

**PATRONES EXTRAÑOS DE ESPELEOTEMAS EN TÚBULOS, PROCESOS CLÁSTICOS Y FRACTALES
EN ARENISCA DEL FLYSCH EOCENO: ENSENADA DE TXIMISTARRI.**

Bizarre patterns of speleothems in tubules, clastic processes and fractals in sandstone of the Eocene flysch: Tximistarri cove.



Carlos GALÁN & José Manuel RIVAS.

Laboratorio de Bioespeleología. Sociedad de Ciencias Aranzadi. Septiembre 2013.

PATRONES EXTRAÑOS DE ESPELEOTEMAS EN TÚBULOS, PROCESOS CLÁSTICOS Y FRACTALES EN ARENISCA DEL FLYSCH EOCENO: ENSENADA DE TXIMISTARRI.

Bizarre patterns of speleothems in tubules, clastic processes and fractals in sandstone of the Eocene flysch: Tximistarri cove.

Carlos GALÁN & José Manuel RIVAS.

Laboratorio de Bioespeleología. Sociedad de Ciencias Aranzadi.

Alto de Zorroaga. E-20014 San Sebastián - Spain.

E-mail: cegalham@yahoo.es

Septiembre 2013.

RESUMEN

Al W de los acantilados del faro de Igueldo y la punta de Mako (San Sebastián, País Vasco), el litoral presenta una ensenada o entrante marcado, con varias puntas menores, conocida con el nombre de Tximistarri.

Las rocas del flysch Eoceno en este sector de Igueldo constan de estratos métricos de arenisca, con intercalaciones delgadas de caliza arenosa, lutitas y margas. El buzamiento de las capas, de 45° NNW, y la alternancia de materiales disgregables en la serie, determinan el deslizamiento y colapso de grandes bloques de arenisca (por procesos clásticos mecánicos).

Entre los bloques hay cavidades, con algunos extraños ejemplos de distintos tipos de geoformas y diseños fractales. Destaca también la ocurrencia de espeleotemas en láminas delgadas y resistentes, a partir de las cuales se forman patrones densos de espeleotemas en túbulos. La fracturación de la arenisca carbonática genera redes de fisuras, con diseños fractales, que reproducen en pequeño el relieve topográfico general, con lajas recortadas por fracturas, escalones y escarpes. La arenisca posee también muchas concreciones carbonatadas (esféricas, elípticas y tabulares), cuyo encadenamiento y vaciado forma sistemas de crestas y concavidades. El trabajo describe las cuevas y geoformas halladas en esta abrupta zona, ilustrándolas con fotografía digital.

Palabras clave: Espeleología, Geomorfología, arenisca, procesos clásticos, fractales naturales, cuevas, espeleotemas.

ABSTRACT

At W of cliffs of Igueldo lighthouse and Mako point (San Sebastian, Basque Country), the coast presents a cove or inbound marked, with several smaller points, known under the name Tximistarri.

Eocene flysch rocks in this sector of Igueldo consist of sandstone metric strata interbedded with thin sandy limestone, shale and marl. The dip of the layers, 45° NNW, and the alter nation of friable materials in the series, determines the slip and collapse of large blocks of sandstone (by clastic mechanical processes).

Among the blocks there are cavities with some bizarre examples of different types of geoforms and fractal patterns. Also noteworthy is the occurrence of speleothems in thin and resistant sheets, from which they form dense patterns of speleothems in tubules. The fracturing of carbonated sandstone generates cracks networks with fractal designs, reproducing in miniature the overall topographic relief, with slabs cut by fractures, steps and escarpments. The sandstone has also many carbonate concretions (spherical, elliptical and tabular), whose chain and emptying form ridges and hollows systems. The paper describes the caves and geoforms found in this rugged area, illustrating it with digital photography.

Keywords: Speleology, Geomorphology, sandstone, clastic processes, natural fractals, caves, speleothems.

INTRODUCCION

El seudokarst desarrollado en la arenisca carbonática de la Formación Jaizkibel (Galán et al., 2009), de edad Eoceno inferior a medio (Campos, 1979), posee una geodiversidad notable, con ejemplos que no dejan de sorprender a quienes visitan y exploran en detalle su accidentado (y poco conocido) territorio.

La visión tradicional de que el karst clásico sólo se presenta en calizas, hizo que la exploración espeleológica en Gipuzkoa se restringiera fundamentalmente a los macizos calcáreos. Sin embargo, la constatación en décadas recientes de que la fauna cavernícola no se restringía exclusivamente a cuevas de tamaño humano (= macrocavernas), sino que -por el contrario- el habitat típico de los troglobios incluía sobretodo mesocavernas (= cavidades de tamaños inferiores a 20 cm de diámetro de conductos) y otros sistemas de vacíos subterráneos similares, en distintas litologías, hizo que desde el campo de la Bioespeleología se empezara a prestar mayor atención a otros habitats subterráneos (como el MSS) (Juberthie et al., 1980; Juberthie & Delay, 1981), medios hipógeos transicionales, cuevas lávicas, cuevas anquihalinas y sistemas de cavidades en distintos tipos de rocas no-calizas.

Nuestros estudios sobre la fauna hipógea del MSS y otros habitats subterráneos transicionales en el País Vasco, comenzaron a incluir prospecciones en coluviones de ladera, minas artificiales, sistemas de cavidades en conglomerados Permo-Triásicos, esquistos Paleozoicos, y areniscas del flysch Eoceno (Galán, 2001, 2003; Galán & Nieto, 2004, 2011; Galán et al., 2004, 2012). De hecho, en los primeros trabajos sobre el MSS en Gipuzkoa, obtuvimos interesantes datos sobre fauna hipógea en sistemas de cuevas y mesocavernas en el litoral de Igueldo y en túneles para la captación de aguas en la arenisca de Ulía, extendiendo luego las prospecciones al conjunto de la Formación Jaizkibel.

Enseguida quedó de manifiesto que las partes de la Formación Jaizkibel que incluían los mayores espesores de estratos gruesos de arenisca constituían un peculiar pseudokarst, con gran número de cavidades y notables geoformas, incluyendo todo un conjunto de tipos de cavidades, espeleotemas, paramoudras, y geoformas relacionadas que resultaron nuevos para la Ciencia y/o que constituyen en otros casos los mejores ejemplos en su tipo conocidos a nivel mundial (entre otros: boxworks gigantes, formas cordadas, bandas de Moebius, estructuras de Penélope, anillos de Liesegang, paramoudras, espeleotemas compuestas, etc.) (Galán, 2013; Galán & Molia, 2008; Galán & Nieto, 2010, 2012; Galán & Rivas, 2009; Galán & Vera Martin, 2010, 2011; Galán et al., 2008, 2009, 2013). Muchas de ellas no sólo poseen características estéticas remarcables, sino que a ello unen modos de formación inusuales, propios de sistemas complejos, no-lineales (Galán, 2010, 2013; Galán & Nieto, 2010; 2012).

Se puede decir que la progresiva prospección de nuevas áreas y localidades (en el pseudokarst en arenisca de la Formación Jaizkibel) ha ido produciendo (a lo largo de 12 años) el hallazgo de nuevas cavidades y geoformas, superando hoy la cifra de 250 cavidades y puntos de interés geológico, reportados y estudiados.

Los datos presentados en esta nota comparten algunas características con otros ejemplos estudiados recientemente en Igueldo (Galán et al., 2013). Pero a su vez agregan información complementaria, que amplía el espectro de diversidad geomorfológica conocida para estos afloramientos de arenisca. Resultan especialmente interesantes algunos patrones de ocurrencia de espeleotemas y geoformas fractales. Nos referiremos a ellos en esta breve nota.

MATERIAL Y METODOS

El área de estudio fue prospectada en 2013 mediante las técnicas habituales de espeleología, incluyendo el uso de cuerdas (para asegurar pasos de escalada) e iluminación frontal con Leds para prospectar galerías subterráneas. Fueron tomados datos de buzamiento y topográficos mediante instrumental de precisión Suunto. Algunas muestras de espeleotemas fueron analizadas con DRX. Las descripciones son ilustradas con fotografía digital.

El trabajo es una nota descriptiva, sobre la geomorfología del sector y sus cuevas, espeleotemas y geoformas. Se comenta y discuten los rasgos más significativos de las espeleotemas y geoformas encontradas.

RESULTADOS

El área de estudio se localiza al W de la punta de Mako y el faro de Igueldo, y comprende una franja de 1.200 m de longitud sobre la línea de costa de la ensenada y punta de Tximistarri (Figura 1). En el centro del fondo Sur de la ensenada se localiza una construcción que protege la salida al mar del colector de Tximistarri, hoy fuera de uso, y el cual drenaba antes las aguas servidas de la parte W de la ciudad de San Sebastián.

La ensenada de Tximistarri se localiza al W y por debajo del parque de atracciones del monte Igueldo. El flanco W de dicho monte presenta en sus laderas fuertes acantilados, de 80° de inclinación, donde se aprecia la alternancia de los estratos duros y blandos del flysch Eoceno, con zonas en activo proceso de desprendimiento (Figuras 2 y 3).

El dispositivo estructural, con buzamiento N subvertical en el sector del faro y punta de Mako, cambia ligeramente de rumbo en la zona del colector de Tximistarri, a la vez que se suaviza la pendiente, siendo el buzamiento medio en el área de estudio de 45° NNW (Figuras 4 á 6).

El terreno prospectado resulta no obstante extraordinariamente abrupto y difícil de recorrer, con numerosos pasos de escalada para superar bloques, pequeños escalones y resaltos laterales en los estratos más gruesos de arenisca. La ladera N de esta zona de Tximistarri desciende desde la cota 130 m snm hasta el nivel del mar, y presenta un abrupto escarpe frontal entre las cotas 100 y 70 m snm (más otros laterales a menor altitud), desde los cuales se producen activos procesos de desprendimiento y colapso de bloques. El desgaste por erosión normal y marina de los paquetes más "blandos" de lutitas y margas calcáreas intercalados en la serie flysch, genera el colapso por descompresión mecánica de bloques mayores de arenisca y caliza arenosa (Figuras 2 á 4; en la Figura 1.3 se indica las principales zonas de desprendimiento y direcciones preferentes de caída de bloques). La Figura 3 ilustra perfectamente la destrucción ocasionada por la caída de bloques en la zona del colector.

Puede decirse que las laderas de fuerte pendiente sobre las lajas costeras (que presentan a su vez un dispositivo escalonado) son muy inestables, y las zonas inferiores (especialmente las situadas inmediatamente al W del colector) son zonas de alto riesgo, por su exposición a los deslizamientos y caídas de bloques (Figuras 4 y 5). Adicionalmente, muchas lajas y grandes bloques tabulares, de fuerte inclinación, resultan lisos y/o resbaladizos en húmedo, siendo necesario buscar pasos franqueables, mediante escaladas y destrepes algo expuestos, para prospectar este abrupto relieve, donde se encuentran cuevas (Figuras 5 á 8).

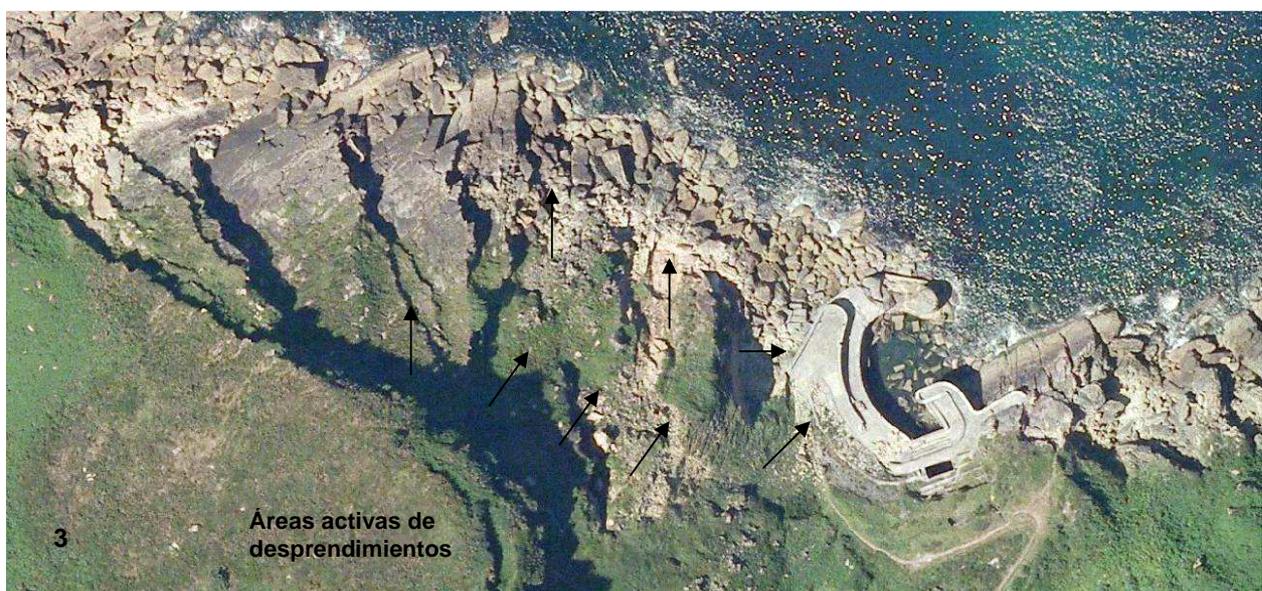
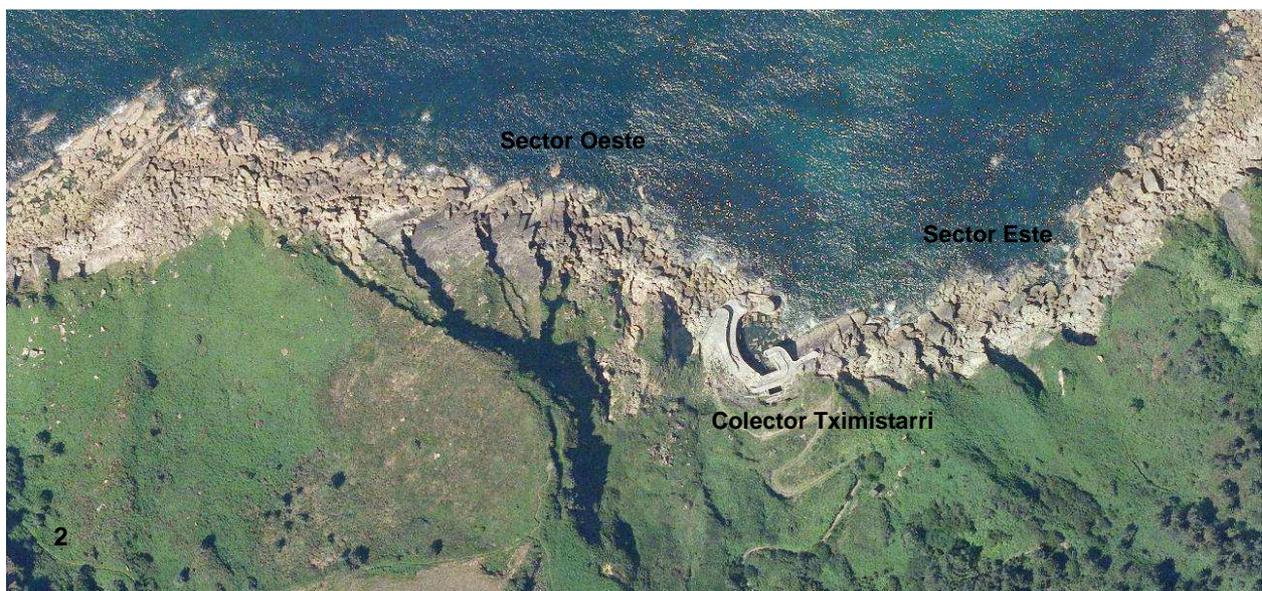
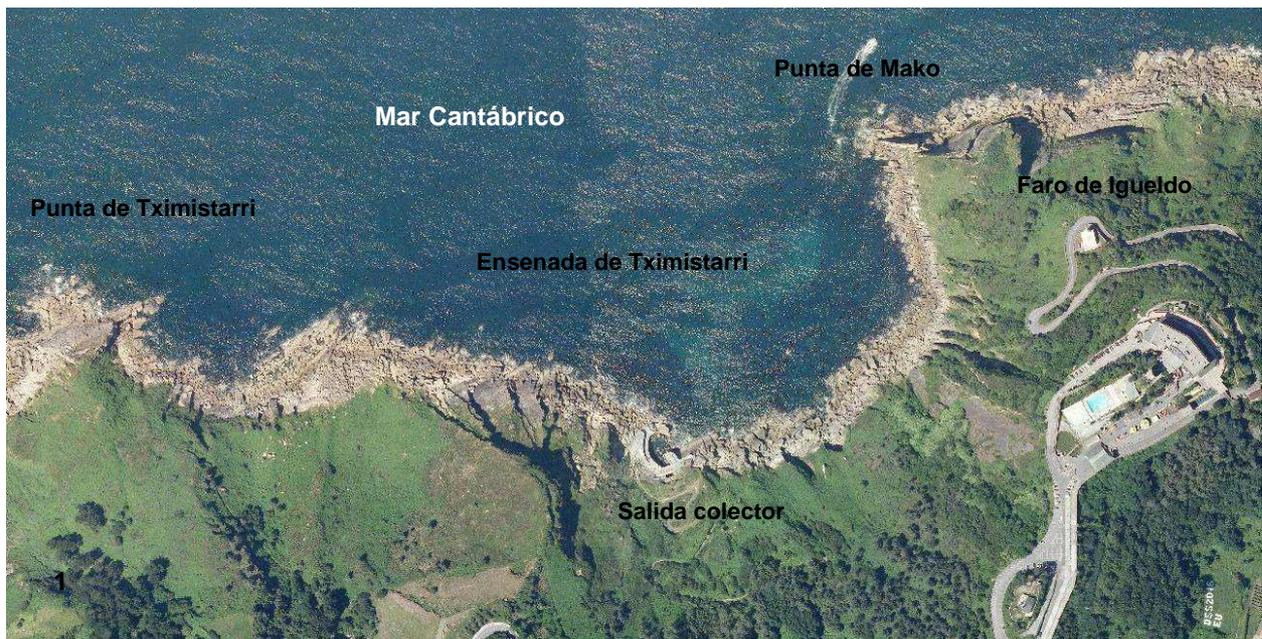


Figura 1. Ortopotos, con ampliaciones progresivas del área de estudio. Escalas aproximadas: 1 = 1:4.000. 2 = 1:2.000. 3 = 1:1.000. Fuente: b5m.gipuzkoa.net (cartografía digital del SIG de Gipuzkoa). Anchura aproximada cubierta por las imágenes: 1 = 1.400 m. 2 = 700 m. 3 = 350 m. Las flechas negras indican la dirección de caída de bloques desde los escarpes superiores.



Figura 2. Ensenada de Tximistarri, vista desde el colector. En su parte E y punta de Mako (imagen superior) la disposición de los estratos es subvertical, con buzamiento N. La base del faro de Igueldo está a 120 m de altitud. Hacia el W el buzamiento disminuye a 45° y azimut NNW. La abrupta pendiente presenta un escarpe frontal entre las cotas 100 á 70 m snm (imagen inferior), y otra serie de escarpes menores, con numerosas zonas de desprendimientos (vista desde la boca de una cueva).



Figura 3. Bloques desprendidos de los escarpes superiores que han destruido parcialmente la estructura que protege la salida del colector de Tximistari. Muchos otros bloques han caído al mar. Los desprendimientos son recientes.



Figura 4. La zona litoral del sector W de Tximistarri. Se divisa en la parte alta el escarpe frontal superior, con zonas activas de desprendimiento, y bloques colapsados sobre la laja costera, con fracturas y escarpes laterales.



Figura 5. Cueva inter-estratos, de 20 m de desarrollo. Nótese el pronunciado buzamiento (45°) y grandes bloques de colapso que han deslizado y quedan dispuestos con diversas inclinaciones.



Figura 6. Cuevas inter-estratos y bajo fragmentos de estratos colapsados, de pequeños desarrollos (10-20 m). Las superficies muy lisas o húmedas en zonas sombreadas de los estratos y lajas costeras pueden resultar de expuesto recorrido. Una caída accidental puede tener severas consecuencias, ya que hay escalones verticales de varios metros, con bloques abajo.

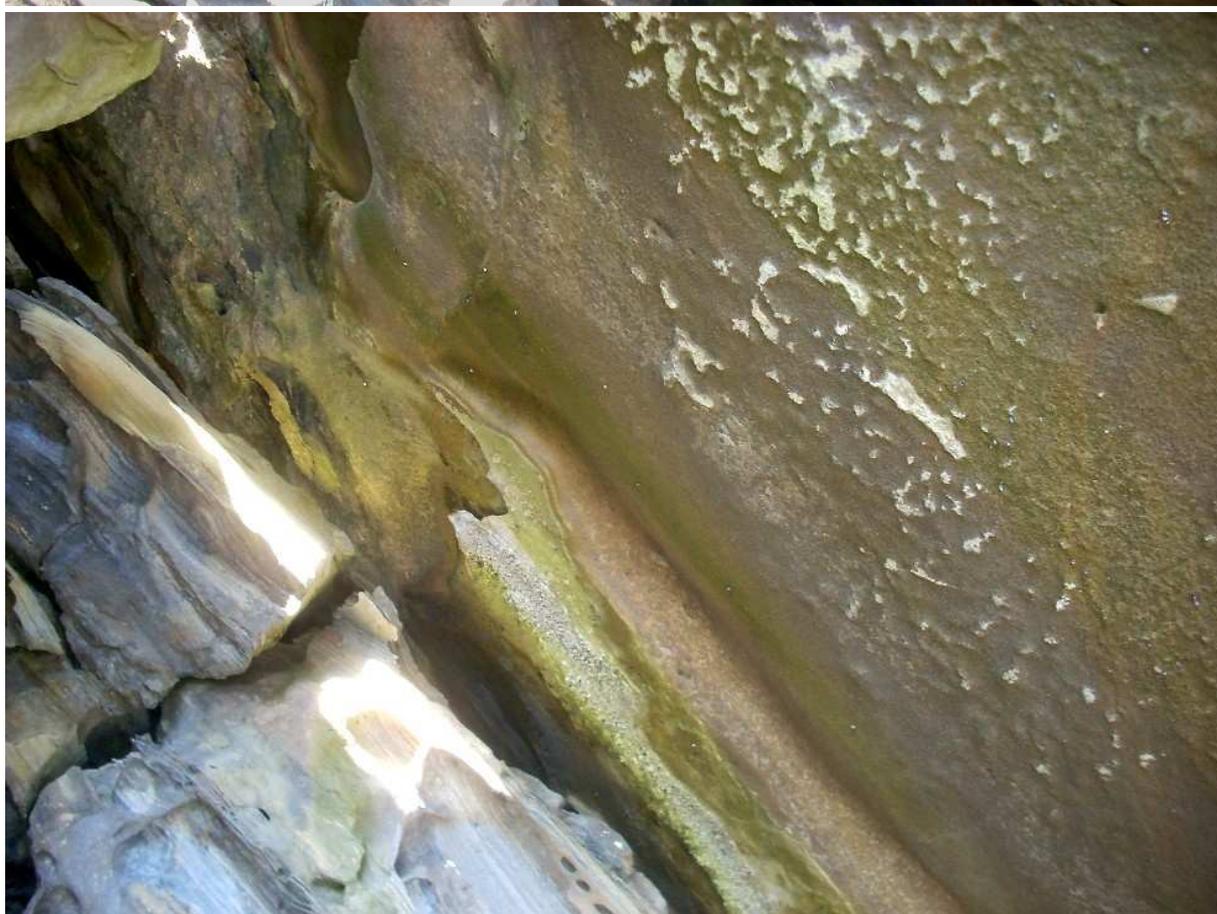


Figura 7. En el techo y paredes de abrigos y cuevas inter-estratos, es frecuente la formación de láminas recementadas por calcita y ópalo-A, a partir de las cuales se producen crecimientos de espeleotemas milimétricos, tubulares y botroidales. Nótese la ocurrencia de films orgánicos en su vecindad, así como distribuciones moteadas en “piel de leopardo”.



Figura 8. Espeleotemas en abrigos y cuevas del sector W de Tximistarrí. Destaca la ocurrencia de espeleotemas en forma de láminas delgadas y resistentes, de calcita y ópalo-A. A partir de estas láminas se forman crecimientos densos de espeleotemas en forma de túbulos, básicamente de ópalo-A, pero que también pudieran contener otros minerales secundarios. Aunque la superficie de muchas de estas láminas se ve fracturada y rota, se trata de espeleotemas de gran dureza (difíciles de fragmentar), que aparentemente han sufrido recristalizaciones por fases sucesivas y alternas de precipitación y desecación. Su estudio es sólo de naturaleza preliminar. Nótese también la ocurrencia en su proximidad de films orgánicos.

Las mayores cuevas halladas en el sector W de Tximistarri corresponden a cuevas inter-estratos gruesos de arenisca y cuevas de recubrimiento bajo el techo de bloques tabulares desplazados (Figuras 5 á 9). Las mayores de ellas alcanzan desarrollos de 20 m (Figura 5), aunque sus galerías internas pueden tener prolongaciones en mesocavernas que profundizan en la roca-caja a expensas de diaclasas y planos de estratificación ampliados por disolución de las areniscas y calizas, así como por la remoción de las litologías más blandas y erosionables.

En algunas de estas cuevas encontramos curiosas espeleotemas. Los techos poseen láminas duras (= duricrust) (Figura 7) con recementaciones de calcita y ópalo-A. A partir de láminas de calcita (Figura 8) pueden tener también lugar crecimientos densos de espeleotemas en forma de túbulos de ópalo-A de 1 cm de longitud y diámetros de 2 mm. Tanto las láminas como las pequeñas espeleotemas tubulares son de gran dureza, complicando la toma de muestras. Sospechamos que hay formas compuestas que podrían incluir otros minerales secundarios (aparte de ópalo y calcita), pero sería necesaria analítica adicional para caracterizar su composición. Igualmente hay puntos próximos a las espeleotemas con crecimientos de films orgánicos (algas y bacterias) que pudieran incidir o mediar en su génesis, debida de modo general a la percolación del agua intergranular en la arenisca.

Más al W, hacia la punta de Tximistarri, el relieve se suaviza un poco, existiendo otros abrigos y cuevas similares a las descritas (Figura 9). La cavidad más notable por sus dimensiones es un gran abrigo que se abre en la base de un estrato grueso de arenisca en el escarpe E de la punta de Tximistarri (Figura 9), el cual alcanza 30 m de longitud y 10 m de profundidad, estando en su mayor parte iluminado o en penumbra.

El sector E inmediato al colector de Tximistarri también presenta algunos escarpes y cuevas de recubrimiento entre grandes bloques (Figuras 10 á 14). La mayor de las exploradas se desarrolla bajo un gran bloque tabular, con fisuras adicionales, y alcanza 35 m de desarrollo (Figuras 11 y 12). Consta de una galería-túnel, de 15 m de longitud, de la cual parten dos galerías laterales menores, una ascendente y otra descendente, de 10 m de longitud cada una, y con zonas en oscuridad total.

Encontramos también algunos abrigos, en la base de escarpes, formados a expensas de la disolución y erosión de las litologías más blandas. Entre los planos de estratificación, en muchos de ellos, manan láminas de agua, que forman depósitos de tufa, espeleotemas de silicatos de aluminio amorfo, óxidos de hierro y crecimientos de films orgánicos (Figura 13).

En este sector existe todo un conjunto de cuevas de recubrimiento, bajo bloques que presentan concavidades producto de la disolución y remoción de horizontes de concreciones carbonatadas (Figura 14). Las mayores de ellas alcanzan poco más de una decena de metros de desarrollo.

La superficie desprovista de bloques de las lajas formadas por estratos gruesos de arenisca presentan en este sector microrelieves fractales, donde se observan (a diferentes escalas) fracturas de descompresión y redes de fisuras ampliadas por disolución, que forman retículos con surcos ortogonales y escarpes laterales en miniatura (Figura 15). Estas geoformas reproducen a pequeña escala la forma general que posee el relieve topográfico mayor (cuando los estratos de arenisca no están cubiertos por bloques o vegetación).

En algunos estratos gruesos de arenisca resultan también destacables los sistemas de geoformas compuestas por crestas y concavidades, producidas por la disolución y vaciado de concreciones carbonatadas. Las concreciones pueden adoptar formas esféricas, elípticas y en horizontes tabulares, paralelos a la laminación del estrato. El encadenamiento y coalescencia de las concavidades vaciadas da a la roca el aspecto de un gigantesco gruyère (Figura 16).

Los bloques de este tipo, en la zona litoral, están además acribillados de microformas de erosión marina producidas por el agua de mar y las salpicaduras del oleaje. Entre estos bloques se encuentran cuevas de recubrimiento con pequeñas galerías y formas de los conductos rebajadas y redondeadas por la erosión pluvial y marina (Figura 17).

En suma, un conjunto de rasgos y cuevas peculiares, también representados en otros sectores de la Formación Jaizkibel. Pero que en Tximistarri, por su litología y dispositivo estructural, adquieren o presentan algunas geoformas inusuales y/o interesantes.

CONCLUSIONES

El trabajo es una breve contribución que describe una porción más del extenso pseudokarst que se ha formado en la arenisca carbonática de la Formación Jaizkibel, de edad Eoceno.

Destaca el hallazgo de espeleotemas compuestas por calcita y ópalo-A en forma de láminas delgadas y resistentes, a partir de las cuales se forman patrones densos de espeleotemas en túbulos. Otras geoformas incluyen redes de fisuras con diseños fractales, que reproducen en pequeño el relieve topográfico general, así como la ocurrencia de bloques con gran número de concreciones carbonatadas en horizontes planares, cuya coalescencia y vaciado forma curiosos sistemas de concavidades.

AGRADECIMIENTOS

A todos los compañeros y colaboradores del Laboratorio de Bioespeleología de la S.C.Aranzadi que nos han acompañado en diversas ocasiones en los trabajos de campo y analítica de muestras de numerosas localidades de los litorales de Jaizkibel, Ulía e Igueldo. Y sin cuya ayuda no hubiera sido posible llevar a término estos trabajos.

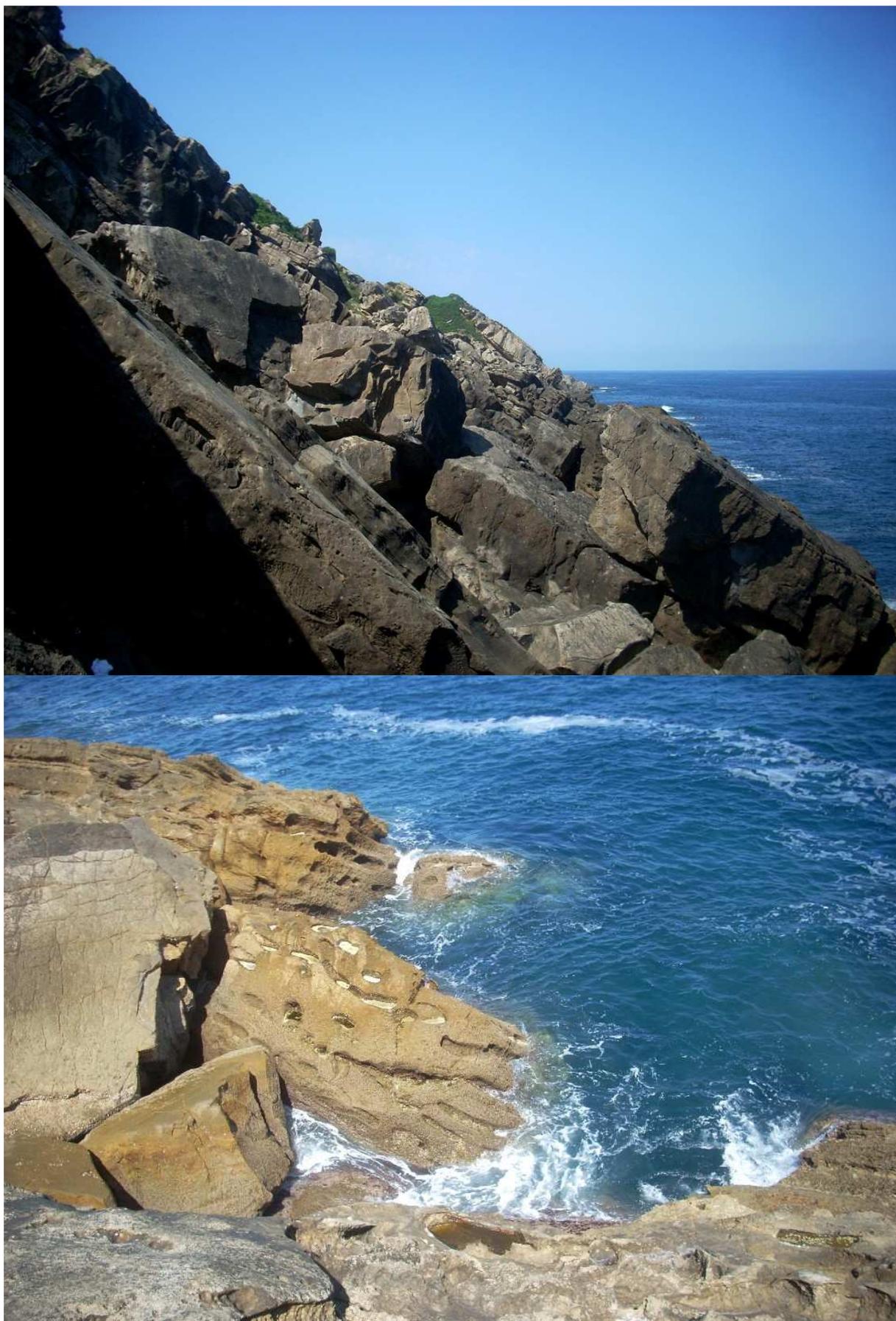


Figura 9. El sector W de Tximistarri presenta grandes extensiones de lajas costeras, de fuerte pendiente, con acumulaciones caóticas de bloques de colapso, producidos por la fractura de los estratos gruesos de arenisca de la parte superior de la serie. El escarpe E de la punta de Tximistarri (imagen superior, al fondo) presenta en su base un amplio abrigo. La verticalidad de las paredes de los grandes bloques individuales presenta desniveles importantes sobre el frente marino (imagen inferior). Un terreno abrupto, difícil de recorrer, con cuevas de recubrimiento e interestratos.



Figura 10. Sector Este de la ensenada de Tximistarri. También posee escarpes laterales y bloques de colapso, con abrigos y sistemas de pequeñas cuevas bajo y entre los rellenos de bloques.

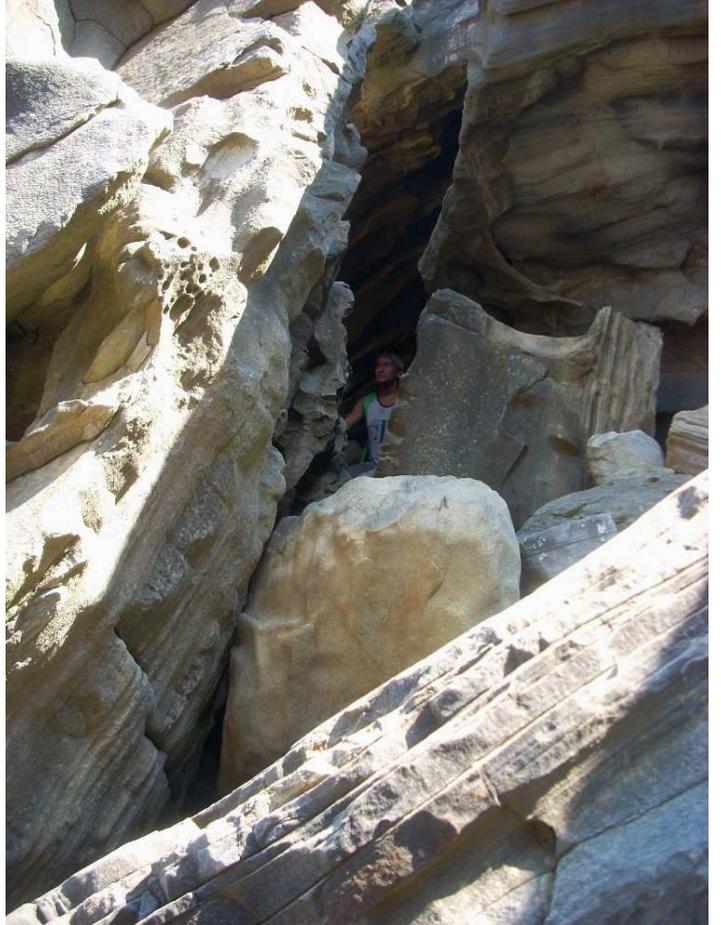


Figura 11. Boca superior (vista desde el interior y desde el exterior) de una cueva de recubrimiento que posee 35 m de desarrollo de galerías. En el sector Este de la ensenada de Tximistarri.

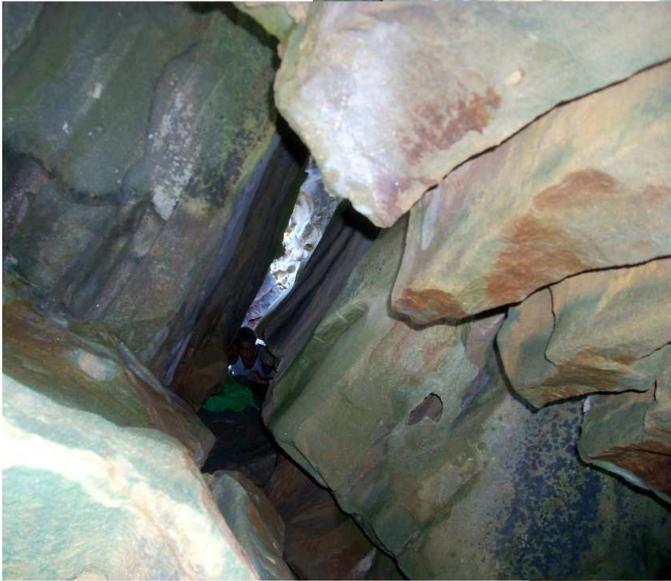


Figura 12. Detalles de la galería principal (galería-túnel de 15 m, con dos bocas) y galería lateral ascendente, de la cueva de la imagen anterior (figura 11). La iluminación es del flash. La cavidad se desarrolla bajo bloques de colapso y suma 35 m de galerías.

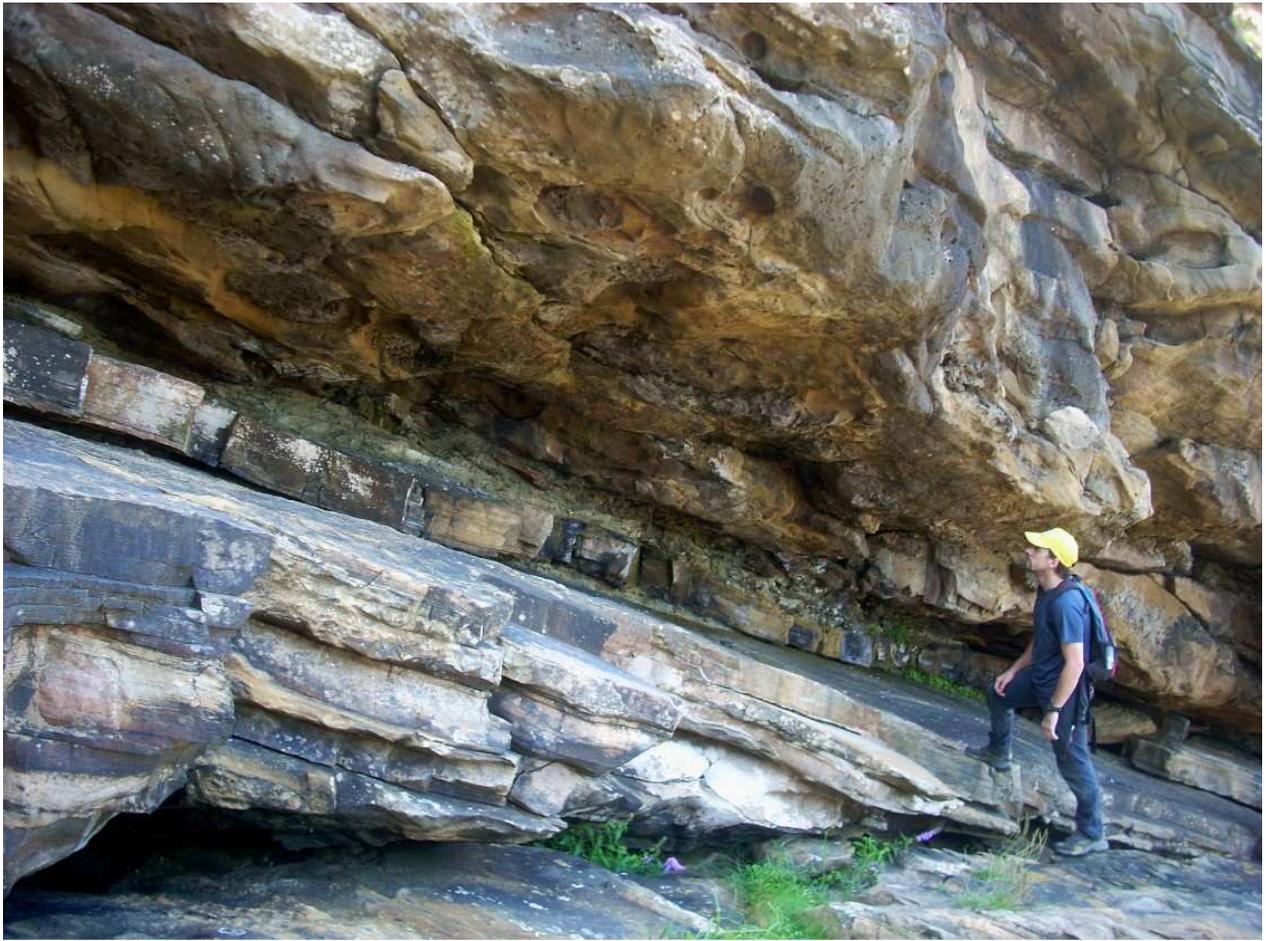


Figura 13. Abrigos interestratos en la base de escarpes de arenisca. Entre los paquetes de estratificación delgada de arenisca, caliza arenosa, margas y lutitas, emergen láminas de agua que forman depósitos de tufa. Sobre las paredes y bóvedas hay crecimientos de films orgánicos y espeleotemas de silicatos de aluminio, óxidos de hierro y otros compuestos criptocristalinos.



Figura 14. Cuevas de recubrimiento, de moderado desarrollo, bajo bloques con concreciones carbonatadas.



Figura 15. Curiosas geoformas con diseños fractales formadas a expensas de la fisuración de la arenisca. La imagen superior tiene 6 m de ancho y la ampliación inferior 3 m. Nótese las redes ortogonales de fisuras y micro-escarpes laterales, así como las fracturas por descompresión y escalones laterales en los estratos mayores.



Figura 16. Geoformas compuestas por series de concavidades y crestas, paralelas a la laminación. Se forman por el avance de la disolución y remoción de concreciones carbonatadas planares. Su coalescencia otorga a la roca un aspecto de gruyère.



Figura 17. En la zona litoral los bloques están más meteorizados por las salpicaduras del oleaje y la acción de organismos incrustantes y perforadores marinos (= fouling). Bajo ellos se forman cuevas de recubrimiento, con bóvedas y conductos a menudo redondeados por la erosión marina, ya que el mar invade las partes bajas de las cavidades durante las pleamares.

BIBLIOGRAFÍA

- Campos, J. 1979. Estudio geológico del Pirineo vasco al W del río Bidasoa. *Munibe, S.C.Aranzadi*, 31(1-2): 3-139.
- Galán, C. 2001. Primeros datos sobre el Medio Subterráneo Superficial y otros habitats subterráneos transicionales en el País Vasco. *Munibe Cienc.Nat.*, 51: 67-78.
- Galán, C. 2003. Ecología de la cueva de Guardetxe y del MSS circundante: un estudio comparado de ecosistemas subterráneos en materiales del Cretácico tardío del Arco Plegado Vasco. Página web SCA. Archivo PDF: 20 pp.
- Galán, C. 2003. Fauna cavernícola, hidrogeología y mineralogía de espeleotemas en una mina-cueva de Leiza, Navarra. Trabajo realizado para Gobierno de Navarra, Dpto. Obras Públicas, Transporte y Comunicaciones, Servicio de Proyectos, Tecnología y Obras Hidráulicas, Pamplona, 14 pp + 12 lám. fotograf. + Pág. Web SCA., 26 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. 2013. Cuevas, geoformas y karstificación en areniscas Eocenas de la Formación Jaizkibel: Actualización de datos para Mayo de 2013. Conferencia audiovisual en Power point. Ayto. Hondarribia, Expo. Flysch C.Vasca. 10-05-13. 82 láminas.
- Galán, C. & M. Molia. 2008. ¿Geología o Paleontología? Las concreciones esféricas con perforaciones tubulares: Nuevos ichnotaxa de Paramoudras (Pseudokarst en arenisca del flysch Eoceno, Jaizkibel, Gipuzkoa). Pag. web aranzadi-sciences.org, Archivo PDF, 43 pp.
- Galán, C. & M. Nieto. 2004. Hallazgo de una cueva en conglomerado de fragmentos de caliza Jurásica cementados por travertino (macizo de Uzturre, País Vasco). Pág. web aranzadi-sciences.org, Archivo PDF, 8 pp.
- 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. & M. Nieto. 2011. Fauna hipógea del MSS y mesocavernas en conglomerados Permo-Triásicos (Mandoegi, Gipuzkoa). Pag web aranzadi-sciences.org, Archivo PDF, 15 pp.
- Galán, C. & M. Nieto. 2012. Bandas de Moebius, Boxworks y otras raras Geoformas en arenisca de la Formación Jaizkibel. Bol. SEDECK - Sociedad Española de Espeleología y Ciencias del Karst, 8 (2012): 20-41. Reedición modificada de Galán & Nieto, 2010 in: aranzadi-sciences.org, Archivo PDF, 30 pp.
- Galán, C. & J. Rivas. 2009. Hallazgo de Proparamoudras en un acantilado del litoral central del monte Ulía (Punta Atalaya, flysch Eoceno de San Sebastián, País Vasco). Pag web aranzadi-sciences.org, Archivo PDF, 25 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 espectroscopía 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). Web aranzadi-sciences.org, Archivo PDF, 8 pp.
- Galán, C.; D. Peña & M. Nieto. 2004. Las minas de Anoeta y su fauna cavernícola asociada (macizo de Ernio, País Vasco). Pág. web aranzadi-sciences.org, Archivo PDF, 14 pp.
- Galán, C.; J. Rivas & M. Nieto. 2008. Geoformas cordadas en arenisca del flysch costero Eoceno, Gipuzkoa. Pag web aranzadi-sciences.org, Archivo PDF, 28 pp.
- Galán, C.; M. Molia; M. Nieto & J. Rivas. 2008. Nuevos datos sobre Paramoudras y concreciones relacionadas en Jaizkibel e Igueldo (Pseudokarst en arenisca del flysch Eoceno, Gipuzkoa). Pag web aranzadi-sciences.org, Archivo PDF, 44 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.; J.M. Rivas & M. Nieto. 2012. Notas sobre espeleotemas, biología y paleontología de las minas y mesocavernas de Burusburu e Illaratzu 2 (valle del Araxes, karst de Otsabio). Pag web aranzadi-sciences.org. Archivo PDF, 20 pp.
- Galán, C.; J.M. Rivas; R. Ionescu & M. Nieto 2013. Disolución intergranular y Evolución de cuevas y geoformas: los ejemplos más extravagantes del mundo en arenisca de edad Eoceno (Formación Jaizkibel, País Vaco). Pag web aranzadi-sciences.org, Archivo PDF, 56 pp.
- Galán, C.; J. Rivas & D. Arrieta. 2013. Estructuras de Penélope, cuevas y geoformas en arenisca del flysch Eoceno, en el litoral de la placa central de Igueldo (Gipuzkoa, País Vasco). Web aranzadi-sciences.org, Archivo PDF, 28 pp.
- Galán, C.; J. Rivas & M. Nieto. 2013. Cuevas en arenisca y caliza arenosa en los acantilados del faro de Igueldo (San Sebastián, País Vasco). Web aranzadi-sciences.org, Archivo PDF, 31 pp.
- Juberthie, C. & B. Delay. 1981. Ecological and biological implications of the existence of a superficial underground compartment. 8th Int.Congr.Speleol., Bowling Green, 1: 203-205.
- Juberthier, C.; B. Delay & M. Bouillon. 1980. Extension du milieu souterrain en zone non-calcaire: description d'un nouveau milieu et de son peuplement par les Coléoptères troglobies. *Mém.Biospéol.*, 7: 19-52.