

LABERINTOS SUBTERRÁNEOS Y CUEVAS BAJO BLOQUES DE ARENISCA (URBERDE, LITORAL DE ORIO).

Underground labyrinths and caves under sandstone blocks (Urberde, Orio coastline).



Carlos GALÁN, Marian NIETO & Juliane FORSTNER. Laboratorio de Bioespeleología. Sociedad de Ciencias Aranzadi. Abril 2019.

LABERINTOS SUBTERRÁNEOS Y CUEVAS BAJO BLOQUES DE ARENISCA (ÚRBERDE, LITORAL DE ORIO).

Underground labyrinths and caves under sandstone blocks (Urberde, Orio coastline).

Carlos GALÁN, Marian NIETO & Juliane FORSTNER.

Laboratorio de Bioespeleología. Sociedad de Ciencias Aranzadi.

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

E-mail: cegalham@yahoo.es

Abril 2019.

RESUMEN

La cadena litoral Igueldo - Mendizorrotz se extiende entre San Sebastián y Orio (Gipuzkoa, País Vasco), presentando una estructura monoclin, con buzamiento Norte pronunciado. Las rocas aflorantes constituyen una serie de turbiditas abisales de edad Eoceno (Formación Jaizkibel) compuesta por estratos gruesos de arenisca, separados unos de otros por intercalaciones delgadas de lutitas. La disolución intergranular de la arenisca y la erosión normal descohesionan los estratos. Estos se fragmentan por procesos clásticos mecánicos y deslizan hacia el frente costero, formando escarpes, cañones y acumulaciones de grandes bloques. En la red ampliada de fisuras (y entre los bloques de colapso) se forman laberintos tridimensionales de galerías subterráneas y pequeñas cuevas, que son recorridas por las aguas de infiltración y el oleaje en la línea de costa. En el sector de Urberde estos sistemas comprenden decenas de cavidades, con más de 200 m de galerías y una cifra aún mayor de abrigos techados. El trabajo describe e ilustra los principales rasgos de estos complejos laberintos subterráneos en arenisca.

Palabras clave: Espeleología, Karst en arenisca, Cuevas de recubrimiento, Hidrogeología, Geomorfología, Sistemas complejos.

ABSTRACT

The Igueldo - Mendizorrotz littoral chain extends between Saint Sebastian and Orio (Gipuzkoa, Basque Country), presenting a monoclin structure, with pronounced North dip. The outcropping rocks constitute a series of abyss turbidites of Eocene age (Jaizkibel Formation) composed of thick strata of sandstone, separated from each other by thin intercalations of lutites. The intergranular dissolution of the sandstone and normal erosion deconstruct and dissociates the strata. These are fragmented by mechanical clastic processes and slide towards the coastal front, forming escarpments, canyons and accumulations of large blocks. In the extended network of fissures (and between the blocks of collapse) three-dimensional labyrinths of underground galleries and small caves are formed, which are traversed by the infiltration waters and the waves on the coastline. In the sector of Urberde these systems include tens of cavities, with more than 200 m of galleries and an even greater number of roofed shelters. The work describes and illustrates the main features of these complex underground labyrinths in sandstone.

Keywords: Speleology, Karst in sandstone, Caves coated under blocks, Hydrogeology, Geomorphology, Complex Systems.

INTRODUCCION

En la arenisca de la Formación Jaizkibel se desarrollan localmente procesos de karstificación. La formación 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 la arenisca, lo cual genera gran número de cavidades, abrigos y geoformas, a distintas escalas. En su mayoría se trata de cuevas de recubrimiento e interestratos de moderadas dimensiones, alcanzando las cavidades mayores 250 m de desarrollo y -70 m de desnivel (Galán, 2013; Galán et al, 2009, 2013a, 2013b).

Algunas de estas cavidades resultan notables por la diversidad de espeleotemas y geoformas que contienen, por los procesos que rigen su génesis y/o por albergar interesantes ejemplos de fauna cavernícola. Los primeros estudios y trabajos sobre cavidades en esta formación se desarrollaron precisamente en los litorales de Igueldo y Jaizkibel y hemos proseguido con la exploración de nuevos enclaves y cavidades hasta el presente (Galán, 2001, 2010, 2013, 2017; Galán & Nieto, 2012, 2016; Galán & Vera Martin, 2010, 2011; Galán et al, 2019).

Y es que cada sucesiva exploración de nuevos parajes (a menudo localizados en zonas de difícil acceso, cornisas en paredes, cañones y acantilados verticales) ha reportado hallazgos generalmente interesantes, por algún aspecto geo-biológico o por las peculiares características de las cavidades descubiertas (geomorfología, hidrología, espeleogénesis).

El litoral de la cadena costera Igueldo-Mendizorrotz, se extiende a lo largo de 10 km en planta entre San Sebastián y Orio, con múltiples puntas, entrantes, acantilados, placas costeras y zonas de bloques, constituyendo una costa abrupta difícil de recorrer, que encierra enclaves poco o nada conocidos, con infinidad de cavidades de distintos tipos. De ahí nuestro interés en seguir explorando en detalle áreas poco prospectadas desde un punto de vista espeleológico.

En la parte central de este litoral, en torno a la zona de Urberde, efectuamos varios trabajos previos (Galán & Arrieta, 2014; Galán et al, 2013b, 2019). La mayor cavidad explorada resultó una cueva marina, que se localiza en Larreaundi y alcanza 80 m de desarrollo, conteniendo en su interior una sala de 40 m de diámetro. Pero existe todo un conjunto de cavidades, geoformas, e interesantes ejemplos de paramoudras y concreciones diversas.

En esta ocasión revisamos una zona al W de la desembocadura del arroyo de Urberde, que sólo estaba parcialmente explorada, y que se caracteriza por contener sobre el nivel de pleamar una compleja red de fracturas y zonas de bloques. Aparte de describir las cavidades halladas (con diversas espeleotemas y geoformas), el objeto central de esta nota es analizar y discutir la trama de complejidad y rasgos laberínticos que posee el sector (distinto a otros observados en el karst en arenisca).

MATERIAL Y METODOS

En las exploraciones se utilizaron frontales Leds, cuerda y material topográfico Suunto. Algunas muestras de espeleotemas se estudiaron en laboratorio bajo microscopio binocular Nikon, mediante sus propiedades fisicoquímicas y por comparación con otras muestras de cavidades cercanas que contaban con analítica fina (DRX, EDS y Raman). Se obtuvieron fotografías con una cámara digital Panasonic, a fin de ilustrar los principales rasgos de las cavidades y su entorno.

RESULTADOS

El área de estudio comprende una franja de 350 m, localizada al W del valle de Urberde (situada a su vez al W de la ensenada de Agiti), en la parte central de la cadena litoral monoclin al Igueldo-Mendizorrotz, en el término municipal de Orio. Topográficamente esta alineación montañosa tiene una dirección E-W y un buzamiento Norte variable, que en el sector de Urberde es de 30° NNW, formando en la costa grandes lajas o placas lisas surcadas por fracturas poligonales de curioso diseño (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 monoclin al, 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. Poco antes de alcanzar el mar, los ríos se encajan en estrechas y profundas fisuras que surcan las placas costeras. Sobre las placas hay grandes áreas con un régimen hídrico temporal, donde la escorrentía es de tipo laminar y con frecuencia se encaja en la red de fracturas y entre planos de estratificación. En las zonas donde hay acumulaciones de grandes bloques de colapso (que han deslizado hasta la línea de costa) se forman numerosas cuevas de recubrimiento.

El área de estudio había sido explorada someramente, en su parte baja, litoral, donde encontramos diversos ejemplos de paramoudras y sistemas de cuevas marinas y litorales, que invade el agua de mar durante las pleamares. Pero la zona de bloques superiores, donde podría haber otras cavidades, no había sido explorada en detalle. En esta ocasión revisamos una franja en la zona supralitoral, entre cotas de 10 y 25 m snm, que se extiende sobre una distancia de 350 m al W de Urberde. Las coordenadas ETRS89, UTM 30 N, de la desembocadura de la erreka de Urberde en el mar son: N 4.795.399, E 574.332; altitud: 0 m snm. Las del primer sistema de cuevas (A) son: N 4.795.348, E 574.304; altitud: 22 m snm (Figuras 02 y 03). A continuación, la descripción del sector, siguiendo el orden de su exploración.

Durante el descenso del valle hacia la costa, seguimos su espolón W, que limita con la placa de Urberde-Larreaundi (Figuras 04 á 08). Se aprecia en distintos puntos que el estrato superior de la placa ha sido erosionado y removido. Igualmente en el trayecto hay sobre la ladera algunos grandes bloques deslizados con diversas geoformas (concavidades semiesféricas producto del vaciado de concreciones en la arenisca, algunas con colores rojizos debido a la presencia de oxi-hidróxidos de hierro).

La desembocadura del arroyo de Urberde, entallado en una grieta, desborda sobre la placa costera al alcanzar la orilla del mar. A sus lados la placa contiene cubetas, con concreciones y numerosos paramoudras (Figuras 09 y 10), tapices de algas verdes sobre la placa del cauce (Figura 11), y, hacia el W, áreas de microlapiáz litoral, con líquenes amarillos (Figura 12).

A escasos 50 m de distancia hacia el SW se alcanza un pequeño escarpe lateral con un cañón inferior, donde se localiza el Sistema A sobre el borde W del cañón (Figuras 13 y 14). Este consta de una cueva con dos pequeñas bocas que se extiende a través de pequeñas galerías siguiendo fisuras y planos de estratificación (Figuras 15 á 18). Totaliza 25 m de desarrollo y -7 m de desnivel, con prolongaciones muy estrechas, pero que alcanzan la base del cañón. Su interior contiene dos pequeñas salas y recubrimientos milimétricos de espeleotemas de silicatos de aluminio, yeso, así como formas tubulares, botroidales y excéntricas de ópalo-A, de origen biogénico; algunas de estas últimas forman coladas dendríticas sobre las paredes.

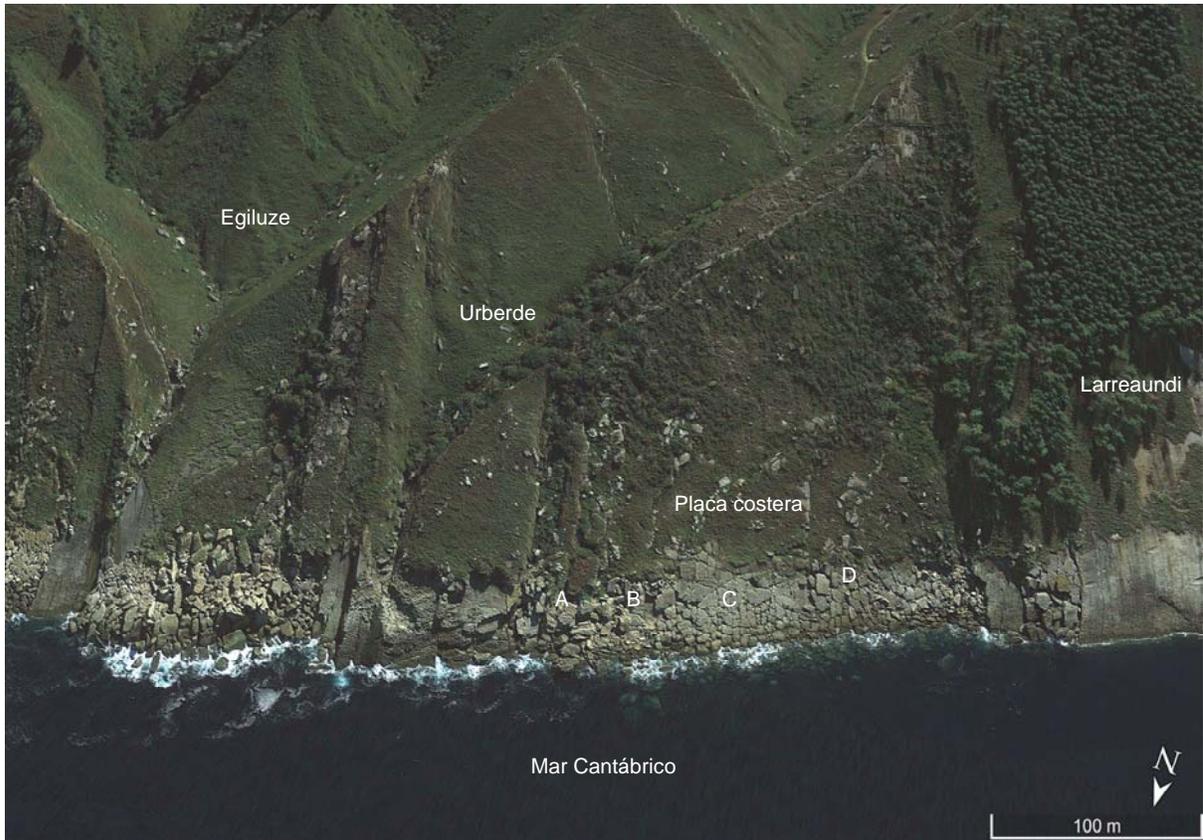


Figura 01. Aspecto general del área de estudio, con los valles de Egiluze y Urberde, y los sistemas de cuevas (A-D) encontrados sobre la placa costera. Fuente cartográfica: imágenes de Google Earth, 2018.



Figura 02. Plano del área de estudio y vistas desde el NW, con los sistemas de cuevas A-D. Fuente: b5m.



Figura 03. Vistas desde el N de la placa de Urberde, con los sistemas de cuevas A-D. Fuente: Cartografía digital SIG de Gipuzkoa: b5m.gipuzkoa.net. Se puede apreciar el extraño diseño de la red ortogonal de fracturas y bloques.



Figura 04. Espolón W del valle de Urberde y vista hacia la placa costera desde la ruta de descenso.



Figura 05. Vista de la parte superior de la placa, con parte del estrato superior removido y bloques desplazados.



Figura 06. Bloques deslizados sobre la ladera de Urberde, con diversas geoformas (concavidades semiesféricas producto del vaciado de concreciones en la arenisca).



Figura 07. Geofomas en bloques de arenisca: concavidades de cannonballs removidos por disolución intergranular, con restos de gangas arcillo-arenosas y oxihidróxidos de hierro (de colores ocre, rojizos y anaranjados).



Figura 08. Espolón E de la cuenca del arroyo Urberde cerca de su desembocadura en el mar. Se pueden apreciar estratos fragmentados y bloques de colapso.



Figura 09. El cauce del arroyo Urberde se encaja en una estrecha grieta al alcanzar la placa costera.



Figura 10. La desembocadura del arroyo de Urberde desborda sobre la placa costera al alcanzar la orilla del mar. A sus lados la placa contiene pronunciadas cubetas y oquedades con paramoudras.



Figura 11. Desembocadura del arroyo de Urberde en el mar, con tapices de algas verdes y zonas con paramoudras.



Figura 12. Parte inicial de la zona de estudio al W de Urberde. Áreas con microlapiaz litoral y líquenes amarillos.



Figura 13. A 50 m de distancia del arroyo Urberde se alcanza un escarpe lateral, con un cañón inferior, que hay que pasar escalando. Sobre el borde W del cañón se localiza el Sistema A, con una cueva de 25 m de desarrollo.



Figura 14. Cañón techado por bloques y su borde superior, donde se abren las bocas del Sistema 1.



Figura 15. Boca inferior de la cueva de 25 m del sistema A y galería interna con recubrimientos de espeleotemas. Al fondo de la imagen superior se divisa el borde del cañón inferior.



Figura 16. Pequeñas galerías con espeleotemas de silicatos de aluminio, yeso, y formas tubulares, botroidales y excéntricas de ópalo-A, de origen biogénico; algunas de estas últimas forman coladas dendríticas en la pared.



Figura 17. Galería que conduce a la segunda sala con bloques y espeleotemas de la cueva A. La ocurrencia de espeleotemas prueba que existe disolución y precipitación posterior de minerales secundarios.
Las imágenes han sido tomadas con flash.



Figura 18. Galerías en la cueva A, con prolongaciones entre estratos fracturados, que alcanzan el fondo del cañón y comunican a través de laminadores con abrigos próximos. Las bóvedas presentan diversas geoformas.

Alrededor de la cueva principal hay fisuras (en continuidad, pero no penetrables, por su débil diámetro) que enlazan el sistema con pequeños abrigos techados y cuevas de recubrimiento. Como se trata de un relleno de bloques, a veces se ve la luz entre unos abrigos y otros, pero los pasos son muy estrechos y/o impracticables (Figuras 19 a 22). El desarrollo de galerías no interconectadas supera los 50 m y el de abrigos techados por solapas rocosas una cifra similar.

Hacia el W se desarrolla una zona de abrigos, con bloques dispersos y fracturas inferiores (Sistema B. Figuras 23 a 28). Este contiene pequeñas galerías sobre fracturas, algunas con espeleotemas, pero predominan los abrigos y cortos túneles entre y bajo bloques, existiendo así mismo (tanto en las cuevas de recubrimiento como en superficie) muy diversas concreciones y nódulos. La mayoría corresponden a cannonballs vaciados, con restos de sus gangas envolventes (de tonos anaranjados), pero otras contienen nódulos de hierro y rellenos de silicatos de aluminio, titanio y oxi-hidróxidos de hierro. El conjunto de este sistema de cuevas y abrigos de recubrimiento supera también los 50 m de desarrollo.

Más al W, tras cruzar escalando otra larga fractura, se accede a la zona plana central de la placa, surcada por una red de fracturas ortogonales y oblicuas, que afectan básicamente al estrato superior (Sistema C). Entre estas grietas y en su base, entre planos de estratificación, se presentan algunos abrigos menores y cortas cavidades con diversas geoformas (Figuras 29 a 34). Se aprecia que la ampliación de este retículo se debe al deslizamiento (solifluxión y subsidencia) de los bloques fragmentados del estrato superior. Pero llama también la atención la ocurrencia de depresiones entre fracturas donde falta completamente el tramo superior, que ha sido removido en su totalidad. En algunos casos más cercanos al mar puede que haya sido rebajado por la erosión marina y el deslizamiento del estrato, pero en otros casos parece resultar removido por disolución y erosión normal a partir de su base, al igual que las intercalaciones de margas y lutitas entre los distintos estratos de arenisca.

Esto se aprecia mejor al avanzar hacia el W, donde hay corredores deprimidos entre grandes bloques, con cuevas interestratos bajo los bloques y tramos fracturados del estrato superior (Sistema D. Figuras 35 a 38). En la mayoría de los casos se forman estrechos laminadores bajo los bloques, que corresponden a los vacíos dejados por las intercalaciones de lutitas. Los materiales removidos producen el aplastamiento y deslizamiento de los tramos superiores, pero en ocasiones dejan espacios mayores, que forman extensas cuevas de recubrimiento. La mayor de ellas alcanza más de 20 m de diámetro interno y sus techos poseen extrañas geoformas, que aparentemente corresponden a la interfase entre la base del estrato de arenisca y el techo de las intercalaciones de lutitas y margas. Los techos poseen un micro-relieve con protuberancias carbonáticas o recubiertas por films carbonáticos. Saliendo de esta zona, en superficie, se encuentran también algunos grandes bloques con geoformas.

DISCUSIÓN Y CONCLUSIONES

El conjunto tiene un marcado carácter laberíntico, con una curiosa red de fracturas y bloques. Los tramos con galerías subterráneas totalizan más de 200 m y existe una cifra equivalente o mayor de abrigos techados, en su mayor parte en penumbra. Pero hay además un extenso conjunto de cavidades, no penetrables, a escala de mesocavernas, que aunque no permiten el paso del ser humano, están en continuidad y constituyen un hábitat hipógeo extenso, susceptible de ser habitado por una gran diversidad de especies de invertebrados, variablemente cavernícolas (Galán, 2001, 2013, 2017; Galán & Nieto, 2016).

El proceso fundamental que rige la génesis de cavidades en esta litología es la disolución intergranular de la roca-caja, pero también actúan otros procesos, como la erosión normal, erosión marina, y especialmente los procesos clásticos mecánicos, ya que las intercalaciones delgadas de lutitas son fácilmente meteorizadas y removidas, dejando espacios entre los estratos de arenisca, lo que propicia su fragmentación en bloques, así como su deslizamiento y/o subsidencia. Cuando el buzamiento es pronunciado se produce el colapso de tramos enteros de estratos.

La disolución actúa intergranularmente y ampliando fisuras, produciendo también la alteración y remoción de las intercalaciones de lutitas y margas. De este modo se desestabiliza el equilibrio mecánico de los estratos superiores y se produce su fragmentación por procesos clásticos mecánicos (Maire, 1980), para compensar los déficits de carga creados (Renault, 1970). Asimismo la escorrentía laminar produce erosión normal y remoción de materiales, mientras en la línea de costa la erosión marina actúa sobre la parte baja de los estratos y facilita su deslizamiento. Una suma de procesos interrelacionados, que actúan en conjunto, generando sistemas inhomogéneos. Las diferencias litológicas locales, la presencia local de concreciones y otros rasgos variables (litológicos e hidrológicos) generan inhomogeneidad adicional. Los sistemas inhomogéneos se caracterizan por poseer diferencias en algunas de sus propiedades intensivas entre distintas partes del sistema, sin estar éstas separadas por superficies de discontinuidad bien definidas. Estos sistemas adquieren así un carácter complejo, conteniendo múltiples ejemplos de naturaleza fractal, donde diversas galerías y geoformas reproducen en miniatura los rasgos de sistemas de cavidades mayores, con propiedades semejantes, a distintas escalas.

No deja de sorprender, en nuestra opinión, la diversidad de ejemplos que presenta este litoral, con enclaves y cavidades, de modestas dimensiones, pero a la par interesantes. A menudo con rasgos complejos y de estética llamativa.

El trabajo, de naturaleza descriptiva, aporta nuevos ejemplos de formación de cavidades en arenisca de la Formación Jaizkibel, así como detalles de interés científico sobre la geomorfología y dinámica de esta región de la Costa Vasca que se extiende entre Orio y Hondarribia, en turbiditas de edad Eoceno.



Figura 19. Cuevas de recubrimiento y abrigos que forman parte del sistema A. Poseen también diversas geoformas y espeleotemas de silicatos de aluminio y ópalo-A.



Figura 20. En el caos de bloques hay áreas techadas y en continuidad, que enlazan la cueva A con cortos túneles, abrigos y cuevas de recubrimiento. El desarrollo conjunto de galerías y abrigos techados supera los 100 m.



Figura 21. Otras bocas del sistema A y cañón anexo, con geoformas en superficie, entre ellas concavidades vacías de cannonballs, concreciones en relieve positivo, y láminas de óxidos de hierro, de colores ocre y rojizos.



Figura 22. Geoformas en bloques sueltos de arenisca, con alveolos y laminaciones de distinto colorido. También se aprecian algunos nódulos con óxidos de hierro. Área de superficie en torno al sistema A.



Figura 23. Al W del sistema A (arriba), se desarrolla una zona de abrigos (sistema B, debajo), con bloques dispersos. Este contiene pequeñas galerías sobre fracturas y diversas concreciones y nódulos con rellenos de silicatos de aluminio, titanio y oxi-hidróxidos de hierro.



Figura 24. Colapso y depresión con galerías inferiores en el sistema B. En las paredes de los bloques y en superficie hay concreciones esféricas con gangas envolventes arcillo-arenosas y un núcleo central de óxidos de hierro.



Figura 25. Pequeñas galerías en abrigos en el sistema B, con espeleotemas de silicatos de aluminio y concreciones rellenas de distintos materiales: carbonatos y silicatos de aluminio, hierro y titanio.



Figura 26. Cuevas de recubrimiento en el sistema B, con diversas concreciones y geoformas.



Figura 27. Espeleotemas y tapices de algas en cortos túneles del sistema B, los cuales enlazan distintos abrigos bajo el caos de bloques. Un extenso laberinto tridimensional, parcialmente subterráneo.



Figura 28. Los espacios entre el caos de bloques del sistema B conforman un laberinto tridimensional, sólo en parte interconectado y factible de recorrer por el ser humano, pero constituye un hábitat subterráneo extenso para los invertebrados cavernícolas y seres de pequeño tamaño.



Figura 29. Zona plana central de la placa de Urberde, con una red de fracturas ortogonales y oblicuas que afectan al estrato superior. Entre estas grietas y en su base, entre planos de estratificación, se presentan cavidades con geoformas (Sistema C), algunas de ellas notables por su diseño y colorido, que contrasta con la superficie gris.



Figura 30. Laminaciones, espeleotemas y geoformas en pequeñas cavidades entre fracturas del sistema C.



Figura 31. Zona plana central de la placa de Urberde, surcada por una red de fracturas, que afectan al estrato superior, con algunas cavidades y geoformas (sistema C). El deslizamiento se produce sobre intercalaciones delgadas de lutitas y margas, que van siendo alteradas y removidas, lo que conduce a la ocurrencia de procesos gravitacionales (solifluxión y subsidencia de disolución, de los bloques fragmentados del estrato superior).



Figura 32. Red de fracturas en el área central (sistema C). Las diaclasas y planos de estratificación, ampliados en su inicio por disolución, y la alteración y remoción de las intercalaciones de lutitas y margas, producen déficits de carga mecánicos, que ocasionan la fragmentación del estrato en bloques. El proceso se ve amplificado al progresar la erosión marina, generando deslizamientos gravitacionales y subsidencia de solución de los bloques.

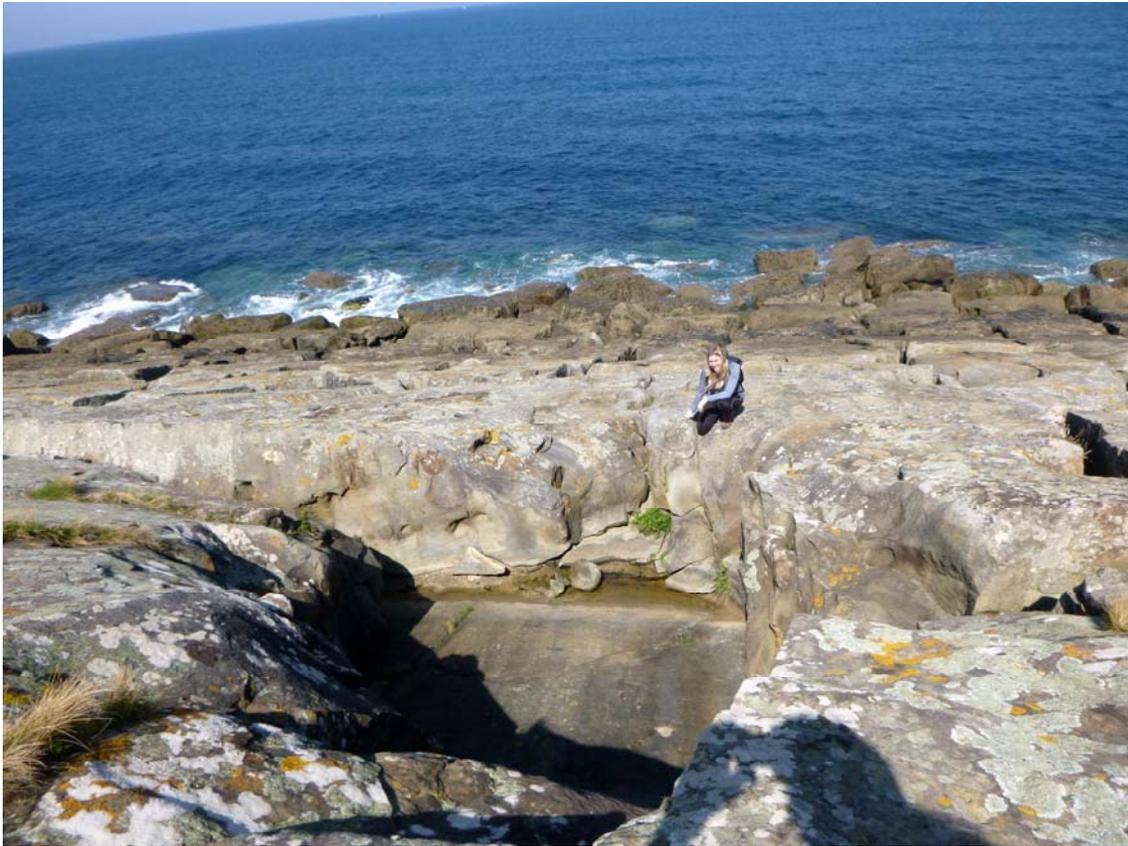


Figura 33. Llama la atención la ocurrencia de depresiones poligonales entre fracturas, donde falta completamente el tramo superior, que ha sido removido en su totalidad. Ello parece deberse al deslizamiento de bloques al progresar la erosión marina, pero en otros casos parece el resultado de remoción por disolución y erosión de la arenisca, a partir de su base, al igual que resultan removidas las lutitas y margas intercaladas entre los estratos de arenisca.

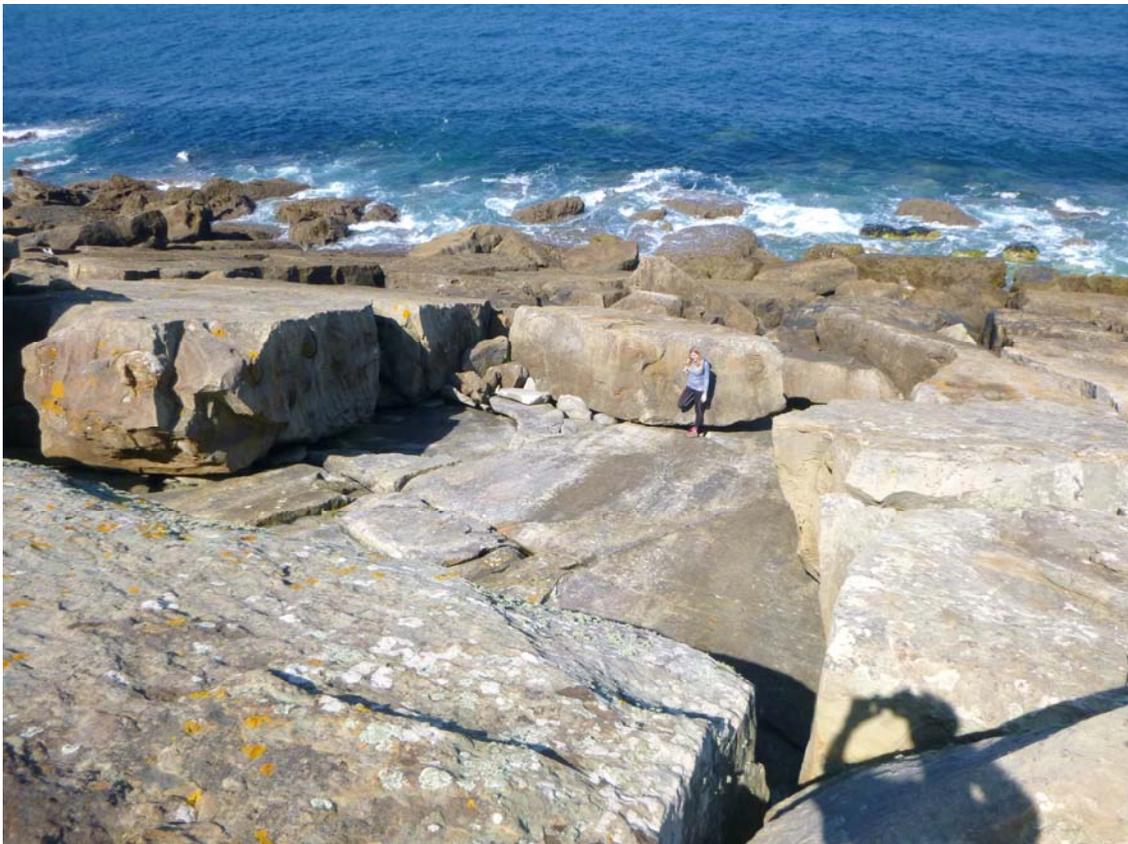


Figura 34. Otros ejemplos de formación de depresiones y corredores, por deslizamiento de bloques fragmentados del estrato superior.



Figura 35. Corredores entre grandes bloques, con cuevas interstratos (sistema D). En la mayoría de los casos se forman estrechos laminadores bajo los bloques, que corresponden a los vacíos dejados por las intercalaciones de lutitas. Los materiales removidos producen el aplastamiento (subsistencia) y deslizamiento de los bloques, pero en ocasiones dejan espacios mayores, que forman extensas cuevas de recubrimiento, con diversas geoformas.



Figura 36. Cuevas de recubrimiento de más de 20 m de diámetro interno en el sistema D. Sus techos poseen extrañas geoformas, que aparentemente corresponden a la interfase entre la base del estrato de arenisca y el techo de las intercalaciones de lutitas y margas. Poseen un micro-relieve con protuberancias carbonáticas.



Figura 37. Detalle de techos con protuberancias carbonáticas o recubiertas por films carbonáticos, en cuevas de recubrimiento que se extienden entre corredores en el sistema D.



Figura 38. Sobre la placa que alberga el sistema D hay abrigos menores, bajo algunos grandes bloques de colapso, con diversas geoformas en sus paredes y techos.

AGRADECIMIENTOS

A todos los compañeros que nos acompañaron en prospecciones anteriores efectuadas en el litoral de Igueldo. A tres árbitros de la Sociedad de Ciencias Aranzadi, Sociedad Venezolana de Espeleología y Biosphere Consultancies (Reino Unido), por la revisión crítica del manuscrito y sus útiles sugerencias.

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 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. 2017. Fauna cavernícola en zona litoral en la arenisca de Ulía (Formación Jaizkibel). Publ. Dpto. Espeleol. S.C. Aranzadi. *Web aranzadi-sciences.org, Archivo PDF, 30 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. 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. & M. Nieto. 2016. Crustacea Mystacocarida y Copepoda en cavidades en arenisca en el Rincón del Búho (monte Ulía, Donosti, País Vasco). *Web aranzadi-sciences.org, Archivo PDF, 30 pp.*
- 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). Publ. Dpto. Espeleol. S.C. Aranzadi. *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). Publ. Dpto. Espeleol. S.C. Aranzadi. *Web aranzadi-sciences.org, Archivo PDF, 8 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.; I. Herraiz; D. Arrieta Etxabe; M. Nieto & J. Rivas. 2013 a. Una nueva sima de -70 m de desnivel en arenisca de la Formación Jaizkibel: Tanbo 2. Publ. Dpto. Espeleol. S.C. Aranzadi. *Web aranzadi-sciences.org, Archivo PDF, 30 pp.*
- Galán, C.; J. Rivas & Dv. Arrieta. 2013 b. 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 & L. Núñez. 2019. Cavidades y geoformas en arenisca del flysch Eoceno en el valle de Egiluze (San Sebastián, País Vasco). Publ. Dpto. Espeleol. S.C. Aranzadi. *Web aranzadi-sciences.org, Archivo PDF, 44 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.*