

CAVIDADES Y GEOFORMAS EN ARENISCA DEL FLYSCH EOCENO EN EL VALLE DE EGILUZE (SAN SEBASTIÁN, PAÍS VASCO).

Cavities and geofoms in sandstone of the Eocene flysch in the Egiluze valley (Saint Sebastian, Basque Country).



Carlos GALÁN, José M. RIVAS & Laura NÚÑEZ. Sociedad de Ciencias Aranzadi. Enero 2019.

CAVIDADES Y GEOFORMAS EN ARENISCA DEL FLYSCH EOCENO EN EL VALLE DE EGILUZE (SAN SEBASTIÁN, PAÍS VASCO).

Cavities and geofoms in sandstone of the Eocene flysch in the Egiluze valley (Saint Sebastian, Basque Country).

Carlos GALÁN; José M. RIVAS & Laura NUÑEZ.

Laboratorio de Bioespeleología. Sociedad de Ciencias Aranzadi.

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

E-mail: cegalham@yahoo.es

Enero 2019.

RESUMEN

La existencia de estratos gruesos de arenisca en la serie de turbiditas abisales de la Formación Jaizkibel (de edad Eoceno) ha dado origen en el litoral de Igueldo - Mendizorrotz a diversas formas de relieve, entre ellas, placas costeras, chevrons y espolones abruptos, recortados lateralmente por escarpes verticales. Los estratos individuales alcanzan varios metros de potencia. La erosión de superficie y procesos clásticos mecánicos generan fracturas y desprendimiento de bloques. En las zonas de borde la disolución intergranular es muy activa y disuelve el cemento carbonático, desagrega la arenisca y remueve concreciones esféricas y planares. De este modo se generan numerosos abrigos, cavidades, redes de mesocavernas y una amplia variedad de geoformas. El trabajo describe diversos ejemplos encontrados en escarpes de arenisca del valle de Egiluze y comenta sus principales características.

Palabras clave: Karst en arenisca, Geomorfología, Espeleología, Disolución intergranular, Geoformas, Fauna cavernícola.

ABSTRACT

The existence of thick strata of sandstone in the series of abyssal turbidites of the Jaizkibel Formation (of Eocene age) has given rise in the coast of Igueldo - Mendizorrotz to diverse forms of relief, among them, coastal plates, chevrons and abrupt spurs, cut laterally by vertical escarpments. The individual strata reach several meters thick. The erosion of surface and mechanical clastic processes generate fractures and detachment of blocks. In the edge areas the inter-grain dissolution is very active and dissolves the carbonatic cement, disaggregates the sandstone and removes spherical and planar concretions. In this way, numerous shelters, cavities, meso-caverns networks and a wide variety of geofoms are generated. The work describes several examples found in sandstone escarpments of the Egiluze valley and comments on its main characteristics.

Keywords: Karst in sandstone, Geomorphology, Speleology, Inter-grain dissolution, Geofoms, Cave fauna.

INTRODUCCION

La Formación Jaizkibel está constituida por una secuencia de turbiditas abisales, de edad Eoceno, la cual alterna estratos gruesos de arenisca carbonática con otros delgados de lutitas y margas. El espesor preservado de la serie alcanza 1.500 m de potencia (Campos, 1979). En las zonas donde los estratos de arenisca son más gruesos se producen procesos de karstificación, por disolución intergranular de las areniscas y tubificación o piping, lo cual genera gran número de cavidades y geoformas, a distintas escalas (Galán, 2013; Galán et al, 2009, 2013 a).

El proceso fundamental que rige la génesis de cavidades en esta litología es la disolución intergranular de la roca-caja, que afecta mayoritariamente al cemento carbonático y en menor proporción a los granos de cuarzo y otros componentes minoritarios de la arenisca. Muchos estratos de arenisca contienen concreciones esféricas (cannonballs), tubulares (sandstone logs) y planares, con mayor contenido en carbonatos, y resultan disueltas y removidas con mayor facilidad. Lo que genera pequeñas cavidades, oquedades y redes de mesocavernas, aparte de múltiples abrigos en la base de los estratos, que constituyen el punto de salida del agua intergranular. En estas cavidades son frecuentes muy diversas geoformas y algunas espeleotemas en las cuevas mayores.

Los ejemplos que presentamos se localizan a lo largo de los escarpes laterales de estratos de arenisca que coronan la serie en el valle de Egiluze, localizado entre la ensenada de Agiti y Urberde, en la parte central de la cadena Igueldo - Mendizorrotz.

MATERIAL Y METODOS

En la exploración de los enclaves y cavidades se utilizaron frontales con iluminación de Leds, cuerdas y material topográfico Suunto (brújula, clinómetro). Se realizaron observaciones y se tomaron algunas muestras de roca y espeleotemas, que fueron estudiadas en laboratorio bajo microscopio binocular Nikon y analítica DRX. Se colectaron ejemplares de especies troglófilas, que fueron estudiadas en laboratorio. Se obtuvieron fotografías con una cámara digital Panasonic, a fin de ilustrar los principales rasgos de las cavidades y sectores explorados.

RESULTADOS

El área de estudio comprende la cuenca de Egiluze, localizada entre la ensenada de Agiti y el valle de Urberde, en la parte central de la cadena litoral monoclinial Igueldo - Mendizorrotz, en el término municipal de San Sebastián. Topográficamente esta alineación montañosa tiene una dirección E-W y un buzamiento Norte variable, que en el sector de Urberde - Egiluze - Agiti es de 30°N, formando en la costa grandes lajas o placas lisas surcadas por fracturas longitudinales N-S (Figura 01).

La parte alta de la cadena litoral alcanza 416 m snm en la cumbre de Mendizorrotz y 279 m snm en el monte Igueldo. Sobre el flanco N monoclinial, que drena directamente al mar, se han formado pequeños ríos cataclinales que entallan profundos barrancos, de corto recorrido, trazado rectilíneo y acentuada pendiente. Los interfluvios entre barrancos han generado un relieve de chevrons, de formas triangulares en planta, limitados por pequeños escarpes verticales formados por estratos gruesos de arenisca puestos en relieve por erosión diferencial, al progresar la incisión de los cursos de agua.

El término chevron se utiliza en geología estructural para designar pliegues de estratos con charnela angulosa y flancos planos, que se intersectan en ángulos agudos. Pero también designa en geomorfología los restos de rocas resistentes localizadas en los flancos de anticlinales y en los dorsos de cuesta, que adquieren formas triangulares, por la incisión de las corrientes de agua sobre ellos. Se llama "ruz" a los ríos consecuentes o cataclinales que recorren el flanco de un pliegue; la sucesión de ruzs paralelos en un flanco forma en los interfluvios un relieve en forma de punta de flecha denominado "chevron" (borde elevado de un ruz).

La cuenca del arroyo Egiluze, al igual que la de Urberde (situada al W de ella), tienen talwegs con forma de Y invertida, con una base estrecha apuntando al N y una cuenca alta más amplia hacia el S. Los escarpes de los chevrons presentan igual disposición y están conformados por estratos gruesos de arenisca que coronan la serie de turbiditas en el sector (Figuras 01 y 02). El relieve sobre ellos que da hacia el mar sigue la estructura plana del monoclinial, con grandes placas desprovistas de vegetación en el litoral y pequeños escarpes laterales entre distintos paquetes de estratos duros de arenisca. De hecho los cursos de agua de Egiluze y Urberde se encajan en profundas y estrechas grietas al alcanzar las placas costeras, formando cuevas de recubrimiento extensas bajo un relleno de grandes bloques fracturados (que han deslizado hasta la línea de costa) y entre fracturas paralelas.

En años previos exploramos la zona costera, encontrando una gran diversidad de cavidades (Galán, 2001; Galán & Arrieta, 2014; Galán & Nieto, 2012; Galán et al, 2009, 2013 a, b). En esta ocasión nuestro trabajo se dirigió a prospectar los escarpes de chevrons y la cuenca de Egiluze entre cotas de 200 m y la placa costera, donde observaciones anteriores sugerían que podrían encontrarse cavidades de interés en la arenisca. Particularmente parecía probable que en la base de los escarpes se desarrollaran cuevas siguiendo el buzamiento N. Los resultados obtenidos fueron algo distinto a lo esperado, pero igualmente interesantes.

El área de estudio comprende los escarpes de los dos espolones que limitan la cuenca de Egiluze a E y W, los talwegs de los barrancos y algunas acumulaciones de bloques en los fondos de valle (Figuras 01 y 02). En conjunto encontramos cuatro cuevas, tres grandes abrigos y numerosas cavidades menores, con diversas geoformas. Las cuevas poseen espeleotemas, tapices de microorganismos y una fauna de invertebrados variablemente cavernícola, que incluye especies troglófilas de invertebrados.

A continuación, la descripción por sectores, señalando en cada caso sus principales características.

Espolón W.

Se extiende entre la cota 200 m snm y la laja costera (Figuras 03 á 15). En su parte alta, los escarpes sólo presentan pequeños abrigos, oquedades y algunas mesocavernas, pero al alcanzar la cota 140 m snm el escarpe forma una punta prominente. Bajo ella se desarrolla una cueva-túnel que enlaza con un amplio abrigo inferior. Esta cueva (Egiluze 01) se localiza en coordenadas ETRS89 UTM 30N: E 574.457, N 4.795.108.

La cueva consta de un tramo en túnel de 6 m de largo y 2 m de diámetro que comunica con un abrigo techado de 10 m de largo, el cual posee un pequeño lateral y una claraboya de +8 m que comunica con la parte alta del montículo (Figuras 03 á 07). Su desarrollo total es de 28 m y el desnivel total de -12 m.

La cavidad posee delgados recubrimientos de espeleotemas blancas de silicatos de aluminio amorfo. Las bóvedas y paredes de la cueva y del abrigo poseen diversas geoformas, tales como boxworks de poco relieve, prominencias y envolturas de concreciones esféricas o cannonballs. En la parte inferior del abrigo hay otras oquedades en burbuja, con una cámara interna varias veces más amplia que su boca o apertura. Los suelos y oquedades poseen rellenos de arena fina, producto de la disolución intergranular y desagregación de la roca-caja.

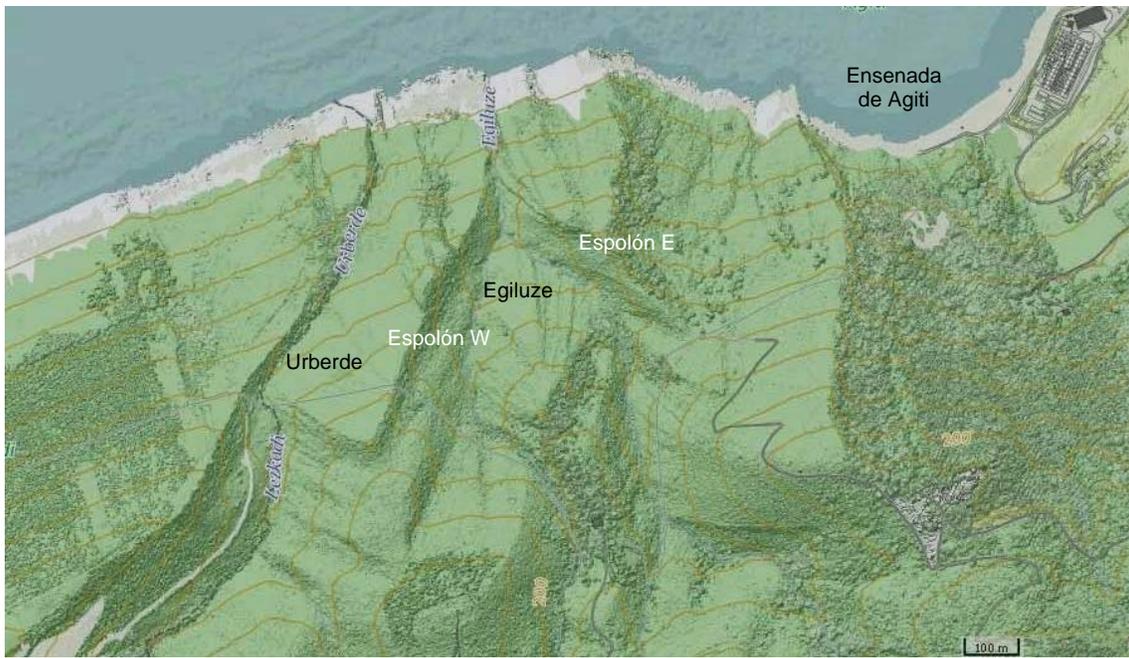


Figura 01. La cadena costera Igeldo - Mendizorrotz, con la ubicación de las cuencas de Egiluze y Urberde. Debajo: Vista desde el N del frente costero: relieve y morfología de chevrons. Fuente: b5m.gipuzkoa.net.

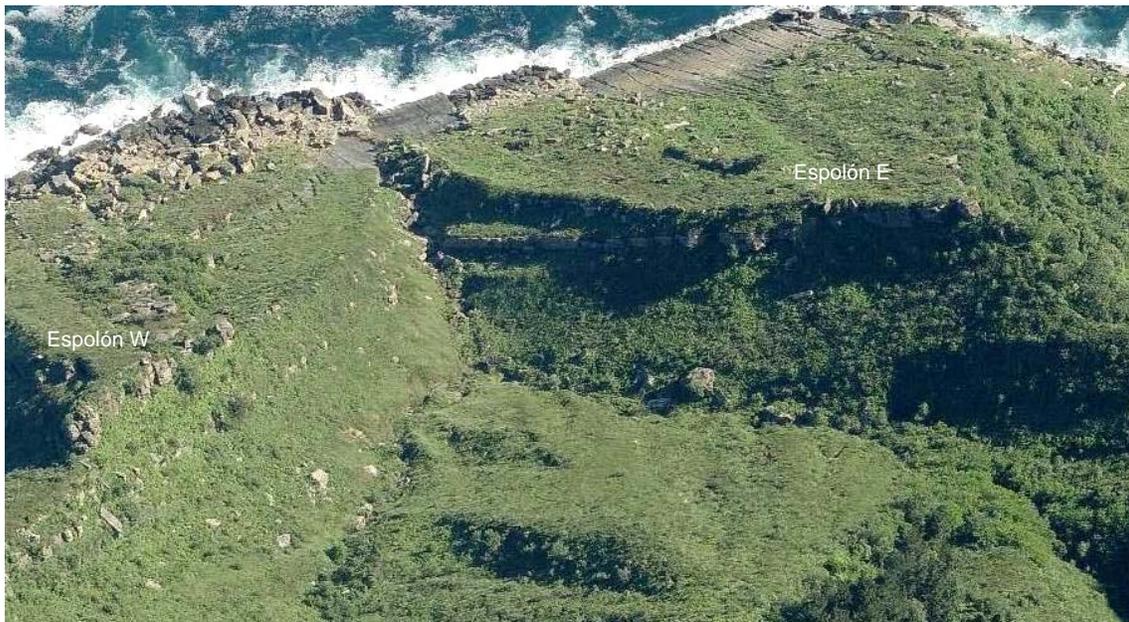
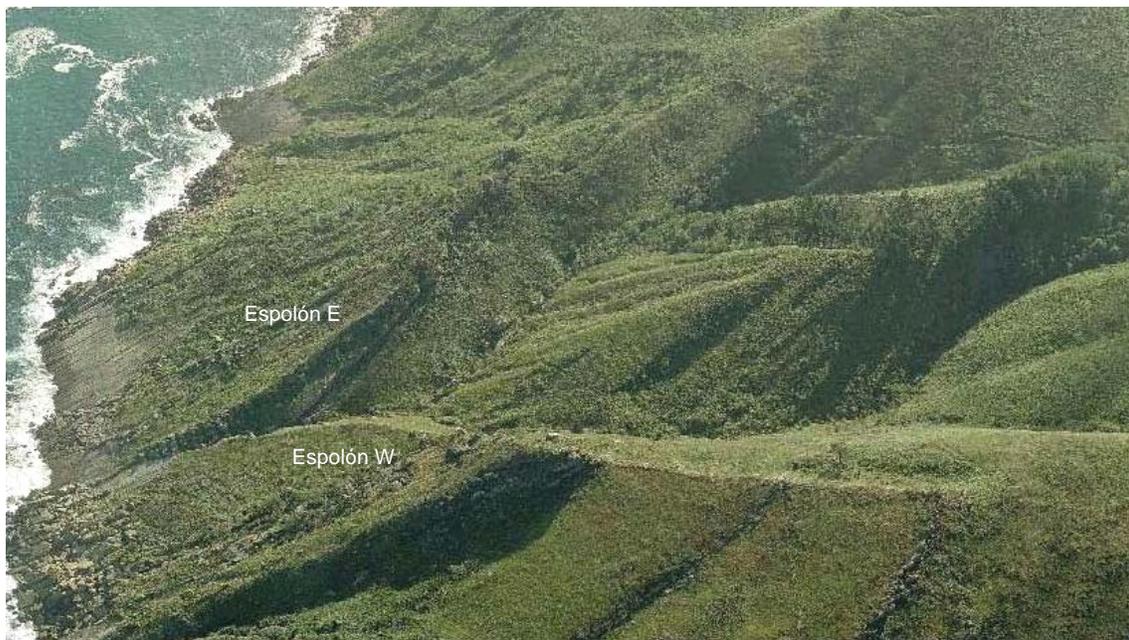


Figura 02. Relieve de chevrons en la cuenca de Egiluze, con los espolones E y W. Ortofotos con vistas desde el W (arriba), Sur (centro) y Sur (ampliado, debajo). Fuente: b5m.gipuzkoa.net.



Figura 03. El espolón W visto desde la colina central (cota 197 m snm) de la cuenca de Egiluze (arriba) y parte superior del espolón, con bloques fragmentados del estrato superior (debajo). A la derecha, el espolón E.



Figura 04. En la parte media del espolón W de Egiluze se alza un promontorio en cuya base se abre una cueva-túnel (flecha roja) que comunica y prosigue en amplio abrigo techado (flecha blanca), con una claraboya en su parte alta.



Figura 05. Boca superior de la cueva-túnel, con diversas geoformas (arriba) y boca inferior, abierta al abrigo, con algunas espeleotemas de silicatos de aluminio amorfo (debajo). Espolón W de Egiluze.



Figura 06. Abrigo que prolonga la cueva-túnel de Egiluze W, con detalles de: espeleotemas, claraboya con raíces y diversas geoformas en su bóveda (boxworks y envolturas de concreciones esféricas o cannonballs).



Figura 07. Galería de entrada de la cueva-túnel (con flash) (arriba) y parte inferior del abrigo, con otras oquedades en burbuja (la cámara interna es varias veces más amplia que la boca o apertura) (debajo).



Figura 08. A lo largo de la mitad inferior del espolón W de Egiluze hay numerosos abrigos, a distintas alturas, con diversas geoformas: laminaciones, estructuras de corriente, boxworks, formas cordadas. La roca en el interior de los abrigos es de colores claros y se disgrega con facilidad (está "arenizada" o decementada) mientras que las superficies externas presentan colores grises y están endurecidas (recementadas por carbonatos).



Figura 09. Detalle de amplios abrigos con diversidad de boxworks y oquedades de concreciones disueltas.



Figura 10. El espolón W de Egiluze, con grandes abrigos y bloques fracturados y caídos del estrato superior.



Figura 11. Abrigos con múltiples geoformas en el estrato superior del espolón W.



Figura 12. Puentes de roca formados por bloques desprendidos y oquedades de concreciones esféricas removidas por disolución intergranular. Algunas de ellas conservan parte de las gangas arcillo-arenosas envolventes.



Figura 13. Diversidad de boxworks, formas cordadas y otras geoformas en el interior de un abrigo.

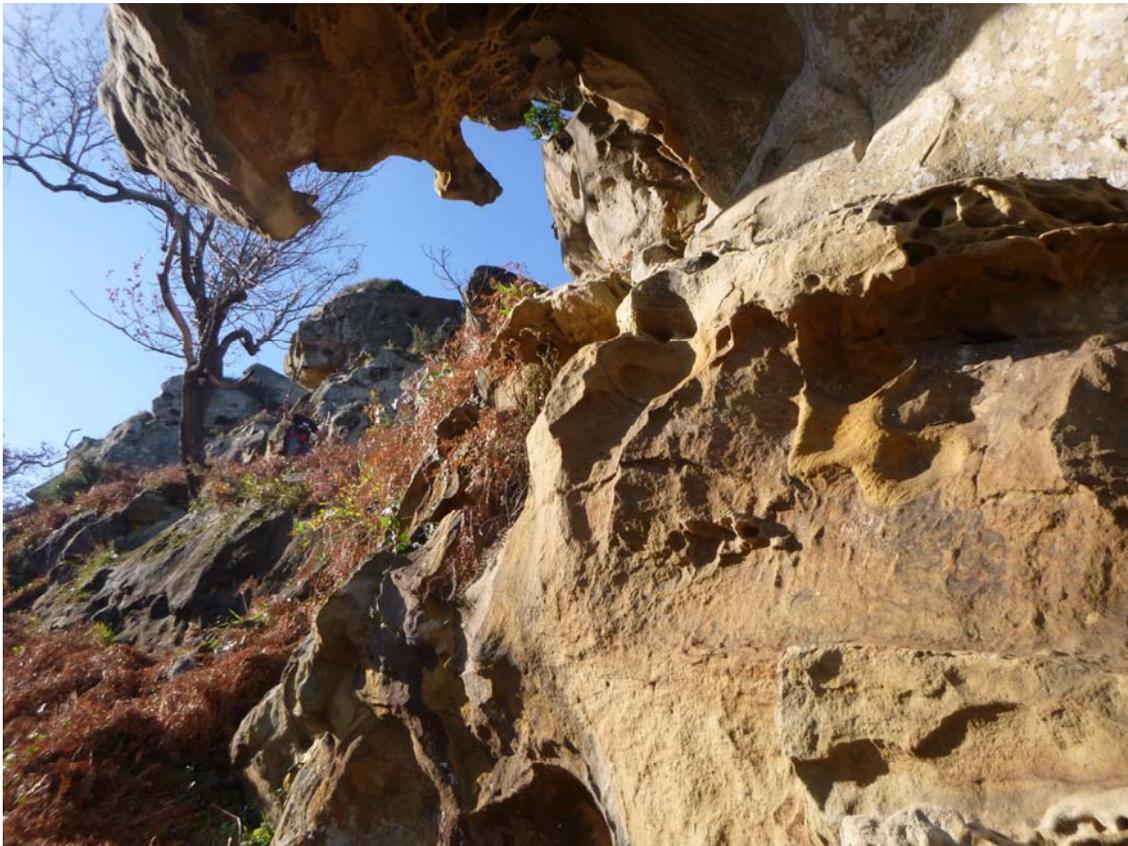


Figura 14. Pasos de escalada para alcanzar cornisas y prospectar el terreno en busca de cavidades en arenisca.



Figura 15. Por debajo de la cota 100 m snm, tras los últimos grandes abrigos, el espolón W da paso a una placa costera, con un escarpe lateral, lisa y cubierta en su zona alta de vegetación arbustiva de argomas y helechos.



Figura 16. En la cuenca de Egiluze, particularmente en la colina central, hay zonas con gran número de pequeñas cuevas y mesocavernas (diámetros de 0,8 a 0,2 m) formadas por disolución y remoción de concreciones esféricas, cilíndricas y planares. Algunas de ellas poseen conductos penetrables de varias decenas de metros, con espeleotemas diversos, films de microorganismos y fauna cavernícola.



Figura 17. Espolón Este de Egiluze (visto desde el W, arriba). Se inicia en un punto alto en la cota 135 m snm (flecha roja y detalle debajo). En la cota 100 se aprecia una torre de roca (flecha naranja) y, debajo de él, un amplio abrigo.



Figura 18. Tramo superior del espolón E de Egiluze. Pequeños abrigos y geoformas.



Figura 19. Pequeñas cavidades formadas por remoción de concreciones y geoformas en abrigos producidas por procesos de disolución intergranular de la arenisca.



Figura 20. Monolito o torre de roca formada por el vuelco de bloques fragmentados del estrato superior. Espolón E.

Por debajo de la cota 140 m snm el escarpe presenta mayor desnivel, con cornisas superpuestas y abrigos a distintas alturas (Figuras 08 á 15). La roca en el interior de los abrigos es de colores claros y se presenta arenizada (o decementada y se disgrega con facilidad) mientras que las superficies externas de la arenisca presentan colores grises y están endurecidas (recementadas por carbonatos). Los abrigos presentan muy diversas geoformas: laminaciones, estructuras de corriente, boxworks, formas cordadas, oquedades de diversos tamaños producto de la disolución y remoción de concreciones, mesocavernas y bloques de colapso con geoformas en sus caras inferiores y externas. En la cota 100 m snm hay un gran abrigo (amplio y alto) con un puente de roca en su parte superior, formado por el colapso y deslizamiento de un bloque que ha quedado acuñaado en el techo. Algunas concavidades semiesféricas conservan parte de las gangas arcillo-arenosas envolventes de cannonballs removidos. Por debajo de este último gran abrigo, el espolón W da paso a una placa lisa, con un escarpe lateral, que se extiende hasta la línea de costa.

Colina central.

En la parte central de la cuenca de Egiluze, entre las dos ramas en Y que forman los barrancos, se localiza una colina residual (punto alto en la cota 197 m snm). En sus flancos hay zonas con gran número de pequeñas cuevas (diámetros de 0,8 á 0,2 m) y mesocavernas, formadas por disolución y remoción de concreciones esféricas, cilíndricas y planares (Figura 16). Algunas de ellas poseen conductos penetrables de más de una decena de metros, con espeleotemas, films de microorganismos y fauna cavernícola.

Redes de mesocavernas de este tipo han sido encontradas previamente en otros puntos de los litorales de Igueldo, Ulía y Jaizkibel (Galán & Rivas, 2013; Galán et al, 2007, 2009). A veces los conductos son coalescentes y generan redes dendríticas, con conductos interconectados de débil diámetro y difícilmente penetrables (diámetros inferiores a 20 cm). Pero constituyen un biotopo oscuro de cierta extensión, frecuentado por micromamíferos (topillos, roedores, pequeños carnívoros), así como por invertebrados de hábitos cavernícolas.

Los rellenos de arena en su interior y la ocurrencia de delgados films de espeleotemas sugieren que han sido formados por disolución preferente de las concreciones (con mayor contenido en carbonatos), y que luego pueden evolucionar desagregando también la roca-caja. En algunos casos se conservan restos de las concreciones o de sus gangas envolventes, y sobre ellas se generan también geoformas tales como boxworks y redes alveolares.

Espolón E.

Se extiende entre un punto alto en la cota 135 m y la zona de confluencia de las dos ramas de la Y en la cota 70 m (Figuras 17 á 30). El tramo superior del espolón, entre cotas 135 m y 100 m snm, presenta abrigos y geoformas, producidas por procesos de disolución intergranular de la arenisca, incluyendo concavidades formadas por remoción de concreciones esféricas. En la parte basal del escarpe se aprecian pequeños abrigos excavados por remoción de intercalaciones delgadas de lutitas y tramos de estratos de espesor métrico que han colapsado por fractura mecánica y subsidencia gravitacional. En la cota 100 m se localiza un monolito o torre de roca formado por el vuelco de bloques fragmentados del estrato superior (Figuras 17 á 21).

Bajo la zona de la torre de roca se localizan dos grandes abrigos, uno colgado en la pared del escarpe y otro, más extenso en sentido longitudinal, en la base del mismo (Figuras 22 á 25).

El abrigo basal alcanza 18 m de largo, con su parte W profundizando 6 m bajo el estrato y una zona de suelo plano con rellenos de arena de 10 m de extensión. El abrigo ha sido formado por remoción de estratos intercalados de lutitas y margas en su base. Posee numerosas geoformas en su bóveda y paredes, que incluyen diversos boxworks, residuos de envolturas de cannonballs y láminas de óxidos y silicatos de hierro y aluminio.

Para alcanzar el abrigo colgado en la pared fue necesario descender con cuerda, ya que la base extraploma. Este abrigo tiene 8 m de diámetro interno, con varias repisas y abrigos menores y una claraboya que comunica con el borde superior del escarpe. La pared externa posee numerosas oquedades de distintos tamaños y su parte interna diversas geoformas: envolturas de cannonballs, boxworks, láminas de óxidos y silicatos de hierro y rellenos de arena disgregada de la roca-caja.

Las paredes del escarpe en la vecindad de estos abrigos muestran también pequeñas cavidades formadas por disolución intergranular y remoción de concreciones en la arenisca, algunas de ellas con láminas de óxidos de hierro y boxworks (Figura 26).

Entre este sector y la confluencia en Y del río, el escarpe del espolón E presenta muchos otros pequeños abrigos y oquedades (Figuras 27 á 30), incluyendo numerosas concavidades, esféricas, ovales y planares, de distintas dimensiones. Algunas pueden corresponder al vaciado de concreciones pero otras parecen haber sido formadas por procesos de difusión y convección de soluciones intergranulares, que emergen a lo largo de las paredes externas y base del escarpe.

Invariablemente, muchas de estas oquedades y abrigos poseen rellenos de arena, disgregada de la roca-caja, lo que prueba la ocurrencia de procesos subterráneos de disolución intergranular en la arenisca.

En la zona más próxima a la confluencia del río de Egiluze se encuentran numerosos bloques de tamaño métrico desprendidos del estrato superior. Estos bloques pueden presentarse meteorizados y con caras que conservan restos de geoformas, generadas cuando aún eran parte del escarpe. Ello sugiere que la disolución también actúa ampliando fracturas y discontinuidades, que luego conducen al colapso de bloques y tramos de estratos.

El perfil en V del fondo de los barrancos hace que muchos bloques deslicen sobre la ladera, formando acumulaciones de bloques en distintos puntos, especialmente en los talwegs.

Talweg central.

En el talweg central, bajo la confluencia, localizamos dos cuevas entre las cotas 70 y 50 m snm (Figuras 30 á 34).

La primera de ellas (Egiluze 02) es una cueva surgencia y se localiza en el margen izquierdo del arroyo Egiluze, al lado de la confluencia en Y, en coordenadas ETRS89 UTM 30N: E 574.568, N 4.795.217. Altitud: 69 m snm. Sus dimensiones son: Desarrollo espacial 20 m; Desnivel + 5 m. Consta de una amplia boca, de techo bajo, con un gran bloque, que luego se amplía y posee suelos con cantos rodados y coladas estalagmíticas blancas y ocres, sobre las que discurre un pequeño caudal afluente. En la zona de penumbra posee numerosos recubrimientos de vegetación criptogámica, algas verdes y tapices bacteriales. En zona oscura las bóvedas poseen recubrimientos de espeleotemas milimétricas de silicatos de aluminio amorfo, crecimientos botroidales de ópalo-A, y otros de yeso, calcita y oxi-hidróxidos de hierro. En posición intermedia lateral posee una segunda boca superior en la cota +4 m. En la cavidad habitan isópodos terrestres *Oniscus asellus* (Asellidae), araneidos Agelenidae, Pholcidae y Tetragnathidae, y anfípodos *Echinogammarus berilloni* (Gammaridae), entre otros taxa.

La segunda cavidad (Egiluze 03) es una cueva seca, interestratos, y se localiza también en el margen izquierdo, a 20 m al N de la primera. Sus coordenadas ETRS89 UTM 30N son: E 574.569, N 4.795.245. Altitud: 52 m snm. Sus dimensiones son: Desarrollo espacial 12 m; Desnivel -4 m. Forma una amplia grieta excavada por remoción de una intercalación de estratos delgados de lutitas y margas, de 1 m de espesor. Un bloque en la entrada ayuda a soportar el estrato de arenisca que conforma el techo. Es una cueva seca y posee recubrimientos de espeleotemas de alófono, oxi-hidróxidos de hierro y costras más gruesas de calcita.

En este tramo del talweg central también se encuentran otros pequeños abrigos y concavidades con distintas geoformas. En la cota 50 m snm el arroyo Egiluze alcanza la placa costera y se encaja en una larga fractura vertical. Como en el caso de la cercana erreka o arroyo de Urberde, los cauces de estos ríos en su tramo final pasan a ser las errekas más estrechas de Gipuzkoa, ya que sus amplios cauces superiores, de variable caudal, se encajan en fracturas profundas, pero de sólo 2 á 5 cm de ancho.

De igual modo estas corrientes de agua, al alcanzar la línea de costa, forman extensas cuevas de recubrimiento (Galán, 2001), entre fracturas interconectadas, techadas por grandes bloques, que han deslizado desde la parte superior de la placa. Al estar en zona intermareal, la erosión marina también contribuye a ampliar los conductos y redondear sus formas. En bajamares vivas estas cuevas litorales de recubrimiento superan el centenar de metros de desarrollo de galerías penetrables.

Adicionalmente describimos un abrigo con geoformas en un gran bloque de la ladera en su rama W, cercano a la confluencia (Figura 35). El bloque alcanza 6 m de altura y 10 m de lado, formando un abrigo basal, con oquedades a distintas alturas en sus paredes, las cuales poseen diversas geoformas y rellenos de arena. Algunos de ellos corresponden a la disolución y vaciado de concreciones esféricas, y de hecho, conservan parte de sus gangas envolventes. Hay también numerosos alveolos subcirculares que curiosamente poseen en su fondo eflorescencias con silicatos de aluminio. Ello sugiere que estos son puntos de salida del agua intergranular, la cual disuelve la roca y forma precipitados al alcanzar la superficie.

Talweg de Iranguen.

La rama E de la cuenca de Egiluze, aporta un afluente denominado arroyo Iranguen. En distintos puntos de su cauce se presentan grandes bloques, desprendidos del espolón E. En la cota 80 m snm hay una acumulación de bloques mayor sobre el talweg y bajo ellos se ha formado otra cueva (Egiluze 04) y un abrigo, bajo un bloque superior (Figuras 36 á 38).

La cueva 04 se localiza en coordenadas ETRS89 UTM 30N: E 574.601, N 4.795.228; a una altitud de 80 m. Esta zona está situada directamente por debajo y al S de los dos grandes abrigos y la torre de roca existentes en la cota 100 m del espolón E. Las dimensiones de la cueva alcanzan 22 m de desarrollo y +4 m de desnivel.

La cueva se desarrolla bajo un gran un gran bloque plano, de 12 m de largo, y otros bloques de menor tamaño. Se trata de una cueva de recubrimiento que en lo fundamental ha sido excavada por el cauce del arroyo. Sus suelos presentan cantos rodados y sedimentos que indican una circulación hídrica temporal. La cueva presenta una primera zona techada en abrigo, bajo el extremo inferior del bloque, que se prolonga en galería de 4 m hasta un paso estrecho. Superado este arrastradero, la galería interna en oscuridad alcanza 2 m de alto y se prolonga 10 m más, con un lateral a su derecha y divertículos menores, obstruidos por bloques. Posee numerosas películas de algas y tapices de microorganismos, así como espeleotemas de silicatos de aluminio amorfo y yeso. En la cavidad habitan diversos invertebrados cavernícolas, habiéndose observado numerosos araneidos (Argiopidae, Agelenidae, Linyphiidae, Tetragnathidae) y dos especies de opiliones: *Ischyropsalis nodifera* Simon (Ischyropsalididae) y *Leiobunum rotundum* (Latreille) (Sclerosomatidae). Ello sugiere la ocurrencia de otras especies de invertebrados, no observados durante nuestra corta visita a esta cavidad.

Sobre la cavidad anterior, en posición más alta, se encuentra otro gran bloque, con un amplio abrigo en su base. El abrigo alcanza 6 m de ancho por 4 m de profundidad, con techo a 1 m de altura, pero sin continuidad. En las caras laterales del mismo bloque existen otras oquedades con pequeños abrigos y geoformas, principalmente boxworks incipientes, poco marcados. Diversas geoformas presentan superficies arenizadas por disolución intergranular de la roca antes de su colapso. Aunque estos procesos de disolución siguen activos en la actualidad, tanto sobre los estratos compactos de los espolones E y W como sobre los bloques y fragmentos de estratos desprendidos. La decementación de la roca (por disolución intergranular) puede así preceder y acompañar el desarrollo de procesos clásticos, acompañando a la erosión normal en el modelado de conjunto.



Figura 21. Vista del espolón E desde la torre de la cota 100 m, hacia su parte alta y hacia el fondo del valle y el mar.



Figura 22. Grandes abrigos en el espelón E bajo la zona de la torre de roca, con diversas geoformas.

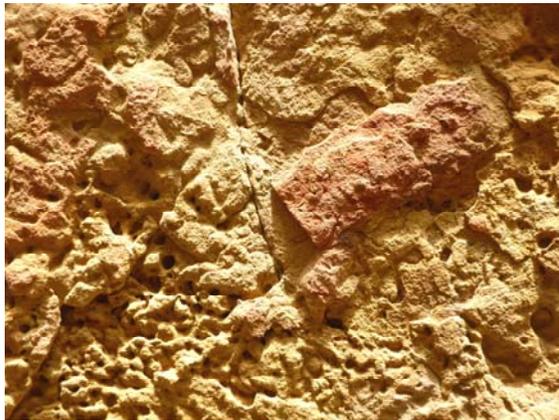


Figura 23. Amplio abrigo en la base del escarpe Sur del espolón E, con detalle de geoformas en su bóveda y paredes. El abrigo ha sido formado por remoción de estratos intercalados de lutitas y margas, en su base. Las geoformas incluyen residuos de envolturas de cannonballs, con láminas de óxidos y silicatos de hierro y aluminio.



Figura 24. Acceso con cuerda a un amplio abrigo colgado en la pared, sobre el abrigo inferior de la figura anterior.



Figura 25. Amplio abrigo colgado en la pared. Detalles de: claraboya superior, cornisa con otro abrigo superpuesto, geoformas en el suelo y en las paredes. Nótese en la pared externa numerosas oquedades de distintos tamaños.



Figura 26. Pequeñas cavidades formadas por disolución intergranular y remoción de concreciones en la arenisca, algunas de ellas con láminas de óxidos de hierro, boxworks, y rellenos de arena disgregada de la roca-caja.



Figura 27. Recorriendo la parte media del escarpe del espolón Este de Egiluze, con pequeños abrigos y oquedades.



Figura 28. Numerosas concavidades, esféricas, ovales y planares, de distintas dimensiones.



Figura 29. El espolón E de Egiluze, en la confluencia con el río y vista hacia el tramo superior. Se aprecian bloques desprendidos y numerosas cavidades y oquedades, de distintos tamaños. Algunas pueden corresponder al vaciado de concreciones pero otras parecen haber sido formadas por procesos de difusión y convección de soluciones intergranulares, que emergen a lo largo de las paredes externas y base del escarpe.



Figura 30. Pequeñas cavidades y mesocavernas, con rellenos de arena, en la confluencia en Y del río de Egiluze.

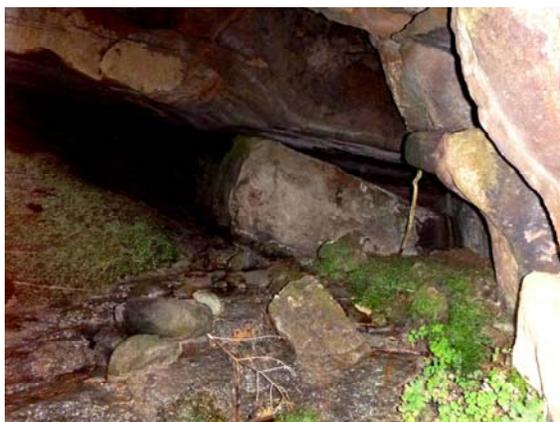
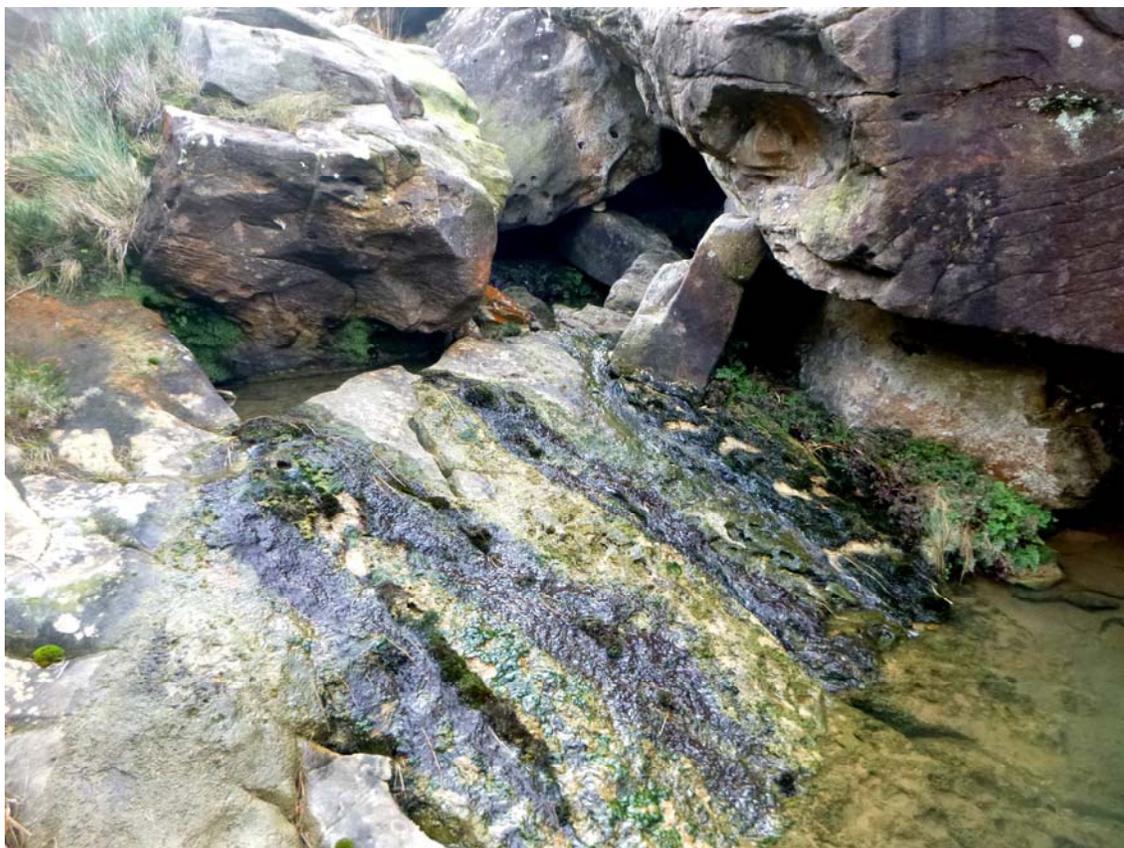


Figura 31. Cueva en el margen izquierdo de la confluencia en Y. Es recorrida por un pequeño río subterráneo y posee espeleotemas milimétricas de silicatos de aluminio amorfo, ópalo-A, yeso, calcita y oxi-hidróxidos de hierro.

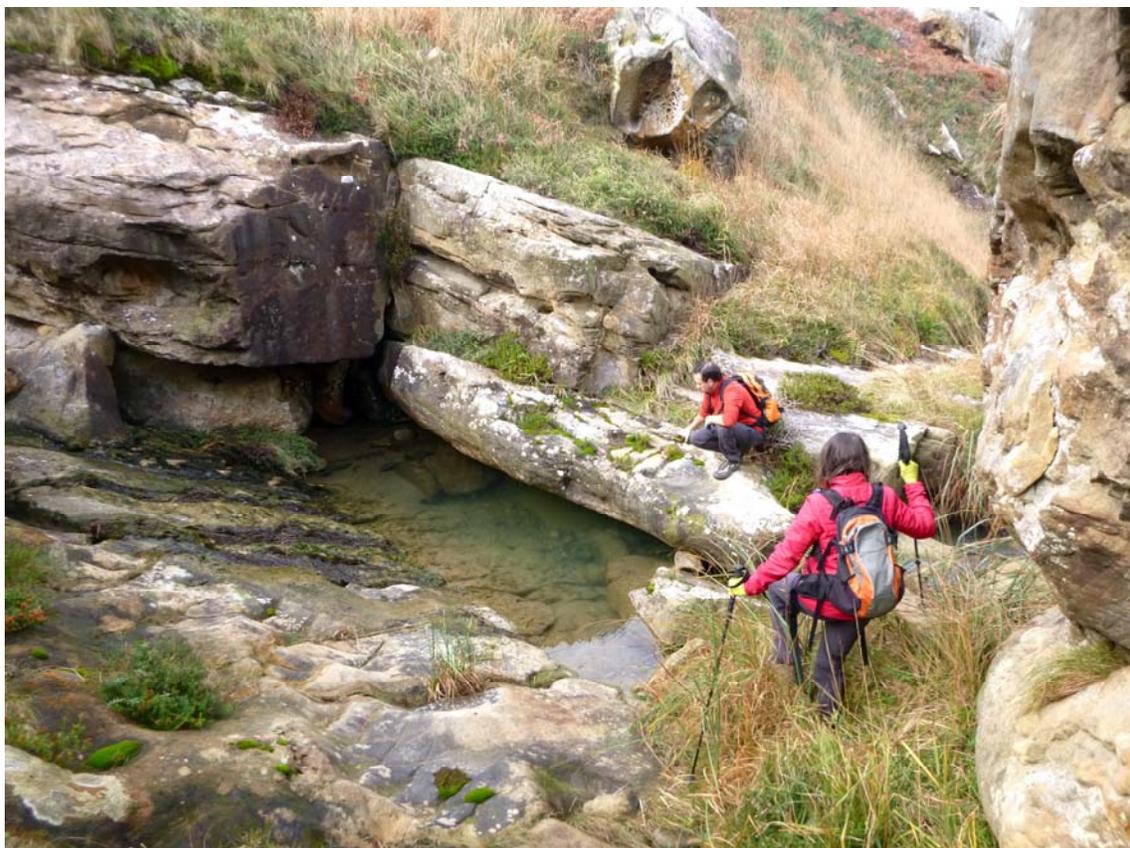


Figura 32. Boca-surgencia de la cueva de la figura 31 y, frente a ella, abrigos y concavidades con distintas geoformas.



Figura 33. Otra cavidad, interestratos, situada 20 m río abajo de la confluencia, en la margen izquierda. Es una cueva seca y posee recubrimientos de espeleotemas de alófono, oxi-hidróxidos de hierro y costras más gruesas de calcita.



Figura 34. El arroyo Egiluze al alcanzar la placa costera se encaja en una red de fracturas verticales longitudinales, que en la línea de costa (zona intermareal) forma una extensa cueva de recubrimiento techada por grandes bloques.

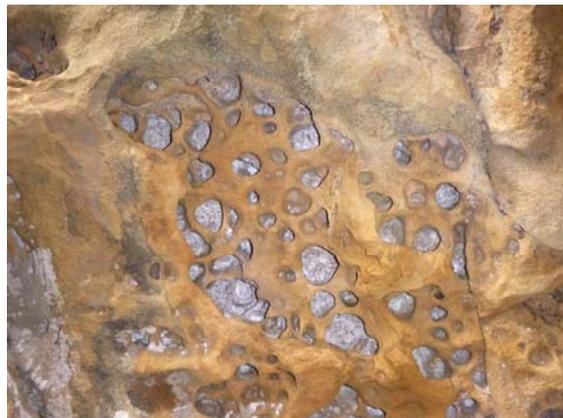


Figura 35. Abrigo formado por un gran bloque a poca distancia de la confluencia en Y, con distintas oquedades con geofomas y rellenos de arena. Algunos alveolos subcirculares poseen en su fondo eflorescencias con silicatos.



Figura 36. Cueva de recubrimiento en el talweg del barranco, con circulación periódica de agua. Posee numerosas películas de algas y tapices bacteriales, así como espeleotemas de silicatos de aluminio amorfo y yeso.



Figura 37. La cueva anterior (Figura 36) se desarrolla bajo este gran bloque (en primer plano, arriba) y otros bloques superiores, en el talweg del barranco. En posición más alta, otro gran bloque con un amplio abrigo (debajo).



Figura 38. Pequeñas cavidades y geoformas en el bloque superior de la figura anterior (arriba) y remontando desde este punto la ladera hacia la cota 100 m del espolón E de Egiluze, con amplios abrigos superpuestos (debajo).

DISCUSION Y CONCLUSIONES

Muchos de los enclaves con cavidades y geoformas resultan singulares, por su peculiar topografía, y a la vez muestran todo un conjunto de rasgos originales, propios de esta litología, de cierta belleza estética, como muestran las fotografías. Las cuatro cuevas catalogadas (Egiluze 01 á 04) totalizan 82 m de desarrollo de galerías. Si a ello sumamos el desarrollo de los abrigos mayores y de los tramos penetrables de cavidades de escaso diámetro, la cifra de conductos accesibles al ser humano, supera los 200 m. Para la fauna, la extensión de conductos en zona oscura es considerablemente mayor. Por lo tanto, en la cuenca de Egiluze existe un extenso hábitat subterráneo, formado esencialmente por procesos de disolución intergranular y karstificación de las areniscas.

La ocurrencia de boxworks, espeleotemas y rellenos de arena, prueban que además de la disolución del cemento carbonático, el agua intergranular disuelve parcialmente los granos de cuarzo, y altera y disuelve otros componentes minoritarios (feldespatos, micas), contenidos en la matriz y gangas de concreciones. El agua de infiltración penetra en la roca a través de fisuras y circula también intergranularmente, disolviendo los minerales presentes (con mayor facilidad el cemento carbonático), generando así soluciones multicomponentes, cuya reactividad química ocasiona procesos de difusión y convección (Galán, 2010, 2013; Galán & Nieto, 2010, 2012; Galán et al, 2009). Esto se traduce en fases posteriores en la precipitación de minerales secundarios (espeleotemas) y en la génesis de distintos tipos de boxworks y geoformas alveolares.

La dificultad para generar cavidades en la base de los escarpes, a expensas del buzamiento N de las capas, obedece a dos razones. Por un lado, la erosión normal excava y entalla los barrancos, de sección en V, rebajando el terreno, haciendo retroceder los escarpes y limitando la superficie de infiltración en la base de los mismos. Los estratos individuales de arenisca resultan fragmentados con facilidad por descompresión mecánica en zonas de borde, donde los déficits de carga son mayores (Renault, 1970; Maire, 1980). Los bloques deslizan por gravedad e incluso pueden destruir cavidades preexistentes. La segunda razón es que las intercalaciones delgadas de lutitas y margas, fácilmente removibles, dejan áreas entre estratos individuales de arenisca con escaso soporte mecánico, por lo que colapsan y/o aplastan con facilidad los vacíos formados. Ambos factores dificultan la espeleogénesis. Aunque también generan cuevas de recubrimiento, bajo bloques de colapso.

Los procesos de karstificación en la arenisca de la Formación Jaizkibel muestra así la ocurrencia de una gran variedad de fenómenos, con creación de cavidades (de distintos tipos) y notables geoformas. Un modelado peculiar, donde la actividad hídrica subterránea acompaña e interactúa con procesos erosivos de superficie. El trabajo aporta datos de interés científico sobre nuevas cavidades y geoformas en arenisca en la parte central de la cadena litoral de Igueldo - Mendizorrotz.

AGRADECIMIENTOS

A los miembros de la Sociedad de Ciencias Aranzadi (SCA) Marian Nieto, Juliane Forstner, David Arrieta, Daniel Arrieta e Iñigo Herraiz, quienes nos acompañaron en exploraciones previas en el litoral de Igueldo - Mendizorrotz. A dos revisores anónimos de la SCA y Biosphere Consultancies (United Kingdom) por la revisión del manuscrito y sus útiles sugerencias.

BIBLIOGRAFIA

- 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 hábitats subterráneos transicionales en el País Vasco. *Munibe (Ciencias Naturales), S.C. Aranzadi*, 51: 67-78.
- Galán, C. 2010. Patrones y estructuras disipativas en cuevas y geoformas del pseudokarst de Jaizkibel. Pag web Cota0.com + Publ. Dpto. Espeleol. S.C. Aranzadi. 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 Power point, Ayto. Hondarribia, Fundación Luberri. 10-5-2013. 80 láminas. Publ. Dpto. Espeleol. S.C. Aranzadi. Web aranzadi-sciences.org, Archivo PDF, 80 pp.
- Galán, C. & Dv. Arrieta Etxabe. 2014. Cuevas marinas en el flysch de Igueldo. Publ. Dpto. Espeleol. S.C. Aranzadi. Web aranzadi-sciences.org, Archivo PDF, 30 pp.
- Galán, C. & M. Nieto. 2010. Bandas de Moebius, Boxworks y otras raras Geoformas en arenisca de la Formación Jaizkibel. Publ. Dpto. Espeleol. S.C. Aranzadi. 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*, 8 (2012): 20-41. Reedición modificada de Galán & Nieto, 2010 in: aranzadi-sciences.org, Archivo PDF, 30 pp.
- Galán, C. & J. Rivas. 2013. Patrones extraños de espeleotemas en túbulos, procesos clásticos y fractales en arenisca del flysch Eoceno: ensenada de Tximistarri. Publ. Dpto. Espeleol. S.C. Aranzadi. Web aranzadi-sciences.org, Archivo PDF, 22 pp.
- Galán, C.; J. Rivas & M. Nieto. 2007. Pseudokarst en arenisca del flysch costero Eoceno, Gipuzkoa. Publ. Dpto. Espeleol. S.C. Aranzadi. Web aranzadi-sciences.org, Archivo PDF, 45 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. Rivas & D. Arrieta. 2013 a. Estructuras de Penélope, cuevas y geoformas en arenisca del flysch Eoceno, en el litoral de la placa central de Igueldo (Gipuzkoa, País Vasco). Publ. Dpto. Espeleol. S.C. Aranzadi. Web aranzadi-sciences.org, Archivo PDF, 28 pp.
- Galán, C.; J. Rivas & M. Nieto. 2013 b. Cuevas en arenisca y caliza arenosa en los acantilados del faro de Igueldo (San Sebastián, País Vasco). Publ. Dpto. Espeleol. S.C. Aranzadi. Web aranzadi-sciences.org, Archivo PDF, 31 pp.
- Maire, R. 1980. *Eléments de karstologie physique. Spelunca. Spécial N° 3*. 56 p.
- Renault, Ph. 1970. La formation des cavernes. *Coll. Que sais-je? n° 1400, P.U.F., Paris*, 127 p.