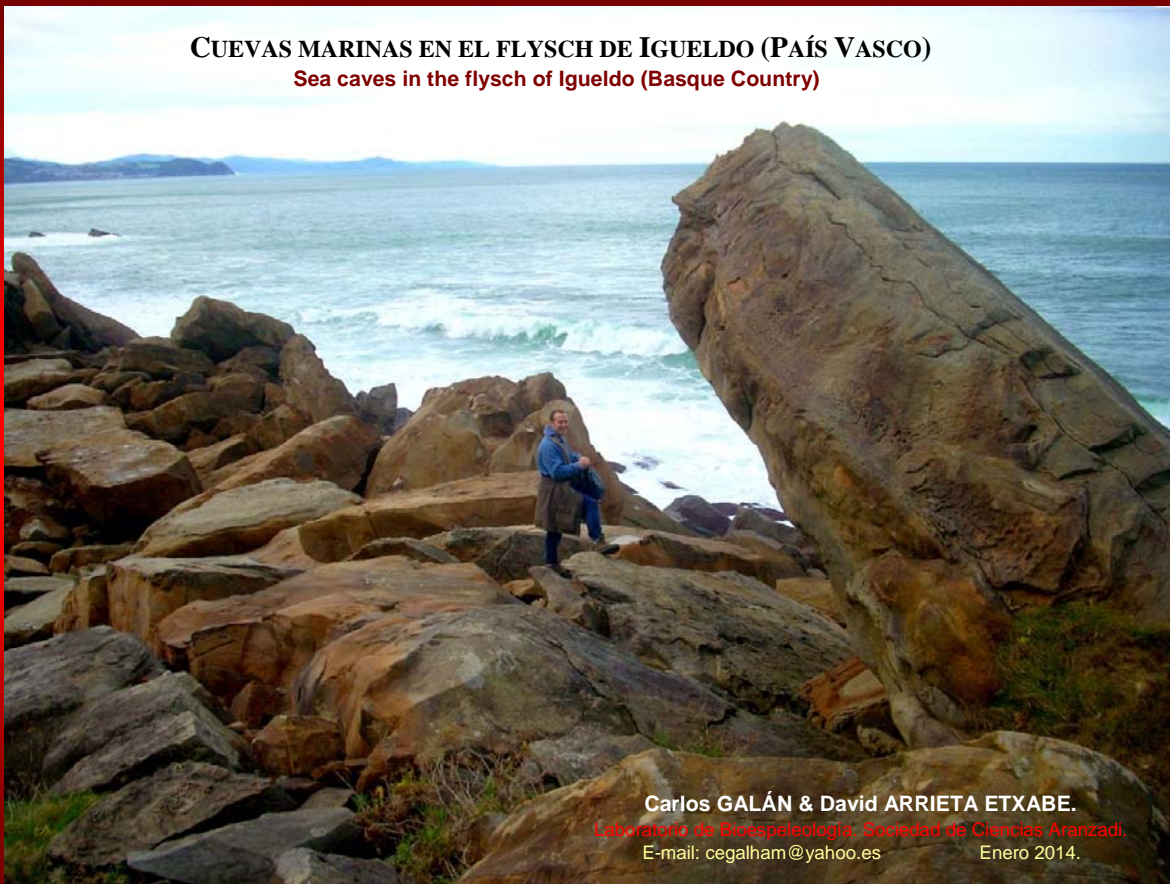


**CUEVAS MARINAS EN EL FLYSCH DE IGUELDO (PAÍS VASCO)**  
**Sea caves in the flysch of Igueldo (Basque Country)**



**Carlos GALÁN & David ARRIETA ETXABE.**

Laboratorio de Bioespeleología, Sociedad de Ciencias Aranzadi.

E-mail: cegalham@yahoo.es

Enero 2014.

# CUEVAS MARINAS EN EL FLYSCH DE IGUELDO (PAÍS VASCO)

## Sea caves in the flysch of Igueldo (Basque Country)

Carlos GALÁN & David ARRIETA ETXABE.

Laboratorio de Bioespeleología. Sociedad de Ciencias Aranzadi.

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

E-mail: cegalham@yahoo.es

Enero 2014.

### RESUMEN

Se presentan datos sobre sistemas de cuevas y geoformas explorados en estratos de arenisca en el litoral del monte Igueldo. Las rocas son parte de la secuencia de turbiditas abisales del flysch Eoceno de Gipuzkoa (Formación Jaizkibel, País Vasco).

El recorte del frente costero por erosión marina y la disolución intergranular de la arenisca han generado sistemas de cavidades, de diversos tipos. Algunas veces se trata de simples cuevas de recubrimiento, pero en otras ocasiones se han formado cuevas espaciales a expensas de los planos de estratificación de la arenisca y/o por la remoción de niveles delgados de lutitas intercalados en la serie. La cueva más grande explorada tiene 80 m de desarrollo. Las partes inferiores de las galerías quedan inundadas por el agua de mar durante las mareas altas.

En superficie y en el interior de las cuevas hay diversos tipos de espeleotemas y geoformas, así como interesantes biocenosis de una fauna litoral críptica, de hábitos cavernícolas. Los datos presentados reafirman el interés que presenta el karst en arenisca.

*Palabras clave:* Cuevas en arenisca, cuevas marinas, Karst, Espeleología, Geomorfología, turbiditas abisales, Bioespeleología.

### ABSTRACT

New data are presented on cave systems and geofoms explored in carbonatic sandstone strata in the coast of Mount Igueldo. The rocks are part of the abyssal turbidites sequence of the Eocene flysch of Gipuzkoa (Jaizkibel Formation, Basque Country).

The cut of the waterfront by marine erosion and the intergranular dissolution of the sandstone have generated caves systems, of various types. Sometimes these are simple caves coating, but sometimes are formed spacious caves, at the expense of bedding planes of the sandstone and / or by the removal of thin levels shale intercalated in the series. The largest explored cave has 80 m of development. The bottoms of the galleries are flooded by seawater during high tides.

On surface and inside the caves there are different types of speleothems and geofoms, and interesting coastal biocoenosis of a cryptic fauna, of cavernicolous habits. The data presented reinforce the attractiveness of the karst in sandstone.

*Key words:* Sandstone caves, sea caves, Karst, Speleology, Geomorphology, abyssal turbidites, Biospeleology.

### INTRODUCCION

La Formación Jaizkibel es una potente secuencia de facies flysch constituida por una alternancia de estratos de rocas duras y blandas, las primeras formadas básicamente por arenisca y las segundas por lutitas y margas. La serie arenosa, que forma los estratos más potentes, fue depositada por corrientes de turbidez en condiciones abisales en la cuenca Eocena del País Vasco, una activa zona de rifting entre las placas continentales de Iberia y Europa. Estas rocas representan los últimos sedimentos marinos antes de la emersión del territorio y la formación del conjunto montañoso denominado Arco plegado Vasco, prolongación occidental de la cadena Pirenaica (Rat et al, 1983; Rat, 1988; Robles et al, 1988; Boillot & Malod, 1988).

En la arenisca de la Formación Jaizkibel (Campos, 1979) se desarrollan procesos de karstificación, los cuales han generado un gran número y diversidad de cavidades (a distintas escalas), con curiosos ejemplos de espeleotemas y geoformas, algunas de ellas nuevas para la Ciencia (Galán, 2013; Galán & Nieto, 2010; 2012; Galán & Vera Martin, 2010, 2011; Galan et al, 2007, 2008, 2009). Estas areniscas poseen también muy diversos tipos de concreciones, entre ellas grandes paramoudras, los cuales constituyen los ejemplos mejor preservados y más espectaculares que existen a nivel mundial (Galán & Molia, 2008; Galán et al., 2008).

Las cavidades en arenisca se forman básicamente por disolución intergranular de la roca-caja. Pero en ocasiones coadyuvan a su formación otros procesos, entre ellos la erosión marina y la remoción de lutitas intercaladas en la serie. En este trabajo describiremos un conjunto de cavidades, localizadas en la parte centro-oeste de la cadena costera Igueldo-Mendizorrotz (que se extiende entre San Sebastián y Orío), en cuya génesis la erosión marina ha jugado un papel destacado. Así mismo, es de enfatizar que este tipo de cuevas alberga interesantes biocenosis de una fauna críptica litoral, de hábitos cavernícolas, la cual incluye tanto formas terrestres como otras dulceacuícolas y marinas. Aspectos a los que pasaremos revista a lo largo de esta nota.

## **MATERIAL Y METODOS**

Los datos presentados han sido obtenidos mediante salidas de exploración y prospección biológica, en ocasiones con el empleo de técnicas de escalada o espeleología vertical para acceder a parajes de difícil acceso. Algunos sitios sólo resultan accesibles en marea baja, ya que, como veremos, las partes inferiores de las galerías de las cuevas mayores quedan inundadas durante las pleamares. Los datos descriptivos son completados con fotografía digital. El material biológico colectado fue preservado en alcohol etílico al 75%, fue examinado bajo microscopio binocular Nikon y ha sido identificado de modo preliminar hasta distintos niveles taxonómicos, según los grupos. El trabajo presenta también datos comparados sobre espeleotemas y geoformas, así como diversos aspectos geomorfológicos involucrados en la génesis de cavidades.

## **RESULTADOS**

### **CONTEXTO GEOGRÁFICO y GEOLÓGICO**

El sector estudiado está situado al W de la placa central de Igueldo (Larreaundi), donde exploramos previamente otras cuevas (Galán et al, 2013). Comprende un grupo de pequeñas puntas entre dos ensenadas, que forman placas compactas de arenisca sobre laderas de fuerte inclinación concordante con el buzamiento, el cual tiene valores medios de 40° N.

Las rocas de la Formación Jaizkibel en este sector son areniscas carbonáticas en estratos individuales de 2 m de potencia, bajo los cuales sigue una serie alterna de estratos delgados de lutitas y areniscas con intercalaciones menores de margas calcáreas. Las zonas correspondientes a las puntas poseen los estratos más gruesos (Figura 1).

La erosión normal y marina ha desgastado y recortado diferencialmente los estratos blandos de lutitas, produciendo pequeños escarpes laterales y, sobretodo, induciendo por procesos de descompresión mecánica la apertura de fracturas en la roca, con el consiguiente colapso y deslizamiento de paneles de roca, que se fragmentan en grandes bloques tabulares (Figuras 2 y 3).

Bajo estos últimos se desarrollan sistemas de cuevas de recubrimiento, a veces enlazadas y en continuidad, sobre varias decenas de metros de desarrollo. En las zonas de borde próximas a los escarpes se presentan zanjones entre bloques, a veces techados por otros bloques a medio desprender, y con cavidades entre planos de estratificación que ponen en comunicación unos zanjones con otros. Así mismo existen abrigos o solapas rocosas formadas por la remoción de los paquetes más blandos intercalados en la serie alternante de estratos gruesos de arenisca (Figura 4).

La cavidad más extensa encontrada corresponde a una boca de sima de 4 m de desnivel que da acceso a una cueva, ampliada por erosión marina, la cual se desarrolla a expensas de los planos de estratificación, por debajo de una placa compacta de arenisca comprendida o limitada por escarpes laterales. Esta placa, de unos 50 m de ancho, se localiza en la punta más occidental del área explorada. La cavidad, que denominamos Larretxiki, totaliza 80 m de desarrollo y 17 m de desnivel, posee varias bocas en sus extremos y resulta invadida por las aguas marinas en su parte inferior. A la acción erosiva del mar en su parte basal se suma el desgaste por pequeñas circulaciones hídricas de agua dulce procedentes de la ladera, así como los procesos de disolución intergranular que actúan sobre la propia placa de arenisca. Prueba de ello son las filtraciones y formación de espeleotemas observables en el interior de la cavidad, por encima del nivel que alcanza la invasión del agua de mar durante las pleamares.

En adición, en las cavidades prospectadas y entre los grandes bloques de superficie, son observables todo un conjunto de concreciones, geoformas, espeleotemas y crecimientos orgánicos, de características peculiares, que serán descritos en este trabajo ya que contribuyen a una mejor comprensión de la diversidad de fenómenos y procesos involucrados en la karstificación de la arenisca de la serie flysch de edad Eoceno.

### **EL FLYSCH EN LARRETXIKI**

En el sector de Larretxiki el flysch Eoceno se caracteriza por presentar una alternancia de paquetes de arenisca de moderado espesor (2-4 m) con otros de potencia semejante constituidos por una serie de estratificación delgada de lutitas, margas y arenisca. Las aguas de infiltración percolan toda la serie y son frecuentes flujos subterráneos laminares a través de la base de los contactos lutita-arenisca, los cuales pueden formar manantiales en las zonas de recorte de los escarpes. Debido a que los paquetes de lutitas son deslizantes y fácilmente disgregables, unido al buzamiento de las capas, ello determina que al progresar la erosión se produzcan frecuentes deslizamientos de tramos de estratos duros de arenisca, los cuales se fragmentan en bloques tabulares y terminan acumulándose en la línea de costa, donde son removidos por la erosión marina (Figura 5).

El recorte frontal del frente marino, que socava progresivamente el terreno, produce fenómenos de erosión remontante, los cuales se extienden sobre las laderas inclinadas buscando alcanzar nuevos perfiles de equilibrio.

Así podemos encontrar en la línea de costa placas o lajas lisas y acumulaciones de bloques, de variables tamaños, quedando en las ensenadas playas de bloques menores, mientras que, en la parte alta de las laderas, aunque existen también placas estructurales, la mayoría de estos rasgos quedan enmascarados por la cobertura vegetal y edáfica que fija el terreno.



**Figura 1.** Sector de Larretxiki, en Igeldo W. Acumulaciones de bloques desprendidos (arriba) y dispositivo estructural monoclinal, con buzamiento N (debajo). Nótese la alternancia de estratos gruesos de arenisca con tramos de estratificación delgada predominantemente de lutitas y margas.



**Figura 2.** Flysch de Larretxiki, Igueldo W. Los paquetes de estratificación delgada (de lutitas, margas y arenisca) resultan más erosionables, se fracturan con facilidad y son muy deslizantes, produciendo la rotura y colapso de los paquetes de estratos gruesos de arenisca sobre ellos.



**Figura 3.** Los estratos delgados de lutitas se disgregan con facilidad y generan el colapso y deslizamiento de bloques de arenisca (arriba). En la base de los contactos de lutitas con arenisca es frecuente la emergencia de aguas subterráneas, que generan manantiales permanentes (debajo).



**Figura 4.** Abrigos formados bajo un estrato resistente de arenisca por erosión y vaciado de lutitas infrayacentes.



**Figura 5.** La erosión marina va removiendo los bloques pequeños y los de litologías más blandas, dejando acumulaciones de grandes bloques tabulares de arenisca. Los promontorios y puntas, a menudo fuertemente batidos por el oleaje, dificultan el acceso y el paso por la costa, obligando a remontar escarpes y pasar por el terreno superior de la ladera.





**Figura 6.** Sobre la placa costera el estrato superior de arenisca va siendo desmantelado, dejando sistemas de corredores y zanjones entre los bloques fracturados que, al progresar su meteorización, acaban deslizando hasta el mar.



**Figura 7.** Bajo grandes bloques entre corredores se forman cuevas de recubrimiento, con diversas espeleotemas y geoformas (arriba). Algunos corredores también pueden resultar techados por otros bloques que han deslizado del estrato superior, formando abrigos techados y cuevas con concreciones carbonatadas y sistemas de boxworks en sus bóvedas. Son curiosos también los crecimientos de líquenes blancos con diseños que se asemejan a graffitis.



**Figura 8.** Detalles de la formación de boxworks en los techos de cuevas y abrigos en arenisca. La roca-caja ha ido perdiendo su cementación carbonatada por disolución intergranular. También pueden apreciarse distintos tipos de geofomas correspondientes a concreciones carbonáticas seccionadas que han quedado en relieve por avance de la disolución intergranular.

## **SISTEMAS DE CORREDORES**

Sobre las placas de roca costeras, donde finaliza la vegetación, a menudo queda un frente de colapso del estrato superior, donde los bloques incipientemente deslizados dejan espacios entre ellos, formando sistemas de zanjas o corredores, a veces parcialmente techados por otros bloques desprendidos. (Figuras 6 á 8).

Estos rasgos se acentúan sobre el borde de escarpes y recortes laterales de las placas, dando origen a numerosas cuevas de recubrimiento. En las zonas más próximas al mar, expuestas al oleaje, la potente erosión marina remueve los bloques más pequeños y los correspondientes a las litologías más blandas, dejando extensos retículos de galerías entre bloques grandes.

## **LA CUEVA DE LARRETXIKI**

La cavidad que denominamos Larretxiki fue localizada en la placa del mismo nombre, al observar que una delgada fractura se ampliaba en la zona más próxima al mar formando una boca de sima, de planta poligonal y 4 m de desnivel (Figuras 9 y 10). La base de esta sima, más amplia que la boca en superficie, se extendía lateralmente formando una larga cueva que se desarrollaba a expensas de la estratificación siguiendo hacia el Este por debajo de la placa compacta que constituye su techo.

El acceso desde la sima es complicado porque con frecuencia las olas alcanzan y penetran por esta boca, con considerable caudal. Pero rodeando la placa hacia el escarpe Este se encuentra un sistema de zanjones a través de los cuales resulta más fácil el acceso. La más alta de estas bocas de cueva está a +17 m sobre el nivel del mar en marea baja (Figura 11). Se puede acceder por ellas, con empleo de cuerda (ya que hay tramos de suelo deslizantes, con flujos de agua dulce), y recorrer la cavidad en diagonal, en sentido oblicuo al buzamiento, que es de 40° N (Figuras 12 á 15).

La cavidad es una galería única E-W de 50 m de longitud, 30 m de ancho N-S y bóveda a entre 1.5 y 2 m de altura, con pequeñas prolongaciones. Como se desarrolla a lo largo del buzamiento, el mayor desnivel se alcanza en sentido de la anchura, estando la parte baja del lado Norte invadida por el agua de mar, incluso en marea baja. Obviamente durante las pleamares las aguas ascienden casi 5 m en el interior de la galería. Adicionalmente, cerca de la boca de la sima situada al W, hay varias grietas y fisuras menores por las que entra luz y se forman cascadas de agua de mar con cada rompiente de las olas.

La galería interna está en oscuridad, es de techos y suelos lisos y secos, a excepción de algunos flujos laminares de agua dulce que procede de filtraciones en la base de una intercalación de lutitas. Posee una gran diversidad de espeleotemas. En algunos puntos de las bóvedas hay grupos de estalactitas de calcita, de hasta 10 cm de largo, así como costras de coladas estalagmíticas de 2 cm de espesor sobre parte de los suelos. En otros puntos se observan espeleotemas botroidales negras de ópalo-A y recubrimientos blancos de silicatos de aluminio amorfo. El colorido interno de la roca-caja es en general de tonos claros, desde blanco o amarillento hasta áreas con fuertes tonalidades anaranjadas. Hay puntos con fuertes tonalidades anaranjadas, rojizas y ocreas, correspondientes a la movilización y precipitación de óxidos de hierro (hematita, limonita). En las zonas próximas a las entradas iluminadas hay crecimientos de películas de algas verdes, algas rojas, y raras combinaciones de precipitados minerales de origen biogénico. Probablemente un estudio detallado de las espeleotemas y recubrimientos orgánicos de esta cavidad pondría al descubierto una extraordinaria diversidad mineralógica y de procesos geomicrobiológicos, ya que a las aguas que percolan a través de la arenisca se le suman flujos procedentes de las intercalaciones de lutitas y margas.

La cavidad resulta también singular por la combinación de elementos: zonas secas y aireadas, junto a otras húmedas, con flujos de agua dulce e invasiones de agua marina. Resulta también un espectáculo estar dentro de la galería escuchando como rugen y retumban las olas mientras penetra en cascadas el agua de mar invadiendo la parte más baja de la galería.

En cuanto a la génesis de la cavidad, podríamos decir que se trata de una cueva marina, parcialmente. En realidad, el volumen subterráneo excavado, que forma la actual galería, corresponde a la disolución, erosión y vaciado de un paquete de lutitas, margas y areniscas, intercalado entre estratos gruesos y compactos de arenisca carbonática. Resulta más o menos obvio que los materiales desprendidos y disueltos han resultado evacuados por la acción erosiva intermareal. Pero obsérvese que la acción marina se limita a la parte basal, estando más de 4/5 partes de la galería por encima del alcance de la acción de las mareas y el oleaje. Por consiguiente, son las aguas dulces de infiltración las que en mayor medida producen la desagregación y meteorización de las rocas de la serie, actuando la erosión marina en la remoción y vaciado, es decir, en la ampliación del volumen excavado.

## **CUEVAS DE RECUBRIMIENTO**

Aparte de la cueva descrita, formada en roca compacta, existen en el sector estudiado infinidad de cuevas de recubrimiento, entre y bajo grandes bloques tabulares colapsados. Algunas se extienden entre corredores y otras bajo rellenos de grandes acumulaciones de bloques. En estos casos también la acción marina contribuye a la remoción de los bloques menores y los correspondientes a las litologías más blandas y erosionables (Figura 16).

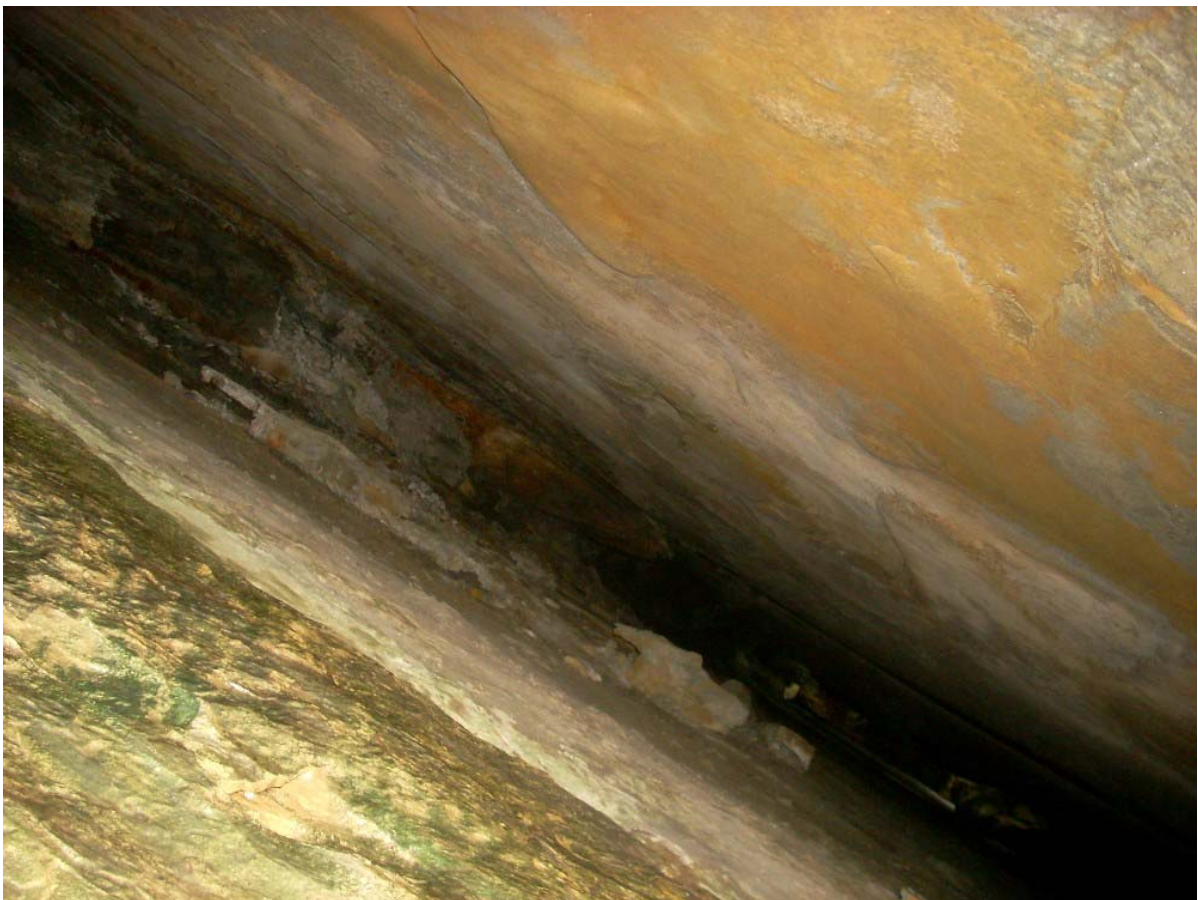
En los promontorios, puntas y escarpes laterales estas cuevas conservan sus rasgos estructurales poco retocados. Mientras que en las playas y ensenadas las morfologías son más redondeadas, a veces con suelos constituidos por cantos rodados.



**Figura 9.** La placa de Larretxiki posee en su parte W una boca de sima, de -4 m, que da acceso a una cueva extensa que se desarrolla bajo los estratos superiores de la placa. El acceso se ve dificultado porque las olas alcanzan esta boca.



**Figura 10.** Detalle de la sima de acceso a la cueva de Larretxiki, con agua de mar en su interior, en marea baja. Puede apreciarse también la existencia de otras grietas que comunican con la parte inferior de la cueva.



**Figura 11.** Corredor situado a 50 m al Este de la boca de sima de Larretxiki, en cuyo fondo se abren varias bocas que permiten acceder a la cueva. En la imagen superior se aprecian distintos abrigos y curiosos diseños de líquenes blancos. En la imagen inferior una vista hacia la parte interna de la cueva desde la boca superior en la cota +17 m.



**Figura 12.** Detalles del interior de la parte central de la cueva de Larretxiki, con la luz que penetra por la sima y otras grietas en la placa (la luz del primer plano es del flash). Nótese el colorido y diversidad de espeleotemas.





**Figura 13.** Otros detalles del interior de la cueva de Larretxiki, con flujos laminares de agua y espeleotemas.



**Figura 14.** Vista desde la parte central interior de la cueva de Larretxiki hacia la boca de acceso, abierta en la base de un corredor (arriba) y vista hacia la parte baja ocupada por agua de mar (debajo). Nótese los recubrimientos estalagmíticos en suelos y otras espeleotemas de calcita en las bóvedas. Puede apreciarse también la cuerda estática usada para asegurar el paso de zonas húmedas deslizantes.



**Figura 15.** Galería central de 50 m de la cueva de Larretxiki, con diversas espeleotemas y recubrimientos de algas verdes.



**Figura 16.** Escarpes laterales en el sector Este de Larretxiki, donde se aprecia la estratificación delgada y alternante de la serie flysch (arriba) y bloques tabulares de arenisca que han colapsado dejando espacios entre ellos (debajo). Bajo los más grandes llegan a formarse cuevas de recubrimiento de hasta varias decenas de metros de desarrollo.

## FAUNA CAVERNICOLA

Estos tipos de cuevas se presentan en una zona de frontera entre las aguas del mar y el karst en arenisca. Desde el punto de vista ecológico se trata de zonas de transición que representan una de las vías de colonización de las aguas subterráneas kársticas continentales por formas de origen marino. Al igual que el intersticial de las playas, constituyen un medio transicional utilizado por invertebrados de origen marino para ganar las aguas subterráneas; de hecho, muchas estirpes de copépodos, isópodos y anfípodos troglóbios han seguido esta vía remontante en sus primeras fases de colonización del karst (Glynne-Williams & Hobarts, 1952; Morton, 1954; Richoux, 1971; Juberthie, 1983; Galán, 1993).

En las zonas en penumbra de las cuevas que resultan invadidas por el mar existen tapices de algas verdes en las partes más bajas, seguidas de otra franja intermareal donde crecen algas rojas. En esta zona se encuentran muchas especies litorales sin adaptaciones específicas para la vida hipógea. Entre otras: moluscos gasterópodos, bivalvos, poliplacóforos, crustáceos cirrípedos, decápodos, isópodos marinos, esponjas silíceas, briozoos y poliquetos serpúlidos.

En zona oscura, en la parte aérea intermareal con fragmentos detríticos, son comunes pequeños poliquetos errantes, tubícolas y perforadores, tales como *Cirratulus cirratus*, *Eulalia viridis*, *Perinereis marionii*, *Terebella lapidaria*, *Syllis*; nemertinos *Linneus sp.*; isópodos *Cyathura carinata*; bivalvos *Kurtiella*; ácaros y otros microartrópodos litorales indeterminados.

En zona oscura, en litoclasas y mesocavernas excavadas en la roca-caja, hemos hallado pseudoescorpiones *Neobisium*; quilópodos Schendylidae *Hydroschendyla*; colémbolos Neanuridae *Anurida maritima*; thysanuros *Zygentoma* Lepismatidae cf. *Lepisma saccharina*. Algunos de estos últimos pueden considerarse troglófilos.

En cavidades más alejadas del mar es común una fauna terrestre con predominio de diversas especies troglógenas de isópodos terrestres, araneidos, opiliones, dípteros y pequeños coleópteros. Estos ambientes transicionales terrestres poseen biocenosis semejantes a las que se presentan en cavidades y grietas del lapiaz en el karst clásico en caliza.

En las aguas subterráneas existe una nutrida representación de microartrópodos dulceacuícolas, con diversas especies de ostrácodos, copépodos, así como grandes ejemplares del anfípodo *Echinogammarus berilloni*.

La ausencia de troglóbios típicos y la composición de las biocenosis (con una gradación desde habitats marinos hasta otros continentales, acuáticos y terrestres), hacen de estas cuevas un medio transicional, diferenciado del MSS en coluviones de ladera y ampliamente equivalente al que se encuentra en los ambientes superficial e intermedio de las cuevas en caliza.

A medida que progrese la identificación taxonómica de los materiales colectados, sin duda se incrementará el número y diversidad de especies reportada para los distintos habitats de este curioso karst en arenisca.

## CONCRECIONES Y GEOFORMAS

Tanto en cuevas como bajo grandes bloques de superficie son frecuentes muy diversos tipos de concreciones y geoformas. Las más frecuentes son concreciones carbonatadas, esféricas y tabulares, que suelen resultar seccionadas por la fracturación de los estratos de arenisca en bloques prismáticos. Hay también ejemplos en que la disolución deja en relieve estas concreciones, o bien resultan removidas formando concavidades. En bloques que techan corredores y en bóvedas de cuevas de recubrimiento hemos encontrado diversos ejemplos de sistemas de boxworks sobre superficies arenizadas (Figuras 7 y 8).

En los paquetes de lutitas y margas intercalados en la serie es frecuente observar la emergencia de flujos laminares de agua, que portan en solución óxidos de hierro y generan depósitos y espeleotemas de limonita y hematita, las cuales tiñen de colores ocre, amarillentos y rojizos la arenisca adyacente (Figuras 17 y 18). En puntos localizados la emergencia de agua subterránea es más considerable y genera pequeños manantiales permanentes (Ver por ejemplo Figura 3). Ello prueba la existencia de infiltración a través del conjunto de la serie flysch, aunque normalmente las lutitas resultan removidas sin formar cavidades, restringiéndose la ocurrencia de cuevas a tramos entre estratos de arenisca o que tienen por techo a estas últimas.

Entre los bloques desprendidos en zona litoral son frecuentes láminas y concreciones de óxidos de hierro, o de hierro y aluminio, que han precipitado y rellenado fisuras formando tramas complejas. Estas láminas por lo común son de muy débil espesor (inferior al milímetro) aunque en ocasiones generan depósitos más espesos con morfologías globulares y botroidales. También se puede observar en estos bloques una multiplicidad de microformas alveolares, restos de gangas arcillo-arenosas que envolvieron concreciones, estructuras aparentemente debidas al escape de fluidos durante la compactación del sedimento y diversos ejemplos de laminaciones y estructuras de corriente en las areniscas, a veces con coloraciones alternas de curiosos diseños, que varían en distancias cortas (Figuras 19 a 23).

Las superficies de bloques de arenisca que estuvieron en contacto con lutitas a menudo presentan también una gran variedad de ichnofósiles o trazas fósiles de organismos marinos. Estas forman rastros, huellas y perforaciones. Los animales que habitaban en la superficie de los sedimentos arcillosos o que excavaban galerías en ellos dejaron su impronta en negativo sobre las lutitas, generando un contramolde en relieve positivo en las arenas suprayacentes (Figura 24).

Por último, resulta también llamativa la ocurrencia de líquenes en patrones de extraños diseños. En este sector encontramos muchos ejemplos de crecimientos de líquenes blancos y amarillos (Figura 24), con diseños y espaciamientos irregulares, siendo por demás conspicuos muchos diseños que se asemejan a graffitis y dibujos infantiles de animalitos (Ver por ejemplo Figuras 7 y 11).



**Figura 17.** En las intercalaciones de lutitas, en la proximidad de la cueva de Larretixi, son frecuentes flujos laminares de aguas subterráneas que portan en solución óxidos de hierro y generan depósitos y espeleotemas de limonita y hematita, las cuales tiñen de colores anaranjados y rojizos la arenisca adyacente. Las aguas del acuífero intergranular en la arenisca poseen a menudo un carácter multicomponente, lo que genera mayor reactividad química de las soluciones y mayor diversidad mineralógica en las espeleotemas.



**Figura 18.** Detalles de flujos subterráneos procedentes de intercalaciones de lutitas ricas en óxidos de hierro y otros elementos, los cuales generan depósitos y espeleotemas de impactantes coloridos.



**Figura 19.** Sistemas de cuevas de recubrimiento bajo grandes bloques tabulares de arenisca. Obsérvese los suelos de cantos rodados en la imagen inferior. Algunos de estos sistemas de cuevas alcanzan decenas de metros de desarrollo.





**Figura 20.** Laminaciones de colores alternos en un canto rodado de arenisca de tamaño métrico (arriba) y láminas y concreciones de óxidos y silicatos de hierro y/o aluminio sobre bloques desprendidos y erosionados (debajo).



**Figura 21.** Diversos ejemplos de laminaciones y concreciones de óxidos de hierro rellenando fisuras en la arenisca. En la imagen inferior se puede apreciar en la superficie expuesta distintas morfologías laminares, globulares y botroidales de concreciones de óxidos de hierro de espesores milimétricos.



**Figura 22.** Diversos ejemplos de concreciones y láminas de óxidos de hierro y aluminio, de diseños complejos, formas alveolares y concreciones carbonatadas, en bloques de arenisca sobre la plataforma costera.



**Figura 23.** Restos de gangas y concreciones carbonatadas en bloques de arenisca. La erosión marina, en la zona de alcance del oleaje y las mareas, va removiendo los fragmentos menores y de litologías más blandas, dejando y redondeando las superficies de los bloques mayores.



**Figura 24.** Diversidad de concreciones carbonatadas y geofomas en la arenisca (imagen superior). Sobre la franja intermareal son frecuentes bloques con crecimientos de líquenes amarillos y trazas fósiles (ichnofósiles) de organismos marinos que habitaron en los sedimentos en la zona abisal (imagen inferior).

## DISCUSION Y CONCLUSIONES

Los datos expuestos en esta nota, de carácter descriptivo, solo pretender ilustrar la diversidad de cavidades, espeleotemas y geoformas que pueden encontrarse en las areniscas del flysch Eoceno. Y la diversidad de factores y procesos que pueden influir en su karstificación.

La estratificación delgada del flysch en este sector, con frecuentes intercalaciones de lutitas y margas, es poco favorable para la formación de cavidades. El buzamiento medio de las capas facilita por el contrario el deslizamiento, fractura, soliflucción y colapso de bloques. Pero la exploración detallada de estos terrenos, abruptos y poco accesibles, está revelando la presencia de enclaves con cuevas de considerable desarrollo y volumen interno, a menudo con espeleotemas y múltiples rasgos geo-biológicos de interés.

Las cavidades descritas en este trabajo muestran a su vez que su génesis está comandada o influida por una variable cantidad de procesos, que incluyen no sólo la disolución intergranular de la arenisca, sino también la erosión normal y marina, por remoción y vaciado de lutitas y margas intercaladas en la serie. El sector y la cueva de Larretxiki agregan de este modo nuevos datos sobre la karstificación de las areniscas del flysch Eoceno de la Costa Vasca.

## AGRADECIMIENTOS

Agradecemos a todos los compañeros y colaboradores del Laboratorio de Bioespeleología de la S.C.Aranzadi que nos han acompañado en las prospecciones y trabajos de campo en los litorales de Igueldo, Ulía y Jaizkibel, especialmente a Marian Nieto, José M. Rivas, Daniel Arrieta, Piero Di Bartolomeo, e Iñigo Herraiz. El trabajo se ha beneficiado también con la revisión crítica y sugerencias de varios zoólogos y geólogos especializados en fenómenos kársticos en arenisca.

## BIBLIOGRAFIA

- Boillot, G. & J. Malod. 1988. The north and north-west Spanish continental margin: a review. *Rev.Soc.Geol.España*, 1: 295-316.
- Campos, J. 1979. Estudio geológico del Pirineo vasco al W del río Bidasoa. *Munibe, S.C.Aranzadi*, 31(1-2): 3-139.
- Galán, C. 1993. Fauna Hipógea de Gipuzkoa: su ecología, biogeografía y evolución. *Munibe (Ciencias Naturales), S.C.Aranzadi*, 45 (número monográfico): 1-163.
- Galán, C. 2013. Cuevas, geoformas y karstificación en areniscas Eocenas de la Formación Jaizkibel: Actualización de datos para Mayo de 2013. Conferencia con audiovisual en Power point. Hondarribia, Expo. Flysch C.Vasca, 10-05-13 & Web aranzadi-sciences.org, Archivo PDF, 82 pp.
- 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. 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. 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. Reedid.modificada Galán & Nieto, 2010.
- Galán, C. & C. Vera Martin. 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 Martin. 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.; J. Rivas & M. Nieto. 2007. Pseudokarst en arenisca del flysch costero Eoceno, Gipuzkoa. *Lapiaz, Fed. Espeleol. Com. Valencian.*, 31: 1-40. + Pag web aranzadi-sciences.org, Archivo PDF, 44 pp. + Pag web Cota0.com, Art. Cienc., 44 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. ; C. Vera Martin & M. Molia. 2009. Análisis por espectrometría Raman y XPS de muestras de Paramoudras en arenisca de la Formación Jaizkibel. Pag. web aranzadi-sciences.org, Archivo PDF, 8 pp.
- Galán, C.; J. Rivas & Dv. 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). Pag. web aranzadi-sciences.org, Archivo PDF, 28 pp.
- Glynn-Williams, J. & J. Hobarts. 1952. Studies on the crevice fauna of a selected shore in Anglesey. *Proc. Zool. Soc. London*, 122 : 797-824.
- Juberthie, C. 1983. Le Milieu souterrain: étendue et composition. *Mémoires de Biospéologie*, Tome X : 17-66. Biogeographie de la faune souterraine. Colloque de la Société de Biospéologie, Béziers, 1982. Communications Libres.
- Morton, J. E. 1954. The crevice fauna of the upper intertidal zone at Wembury. *Journ. Mar. Biol. Ass., U.K.*, 33: 187-224.
- Rat, P. 1988. The basque-cantabrian basin between the iberian and european plates, some facts but still many problems. *Rev.Soc. Geol.España*, 1: 327-348.
- Rat, P. et al. 1983. Vue sur le Crétacé basco-cantabrique et nord-ibérique. *Mém.Géol.Univ.Dijon, Inst.Scienc.Terre*, 9: 1-191.
- Richoux, Ph. 1971. Ecologie, Ethologie de la faune des fissures intertidales de la région malouine. Thèse de spécialité, Univ. Lyon, pp : 1-89.
- Robles, S.; V. Pujalte & J. García Mondejar. 1988. Evolución de los sistemas sedimentarios del margen continental cantábrico durante el Albiense y Cenomaniense, en la transversal del litoral vizcaíno. *Rev.Soc.Geol.España*, 1: 409-441.