emplazamientos, es particularmente abundante la presencia de espeleotemas característicos de micro-

flujos de agua a presión, como excéntricas y fistulosas. La mayor parte del moonmilk se observa en el suelo de las cavidades, en acumulaciones que pueden alcanzar varios metros cuadrados de extensión y unas pocas decenas de centímetros de espesor; pero también aparece adosado a paredes y techos, formando masas en torno a los espeleotemas antes mencionados. En general, se encuentra en entornos húmedos e independientes de la altura de bóveda, que puede variar entre menos de un metro y más de veinte metros.

El aspecto *in situ* del material estudiado es el de una masa pastosa, con aspecto cremoso, de gran plasticidad y untuosa al tacto. Presenta color blanco, alterado en superficie a gris claro. Por lo general posee un alto grado de humedad, aunque en algún caso se ha localizado prácticamente seco, siendo entonces su aspecto pulverulento y algo más oscuro. En la Cueva de Nerja, el contenido en humedad de alguno de los depósitos de moonmilk ronda el 30%, siendo su densidad entre 1,72 y 1,84 g/cm³.

Desde el punto de vista mineralógico, la mayoría de los moonmilks que hemos analizado presenta una composición netamente carbonatada, en ocasiones con trazas de minerales de la arcilla. Los correspondientes a cavidades abiertas en rocas calcico-magnésicas (dolomías o mármoles dolomíticos) tienen como componentes mayoritarios minerales ricos en magnesio (huntita, hidromagnesita y dolomita), mientras que el único caso de cavidad abierta enteramente en calizas presenta un moonmilk calcítico.

Discusión y conclusiones

Del análisis de los depósitos de moonmilk y de las cavidades en que se encuentran, se deduce lo siguiente:

- Se constata la presencia de moonmilk en varias cavidades kársticas natura-

les de la Península Ibérica, situadas al norte y al sur de la misma.

- El moonmilk se ha detectado en cavidades situadas en diferentes ámbitos geológicos y geográficos, bajo condiciones ambientales diversas, tanto exokársticas como endokársticas. En este último sentido, se ha localizado tanto en regiones frías, a cotas medias y altas, con temperaturas hipogeas menores de 10°C, como en cuevas cálidas, a baja cota, con temperaturas de 20°C. En este último caso, correspondiente a la Cueva de Nerja, parece más abundante y generalizado este tipo de depósitos.

- Dicho depósito endokárstico se presenta espacialmente asociado a determinadas características del entorno. En varias de las cavidades estudiadas se asocia netamente a espeleotemas indicativos de microflujos de agua a presión, como excéntricas y fistulosas. Esta relación ha sido puesta de manifiesto por otros autores con anterioridad. Por ejemplo, Barón *et al.* (1957) citan la presencia de moonmilk huntítico en la Cueva de Clamouse (Francia), una de cuyas características más destacables es la profusión de excéntricas de aragonito. También Hill y Forti (1986) relacionan la existencia de otros espeleotemas típicos de flujos de soluciones a presión (como los denominados *cave balloons*, bolas huecas compuestas generalmente de hidromagnesita; y los coraloides de tipo *popcorn*), con la presencia de moonmilk. Esta circunstancia obliga a pensar, en la mayoría de los casos españoles analizados, en una relación genética del moonmilk con soluciones con alta presión del fluido y una gran influencia de los procesos de desgasificación y evaporación. En el caso de la Torca de Bernalán, las fuertes corrientes de aire existentes deben jugar un papel dominante en la génesis del moonmilk, al tiempo que condicionan claramente el creci-

miento de otros espeleotemas existentes junto a estos depósitos, que lo hacen orientados en la dirección del viento subterráneo dominante. En ninguno de los casos observados, parece necesario invocar intervención directa de microorganismos en la génesis del moonmilk.

- En todos los casos analizados existen evidencias de moonmilk actual o muy reciente, aunque también se han localizado ciertos depósitos que hacen pensar en un momento de su formación anterior al actual (incluso Pleistoceno). No obstante, es muy probable que dadas las características físico-químicas del material, la preservación del moonmilk durante largos periodos de tiempo sea difícil, lo que pudiera explicar la ausencia de estos depósitos en muchas cavidades.

- Se constata la consideración del moonmilk como un depósito endokárstico muy particular, mono o polimerálico, de composición variable en función del tipo de roca en que se abre la cavidad y de las circunstancias ambientales y los procesos que controlan el equilibrio de las distintas especies carbonatadas frecuentes en el medio endokárstico. En este sentido, existen netas diferencias entre el moonmilk calcítico presente en cavidades abiertas en calizas (Torca de Bernallán) y el moonmilk rico en carbonatos magnésicos de las cavidades desarrolladas en dolomías (el resto de las estudiadas excepto la Cueva del Agua). El moonmilk magnésico puede tener minerales hidratados (como la hidromagnesita, caso de la Cueva de Valporquero) o no (huntita y otros carbonatos, como en la Cueva de Nerja), en función posiblemente de las circunstancias ambientales, y más concretamente de la temperatura subterránea.

- Por último, se apunta la posibilidad de considerar el moonmilk, en función de su composición, como un indicador ambiental y paleoambiental en ambiente kárstico.

Agradecimientos

El presente trabajo es una contribución al Proyecto PB97-1267-CO3-02 de la Dirección General de Investigación Científica y Técnica. También ha estado parcialmente financiado por el proyecto

“Estudio del endokarst de la Cueva de Nerja”, perteneciente al Programa Científico de la Fundación Cueva de Nerja. Los autores agradecen a Ovidio Altable, Manuel González Ríos, Angel Jiménez, Federico Ramírez, Antonio Rivas y al grupo espeleológico SECJA la colaboración y el apoyo recibidos para la recogida de los materiales estudiados.

Referencias

- Andreo, B. y Carrasco, F. (1993): In: F. Carrasco (Ed.), *Geología de la Cueva de Nerja*. Patronato de la Cueva de Nerja, Málaga, 164-187.
- Barea, J., Durán, J.J., Heredia, N., Juliá, R., López-Martínez, J., Quintana, L. y Vallejo, M. (1998): In: A. Gómez y F. Salvador (Eds), *Investigaciones recientes de la Geomorfología española*. Barcelona, 31-38.
- Barea, J. y González Gallego, F.J. (1997): *7º Congreso Español de Espeleología*, Barcelona, 135-140.
- Barón, G., Caillere, S., Lagrange, R. y Pobeguín, T. (1957): *Compt. Rend. Acad. Sc. Paris*, 245: 92-94.
- Bernasconi, R. (1981): *Proc. 8 th. Int. Congr. Speleol. Bowling Green*, I: 113-116.
- Bögli, A. (1980). *Karst hydrology and physical speleology*. Springer, Berlin and New York, 284 p.
- Bull, P. (1983): In: Goudie, A.S. y Pye, K. (Eds.), *Chemical sediments and geomorphology. Precipitation and residua in the near-surface environment*. Academic Press, Londres, 301-319.
- Carrasco, F., Andreo, B., Benavente, J. y Vadillo, I. (1995): *Cave and karst science*, 21(2): 27-32.
- Casas, J., Martín de Vidales, J.L., Durán, J.J., López-Martínez, J. y Barea, J. (2000): *Geogaceta* 30-33
- Durán, J.J., Grün, R. y Ford, D.C. (1993): In: F. Carrasco. (Ed.), *Geología de la Cueva de Nerja*. Patronato de la Cueva de Nerja, Málaga, 233-248.
- Durán, J.J. y Heredia, N. (Dir.). (1997): *Estudio de la Cueva y el karst de Valporquero*. Diputación Provincial de León-ITGE, Informe inédito, 95 p.
- Durán, J.J., Vallejo, M., Herráez, I. y López-Martínez, J. (1999): In: Andreo, B., Carrasco, F., Durán, J.J. (Eds.), *Contribución del estudio científico de las cavidades kársticas al conocimiento geológico*. Patronato de la Cueva de Nerja, Málaga, 371-380.
- Viehmán, I. y Motiu, A. (1974): *Trav. Instit. Spéol. E. Racovitza*, 13: 201-203.
- White, W.B. (1988): *Geomorphology and hydrology of karst terrains*. Oxford University Press, New York and Oxford, 464 p.
- dades kársticas al conocimiento geológico*. Patronato de la Cueva de Nerja, Málaga, 381-391.
- Fischer, H. (1993): *Karstologia*, 21: 56-58.
- Ford, D.C. y Williams, P.W. (1992): *Karst Geomorphology and Hydrogeology*. Chapman & Hall, New York, 601 p.
- Gèze, B. y Pobeguín, T. (1958): *Acti II Int. Cong. Speleol. Bari*, 1: 396-414.
- Hill, C.A. y Forti, P. (1986): *Cave minerals of the world*. National Speleological Society. Huntsville, Alabama. First edition, 238 p.
- Hill, C.A. y Forti, P. (1997): *Cave minerals of the world*. National Speleological Society. Huntsville, Alabama. Second edition, 463 p.
- Liñán, C., Andreo, B., Carrasco, F., y Vadillo, I. (2000): *Geotemas*, 1(3): 341-344.
- López-Martínez, J., Durán, J.J., Barea, J., Ramírez Trillo, F. y Jiménez Biedma, A. (1998): *Geología y geomorfología de la Cueva de Valporquero y de su entorno*. Diputación Provincial de León – Universidad Autónoma de Madrid, Informe inédito, 94 p.
- López-Martínez, J., Durán, J.J., Barea, J., Ramírez Trillo, F. y Jiménez Biedma, A. (2000): *Espeleometría y control de parámetros hidrológicos y microambientales en la Cueva de Valporquero, León*. Diputación Provincial de León – Universidad Autónoma de Madrid, Informe inédito, 78 p.
- Moore, W. y Sullivan, N. (1997): *Speleology. Caves and the cave environment*. Cave Books, St. Louis, 176 p.
- Pochon, J., Chalignac, M.A. y Krumbain, W. (1964): *C. R. Acad. Sc. Paris*, 258: 5113-5115.
- Sánchez Martos, F., Calaforra, J.M. y González Ríos, M.J. (1999): In: Andreo, B., Carrasco, F., Durán, J.J. (Eds.), *Contribución del estudio científico de las cavidades kársticas al conocimiento geológico*. Patronato de la Cueva de Nerja, Málaga, 371-380.