

## Conflictos ambientales en cuevas turísticas y estrategias de solución. 3. El sistema soporte.

### *Environmental conflicts in show caves and solution strategies. 3. The supporting system.*

**L.F. Molerio León.**

INVERSIONES GAMMA, S.A. PO Box 6219, CP 10600, Habana 6, Ciudad de La Habana, Cuba;

E-mail: [especialistaprincipal@gmail.com](mailto:especialistaprincipal@gmail.com)

#### **RESUMEN**

Este tercer artículo pasa revista a las principales amenazas ambientales sobre el sistema soporte de las cuevas y sobre ellas mismas así como el efecto de propagación de perturbaciones o impactos negativos hacia el área de influencia de la cueva y del sistema cársico al que pertenece.

*Palabras clave: sistema soporte, área de influencia, nivel energético, trazadores*

#### **ABSTRACT**

This third paper reviews the main environmental threats to the cave supporting system and to itself as well as the propagation effect of disturbances or negative impacts through the influence area of the cave and to the karst system to which it belongs.

*Key words: supporting system. Influence area, energy level, tracers*

#### **INTRODUCCIÓN**

El sistema soporte (Fig. 19) de la cueva se define como el territorio con el que el sistema subterráneo intercambia materia y energía. En principio, como las cuevas constituyen fragmentos truncados (o no) de redes de drenaje, el sistema soporte comienza en la zona de alimentación o recarga natural del conducto subterráneo y termina en la zona de descarga del sistema local de flujo al que ella se vincula.



**Fig. 19. La cueva, su sistema soporte y su área de influencia**

Ello significa que todas aquellas formas del relieve cársico, como las dolinas, sumideros, simas e incluso aquellas grietas que están conectadas con el sistema subterráneo son parte de su **sistema soporte**. Del mismo modo, aquellas zonas a las que llegan las aguas drenadas por los sistemas subterráneos constituyen su **área de influencia**.

Por tales motivos, la adecuada protección de los sistemas cársicos no se limita al entorno de la cueva. Se extiende, a veces, decenas de kilómetros alrededor de la cueva, por lo que los más ligeros daños al entorno subterráneo pueden propagarse, a veces hasta decenas de kilómetros del lugar donde se originan. Muchas veces, la ausencia de suelos y cobertura vegetal, por un lado, y la compleja y, generalmente desconocida red de conductos subterráneos propaga los impactos al ecosistema subterráneo muy rápidamente. Otras, por el contrario, los difiere en el tiempo limitando, muchas veces, identificar la zona o el punto donde se originó la contaminación.

Las Figs. 20 y 21 muestran las conexiones subterráneas determinadas mediante la aplicación de técnicas de trazadores artificiales y ambientales en dos regiones del Occidente de Cuba. Puede inferirse que cualquier impacto no deseado sobre el sistema soporte y su área de influencia se transmitirá a todos los miembros del ecosistema. Como cada uno de ellos tiene diferente capacidad de asimilación y transformación, las respuestas variarán de acuerdo con ello. No siempre el sistema es capaz de asimilar los estímulos y transformarlos atenuando su efecto.

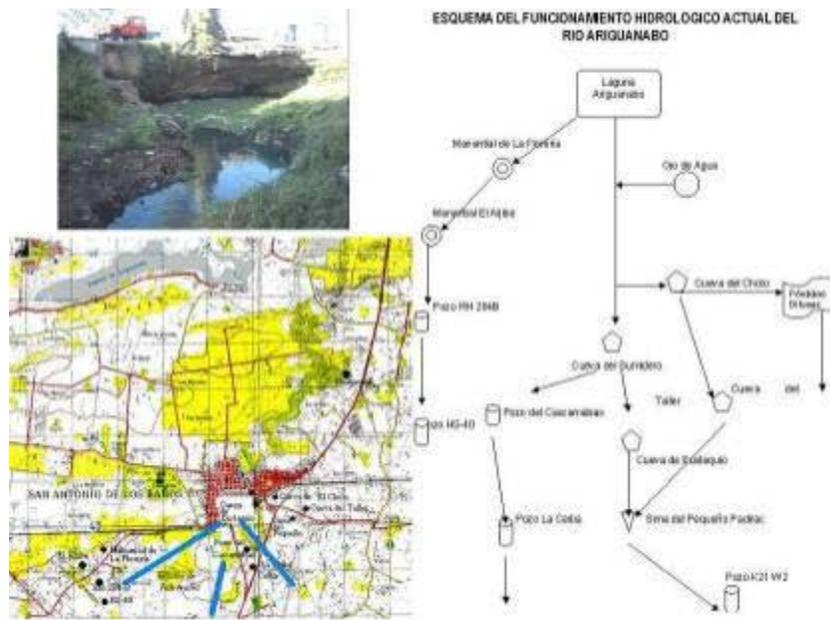
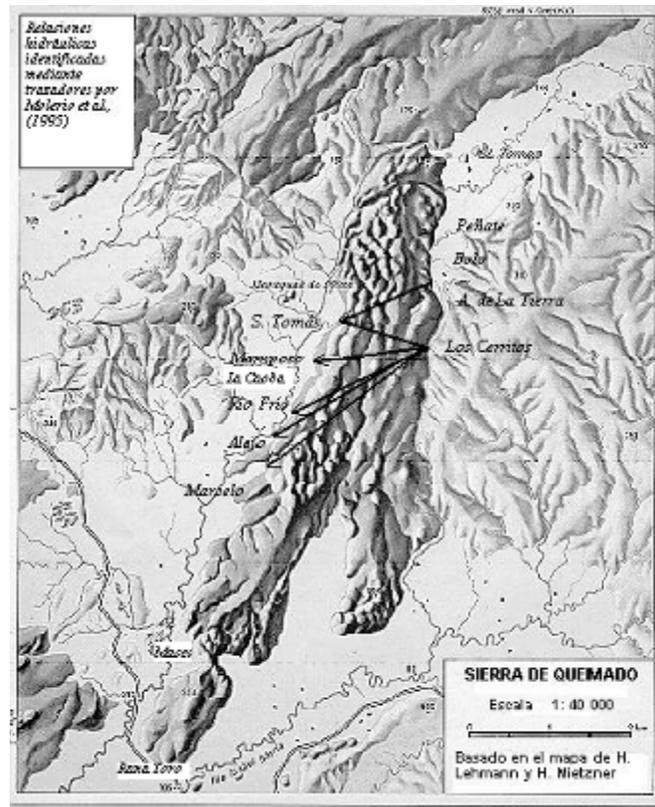


Fig. 20 Esquema del funcionamiento hidrológico actual del río San Antonio de Los Baños, La Habana, determinado mediante la aplicación de trazadores y exploración espeleológica.



**Fig. 21. Conexiones hidráulicas subterráneas (marcadas con saetas negras) entre la vertiente occidental y la oriental de la Sierra de Quemado, Pinar del Río, determinadas mediante trazadores artificiales y ambientales**

### **AMENAZAS A LOS SISTEMAS SUBTERRÁNEOS Y A SU SISTEMA SOPORTE**

Un patrimonio considerable está asociado al carso que es un entorno frágil y vulnerable. Ello se debe, ante todo, a que la integridad de cualquier ecosistema cársico es en extremo dependiente de la relación entre las aguas, la tierra, la vegetación y los suelos. Las principales amenazas a que están sometidos el carso y las cuevas, son las siguientes:

- Destrucción total, como consecuencia de la minería, buldoceo para otros desarrollos, inundación por obras hidráulicas, pavimentación para la construcción de sistemas viales o por rellenamiento de las cuevas y simas con desechos y residuos (Fig. 22).
- Perturbaciones de la tierra y el agua, como la forestación-deforestación, explotación de canteras, desmonte, construcción, actividades agrícolas, disposición de residuos y desechos, derivación de sistemas fluviales, sobreexplotación de las aguas subterráneas, entre otras, pueden perturbar fuertemente los terrenos cársicos.
- Contaminación por residuos agrícolas, domésticos, industriales y, sobre todo, migración de hidrocarburos o transmisión de enfermedades hídricas se han documentado desde hace decenas de años en áreas cársicas, comenzando por la epidemia de cólera de Londres en 1854.



**Fig. 22. Rellenamiento del sumidero (ponor) del río San Antonio de Los Baños, La Habana (Foto Ana M. Sardiñas)**

El uso de las cavernas por el hombre es la mayor amenaza ambiental. Ello incluye su empleo con objetivos recreativos, militares, religiosos, sanitarios, para el cultivo de hongos, conservación de quesos y vinos, o como teatros y auditorios musicales y aún, con objetivos de educación e investigación científica y tecnológica.

Tales usos provocan los siguientes impactos:

- Alteración de la estructura física de la cueva;
- Alteración de la química de las aguas;
- Alteración de la hidrología de la cavernas;
- Alteración de los movimientos del aire y del microclima;
- Introducción de iluminación artificial;
- Compactación o licuefacción de los suelos;
- Erosión de o perturbación de los sedimentos de las cavernas y de sus componentes;
- Destrucción de espeleotemas;
- Destrucción de la fauna y la flora;
- Introducción de organismos o materiales extraños y ajenos al medio, como especies animales, algas, hongos, hormigón, metales, entre otros)

### **DEGRADACIÓN DEL MEDIO SUBTERRÁNEO**

El ecosistema subterráneo es frágil, inestable y vulnerable. Como señala Pérez-Conca (1977) *“una cueva es un ecosistema que tiene, por lo general, muy baja estabilidad para conservar un estado óptimo de funcionamiento frente a perturbaciones procedentes del exterior. Debido a esta baja elasticidad es extremadamente importante tratar de minimizar el impacto que los desarrollos del hombre tienen sobre el sistema de la cueva, para poder asegurar la supervivencia de sus principales elementos”*.

Para evaluar la degradación del medio subterráneo es necesario considerar, en primer lugar, el nivel energético de las cavernas. Estos se definen, de acuerdo con Heaton (1986) del modo siguiente:

**Alto** Aquellas que reciben, periódicamente, aportes del medio exterior, principalmente en la forma de crecidas fluviales.

**Medio** Aquellas que reciben parte de pequeños cursos de agua, viento y animales.

**Baja** Las que dependen solamente de los flujos internos de energía

En segundo lugar, debe tomarse en cuenta la capacidad de resiliencia o capacidad receptiva de la caverna, definida como el máximo número de visitantes aceptable en una cierta unidad de tiempo y con condiciones definidas que no implican la modificación permanente de un parámetro relevante. Esta definición, aunque en principio aplicada a cuevas turísticas es, en general, aplicable a cualquier cueva.

**El ecosistema subterráneo se caracteriza por la ausencia de luz en su mayor parte, el silencio casi completo y las particulares propiedades del aire cavernario.** Los factores de degradación son aquellos que alteran, de modo permanente, el equilibrio entre los niveles físico y biótico. Evidentemente, son factores y elementos de degradación del medio todo aquel que altere la oscuridad, el silencio y el clima subterráneo y el equilibrio biótico<sup>1</sup>.

La degradación del medio subterráneo se expresa de tres formas principales:

- Cambios en el interior de las cuevas:
  - Perturbación estética, que podrá ser permanente o no.
  - Presencia de visitantes.
  - Construcción de estructuras para facilitar el recorrido subterráneo.
  - Alteración de la forma física de la cueva por construcción de nuevos pozos y galerías.
  - Sistemas de iluminación y otros servicios.
  - Deterioro y destrucción de las espeleotemas, daño permanente y, siempre, irreversible
- Contaminación química o biológica del agua y, en menor grado, del aire.
- Daños al patrimonio geológico, paleontológico y arqueológico.

Los agentes de tal degradación también son de dos tipos: naturales y artificiales. Estos últimos debidos, casi exclusivamente, a la acción del hombre. En tal sentido, el sistema está amenazado y se degrada, de un modo u otro, tanto por la visita profesional de espeleólogos como por la profana del turista.

### **Efectos de la exploración espeleológica**

La exploración espeleológica requiere de iluminación, de manera que es un elemento de degradación del medio abandonar el carburo y las baterías usadas (Fig. 23 ). En este último caso, se ha comprobado que:

- Una batería de zinc contamina de 5 a 30 m<sup>3</sup> de agua
- Una pila de cadmio, de 3000 a 15 000 m<sup>3</sup> de agua
- Una de mercurio de 15 000 a 30 000 m<sup>3</sup> de agua

Los equipos y materiales abandonados en cuevas asiduamente visitadas como consecuencia del deterioro o el envejecimiento son causa de notable deterioro provocado por los espeleólogos al entorno subterráneo (Fig. 25).

Otro elemento es el material biodegradable, tanto orgánico como inorgánico. En el primero se encuentran los excrementos, residuos alimenticios, la picadura de cigarros y, en el segundo, los envases de carne y equipos abandonados. También existe material orgánico no biodegradable, como los bidones y botellas plásticas, bolsas y jabas, nylon, etc. (Fig. 26).

---

<sup>1</sup> Uno de los ejemplos más lamentables es la introducción deliberada o fortuita de especies de peces totalmente ajenas al ecosistema subterráneo que se vislumbra como una tremenda amenaza a la fauna subterránea, como se observa en algunas cuevas turísticas de la Ciénaga de Zapata y otras no vinculadas al turismo en los alrededores de Bolondrón y La Carraca, en la provincia de Matanzas.



Fig. 23. Baterías usadas descompuestas en una cueva no turística.



Fig. 24. Bolsa de carburo y carburo abandonado en una cueva no turística.



Fig. 25. Requisa de material abandonado en una cueva no turística por exploraciones anteriores.

### ***Efectos de la habilitación de cuevas para el turismo y el espeleo-turismo masivo***

Es sumamente difícil minimizar el impacto negativo de cualquier obra de **adaptación ingeniera de cuevas**. Lo más común es que los daños que se produzcan sean permanentes e irreversibles. Estos trabajos implican movimiento de tierra y rocas, escombros, introducción de materiales ajenos a la geología local y el microclima local en tanto es necesario abrir o ampliar senderos y galerías, construir caminos y, en general llevar a cabo un grupo a veces nada despreciable, de trabajos de acondicionamiento ingeniero (Figs. 27-30)

Particularmente negativos son aquellos impactos provocados por la apertura de nuevas galerías o ductos de ventilación que varían la dirección de las corrientes de aire y la distribución de la humedad en el interior de la cueva. Ello es particularmente desastroso para las pinturas rupestres y la mayor parte de las espeleotemas y formaciones secundarias (Fig. 31). La **iluminación** es imprescindible en una cueva habilitada al turismo no solamente para facilitar el recorrido, sino para realzar los valores estéticos o científicos que se desea resaltar. Es, también, altamente nociva en tanto altera el equilibrio térmico de la cavidad, contribuye al desarrollo de algas verdes, musgos y helechos y a la microflora asociada a la humificación y mineralización.

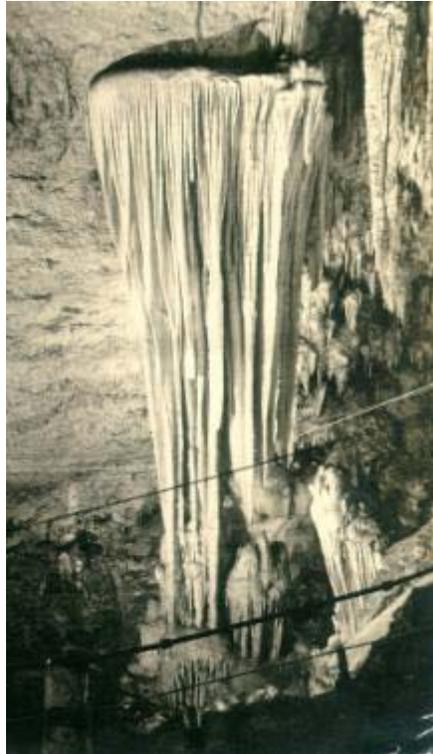
Las visitas y su frecuencia tienen dos vertientes: el desajuste climático y el vandalismo. El primero ha sido tratado con detalle. El segundo es absolutamente irreparable. Por lo común el vandalismo se manifiesta en la rotura y extracción de espeleotemas o en los numerosos graffiti con que los turistas pretenden perpetuar, en las paredes de la cueva, el recuerdo de su precedera visita (Figs. 32 y 33).



**Fig. 26. Fragmentos de botellas de vidrio rotas en una galería lateral en una cueva turística (Cueva del Indio, Pinar del Río, Cuba).**



**Fig. 27. Sendero suspendido con barandas en la Galería Broadway de Mammoth Cave, Kentucky, Estados Unidos.**



**Fig. 28. Escaleras apoyadas y barandas de acceso en la Cueva de Bellamar, Matanzas, Cuba que, además, enmascaran la contemplación de las espeleotemas. En la foto, el Manto de Colón, una formación emblemática de esta cueva, la primera show-cave de Cuba de la que se tienen noticias.**



**Fig. 29. Galería excavada artificialmente para permitir confort en el paso de los turistas en la Cueva de José Miguel, Pinar del Río, Cuba**



Fig. 30. Muletas y estructuras de reforzamiento en una cueva, semejantes a las colocadas en la Cueva del Pirata, Matanzas, Cuba para corregir la estabilidad de la cueva.

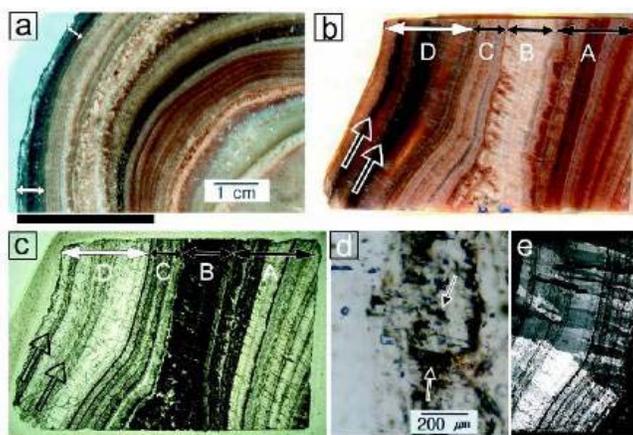


Fig. 31. Efecto de aerosoles urbanos sobre espeleotemas contaminando la cristalización pero que a su vez, son indicadores de los cambios ambientales en el exterior.



Fig. 32. Pictografías de la Cueva de La Virgen, La Habana, alteradas por graffiti (fotos cortesía del Dr. Efrén Jáimez).



**Fig. 33. “Mural” de graffiti en la pared de una cueva turística (Cueva del Indio, Pinar del Río, Cuba).**

### **BIBLIOGRAFIA**

Algeo, Katie (1995): **Mammoth Cave and the Making of Place**. Western Kentucky University, 27:

Bella, Pavel; Jozef Hlavac; Peter Gazik (2001): **Protection and Management of Show Caves in Slovakia** . ABSTRACT SPELEO BRAZIL 2001 Brasília DF, 15-22 de julho de 2001 13th International Congress of Speleology 4th Speleological Congress of Latin América and Caribbean 26th Brazilian Congress of Speleology .

Caumartin, A. (1975): **La conservación de las cavidades habilitadas**. Escuela Catalana de Espeleología, Barcelona, 12:

Chiesi, M., G. Ferrini, G. Badino (1999): **L´impatto dell´uomo sll´ambiente di grotta**. Quaderni Ddidattici 5. Erga Edic.Genova, 18:

Department of Conservation, (1999): **Karst Management Guidelines. Policies and Actions**, Head Office, Wellington, New Zealand, 28:

Díaz, R.; L.F. Molerio León; M. Guerra Oliva; E. Flores Valdés; E. Rocamora Alvarez (1990): **Resultados de la Expedición V Congreso de la UJC (Cuenca del río Unimazo, Escambray)**. Congr. 50 Aniv.Soc.Espel. Cuba, La Habana: 62

Federazione Speleologica Pugliese (1989): **Problemi di inquinamento e salvaguarda delle aree carsiche**. Soc. Espel. It. Club Alp. Ital., Bologna, 139:

Fesnock, Amy L. (1996): **Developing a Cave or Mine Management Plan**. Pinnacles National Monument, National Park Service,Paicines, California, 11:

Forest Service, USDA PART 290 (1990): **Cave Resources Management**. Washington, 2:

Georgia Conservancy Teaching Conservation Environmental Education Materials (1997): **What Would You Do to Protect Caves?** PROJECT WILD'S Ethi-Reasoning and Ethi-Thinking Activities.4:

Gutiérrez Díaz, J; J.M. García & L.F. Molerio León (1982): **Vulnerabilidad de los Acuíferos Cárscicos a los Procesos de Nitrificación**. Coloquio Internac. Hidrol. Cárscica de la Región del Caribe, UNESCO, La Habana:523-536

IUCN (1995): **World Heritage Nomination – Summary Caves of the Aggtelek and Slovak Karst (Hungary/Slovak Republic)**. Summary prepared by IUCNMXMC (March 1995) based on the original nomination supplied by the Governments of Hungary and Slovakia. This original and all

documents in support of this nomination will be available for consultation at the meetings of the Bureau and the Committee, 19:

Jeong, Gi Young; Soo Jin Kim, Sae Jung Chang (2002): **Black carbon pollution of speleothems by fine urban aerosols in tourist caves.** Amer. Min, 7:

López, C.M., M.A. Iturralde, R. Claro, L. Ruiz, G. Cabrera, L.F. Molerio León, M. Roque, A.R. Chamizo, L. García, J.L. Gerhartz, G. García, H. Pérez, A. Pino, M.M. Sentí, R. Borroto, Y. Rodríguez (2001): **Introducción al conocimiento del Medio Ambiente. Universidad para Todos.** Edit. Academia, Ciudad de La Habana, 31:

Molerio León, Leslie F. (1981): **Hidrogeología y Climatología de la Cueva La Mariana. Contribución al Estudio de las Cuevas de Calor.** *Voluntad Hidráulica*, La Habana, XVIII (57):2-9

Molerio León, Leslie F.; M. Hernández Moret; O. Velázquez Sánchez; M. Guerra Oliva & M. Labrada Cortés (1990): **Estudio Experimental de Resistencia a Cargas Dinámicas en la Bóveda de una Caverna.** Congr. 50 Aniv.Soc.Espel. Cuba, La Habana: 88

Molerio León, Leslie F. (1990): **CLEO. Presentación de un Algoritmo para el Cálculo de la Estabilidad de las Cavernas.** Congr. 50 Aniv.Soc.Espel. Cuba, La Habana: 89

Molerio León, Leslie F.; E. Fariñas Padrón & O. Azcue Manso (1990): **Procesos Termodinámicos en la Cueva de La Virgen, Ciudad de La Habana, Cuba.** Congr. 50 Aniv.Soc.Espel. Cuba, La Habana: 53

Molerio León, Leslie F. (1993): **Problemas Ingenieriles en Áreas Cársicas: La Estabilidad de las Cavernas.** II Jornadas Venezolanas de Geología Ambiental, Maracaibo, Venezuela, 15:

Molerio León, Leslie F.; C. Aldana Vilas; E. Flores Valdés; E. Rocamora & Ana M. Sardiñas (1995): **Resultados de un Ensayo con Trazadores Artificiales en la Gran Caverna de Santo Tomás, Pinar del Río, Cuba.** Congr. Internac. LV Aniv. Soc. Espel. Cuba y Primera Reunión Iberoamericana, La Habana,:95

Molerio, L.F.; E. Flores & A. Menéndez (1997): **Vulnerability of Karstic Aquifers. Draft Report.** IHP-V Project 3.2. Monitoring Strategies for Detecting Groundwater Quality Problems, La Habana, 10:

Molerio León, L.F.; E. Flores Valdés; M. Guerra Oliva; A. Menéndez Gómez; C. Bustamante Allen; E. Rocamora Alvarez (1998): **Evaluación, Aprovechamiento y Protección de las Aguas Subterráneas en las Zonas de Montaña de Cuba.** Geología y Minería '98. Memorias, Volumen I, Versiones Resumidas,: 441-444

Molerio León, L.F. (2002): **Evaluación de la calidad ambiental de cuevas turísticas. Estudios de Factibilidad para elaborar Planes de Manejo.** Bol. Informativo de Montañismo México (98): 4-5. También en <http://www.montanismo.org.mx/espeleo/evalua-cav1.htm>;

Molerio León, L.F. (2002): **Calidad ambiental de cuevas turísticas.** Rev. Se Puede, La Habana, 6(26), 5:

Molerio León, L.F. (2002): **Primeras mediciones de Radón en cuevas cubanas.** Com. Hidrogeología Cársica. Sociedad Espeleológica de Cuba.

Molerio León, L.F. (2004): **Cambios climáticos y espeleotemas: efectos del equilibrio y el fraccionamiento isotópico en depósitos de cavernas.** Mapping, Revista Internacional Ciencias de la Tierra. Marzo de 2004. Madrid, Spain :88-91

Molerio León, L.F. (2004): **Los mogotes del Valle de Viñales, Monumento Nacional, Pinar del Río, Cuba**. Mapping Interactivo. Diciembre 2004, 15:

Molerio León, L.F., E. Balado Piedra, R. Fernández Ortega, R.Gutiérrez Domech, E. Jáimez Salgado, J. R.Fagundo Castillo, J. B.González Tendero, R. Lavandero Illera, J. Martínez Salcedo, M. Condis, L. F. De Armas, J. L. Clinche Crego, J. Pajón Morejón, E. Dalmau Hevia, T. Crespo Díaz, A. Graña González, E. Vento Canosa, M.G.Guerra Oliva, A. Romero Emperador, M. C. Martínez Hernández, A. Martínez Zorrilla (2004): **El Mundo Subterráneo. Universidad para Todos**. Edit. Academia, Ciudad de La Habana, 31:

Parks and Wildlife Commission of the Northern Territory (2000): **Cutta Cutta Caves Nature Park Plan of Management**, 41:

Pérez-Conca S., F (1977): Problemas Ambientales de áreas cársticas. Parte 1: La cueva y su ecosistema. Bol. Soc. Ven. Espeleol. 8(16): 155-174

Pérez-Conca S., F (1978): **Problemas Ambientales de áreas cársticas. Parte 2: El efecto de la ocupación humana sobre el ecosistema cavernícola**. Bol. Soc. Ven. Espeleol. 9(17): 73-96

Piñera Caso, J.& L.F. Molerio León (1982): **Estudios de Impacto Ambiental en Complejos Hidroeconómicos**. Conf. Cient. XX Años de Desarrollo de la Hidráulica, La Habana:

Solomon, S.B.; R. Langroo, J.R. Peggie, R.G. Lyons, J.M. James (1993): **Occupational Exposure To Radon In Australian Tourist Caves. An Australia-Wide Study Of Radon Levels Final Report Of Worksafe Australia Research Grant (93/0436)**. Department of Physics, University of Auckland, Private Bag University of Sydney, 26:

WOMBELAN KARST CONSERVATION RESERVE (1999): **Plan of Management. Jenolan Caves Reserve Trust, New Zealand**, 37: