



**LA CUEVA DEL ELEFANTE: FORMAS PSEUDOKÁRSTICAS RESIDUALES
EN ARENISCA DE LA FORMACIÓN JAIZKIBEL**

The Elephant Cave: Residual pseudokarstic forms in sandstone of the
Jaizkibel Formation.

Carlos GALÁN; Marian NIETO; José Manuel RIVAS & Brian RECHT.

Sociedad de Ciencias Aranzadi. Laboratorio de Bioespeleología. San Sebastián - Spain.

E-mail: cegalham@yahoo.es

Abril 2011.

LA CUEVA DEL ELEFANTE: FORMAS PSEUDOKÁRSTICAS RESIDUALES EN ARENISCA DE LA FORMACIÓN JAIZKIBEL

The Elephant Cave: Residual pseudokarstic forms in sandstone of the Jaizkibel Formation.

Carlos GALÁN; Marian NIETO; José Manuel RIVAS & Brian RECHT.

Sociedad de Ciencias Aranzadi. Laboratorio de Bioespeleología. Alto de Zorroaga. E-20014 San Sebastián - Spain.

E-mail: cegalham@yahoo.es

Abril 2011.

RESUMEN

En la arenisca de Jaizkibel se desarrolla un pseudokarst, con una gran diversidad de cavidades y geoformas, muchas de ellas localizadas en escarpes verticales. La exploración de estos enclaves permitió descubrir la Cueva del Elefante, la cual presenta una multiplicidad de geoformas residuales. Las suaves superficies de sus paredes internas se presentan arenizadas, con curiosas geoformas. Algunas de ellas recuerdan a figuras de elefantes, otras a cráteres lunares. La arenización de la roca ha dejado restos de envolturas de concreciones esféricas que se asemejan a conchas de cocos y láminas duras de óxidos de hierro y aluminio, que sobresalen de la roca, con extraños diseños. En las bóvedas existen infinidad de boxworks y testigos de formas alveolares en avanzado estado de arenización. Se describen las geoformas más extravagantes ilustrándolas con fotografías.

Palabras clave: Espeleología física, pseudokarst, arenisca, cuevas, geoformas residuales, concreciones, Gipuzkoa, País Vasco.

ABSTRACT

A pseudokarst is developed in the Jaizkibel sandstone, with a great diversity of cavities and geoforms, many of them located in vertical cliffs. The explorations of these sites have allowed to discover the Elephant Cave, which presents multiple residual geoforms. The soft surfaces of their inner walls are sandy, with curious geoforms. Some of them remind of representations of elephants, and others remind of moon-craters. The arenization of the rock has left remains of spheric concretions envelopes which resemble coconut shells and hard sheets of iron and aluminium oxides, that are projected out of the rock, with strange designs. In the vaults there are infinity of boxworks and witnesses of alveolar forms in an advanced state of arenization. The oddest geoforms are described and enlightened with photographs.

Key words: Physical Speleology, pseudokarst, sandstone, caves, residual geoforms, concretions, Gipuzkoa, Basque Country.

INTRODUCCION

En la arenisca de la Formación Jaizkibel (de edad Eoceno) se desarrolla un notable pseudokarst, con numerosas cavidades y geoformas. Muchas de ellas se encuentran colgadas en cornisas de acantilados y escarpes verticales, algunos de ellos de más de un centenar de metros de desnivel. La exploración de estos enclaves ha permitido el hallazgo de cavidades y geoformas de características remarcables.

Entre las múltiples cavidades encontradas, una de ellas destaca por poseer una gran diversidad de geoformas residuales, con extravagantes diseños. El perfil de algunas de sus geoformas recuerda figuras de elefantes, por lo que denominamos informalmente el sitio como Cueva del Elefante. Pero posee muchos otros testigos residuales de geoformas y concreciones de extraños diseños, estéticamente llamativos.

El proceso básico que comanda la formación de cavidades y geoformas en los estratos más compactos de arenisca de la Formación Jaizkibel es la disolución intergranular del cemento carbonático (Galán et al, 2007, 2008, 2009; Galán & Nieto, 2010). La roca arenizada deja superficies de roca desagregada e incoherente, con los granos de cuarzo de la arenisca casi sueltos. El proceso de arenización de la roca afecta también a las concreciones que ella contiene, algunas esféricas (= cannonballs), otras laminares, a sus envolturas o gangas de separación, e incluso a boxworks, celdas en panal de abejas (= honeycomb cells) y geoformas alveolares formadas previamente en el interior de las cavidades.

Como resultado de todo ello, el conjunto de geoformas que va siendo progresivamente arenizado junto a la roca-caja de arenisca, deja vestigios o testigos de formas anteriores, en distintos estados de desagregación, con la consiguiente generación de morfologías complejas e inhabituales en otras cuevas de la misma formación.

El objeto de esta breve nota es simplemente describir e ilustrar las características más sobresaliente de estas raras geoformas residuales, ya que en la Cueva del Elefante (y sus alrededores) su profusión resulta notable. Adicionalmente, aprovechamos el trabajo para exponer datos similares de otras geoformas residuales, singulares, que se presentan en la arenisca carbonática del monte Jaizkibel, en distintas posiciones topográficas.



Figura 1. Extravagantes diseños producidos por el escurrimiento de películas de agua sobre la roca arenizada. Los crecimientos de films orgánicos y depósitos minerales contrastan con las superficies secas, con concavidades debidas a la remoción de cannonballs.

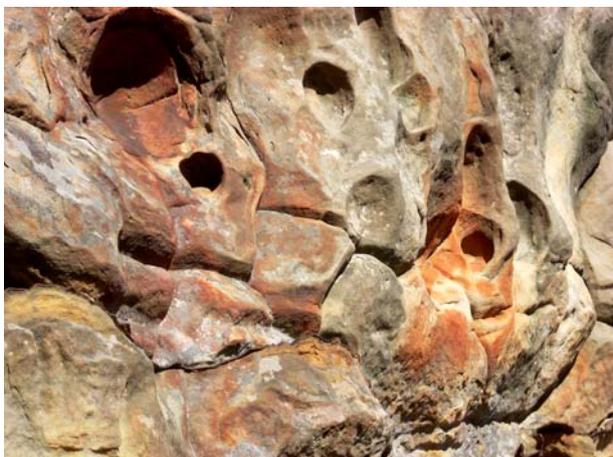


Figura 2. El flanco del valle en que se localiza la Cueva del Elefante tiene más de 1 km de longitud y desniveles de hasta 150 m, con cornisas y cavidades escalonadas a diferentes alturas. Las paredes de los escarpes presentan distintos coloridos y formas.



Figura 3. El acceso a diferentes tramos de cornisas en los escarpes del flanco de valle a menudo requiere el empleo de cuerdas para facilitar el ascenso o descenso. Otros niveles pueden recorrerse caminando, por un terreno siempre abrupto.

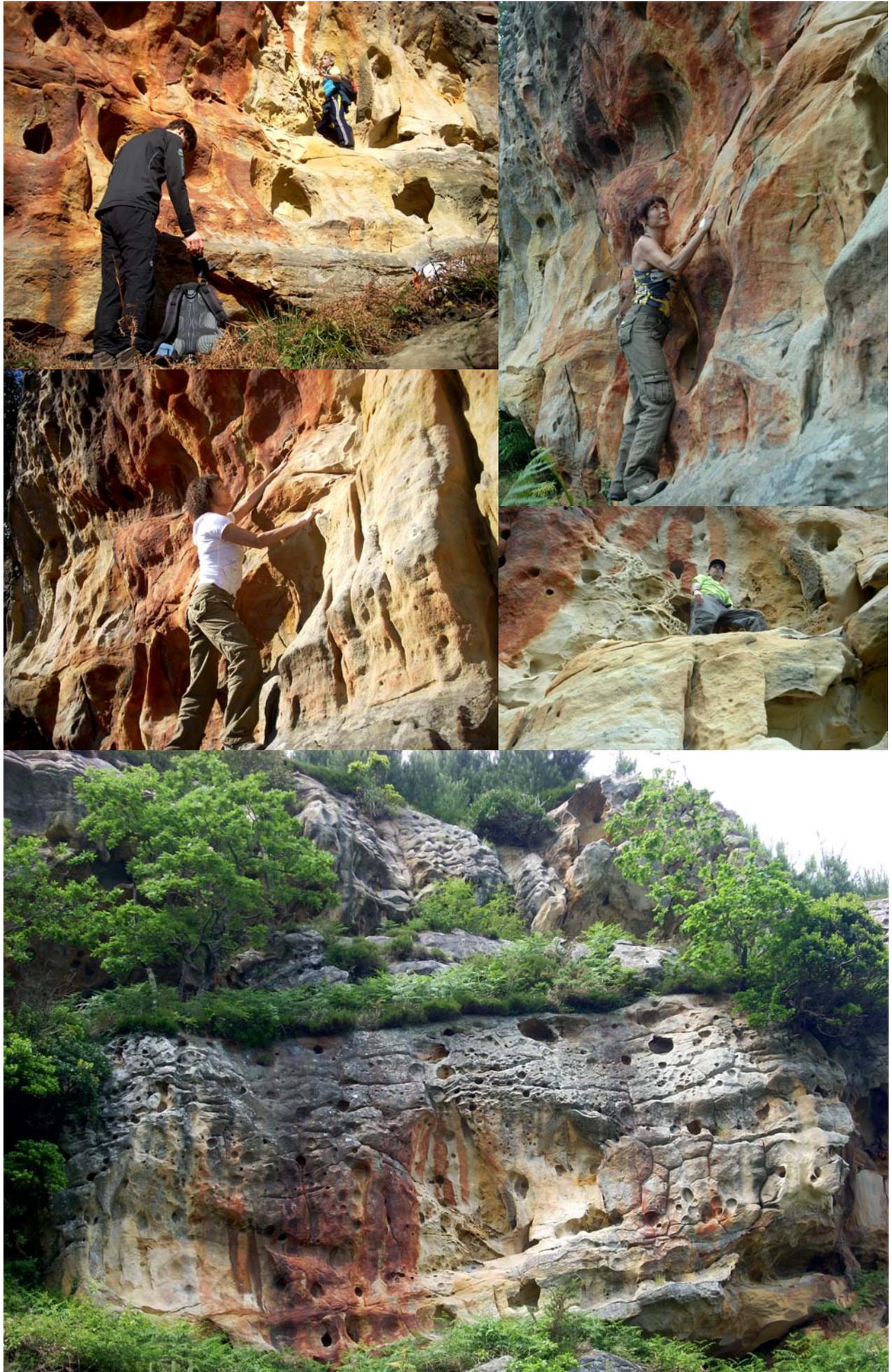


Figura 4. El paso de unas cornisas con cuevas a otras en ocasiones resulta factible mediante técnicas de escalada libre.

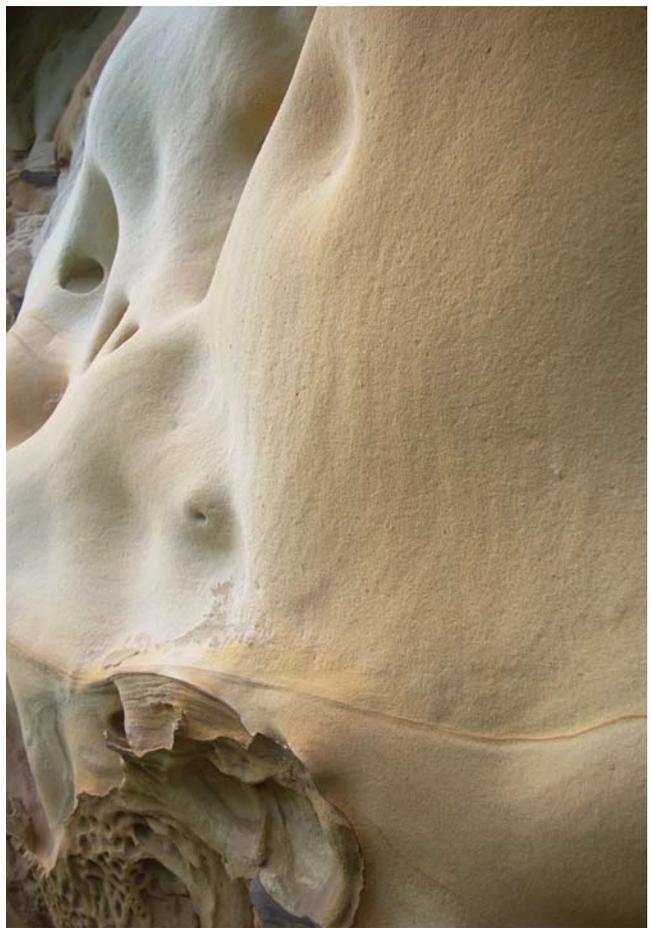
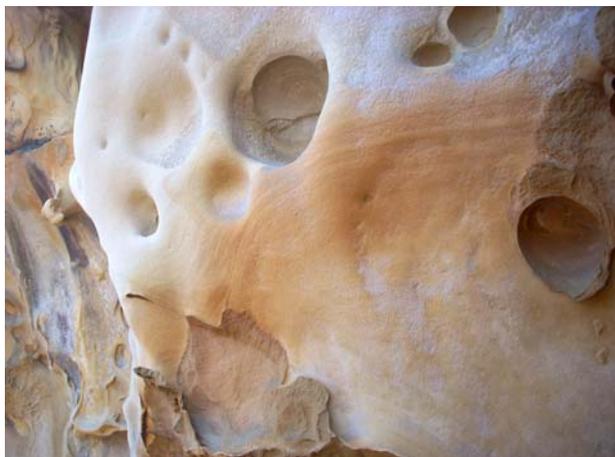


Figura 5. Cornisa de acceso a la Cueva del Elefante y primeros paneles parietales. Las superficies arenizadas presentan perfiles que recuerdan figuras de elefantes, en distintas posiciones, con suaves concavidades que se asemejan a cráteres lunares.

MATERIAL Y METODOS

Dado el carácter esencialmente descriptivo de esta nota, hemos optado por resumir el texto para dejar espacio a fotografías que por sí solas describen las cuevas y geoformas encontradas mejor que miles de palabras. Las fotos han sido tomadas en distintas épocas, entre 2006 y 2011, con varias cámaras digitales de 6 megapixels de resolución.

El acceso a diversos enclaves, colgados en paredes de abruptos acantilados, ha requerido el empleo de técnicas de escalada en roca y/o espeleología vertical (cuerda estática y jumars). Algunos detalles sobre la dificultad de acceso son comentados en el texto. De igual modo se indican peculiaridades y características geológicas, mineralógicas y químicas de las geoformas descritas en este trabajo. En varios casos, se comenta y discute su génesis.

RESULTADOS

La Cueva del Elefante se localiza a media altura de un abrupto flanco de valle, de 150 m de desnivel, en la parte central de Jaizkibel, el cual posee una serie de paredes superpuestas, separadas unas de otras por declives de fuerte pendiente con vegetación. Las principales cavidades se encuentran por lo general en la base de los escarpes verticales, a menudo en la base de estratos individuales de arenisca de 10-15 m de espesor, existiendo también cavidades enteramente colgadas en repisas de difícil acceso y en paredes verticales.

El acceso a estos sitios puede hacerse bien remontando desde la base del valle o bien descolgándose con cuerda desde el borde superior. Lo que resulta inevitable en los escarpes más lisos, desprovistos de agarres. El acceso a cornisas, colgadas a distintas alturas, permite también recorrer tramos subhorizontales donde existen numerosos abrigos, cuevas y geoformas. De modo similar, el paso de unas cornisas a otras, puede requerir escalada o técnicas mixtas, pudiendo retirarse de las mismas bien sea mediante descenso en rappel o bien remontando en jumars o con la ayuda de cuerda. Las pendientes y zonas menos abruptas pueden recorrerse sin cuerda pero en un terreno a menudo accidentado, con vegetación espinosa (helechales con zarzas, argoma y espinos), que oculta bloques y escarpes menores.

Lo que visto con prismáticos a distancia parecen ser bocas de prometedoras cavidades, pueden resultar simples abrigos, de escaso interés; mientras que en otras ocasiones, sitios que de lejos no parecen ofrecer nada digno de interés, resultan en sorprendentes hallazgos de cuevas y geoformas notables. Sólo así, tras múltiples salidas de prospección, es que hemos podido tener un claro cuadro de los enclaves más significativos. Estos totalizan más de 100 cavidades y puntos de interés geológico, y han sido encontrados tras prospectar, a lo largo de varios años, cerca de 4 km de cornisas colgadas a diferentes alturas.

Las Figuras 1 a 4 muestran algunas de las características de los escarpes que jalonan este abrupto flanco de valle. En el recorrido de plataformas colgadas y cornisas a menudo se encuentran también, sobre las paredes expuestas, geoformas de características singulares (Figuras 1-2; 14-16).

La cavidad que denominamos Cueva del Elefante (Figura 5) es de complicado acceso. Y tanto sobre la cornisa en que se encuentra como bajo ella, existen otras cavidades de características remarcables.

La cavidad en sí presenta inicialmente paredes arenizadas con formas suaves, acribilladas de infinidad de concavidades semiesféricas que se asemejan a cráteres lunares (Figura 6). El perfil de las paredes iniciales del lado Sur, forma diseños de varios metros de altura que recuerdan la parte frontal y las trompas de figuras de elefantes (Figura 5). No es posible obtener un cuadro de conjunto, porque lo exiguo de la cornisa, y el vacío tras ella, no dejan ángulo para separarse más de la pared. Sería necesario flotar en el aire o estar en over en un helicóptero para poder ofrecer una perspectiva general. Esta dificultad para tomar imágenes se presenta también en muchas otras cavidades colgadas. Por lo que las fotos a menudo representan sólo una pobre perspectiva de lo que los exploradores visualizan estando sobre el terreno. Hacia el lado Norte, las paredes arenizadas presentan concavidades con residuos de las envolturas de cannonballs de 12-20 cm de diámetro, las cuales se asemejan a conchas o cáscaras de cocos (Figura 7), y muchas otras láminas sobresalientes de concreciones resistentes ricas en sílice y óxidos de hierro y aluminio (Figura 8), según los datos analíticos de varias muestras (Galán et al, 2008, 2009). En adición, hay complejas concreciones que recuerdan ánforas fragmentadas (Figura 9).

En la parte superior numerosas estructuras de corriente recuerdan olas. Y a varios niveles las paredes internas se prolongan en galerías con bóvedas tapizadas de grandes boxworks, soportados por silicificaciones locales de la arenisca (Figuras 10-11). Formas alveolares menores y remanentes erosionales de las mismas labran en algunos lugares tramas de delicados diseños (Figura 12). Las prolongaciones de la cornisa, a ambos lados de la cueva, presentan también otras pequeñas cavidades, y abrigos con boxworks, formas cordadas, concreciones de silicatos y óxidos de Fe y Al, alveolos y celdas en panal de abejas (Figuras 13 a 15).

En el recorrido de acceso a la cavidad, si se procede desde la parte inferior del valle, se pasa por abrigos que presentan formas residuales, consistentes en áreas de roca arenizada con numerosas pequeñas concavidades, junto a otras de roca compacta, fuertemente cementada (Figura 16) y amplias superficies cubiertas de boxworks. No menos extravagantes resultan diseños debidos a escurrimientos de agua sobre paredes, los cuales han dado lugar a crecimientos orgánicos de algas y cianobacterias que forman contrastantes manchas de colores oscuros, las cuales destacan concavidades producto del vaciado de cannonballs (Figura 1).

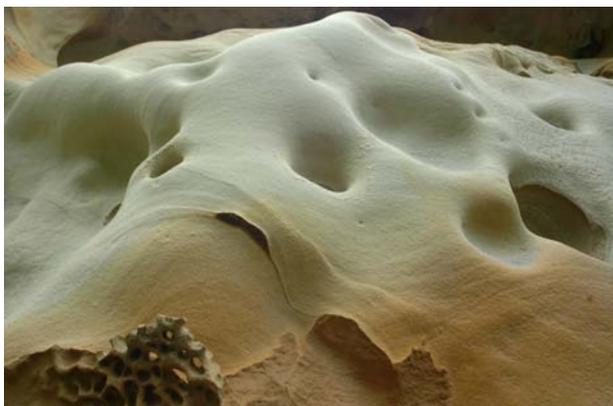


Figura 6. Cueva del Elefante. Paredes con geofomas que se asemejan a cráteres lunares.



Figura 7. Cueva del Elefante. La arenización de la roca deja residuos de envolturas de cannonballs con forma de conchas de cocos.



Figura 8. Cueva del Elefante. Su lado Norte prosigue en una aérea cornisa. Las paredes de este sector poseen concreciones laminares, tramas de geformas alveolares y estructuras de corriente sinuosas que se asemejan a olas.



Figura 9. Cueva del Elefante. Algunas concreciones ricas en sílice y óxidos de hierro y aluminio quedan en relieve positivo, con extravagantes diseños, que recuerdan a jarrones fragmentados, láminas y residuos de formas alveolares.



Figura 10. Cueva del Elefante. En su parte central, a varios niveles, las paredes internas de la cavidad se prolongan en galerías con bóvedas tapizadas de grandes boxworks, soportados por silicificaciones locales de la arenisca.



Figura 11. Los rebordes externos de techos de la Cueva del Elefante alcanzan considerable altura y poseen geoformas residuales en avanzado estado de arenización, incluyendo restos de cannonballs, boxworks, concreciones y formas alveolares menores.

Otros puntos con llamativas geoformas corresponden a remanentes erosionales de la parte superior de crestas de arenisca, las cuales forman en el relieve paisajes ruiformes entre los que destacan grandes rocas con forma de hongos. Su superficie superior presenta concavidades erosivas semejantes a surcos de lapiaz sobre caliza, mientras que las bóvedas de las zonas techadas poseen formas alveolares, incluyendo boxworks (Figura 17).

Una descripción detallada del pseudokarst de Jaizkibel y sus principales tipos de cavidades, espeleotemas y geoformas ha sido presentada, progresivamente, en una docena de trabajos previos, incluyendo formas similares halladas en arenisca de la misma formación en los litorales de los montes Ulía e Igueldo (ver p.ej.: Galán et al, 2007, 2008, 2009; Galán & Nieto, 2010, 2011; Galán & Vera Martín, 2010, 2011). Hipótesis genéticas y explicaciones sobre los mecanismos y procesos que intervienen en la evolución de cavidades y geoformas fueron presentadas inicialmente en Galán et al (2007) y fueron ampliadas en Galán (2010, 2011) y Galán & Nieto (2010). Igualmente ha sido presentada una amplia descripción de los principales rasgos geológicos, litológicos y estructurales de los estratos de arenisca en que se desarrolla este peculiar pseudokarst. Por lo que no repetiremos aquí esas explicaciones. La nota sólo quiere destacar las características de las geoformas residuales de una localidad y su entorno próximo (la Cueva del Elefante), tratando de poner de relieve que, en este caso, el progreso de la disolución intergranular (subterránea) y el avance de la meteorización (en superficie) acaban por dismantelar cavidades y geoformas previamente formadas, dejando curiosos testigos de las mismas, con morfologías que resultan a su vez singulares.

Los mismos procesos que intervienen en la formación de cavidades, con el tiempo, intervienen también en su destrucción, con el consiguiente progreso de la erosión de superficie y rebajamiento del terreno. Las morfologías, subterráneas y superficiales, al igual que para el karst clásico en caliza, resultan de sucesivos equilibrios entre karstificación y denudación superficial. En unas fases predomina la disolución subterránea en el volumen de roca, en otras predomina la erosión de superficie, rebajando el terreno, destruyendo antiguas formas, y dando inicio a un nuevo ciclo, sobre el terreno existente. Nuestra impresión es que este carácter policíclico en la evolución del karst ocurre más rápido (en menos tiempo) en la arenisca que en el karst clásico en caliza, lo que unido a la menor penetración del agua en el endokarst en la arenisca, promueve la desagregación de la roca e impide la formación de un karst plenamente desarrollado (de ahí nuestra elección del término "pseudokarst"). Lo que no impide que localmente, si se producen una conjugación de factores (y circunstancias) favorables, pueden llegar a desarrollarse cuevas y circulaciones hídricas subterráneas de cierta magnitud, mayores que las que hasta ahora conocemos.

Algo parecido ocurrió para el karst en cuarcita (arenitas de cemento silíceo). Inicialmente se pensaba que se trataba de una roca no soluble, y por tanto, no karstificable. Hoy en cambio conocemos para esta litología cavidades de hasta 11 km de desarrollo (Sistema Roraima Sur, Venezuela) y simas de hasta -670 m de desnivel (Abismo Guy Collet, Brasil) (Urbani, 1981, 1986; Galán, 1988, 1991; Galán & Lagarde, 1988; Galán & Herrera, 2005; Galán et al, 2005; Gunn, 2003).

DISCUSION Y CONCLUSIONES

El pseudokarst en arenisca carbonática de la Formación Jaizkibel presenta ejemplos de cavidades y geoformas, si bien de moderadas dimensiones, de características notables, muchas de ellas exclusivas de esta litología.

En las superficies arenizadas de cuevas y abrigos son abundantes concavidades y ejemplos arenizados de cannonballs, nódulos, concreciones de diversos tipos, y estructuras de corriente de las turbiditas. Su observación resulta posible por la presencia de superficies arenizadas por disolución intergranular, un rasgo característico de la karstificación de la arenisca. De no existir este pseudokarst, tales características primarias de la arenisca permanecerían en gran parte desconocidas.

Además, en el interior de las cavidades, ocurren muchas otras geoformas, tales como alveolos, celdas en panel de abejas, boxworks, formas cordadas, bandeados de Liesegang y varios tipos de espeleotemas en cavidades hidrológicamente activas.

La Cueva del Elefante presenta la peculiaridad de albergar muy diversas y curiosas formas residuales. De diseños por demás llamativos, estéticamente. Particularmente superficies onduladas suavemente arenizadas, con depresiones en forma de cráteres y restos de envolturas resistentes de cannonballs y concreciones ricas en sílice y óxidos de Fe y Al.

Los factores que controlan la génesis de cavidades y geoformas en la arenisca de Jaizkibel son múltiples. El proceso fundamental consiste en la disolución intergranular, que areniza y descohesiona la roca, transformándola en un material friable, poroso y permeable. La disolución afecta principalmente al cemento carbonático y, en menor proporción, a los granos de cuarzo. La roca arenizada es erosionada con facilidad. Pero además, la precipitación que tiene lugar en los espacios porales del acuífero intergranular, genera áreas con cementaciones secundarias de distinta dureza y solubilidad. La reactividad de las soluciones en el interior del acuífero ocurre de diversos modos: de forma sencilla, propia de sistemas lineales, como es el caso de la remoción del carbonato de calcio o su desigual precipitación en superficie; o de forma compleja, propia de sistemas no-lineales, donde se producen fenómenos de disipación de energía, difusión y convección, los cuales crean precipitación rítmica de minerales de hierro (como en los anillos de Liesegang) y precipitación en mallas poligonales de sílice (como en formas alveolares con grandes celdas y boxworks). El progreso de la disolución intergranular genera a continuación, en el interior de las cavidades, geoformas poligonales y extravagantes, con diseños fractales, algo que raramente se manifiesta en otros tipos de karsts.

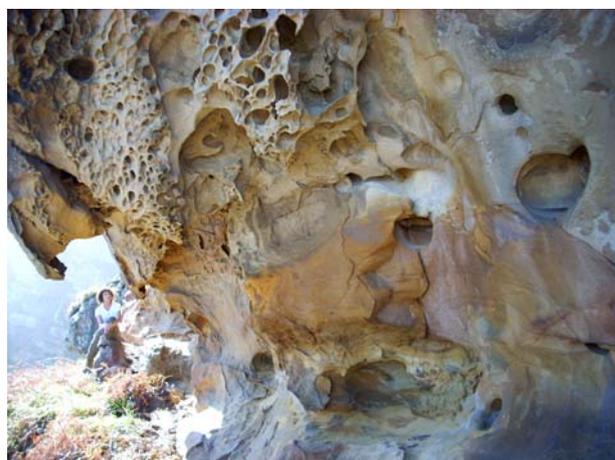


Figura 12. La continuación de la cornisa en que se encuentra la Cueva del Elefante posee toda una serie de pequeñas cavidades y abrigos con numerosas geoformas. Las coloraciones rojizas indican la presencia de precipitados de óxidos de hierro.



Figura 13. Pequeñas cuevas con diversidad de boxworks y geoformas cordadas en la cornisa de la Cueva del Elefante.



Figura 14. En cornisas próximas hay muchos otros abrigos, con curiosas concreciones y geoformas residuales.

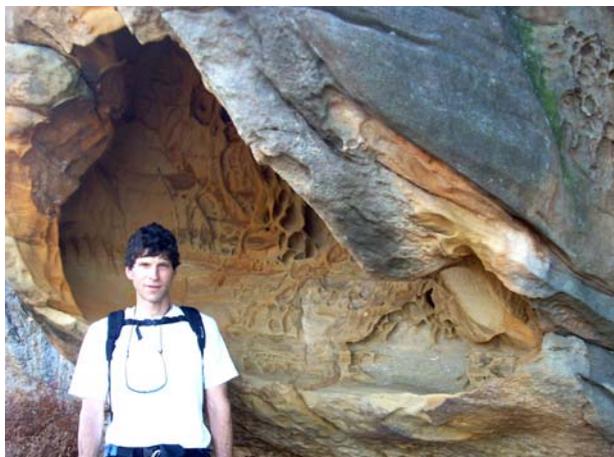


Figura 15. Otros ejemplos de cavidades y geoformas en la proximidad de la Cueva del Eleante.



Figura 16. Otros ejemplos de geofomas residuales y mallas de boxworks de curiosos diseños. Se conservan zonas en avanzado estado de arenización junto a otras fuertemente recementadas. También puede apreciarse algunos bandeados de Liesegang.



Figura 17. En la parte superior de algunas crestas quedan remanentes erosionales en forma de hongos. Las áreas bajo techo tienen formas alveolares y boxworks. El dorso de las superficies superiores presenta surcos de erosión similares a lapiaz.

En suma, el pseudokarst de Jaizkibel alberga ejemplos únicos de cavidades y geoformas, a la vez que expone la ocurrencia de fenómenos muy poco conocidos, incluyendo procesos de auto-organización propios de sistemas complejos, no-lineales, en el límite entre la dinámica ordinaria y la teoría del caos (Galán, 2010, 2011). Muchas geoformas exhiben una geometría fractal, propia de sistemas complejos (Mandelbrot, 1983; Prigogine, 1967; Prigogine & Stengers, 1984), debida a la intervención de fenómenos de difusión y convección en sistemas sílice-carbonatos (Semwogerere & Schaltz, 2001; Simoyi, 199; Galán, 2010). Las geoformas presentes en la arenisca muestran que en los sistemas complejos puede producirse una insospechada riqueza y variedad de comportamientos, con capacidad de auto-organización, que da lugar a estructuras ordenadas y hermosos patrones (Galán & Nieto, 2010). El pseudokarst de Jaizkibel reúne así rasgos de considerable interés científico y de indudable belleza estética.

AGRADECIMIENTOS

Agradecemos a todos aquellos compañeros y colaboradores de la Sociedad de Ciencias Aranzadi que nos acompañaron en las exploraciones de campo en Jaizkibel y en la obtención de las fotografías que ilustran esta nota. Entre ellos: Iñigo Herraiz, Daniel Arrieta, Michel Molia, Aize García, Carolina Vera Martín, Marider Balerdi, Carlos Oyarzabal, Hugo Pérez Leunda, Olatz Zubizarreta. A Franco Urbani, Luis Viera e Imanol Goikoetxea, por sus aportaciones y siempre útiles sugerencias.

BIBLIOGRAFIA

- Galán, C. 1988. Cavernas y formas de superficie en rocas precámbricas del Grupo Roraima (Guayana Venezolana). *Bol SVE*, 23: 1-12.
- Galán, C. 1991. Disolución y génesis del karst en rocas carbonáticas y rocas silíceas: un estudio comparado. *Munibe (Ciencias Naturales), Soc.Cienc.Aranzadi*, 43: 43-72.
- Galán, C. & J. Lagarde. 1988. Morphologie et évolution des cavernes et formes superficielles dans les quartzites du Roraima. *Karstologia*, 11-12: 49-60.
- Galán, C. & F. Herrera. 2005. El sistema Roraima Sur, Venezuela, y la formación del karst en cuarcitas. *Bol. Sedec*, 6 (2006): 18-27.
- Galán, C.; F. Herrera & J. Astort. 2005. Génesis del sistema Roraima Sur, Venezuela, con notas sobre el desarrollo del karst en cuarcitas. *Bol. SVE*, 38: 17-27.
- Galán, C.; J. Rivas & M. Nieto. 2007. Pseudokarst en arenisca del flysch costero Eoceno, Gipuzkoa. *Lapiaz*, nº 31: 1-44 + Pag web aranzadi-sciences.org, Archivo PDF, 44 pp. + Pag web Cota0.com, Art. Cienc., 44 pp.
- Galán, C.; J. Rivas & M. Nieto. 2007. Notas suplementarias sobre formas pseudokársticas en arenisca del flysch Eoceno, Gipuzkoa. *Lapiaz*, nº 32: 1-20. + Pag web aranzadi-sciences.org, Archivo PDF, 20 pp.
- Galán, C.; J. Rivas & M. Nieto. 2008. Geoformas cordadas en arenisca del flysch costero Eoceno, Gipuzkoa. P web aranzadi-sciences.org, PDF, 28 pp.
- Galán, C.; J. Rivas & M. Nieto. 2008. Estructuras de corriente en turbiditas del flysch Eoceno. Pseudokarst en arenisca, Gipuzkoa (País Vasco). Pag web aranzadi-sciences.org, Archivo PDF, 32 pp.
- Galán, C.; M. Nieto & J. Rivas. 2009. Pseudokarst en arenisca del flysch Eoceno de Gipuzkoa. Audiovisual en Power point, S.C.Aranzadi, Dpto. Speleol., Didactic conference for public lectures, 39 láminas + PDF document 39 pp.
- Galán, C.; J. Rivas & M. Nieto. 2009. Formes pseudokarstiques dans le grès du flysch éocène côtier en Guipúzcoa (Pays basque espagnol). *Karstologia, Assoc. Franc. Karstol. & Fed. Franc. Spéléol.*, 53: 27-40.
- Galán, C. & M. Nieto. 2010. Bandas de Moebius, Boxworks y otras raras Geoformas en arenisca de la Formación Jaizkibel. Pag web aranzadi-sciences.org, Archivo PDF, 30 pp.
- Galán, C. 2010. Patrones y estructuras disipativas en cuevas y geoformas del pseudokarst de Jaizkibel. Pag web Cota0.com + Pag web aranzadi-sciences.org, Archivo PDF, 28 pp.
- Galán, C. & C. Vera Martín. 2010. Espeleotemas de magnetita, hematita, yeso, ópalo-A, y otros minerales secundarios en una cueva del pseudokarst de Jaizkibel: Caracterización por espectroscopia Raman, difracción de rayos X (DRX) y espectrometría por dispersión de energía (EDS). Pag web aranzadi-sciences.org, Archivo PDF, 16 pp.
- Galán, C. & C. Vera Martín. 2011. Microanálisis por dispersión de energía XPS de espeleotemas de yeso y ópalo-A en una cueva en arenisca de Jaizkibel (País Vasco). Pag web aranzadi-sciences.org, Archivo PDF, 8 pp.
- Galán, C. & M. Nieto. 2011. El pseudokarst en arenisca del monte Ulía (Formación Jaizkibel, San Sebastián): notas biológicas y geológicas. Pag web aranzadi-sciences.org, PDF, 28 pp.
- Galán, C. 2011. Notas sobre cuevas, concreciones y geoformas en arenisca del monte Ulía (San Sebastián). Pag web aranzadi-sciences.org, Archivo PDF, 30 pp.
- Gunn, J. (Ed.). 2003. *Encyclopaedia of Caves and Karst Science*. Publ. Fitzroy Dearborn, London & New York, 902 pp.
- Mandelbrot, B. 1983. *The Fractal Geometry of Nature*. Ed. Freeman, New York.
- Prigogine, I. 1967. Dissipative structures in chemical systems. In: S. Claesson (Ed). *Fast reactions and primary processes in chemical kinetics*. Interscience, New York.
- Prigogine, I & I. Stengers. 1984. *Order out of Chaos*. Ed. Bantam, New York.
- Semwogerere, D. & M. Schaltz. 2001. Evolution of hexagonal patterns from controlled initial conditions in a Bénard-Marangoni convection experiment. *Cent. Nonlinear Sci. & School of Physics, Georgia Inst. Technol., Atlanta*, 2001: 1-4.
- Simoyi, R. 1999. Pattern formation and symmetry-breaking bifurcations fueled by dissipation of chemical energy: a possible model for morphogenesis? *Pure Appl. Chem.*, 71 (6): 1007-1017.
- Urbani, F. 1981. Karst development in siliceous rocks, Venezuelan Guiana Shield. *Proc. 8th Inter. Congr. Speleol.*, 2: 548.
- Urbani, F. 1986. Notas sobre el origen de las cavidades en rocas cuarcíferas precámbricas del Grupo Roraima, Venezuela. *Interciencia*, 11(6): 298-300.