

CUEVAS Y GEOFORMAS EN BAJO AUNDI, ULÍA (PSEUDOKARST EN ARENISCA DE LA FORMACIÓN JAIZKIBEL)
Caves and geoforms in Bajo aundi, Ulía (Pseudokarst in sandstone of Jaizkibel Formation)



Carlos GALÁN; Marian NIETO & José Manuel RIVAS.
Laboratorio de Bioespeleología.
Sociedad de Ciencias Aranzadi.
E-mail: cegalham@yahoo.es
Enero 2013.

CUEVAS Y GEOFORMAS EN BAJO AUNDI, ULÍA (PSEUDOKARST EN ARENISCA DE LA FORMACIÓN JAIZKIBEL)

Caves and geofoms in Bajo aundi, Ulía (Pseudokarst in sandstone of Jaizkibel Formation)

Carlos GALÁN; Marian NIETO & José Manuel RIVAS.

Laboratorio de Bioespeleología. Sociedad de Ciencias Aranzadi.

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

E-mail: cegalham@yahoo.es

Enero 2013.

RESUMEN

Se presentan nuevos datos sobre sistemas de cuevas y geoformas explorados en estratos de arenisca carbonática y caliza arenosa en el litoral del monte Ulía. Las rocas son parte de la secuencia de turbiditas abisales del flysch Eoceno de Gipuzkoa (País Vasco). La cueva más grande tiene 80 m de desarrollo y -10 m de desnivel. Las cuevas se forman por procesos de disolución y erosión marina, a lo largo de fracturas, planos de estratificación y bajo bloques de recubrimiento. Las partes inferiores de las galerías quedan inundadas por el agua de mar durante las mareas altas.

En las cavidades habita una fauna litoral, marina y terrestre, que conforma interesantes biocenosis de fauna cavernícola. En superficie y en el interior de las cuevas hay muy diversas geoformas. Algunas de ellas son descritas por primera vez en este trabajo. Los datos presentados reafirman el interés que presenta el pseudokarst de Jaizkibel.

Palabras clave: Karst, arenisca, caliza arenosa, geomorfología, turbiditas abisales, biología de organismos, fauna cavernícola.

ABSTRACT

New data are presented on cave systems and geofoms explored in carbonatic sandstone and sandy limestone strata in the coast of Mount Ulía. The rocks are part of the abyssal turbidites sequence of the Eocene flysch of Gipuzkoa (Basque Country). The largest cave is 80 m of development and -10 m depth. The caves are formed by processes of dissolution and sea erosion along fractures and bedding planes under cover blocks. The bottoms of the galleries are flooded by seawater during high tides.

In the cavities inhabits coastal fauna, marine and terrestrial, that makes interesting cave-fauna biocenosis. On surface and inside the caves are many different geoforms. Some of them are described for the first time in this work. The data presented reinforce the attractiveness of the Jaizkibel Pseudokarst.

Key words: Karst, sandstone, sandy limestone, geomorphology, abyssal turbidites, biology of organisms, cave fauna.

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 por arenisca o caliza y las segundas por lutitas. 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 las areniscas de la Formación Jaizkibel (Campos, 1979) se desarrolla un notable pseudokarst, con gran número de abrigos, diversos tipos de pequeñas simas y cuevas, algunas de ellas con curiosas espeleotemas y otras con una extraordinaria diversidad de geoformas, entre ellas múltiples formas alveolares, celdas en panal de abejas, grandes boxworks, formas cordadas, bandas de Moebius, así como también paramoudras, otros tipos de concreciones y nódulos; en el interior de las cavidades puede apreciarse la coloración primaria de las areniscas, así como diversas laminaciones, estructuras de corriente, y precipitados rítmicos o bandeados de Liesegang, formados al progresar la disolución intergranular de la roca-caja (Galán, 2001; Galán & Nieto, 2010, 2012; Galán & Vera Martin, 2010, 2011; Galan et al, 2007, 2008, 2009; un resumen actualizado puede verse en: Galán, 2012 a).

La mayor parte de las cavidades estudiadas (más de 200) se presentan en las zonas centrales de Jaizkibel, Ulía e Igueldo. Las de este trabajo se refieren a una zona de la parte central del litoral de Ulía (Bajo aundi), localizado entre Punta Atalaya y Cala Murguita (Figura 1). El sector está constituido por prominentes acantilados que conforman tres cabos o puntas rocosas. A pesar de que la disposición subvertical de los estratos es poco favorable para el desarrollo de cuevas, la exploración del sector ha mostrado la existencia de sistemas de cuevas similares a las estudiadas en primer lugar en Igueldo (Galán, 2001). Además de los procesos que intervienen en la disolución de la arenisca, su génesis está condicionada también por la erosión marina, y las cuevas albergan una interesante fauna cavernícola propia del ambiente litoral, con formas tanto terrestres como marinas.



Figura 1. Vista desde el E de la ensenada de Cala Murguita y puntas de Bajo aundi, con numerosas geoformas, generadas por procesos de disolución intergranular de la roca (deceementación o arenización) en los estratos gruesos de arenisca.

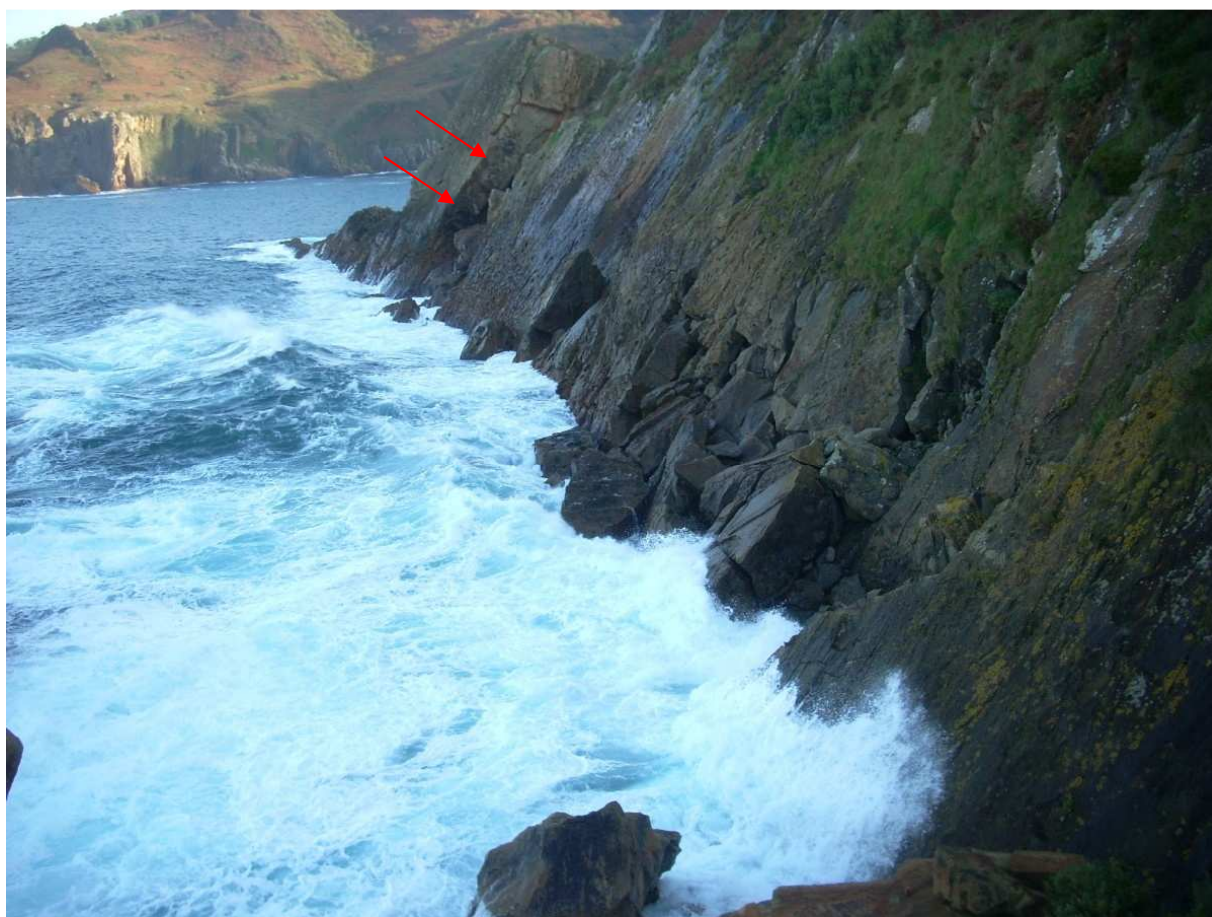


Figura 2. Punta oriental de Bajo aundi vista desde la punta central. Las flechas rojas indican la posición de las cuevas que atraviesan el espolón rocoso, con detalle de la boca de la cueva superior en la imagen inferior.

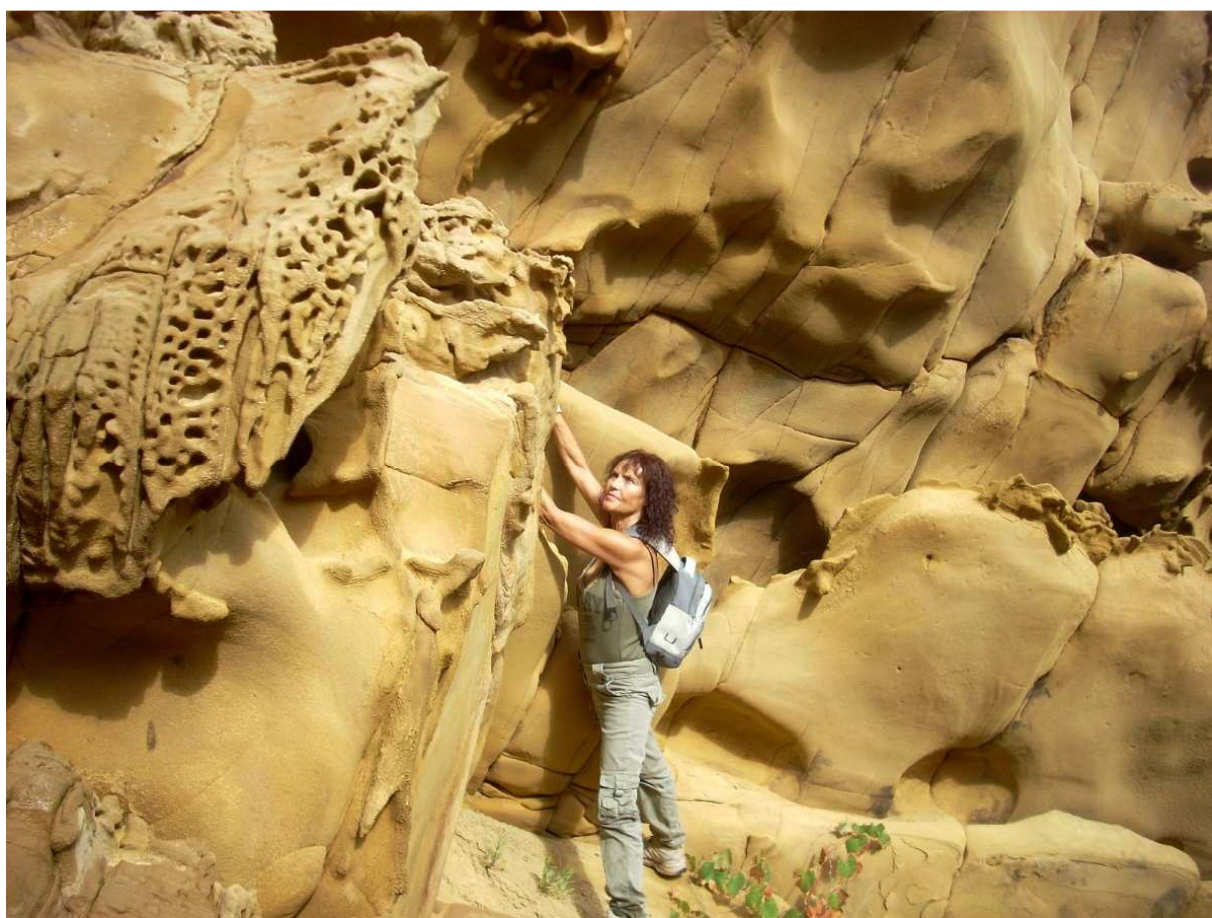


Figura 3. Roca amenizada por disolución intergranular, con cavidades y geoformas en los flancos extraplomados de los espolones de la punta E de Bajo aundi.

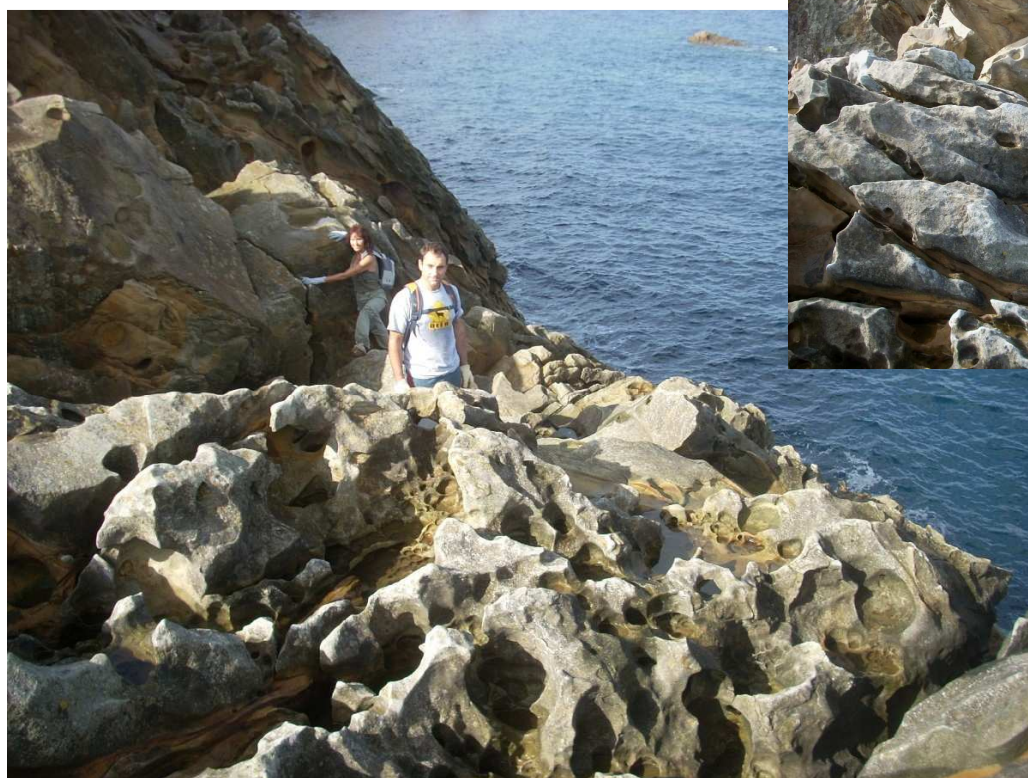


Figura 4. Prospecciones en la punta oriental de Bajo aundi; al fondo la punta central con dos cuevas interestratos en su flanco Este (imagen superior). Detalles de erosión marina con cubetas y geoformas de tipo lapiaz.

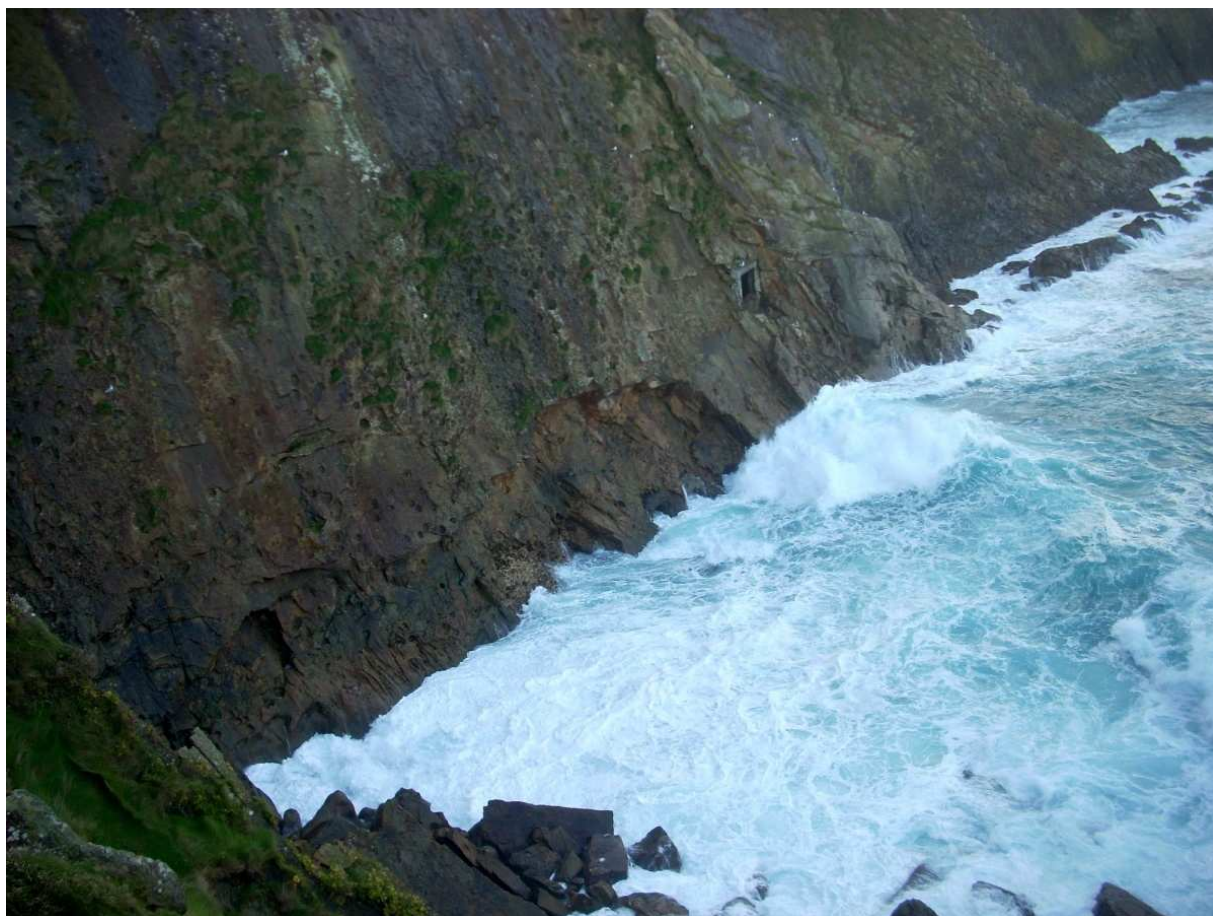
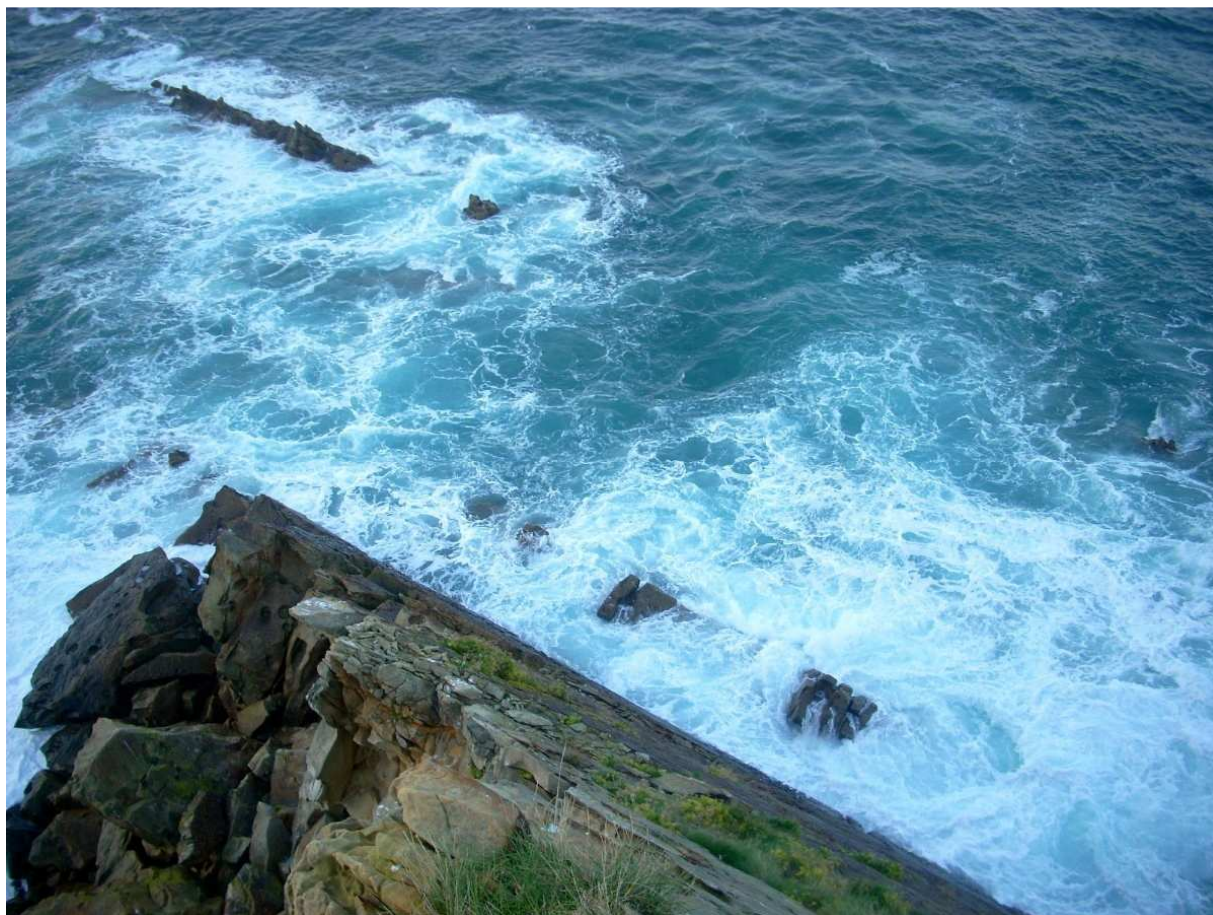


Figura 5. Punta W de Bajo aundi. Acantilado frontal (imagen superior) y playa de bloques casi cubiertos por la marea alta en su flanco W. Se aprecia la salida de una galería artificial rectangular y 4 aliviadores tubulares a nivel del mar del sistema de desagüe del colector submarino de Ulía. Nótese la fractura del estrato por erosión de su parte basal. Las imágenes son con marea alta. Durante la bajamar puede accederse a una pequeña playa de bloques de colapso.

MATERIAL Y METODOS

Los datos presentados han sido obtenidos mediante salidas sucesivas 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 y con el mar en calma, ya que, como veremos, algunas de las cuevas mayores quedan inundadas durante las pleamares o resultan batidas por el oleaje cuando hay mar de fondo. Los datos descriptivos son completados con fotografía digital y/o con topografía dibujada en programa Freehand. Para los levantamientos topográficos se utilizó material Suunto de precisión (brújula y clinómetro) y cinta métrica. El material biológico colectado fue preservado en alcohol etílico al 75% y fue examinado bajo microscopio binocular Nikon hasta 200 aumentos. Las identificaciones taxonómicas son preliminares. Algunas muestras de roca fueron objeto de análisis químico cuantitativo en los laboratorios de Italcementi Group, gracias a la desinteresada colaboración de Carlos Oyarzabal. De modo adicional, se presentan diversas consideraciones sobre aspectos geomorfológicos y/o procesos genéticos, en base a morfología comparada de las geoformas.

RESULTADOS

CONTEXTO GEOGRÁFICO y GEOLÓGICO

El sector de Bajo aundi comprende tres prominentes puntas o cabos que avanzan hacia el mar y se localizan al W de la ensenada de Cala Murguita, en el litoral del monte Ulía (Gipuzkoa, País Vasco). Las rocas de la Formación Jaizkibel en este sector son areniscas carbonáticas, en estratos gruesos, bajo los cuales sigue una serie de estratos delgados tanto de arenisca como de calizas arenosas con intercalaciones menores de lutitas y margas calcáreas. El buzamiento N es subvertical (75°-85° N). En el frente que da al mar los estratos gruesos de arenisca forman paredones y acantilados frontales de cerca de un centenar de metros de desnivel.

La erosión marina en la base de los acantilados y procesos de descompresión mecánica de la roca han producido el colapso de paneles de roca, con desprendimiento de grandes bloques (paralelepípedos de varios m³ -hasta más de 40 m³- de volumen). En torno a los cabos se presenta una estrecha zona de rasa mareal, sobre la cual se acumulan rellenos de bloques desprendidos, de distintos tamaños. Algunas puntas avanzan con afloramientos de islotes menores, alineados con la estratificación, conformando un bajo o bajío litoral.

La erosión marina ha desgastado diferencialmente los estratos más blandos (de lutitas y margas), dando lugar a cavidades inter-estratos, con galerías rectilíneas a lo largo del rumbo y paredes subverticales concordantes con el buzamiento. Estas cavidades a veces perforan de lado a lado espolones de roca. Hay además cuevas de recubrimiento, que representan simplemente los espacios libres que quedan entre grandes bloques desprendidos. Y existen por último combinaciones de ambas, donde galerías inter-estratos quedan recubiertas por grandes bloques formando laberintos tridimensionales, con zonas en oscuridad total de decenas de metros de desarrollo.

Algunas galerías presentan pequeñas circulaciones hídricas de filtraciones de agua dulce procedentes de la ladera, mientras que en las más cercanas al mar la erosión marina ha contribuido a su modelado, invadiendo los niveles más bajos durante las pleamares. La erosión hídrica y los colapsos se suman así en estas cuevas a la disolución intergranular de la arenisca. Describiremos a continuación los ejemplos más significativos encontrados en las tres puntas de Bajo aundi.

PUNTA ORIENTAL

Es la más próxima al entrante de Cala Murguita, constituyendo el extremo W que cierra la cala. Desde la playa de grandes cantos rodados puede seguirse por la orilla y luego escalando un terreno abrupto los primeros contrafuertes. Pero la verticalidad de los estratos recortados por el mar impide proseguir a pie, pudiendo avanzarse en marea baja algunos tramos, en parte a nado. En esta zona, de estratificación delgada, se presentan numerosos ichnofósiles y proparamoudras, tanto en arenisca como en caliza arenosa. Algunos de ellos fueron descritos en un trabajo previo (Galán, 2012 b).

Remontando por la ladera del monte (en parte por un sendero litoral y luego a campo través) puede accederse desde arriba a la punta E o primer cabo. Aquí hay dos espolones, formados por estratos gruesos de arenisca, que descienden hacia el mar. En el primero de ellos hay una cueva inter-estrato que atraviesa el espolón de lado a lado (30 m de desarrollo), con prolongaciones en grietas verticales, hacia otra cueva inferior, más amplia, abierta igualmente entre los planos de estratificación subverticales.

Las paredes orientales extraplomadas de los dos espolones presentan roca arenizada, con gran número de concavidades y geoformas. Siguiendo la base del segundo espolón puede accederse a la costa, en una zona o plataforma donde la acción marina ha ampliado las concavidades de la arenisca formando una especie de lapiaz litoral. En este sector hay también geoformas y desde él se divisa la punta central, con varias bocas abiertas en la base, entre estratos. Aunque se puede avanzar algo entre ambas puntas, el relieve forma enseguida un paredón casi continuo cuya verticalidad impide el paso (Figuras 2 a 4).

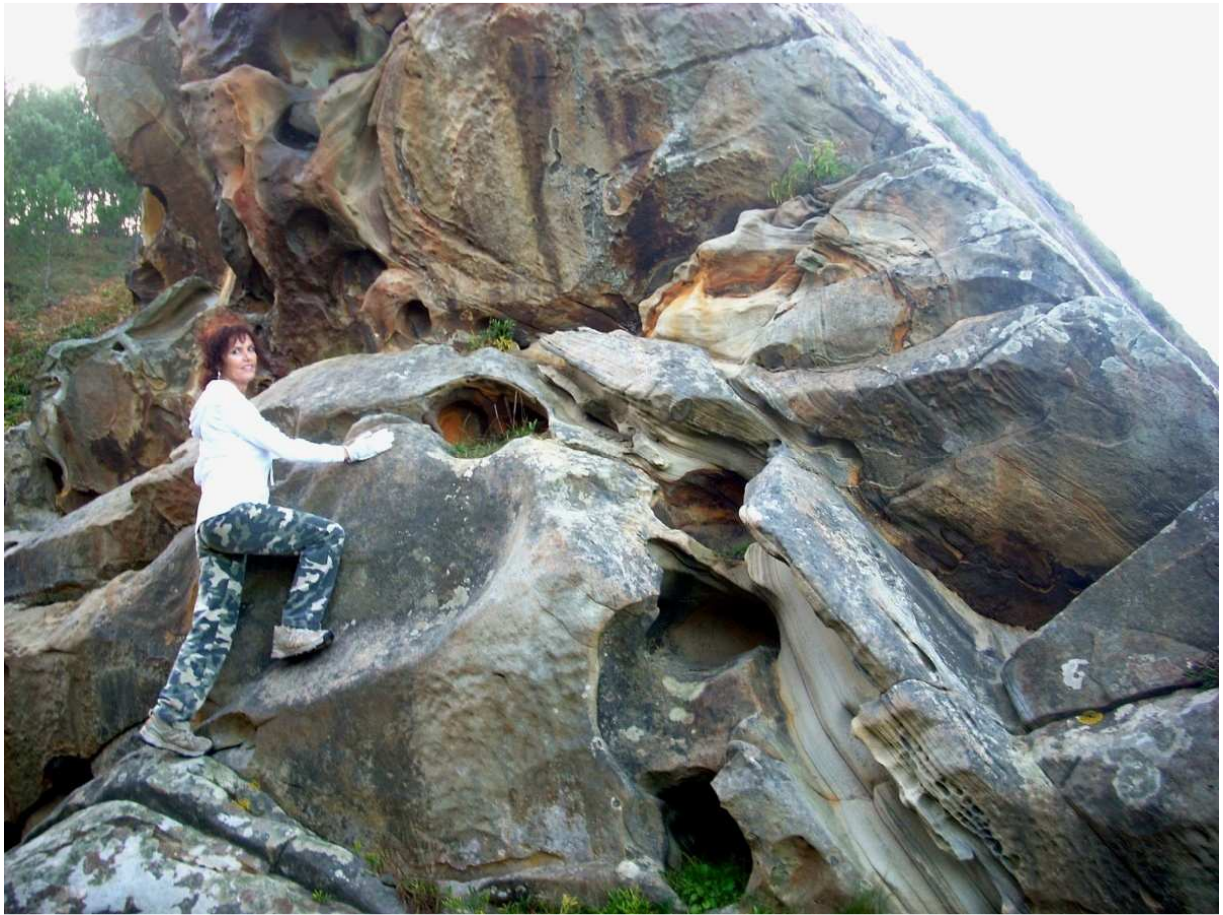


Figura 6. Zona de acceso a la punta central de Bajo aundi, con concavidades y geoformas (imagen superior). En la imagen inferior se aprecia el acantilado de descenso, visto desde abajo, con paneles de bloques a medio desprender y desprendidos. La pared del acantilado frontal tiene 50 m de altura y los bloques de colapso varios metros de lado.



Figura 7. Alcanzando la zona basal de la punta central de Bajo aundi. Entre los estratos gruesos de arenisca, hay otros más delgados de caliza arenosa con intercalaciones de lutitas y margas. La meteorización de los estratos menos resistentes propicia la formación de cavidades interestratos. Vegetación halófila y líquenes creciendo sobre la roca expuesta.



Figura 8. Zona de rasa mareal cubierta de bloques erosionados en la punta central de Bajo aundi. Nótese el nivel de la franja intermareal, con algas rojas, concavidades de cannonballs vaciados, un buen ejemplo del colapso de un tramo del estrato de arenisca del acantilado por el progreso de la erosión marina en su base, y la boca de una cueva marina formada a expensas de fracturas perpendiculares a la estratificación, por progresiva descompresión mecánica.



Figura 9. Promontorio de la punta central de Bajo aundi en marea alta (imagen superior). Las flechas rojas indican la posición donde se abren las tres bocas del E de la cueva grande (B1 á B3), estando la tercera sumergida. En la imagen inferior se aprecia un colapso reciente sobre la elevación situada al E de la punta y los acantilados que la prosiguen hacia la punta oriental, con cala Murguita al fondo (imagen inferior).

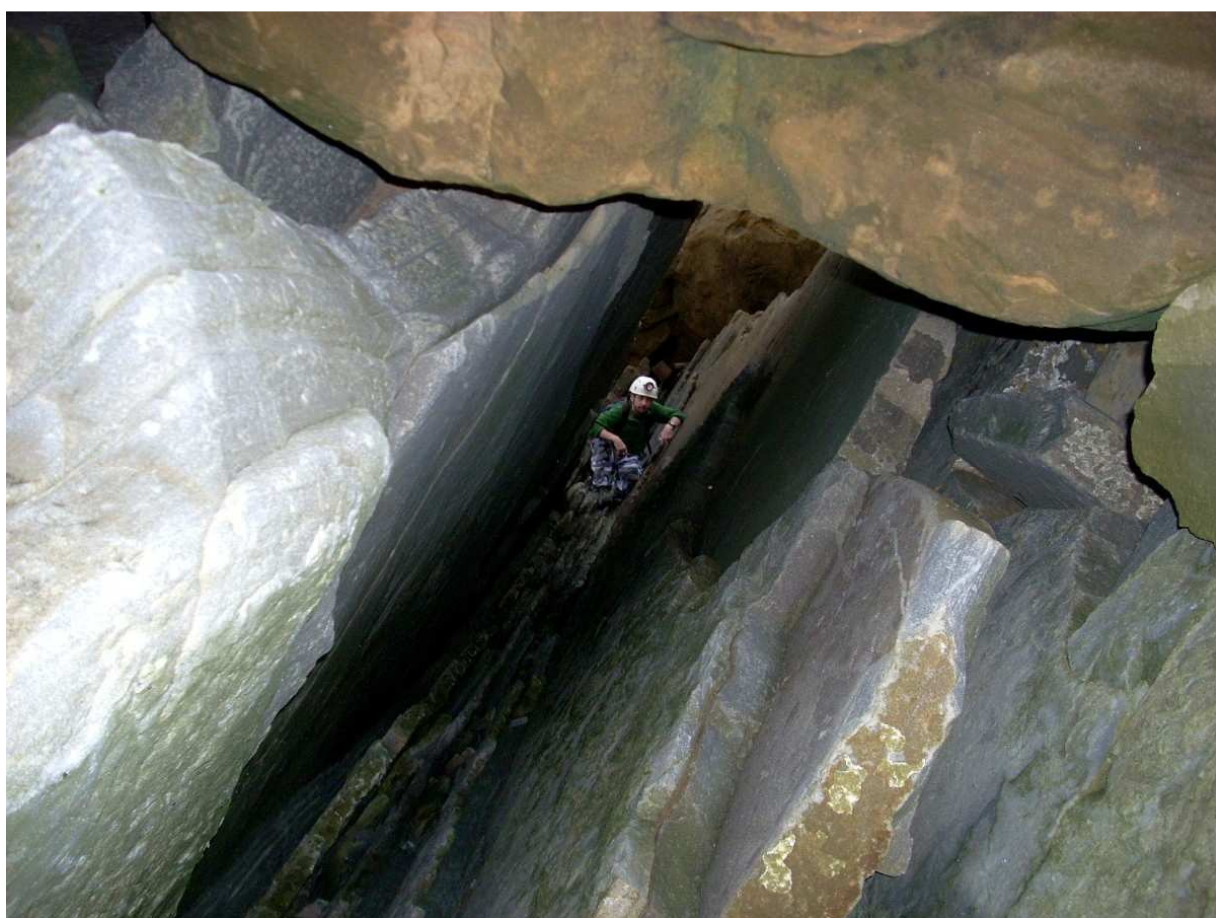


Figura 10. Cueva interestratos de caliza arenosa, en la punta central. La erosión pluvial y marina ha desgastado los estratos delgados de lutitas y margas. Grandes bloques de arenisca recubren el techo. Las fotos han sido tomadas desde la parte central oscura hacia ambos extremos (la luz de los planos próximos es del flash de la cámara).

PUNTA OCCIDENTAL

Desde el sendero de la costa de Ulía puede accederse a pie por la ladera hasta el borde acantilado de esta punta. El frente que da al mar es una pared lisa, de 50-70 m de desnivel según los puntos, que cae directamente al mar. Pero al W de la punta se forma un entrante que deja en marea baja una pequeña playa de bloques y cantos rodados. Puede descenderse con ayuda de cuerda un escarpe de -50 m que conduce a la zona basal. En la playa se encuentran bloques erosionados con diversos ichnofósiles, así como algunas geoformas alveolares en la pared lateral de la punta, que extraploma hacia el lado de la playa rocosa (Figura 5).

Desde este sitio hacia el W hay un nuevo paredón frontal, en donde se aprecia la salida de varios túneles artificiales circulares (aliviaderos del colector submarino de Ulía) y una galería rectangular a unos 10 m por encima del nivel de marea alta. La base de este acantilado posee algunos buenos ejemplos de erosión marina y colapso de la parte baja de los estratos, con desprendimiento de paneles de bloques. En el mar, como continuación de la punta, sobresalen del agua afiladas aristas de roca de los estratos más resistentes a la acción de desgaste del oleaje. En este sector no encontramos cavidades.

PUNTA CENTRAL

Es la que ha resultado de mayor interés y ha aportado diversas cuevas y una multiplicidad de geoformas de rasgos singulares. Su acceso desde la parte alta, a través de una senda poco marcada, posee tramos escarpados y expuestos si el día no es seco (Figuras 6 á 8). La punta en sí forma un pequeño promontorio o península saliente, con grandes bloques sobre una zona de rasa mareal. Hacia el E presenta una segunda elevación, adosada a la ladera, con un abrupto caos de bloques y zonas sujetas a desprendimiento (Figura 9). Recorriendo su perímetro se puede acceder a dos grandes bocas, a nivel del mar, que constituyen abrigos inter-estratos.

En la zona de la rasa mareal existen dos cuevas formadas por erosión y remoción de los paquetes más delgados de lutitas y margas; una de ellas entre estratos de arenisca y la otra entre bancos de caliza, techados adicionalmente por bloques. Estas cavidades tienen 20-30 m de longitud, con zonas en acentuada penumbra (Figuras 10 y 11). Existen también pequeñas cuevas bajo bloques y otras formadas por circulaciones hídricas de agua dulce de escaso caudal, con desarrollos máximos del orden de 10 m penetrables, pero prolongadas en mesocavernas en zona oscura, las cuales albergan algunos ejemplos singulares de fauna cavernícola. Estas se localizan desde unos pocos hasta 50 m snm, en el corte de la ladera (Figura 12).

La cavidad de mayor desarrollo se presenta en el promontorio saliente, el cual consiste en una acumulación de grandes bloques sobre la rasa mareal y elevaciones rocosas de la misma (Figura 13). Posee tanto conductos labrados en la roca-caja (aprovechando las zonas de debilidad), como otros ampliados por erosión marina bajo el relleno de bloques. Esta cueva presenta un trazado tridimensional y atraviesa el promontorio de lado a lado. Posee 5 bocas de acceso a distintos niveles, tiene 80 m de desarrollo de galerías y -10 m de desnivel, con prolongaciones y mesocavernas menores (Ver plano de la cueva en Figura 14). Su parte central y algunos laterales están en oscuridad total.

La boca superior (B1, cota 0) se abre en el lado SE del promontorio, a +10 m sobre el nivel del mar en marea baja. Una galería descendente conduce a un salón en la cota -4. Paralela a ella y algo más baja se desarrolla otra galería que conduce a la boca B2. Una rampa en declive conduce a una tercera galería paralela, más amplia y con estanques de agua marina, que acaba por abrirse al exterior a nivel del mar en la boca B3 (cota -10). La zona más próxima a la entrada marina posee una ventana o claraboya y otros pequeños laterales (Figuras 15 y 16). Desde superficie puede accederse a la boca B3 escalando los bloques de la orilla.

Si ahora volvemos al salón central, existe una galería descendente lateral que se cierra en la cota -6. Hacia el lado N la sala desciende escalonadamente hasta otra ampliación en penumbra por la existencia de una claraboya (B4) abierta a la parte alta del promontorio. Otro lateral en penumbra (por existir otra alta claraboya) permite salir a una cornisa en el lado W (B5), boca por la que resulta más fácil el acceso a la cavidad, ya que desde la cornisa se enlaza con la rasa mareal. En sentido opuesto la sala desciende -3 m hasta un retículo de galerías menores inundadas por el agua de mar, que penetra a través de grietas (cota -10, Figura 17).

Dado que la amplitud de la marea alcanza 4 m, durante las pleamares quedan inundadas las galerías y partes más bajas de la cavidad. En estos momentos la boca B3 queda totalmente sumergida. Todo ello estando el mar en calma. Con mar de fondo y marea alta, como hemos visto en varias ocasiones, las olas alcanzan las tres bocas del E, resultando imposible acceder a ellas. En ocasiones en que el oleaje es fuerte, las salpicaduras de las olas pueden batir todo el promontorio.

Debido a estas condiciones, la cavidad presenta superficies bastante lisas y pulidas por la erosión marina, con recubrimientos extensos de algas verdes los cuales tapizan las partes bajas de las galerías del Este. Por encima de este nivel, tanto al E como al W, las partes en penumbra próximas a las bocas y claraboyas, situadas en la zona intermareal, presentan recubrimientos de algas rojas. No obstante, en la sala central y el lateral anexo existen diversos tipos de geoformas en las paredes y bóvedas de arenisca (Figura 18). Entre ellas concavidades producto del vaciado de cannonballs e incipientes boxworks, de celdas grandes separadas por tabiques relativamente gruesos y toscos. A la acción marina se suman retoques producto del modelado por infiltración de aguas de lluvia. En las partes altas más secas es evidente además la disgregación de la roca-caja por disolución intergranular (proceso de arenización o pérdida del cemento de la arenisca), y así quedan preservados pequeños depósitos de arena en algunas áreas. No obstante, la mayor parte de los fragmentos detríticos son removidos por la erosión marina. La cueva presenta una biocenosis singular, que será descrita en otro apartado.

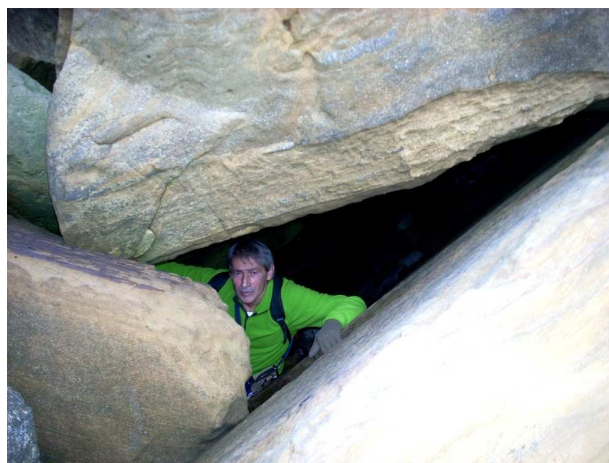
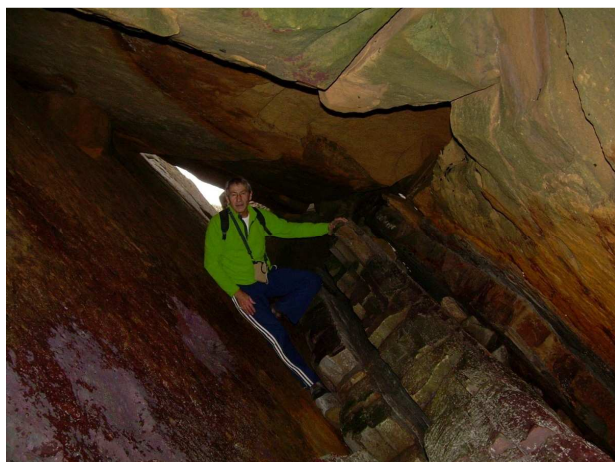


Figura 11. Cueva entre estratos de arenisca en la punta central de Bajo aundi, con recubrimiento de bloques. La claridad próxima en las imágenes se debe al flash, correspondiendo la luz natural sólo a las bocas, situadas al fondo de las imágenes.

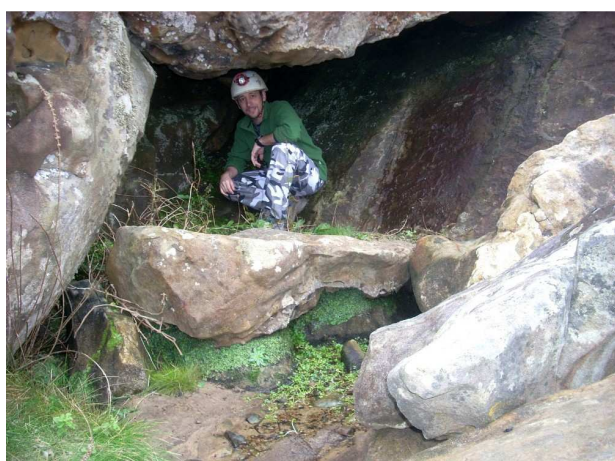
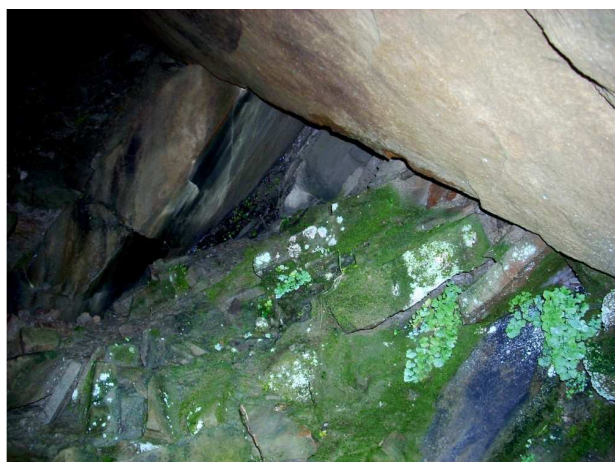
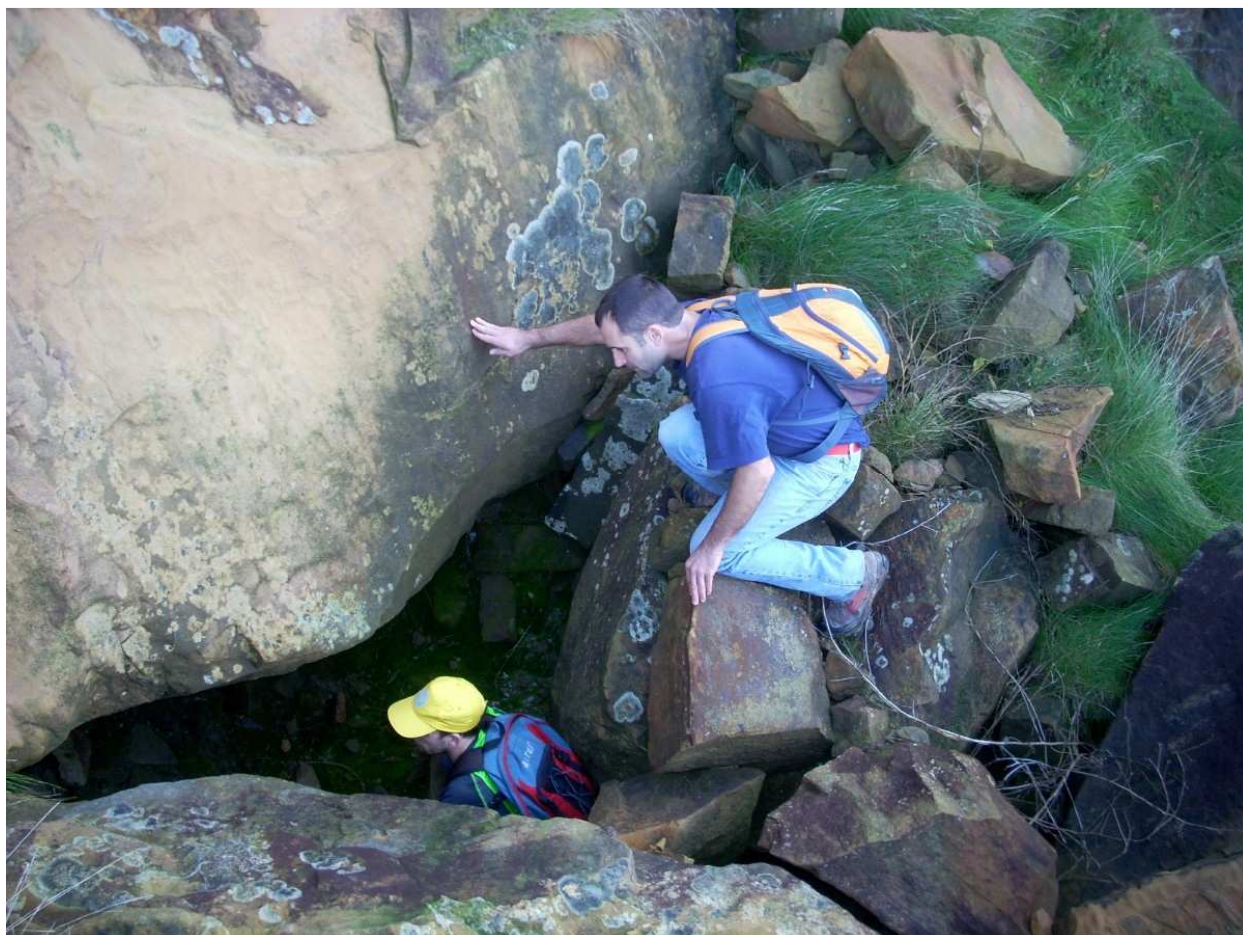


Figura 12. Más alejadas del nivel del mar y a una cota más alta se encuentran pequeñas cuevas de recubrimiento (de hasta 10 m y con zonas oscuras) algunas son recorridas por filtraciones de agua dulce, con vegetación criptogámica y algas en las zonas de entrada de las bocas. Sus partes internas suelen albergar fauna cavernícola. Punta central de Bajo aundi.

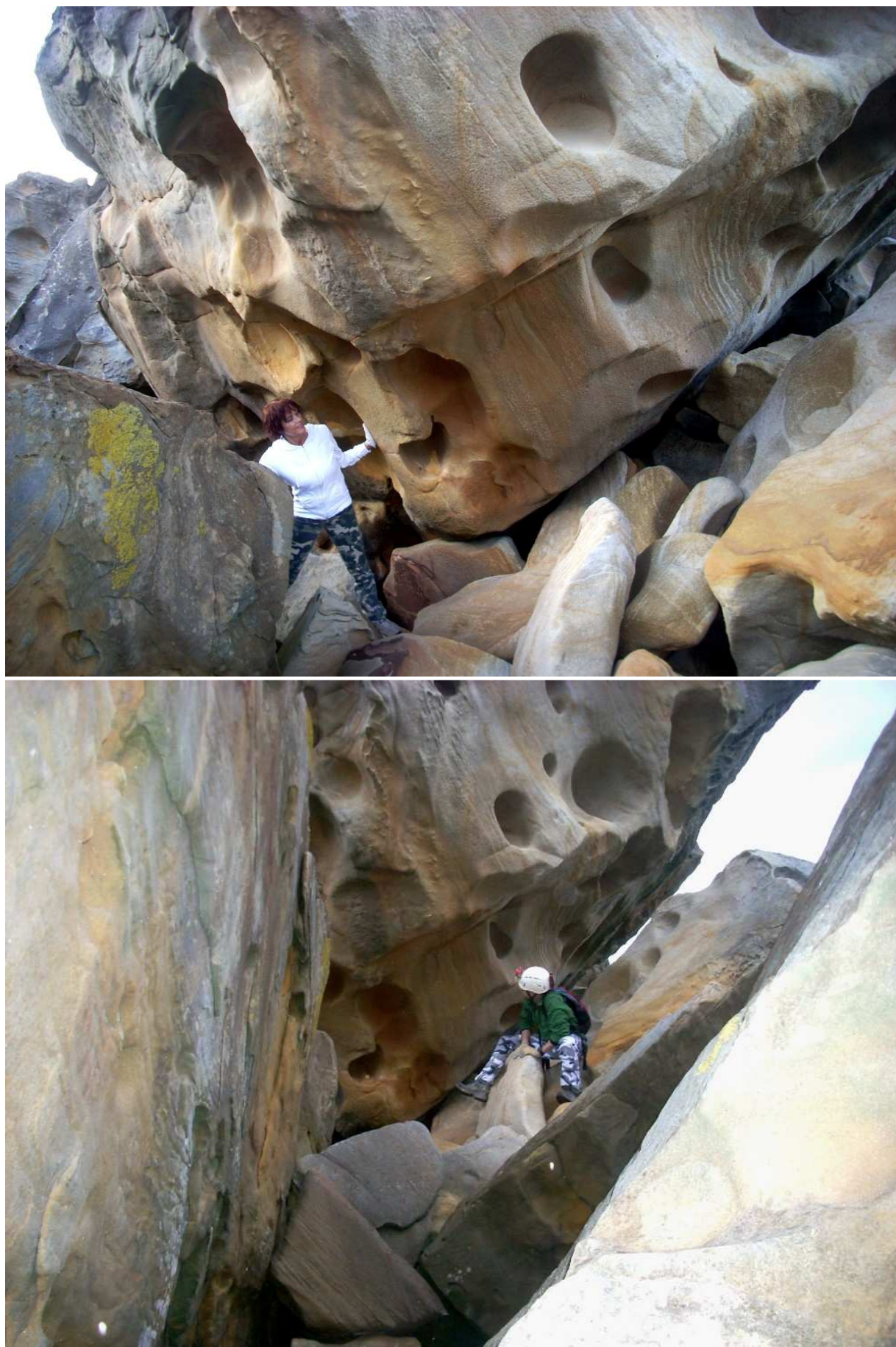


Figura 13. Promontorio de la punta central, con grandes bloques, bajo los cuales se desarrolla una cueva de 80 m. La boca superior (B1) se localiza detrás del espeleólogo de la imagen inferior.

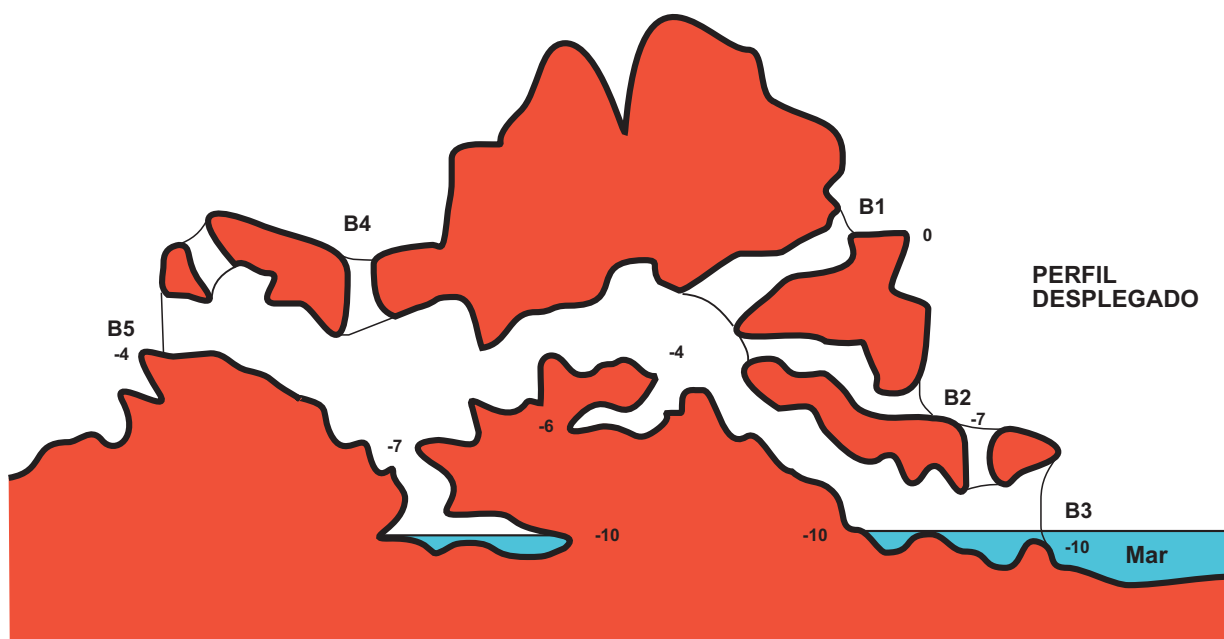
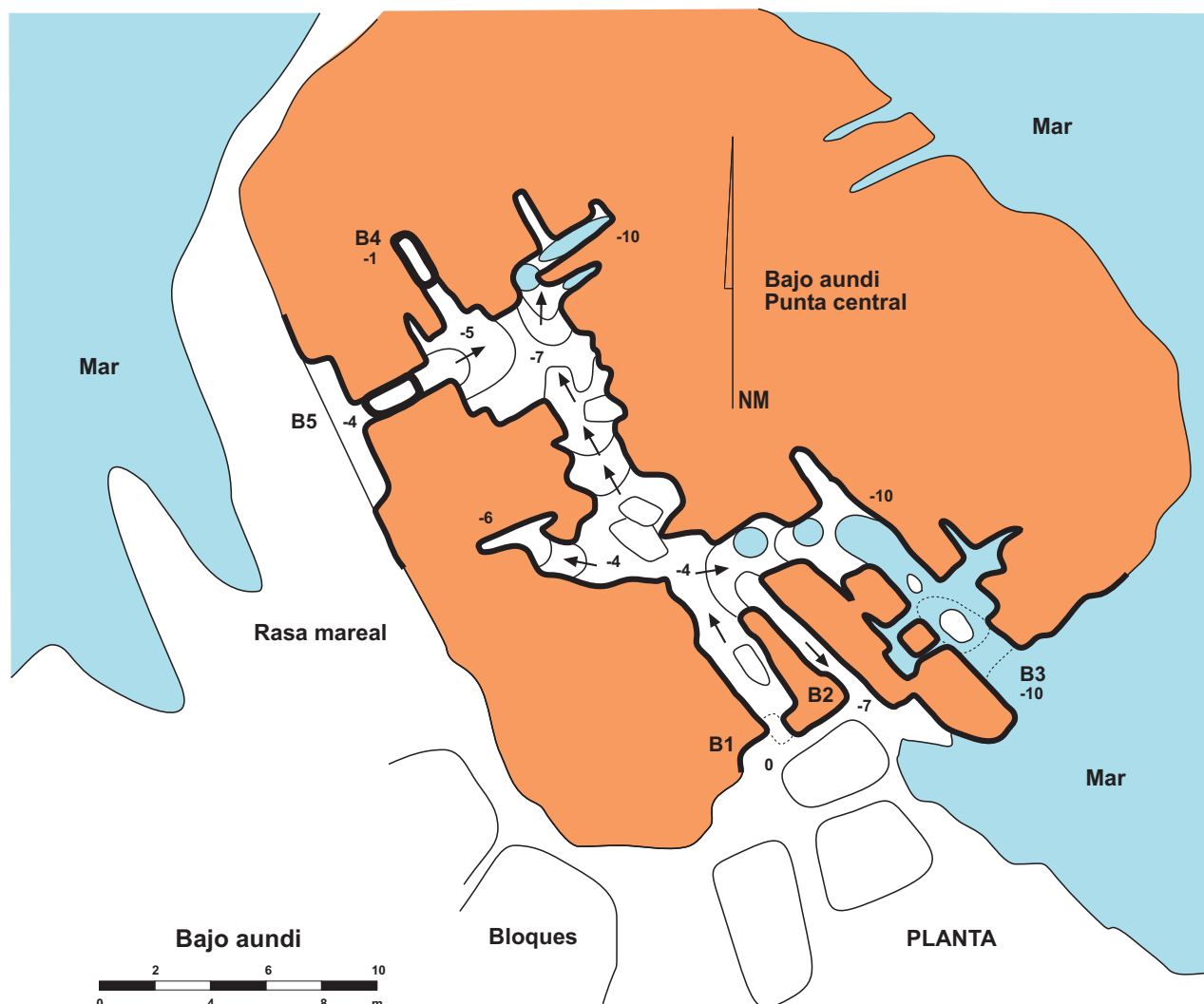


Figura 14. Plano topográfico en Planta y Perfil desplegado (esquemático) de la cueva mayor de Bajo aundi.

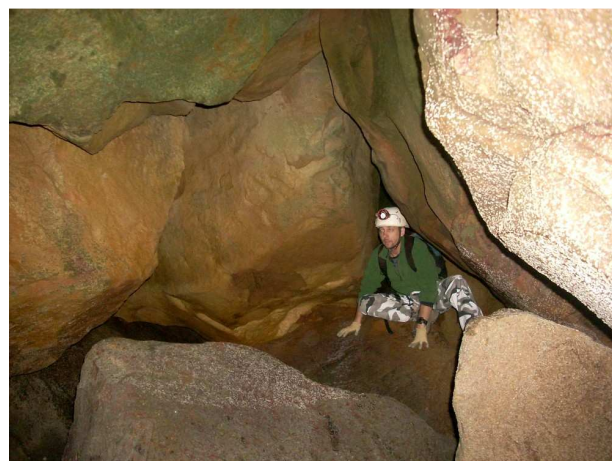
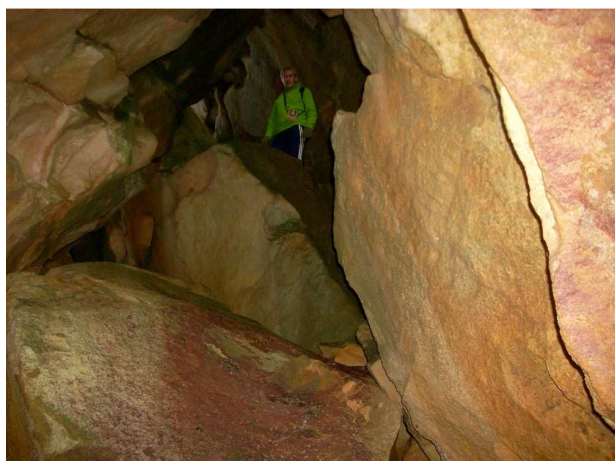
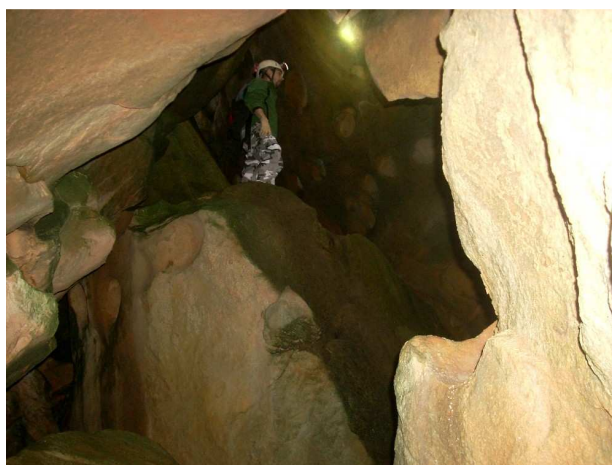
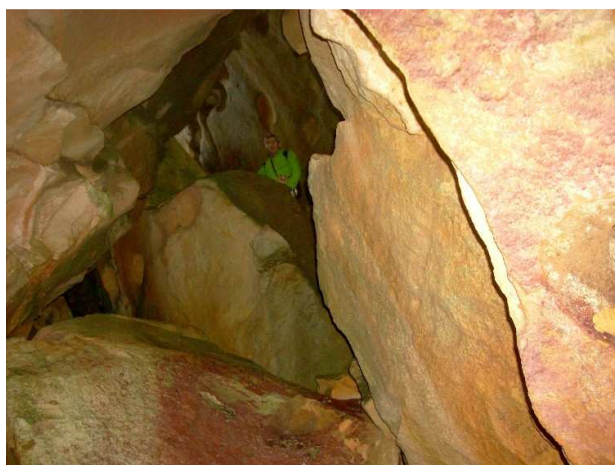
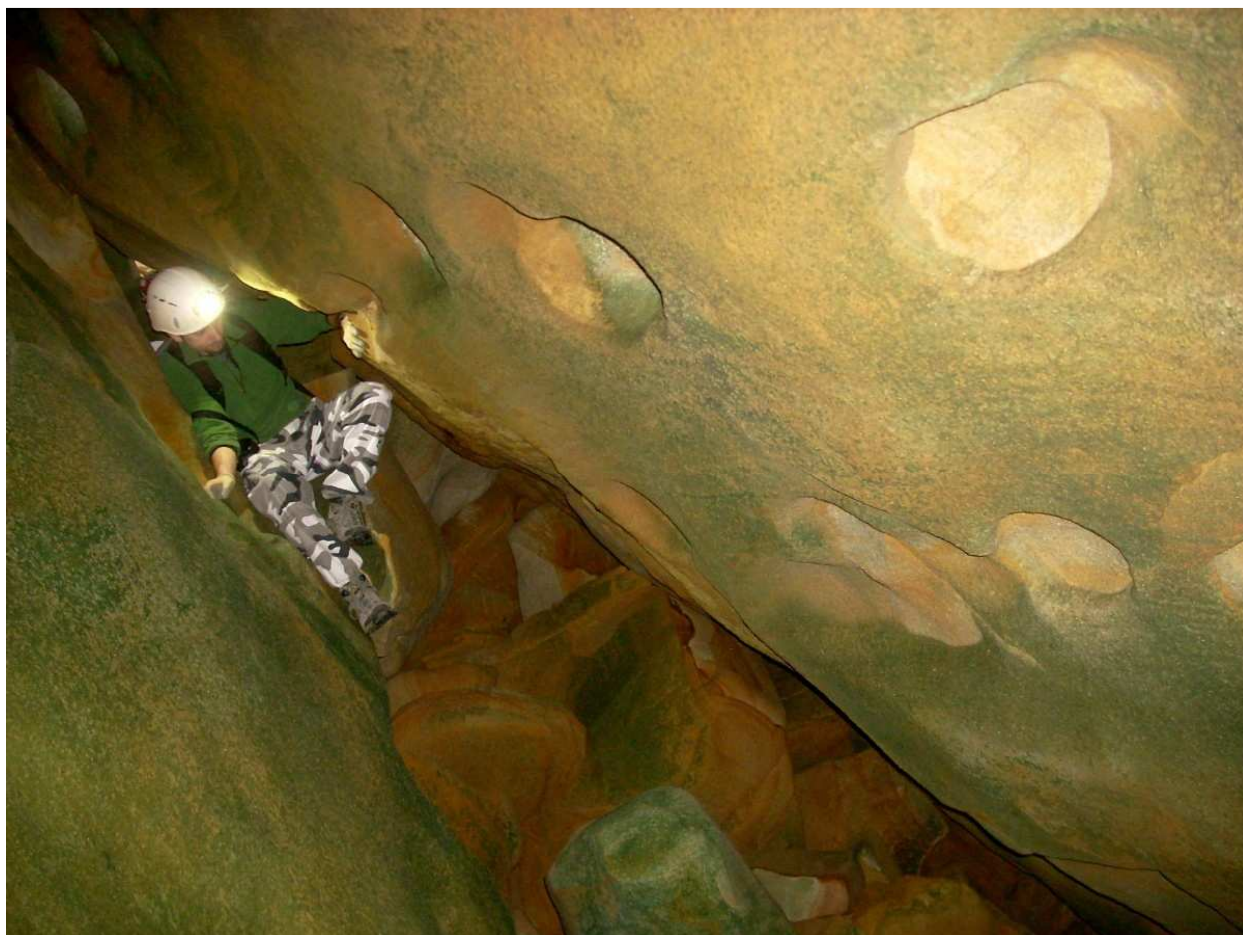


Figura 15. Entrando por la boca B1 de la cueva grande de Bajo aundi (imagen superior) y diversos aspectos de las partes altas centrales de la cueva, bajo el relleno de grandes bloques de arenisca.

ALGUNAS CURIOSAS GEOFORMAS EN SUPERFICIE

En las zonas más próximas al mar se presenta un micromodelado de las areniscas y calizas, con infinidad de microcubetas y cavitaciones, marmitas de erosión turbillonar, pozas y pilancones formados por ampliación de concavidades (Edeso, 1988), y formas complejas que se asemejan a las de tipo lapiaz. A ello también se suma, sobre todo en la punta central, las formas típicas de erosión marina sobre la rasa mareal, con aristas y crestas rectilíneas y en paralelo, donde sobresalen en relieve positivo los estratos más resistentes (de arenisca y caliza), resultando deprimidos los más blandos (de lutitas y margas).

En los estratos gruesos de arenisca de los espolones más prominentes se presentan concavidades típicas del vaciado de cannonballs, a menudo con restos de las gangas arcillosas que envuelven las concreciones y/o láminas de óxi-hidróxidos de hierro y aluminio (Figura 19). En la parte basal o extraplomada de los estratos la roca se presenta arenizada, con geoformas alveolares y bandeados de Liesegang, como también en la base y laterales de algunos bloques desprendidos. El ejemplo más llamativo (con un diseño realmente espectacular) corresponde a un sector de la punta central de Bajo aundi, donde la arenisca presenta cavidades y superficies arenizadas con bandas de Liesegang estéticamente remarcables (Figuras 20 y 21).

También son interesantes y estéticamente llamativos las alineaciones de alveolos sobre la superficie endurecida (= duricrust) en la cara superior de grandes bloques (Figura 22). En la génesis de este tipo de alveolos (en roca compacta que parece haber sido recementada por carbonatos) probablemente inciden procesos de haloclastia y meteorización superficial, lo que los diferencia de las formas alveolares y en panal de abejas que ocurren en roca arenizada por disolución intergranular.

En los afloramientos de estratos gruesos de arenisca más alejados del mar (y situados a mayor altitud), las paredes y abrigos presentan una mayor diversidad de formas alveolares, desde alveolos pequeños hasta celdas de tipo boxworks.

Coexisten zonas con duricrust con otras donde estas superficies recementadas han sido perdidas y se forman por el contrario depresiones, abrigos y concavidades arenizadas (Figuras 23 y 24). En el interior de estas concavidades (a veces muy someras) es frecuente que se pueda apreciar laminaciones de la arenisca así como bandeados de Liesegang.

Es frecuente que en torno a algunas concreciones (o concavidades que restan tras su remoción) se presenten gangas arcillo-arenosas y, también, envolturas y láminas duras ricas en óxidos de hierro y aluminio, según muestran los análisis químicos hechos. A partir de ellas pueden difundir distintos precipitados y bandeados que tiñen con coloridos diseños la roca arenizada adyacente.

Dada la disposición subvertical de los estratos, las puntas de Bajo aundi resultan a su vez un lugar idóneo para apreciar cómo proceden tanto la erosión marina (que ataca y desgasta la parte basal de los acantilados) como los procesos de descompresión mecánica (que producen el colapso de bloques e incluso el desprendimiento de tramos enteros de estratos sucesivos).

Las rocas duras, como la arenisca y caliza, en la vecindad de escarpes, sufren procesos de descompresión mecánica, con la consiguiente apertura de fracturas, que culminan en colapsos para restablecer el equilibrio mecánico (Renault, 1970; Galán, 1991). Si la erosión normal o la marina meteorizan progresivamente la base o los flancos de zonas de escarpe, introducen desequilibrios, que la acción de la gravedad tiende a restablecer descomprimiendo la roca, produciendo de este modo fracturas y provocando el colapso de bloques y partes enteras de los estratos (Figura 25). Si un desprendimiento es producido en la parte basal, inestabiliza las zonas superiores, y se produce una erosión remontante con colapsos sucesivos del estrato entero. En Bajo aundi se presentan muchos ejemplos de este tipo, con diversidad topográfica, según se trate de la parte frontal de los acantilados costeros o de la parte recortada lateralmente de los prominentes espolones de las tres puntas.

FAUNA CAVERNÍCOLA

Las cuevas descritas se presentan en una zona de contacto entre las aguas del mar y el karst de arenisca. Desde el punto de vista ecológico estas zonas de transición son de interés por representar una de las vías de colonización de las aguas subterráneas kársticas continentales por formas marinas euryhalinas litorales, bénticas o abisales. Al igual que el intersticial de las playas, constituye 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; Kensler, 1965; Richoux, 1971; Juberthie, 1983; Galán, 1993).

Ha sido señalado que en las cuevas que resultan invadidas por el mar en marea alta 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. En Bajo aundi hemos identificado, entre otras: moluscos gasterópodos *Patella vulgata*, *Gibbula umbilicalis*, *Cingula trifasciata*, *Nucella lapillus*, *Littorina saxatilis*; bivalvos *Lasaea rubra*, mejillones *Mytilus edulis*; poliplacóforos *Acanthochitona fascicularis*; crustáceos cirrípedos *Balanus balanoides*, *Pollicipes pollicipes*; decápodos *Porcellana platycheles*; isópodos *Sphaeroma serratum*; demoesponjas (esponjas silíceas) *Hymeniacidon sanguinea*; bryozoos *Cellepora pumicosa*; y poliquetos serpúlidos *Janua (Dexiospira) sp.*

En zona aérea, en el límite de mareas, donde hay depósitos de arena y fragmentos detríticos de conchas son comunes pequeños poliquetos (errantes, tubícolas y perforadores), tales como *Cirratulus cirratus*, *Eulalia viridis*, *Perinereis marionii*, *Terebella lapidaria*, *Syllis amica*; nemertinos *Lineus longissimus*; isópodos *Cyathura carinata*; bivalvos *Kurtiella bidentata*; ácaros y otros microartrópodos litorales indeterminados.

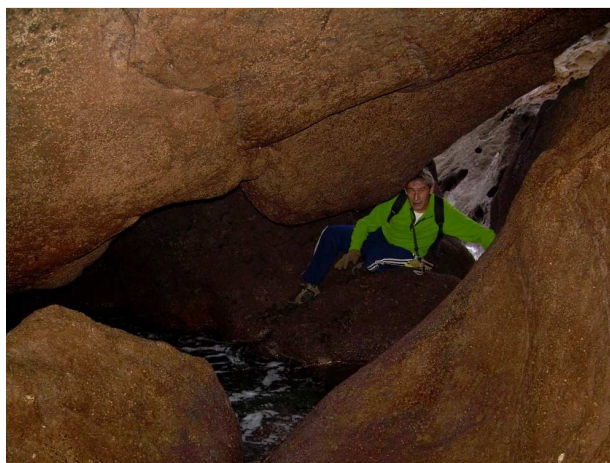
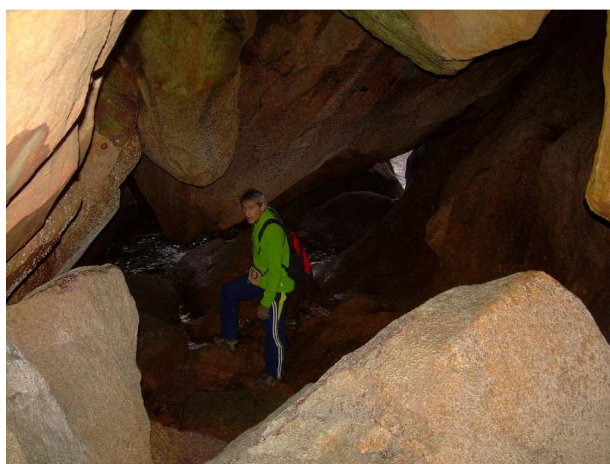
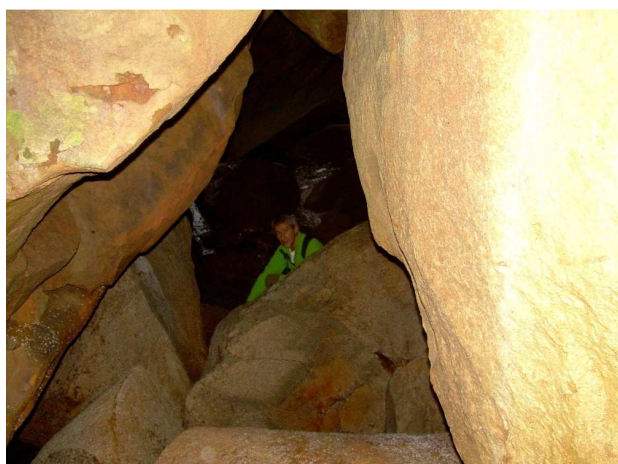
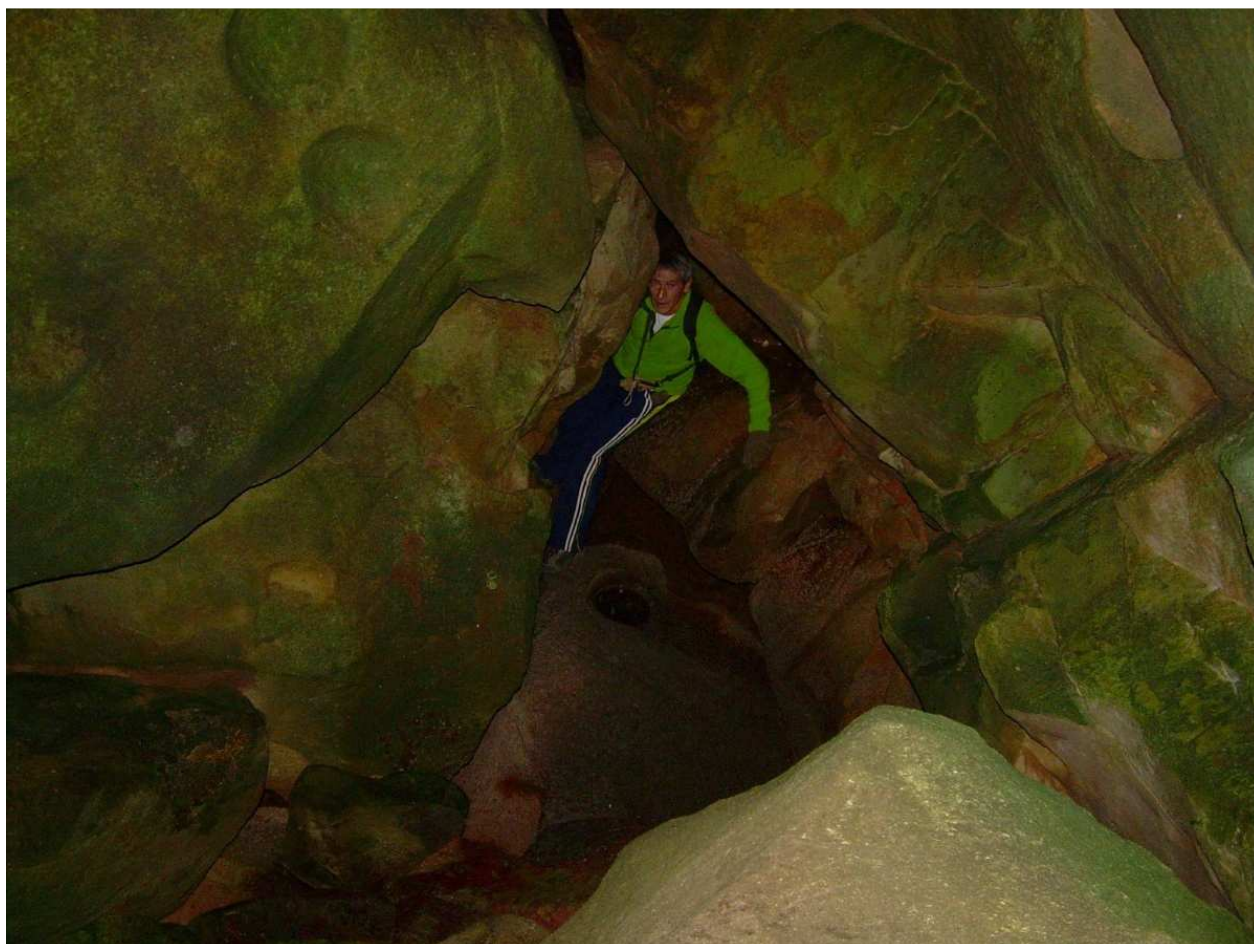


Figura 16. Galerías inferiores, hacia la entrada marina (B3), con tapices de algas verdes.

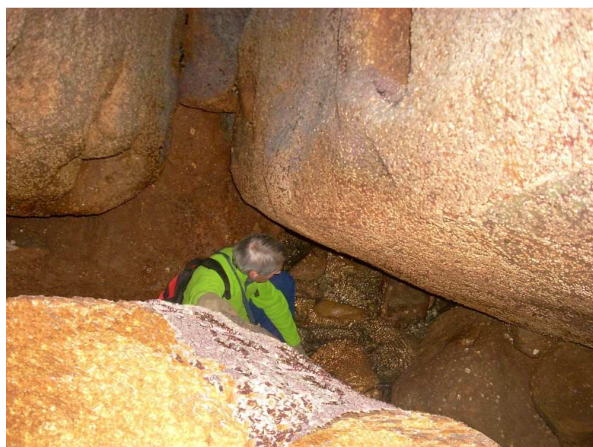
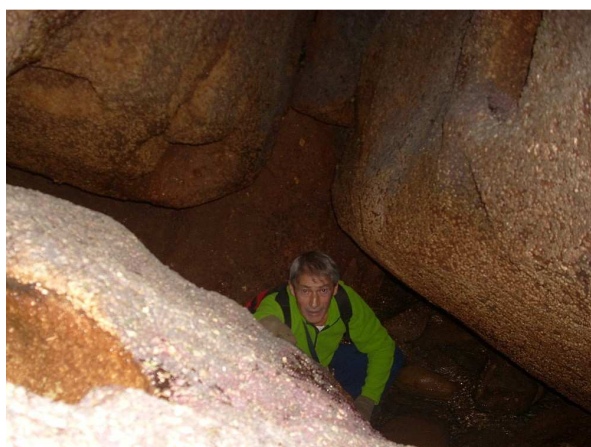
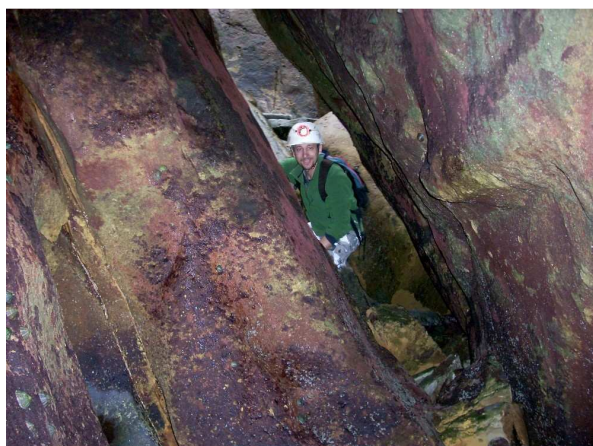
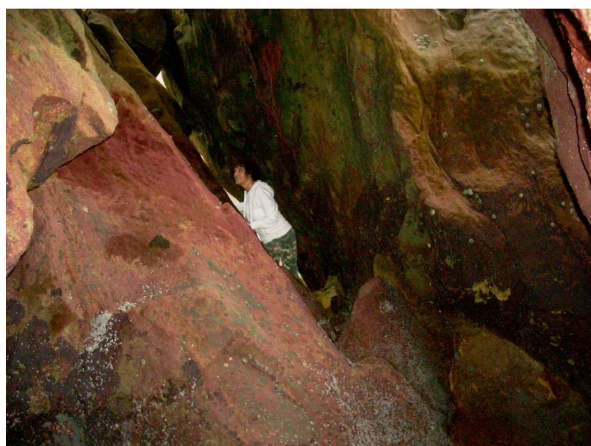


Figura 17. Entrada en la cornisa del lado W (flecha roja, imagen superior), con zonas de algas rojas bajo claraboyas (imágenes intermedias), y galerías inferiores con agua marina (imágenes inferiores). Cueva grande de Bajo aundi (Ulía).

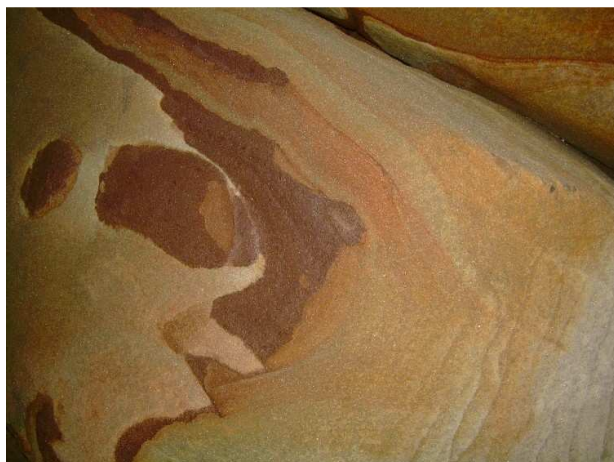


Figura 18. Vista del promontorio donde se abre la cueva grande de Bajo aundi en marea alta (imagen superior: flechas rojas = bocas del Este, B1 à B3; la boca marina B3 queda inundada). Abajo: distintas geoformas: bandeados de Liesegang, boxworks incipientes, y laminaciones en la arenisca arenizada.

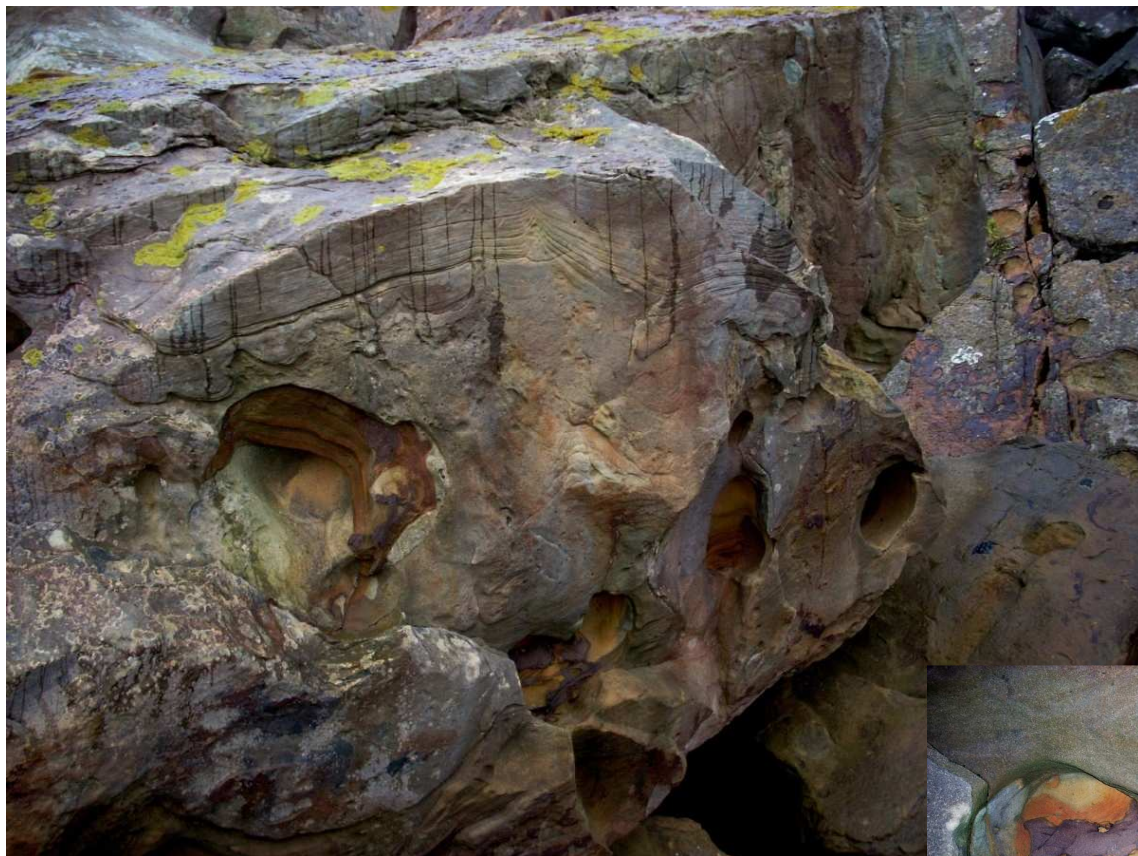


Figura 19. Concavidades de cannonballs en bloques desprendidos, con gangas arcillo-arenosas y láminas de óxidos de hierro y aluminio. Zona de la rasa mareal de la punta central.



Figura 20. Espectaculares diseños fractales en roca arenizada por bandeados de Liesegang, en un sector de la punta central.

En zonas terrestres rocosas (a menudo prolongadas en mesocavernas) han sido hallados: pseudoescorpiones *Neobisium maritimum*; quilópodos Geophilomorpha Schendylidae *Hydroschendyla submarina*; colémbolos Neanuridae *Anurida maritima*; thysanuros Zygentoma Lepismatidae cf. *Lepisma saccharina*. Algunos de estos últimos pueden considerarse troglófilos. La presencia en grietas en zona oscura de raros quilópodos Schendylidae y la de thysanuros Lepismatidae bajo piedras en las cuevas (probablemente alimentándose de detritus vegetales y algas secas) es reportada por primera vez para estos ambientes.

En cavidades más alejadas del mar es común una fauna terrestre con predominio de diversas especies troglógenas de dípteros, araneidos, opiliones, e isópodos terrestres. Por su situación próxima a la superficie estos ambientes transicionales terrestres se asemejan al tipo de biocenosis que se presenta en litoclasas y grietas de lapiaz en el karst clásico en caliza. Cabe también señalar el hallazgo de serpientes *Vipera seoanei* (Viperidae) en oquedades de cannonballs vaciados, en zonas en contacto con vegetación densa de argomas y helechos. Previamente habíamos encontrado víboras otras veces en distintos puntos del litoral central de Jaizkibel, pero no como en este caso en oquedades del pseudokarst en arenisca.

El tipo de fauna encontrada, la ausencia de troglobios típicos, y la composición de las biocenosis (con una gradación desde los habitats predominantemente marinos hasta los continentales acuáticos y terrestres), hacen de este un medio transicional singular, diferenciado del MSS y ampliamente equivalente al que se encuentra en la zona de entrada y ambiente intermedio de las cuevas en el karst clásico en caliza.

El progreso en la identificación taxonómica del material colectado incrementa el número y diversidad de especies reportada para los distintos habitats del pseudokarst en arenisca de la Formación Jaizkibel, mostrando asociaciones faunísticas singulares. Del funcionamiento ecológico y dinamismo de estas biocenosis solo poseemos un conocimiento parcial, que se acrecienta con cada sucesiva prospección.

DISCUSION Y CONCLUSIONES

Han sido descritos varios tipos de cavidades, de modestos desarrollos. Generalmente formadas aprovechando fracturas, planos de estratificación y rellenos de bloques. La disposición subvertical de los estratos es poco propicia para la formación de cuevas, pero la erosión de los estratos delgados más blandos intercalados entre otros más gruesos de arenisca y/o caliza arenosa, ha permitido la formación de algunas galerías y sistemas de cuevas bajo bloques con zonas oscuras. No obstante, en estos acantilados litorales son muy activos los procesos de descompresión mecánica y colapsos, con rebajamiento y retroceso del relieve de superficie. Por consiguiente, las cuevas formadas tienen una vida efímera en el tiempo, y resultarán destruidas al progresar la erosión y meteorización de superficie, a la vez que se crearán nuevas cuevas del mismo carácter.

Para la fauna cavernícola estos ambientes resultan así de escasa constancia temporal y son por ello, de modo general, poco propicios para la evolución de formas troglóbias. No obstante, dado el desarrollo de un acuífero intergranular en las areniscas, diversos crustáceos acuáticos de pequeña talla (además de microfauna) pueden colonizar las aguas subterráneas y diferenciar especies stygobias con troglomorfismo acentuado. Este ha sido el caso por ejemplo del anfípodo *Pseudoniphargus vasconiensis* (Hadziidae), de hirudíneos *Gnatobdellida* y de varias especies de la microfauna de copépodos aún en proceso de estudio, las cuales han sido halladas en otras cavidades en las areniscas de Ulía (Galán, 2012 a). Estas especies pueden considerarse cavernícola-intersticiales, y su ocurrencia puede documentarse en distintos ambientes hipógeos.

Con independencia del grado de troglomorfismo de las especies halladas, lo cierto es que estos espacios subterráneos resultan doblemente transicionales, por su fauna (con una gradación entre formas oscurícolas epígeas y las cavernícolas del karst clásico), y por su zonación física (desde el medio litoral marino al continental, dulceacuícola y terrestre). Las cuevas del pseudokarst en arenisca de la Formación Jaizkibel son un medio aún poco conocido biológicamente, pero albergan formas de vida (a menudo extrañas) capaces de desenvolverse y adaptadas a estas particulares condiciones que paso a paso vamos develando. La ecología de los invertebrados en estos ambientes (previamente poco investigados) se revela así como un interesante campo para futuros estudios y puede seguir aportando interesantes aspectos de la trama de la vida en nuestro planeta.

La zona de Bajo aundi (como otras localidades del flysch Eoceno) aporta nuevos datos sobre cuevas y geoformas, siendo tal vez lo más notable a destacar, la ocurrencia de una gran diversidad de geoformas y bandeados de Liesegang de sorprendentes diseños, muchos de ellos estéticamente remarcables.

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, entre otros: Iñigo Herraiz, Daniel Arrieta, Piero Di Bartolomeo, y de modo especial a Carlos Oyarzabal (SCA & Italcementi Group), por su invalorable ayuda en la analítica de diversas muestras de roca. El trabajo se ha beneficiado con la revisión crítica y sugerencias de varios zoólogos y especialistas del karst. Agradecemos en este sentido de modo especial a Franco Urbani (SVE & Director de la Escuela de Geología, Minas y Geofísica, de la Univ. Central de Venezuela) y a Francisco Herrera (SVE & Centro de Ecología del IVIC - Instituto Venezolano de Investigaciones Científicas).



Figura 21. Geoformas con diseños de cuentos de hadas, en Bajo aundi.



Figura 22. Alineaciones de alveolos en zona de la rasa mareal, con el promontorio de la punta central al fondo. Bajo aundi.



Figura 23. Zonas arenizadas en la parte basal de grandes bloques y estratos de arenisca, con suaves laminaciones y estructuras de corriente.

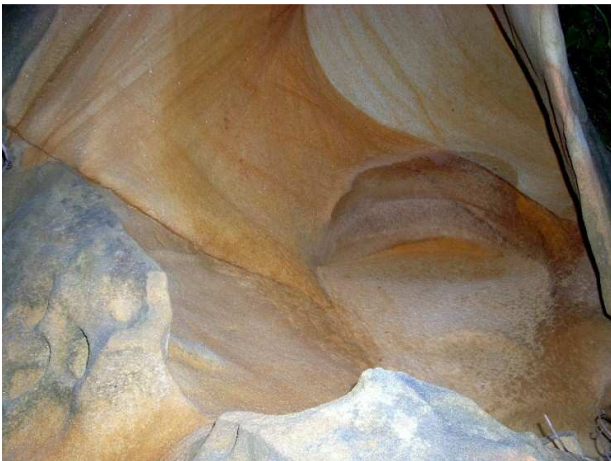
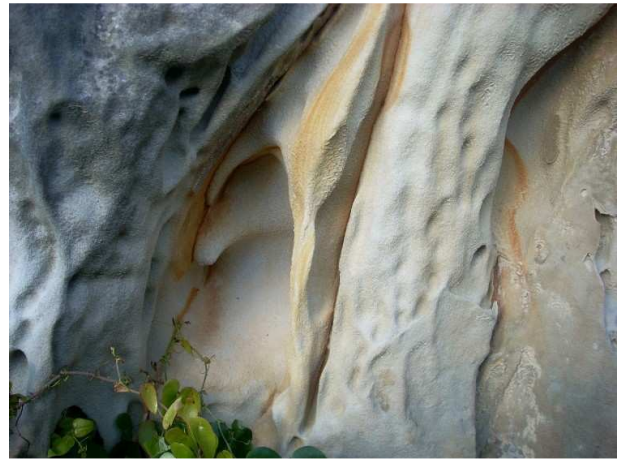


Figura 24. Superficies arenizadas y zonas con duricrust, con diversas laminaciones, estructuras de corriente y geoformas alveolares, en los estratos de arenisca de edad Eoceno de la punta central de Bajo aundi.



Figura 25. El acantilado frontal de Bajo aundi entre la punta central y la oriental, con claros ejemplos de descompresión mecánica y colapso de bloques (imagen superior). Imagen inferior: el promontorio de la cueva grande en la punta central batido por el oleaje con mar de fondo.

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.
- Edeso, J. M. 1988. Microformas en las areniscas eocenas de la formación Jaizkibel. *Lurralde*. Investigación y espacio, 11: 57-84.
- Galán, C. 1991. Disolución y génesis del karst en rocas silíceas y rocas carbonáticas: un estudio comparado. *Munibe (Ciencias Naturales)*, S.C.Aranzadi, 43: 43-72.
- 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. 2001. Primeros datos sobre el Medio Subterráneo Superficial y otros habitats subterráneos transicionales en el País Vasco. *Munibe Cienc.Nat.*, 51: 67-78.
- Galán, C. 2012 a. Pseudokarst en arenisca de la Formación Jaizkibel (flysch Eoceno de Gipuzkoa): cavidades, geoformas, analítica de espeleotemas y paramoudras, fauna cavernícola. Conference San Sebastián, 22-11-2012, Exposición Flysch Costa Vasca (Luberri & CPIE-Littoral de la Côte Basque). Audiovisual Power point. Web S.C.Aranzadi, PDF, 74 pp.
- Galán, C. 2012 b. Trazas fósiles inusuales de *Nereites* y nueva localidad con *Proparamoudras* en el flysch Eoceno de Ulía (Formación Jaizkibel). Pag web aranzadi-sciences.org, Archivo PDF, 21 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. Reedic.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.; J. Rivas & M. Nieto. 2008. Geoformas cordadas en arenisca del flysch costero Eoceno, Gipuzkoa. Pag web aranzadi-sciences.org, Archivo PDF, 28 pp.
- Galán, C. ; 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.
- Glynne-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.
- Kenser, G. B. 1965. Zonation of the crevice fauna. *Rep. Challenger. Soc.*, 3: 24-25.
- 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 bassin 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.
- Renault, P. 1971. La formación de las cavernas. Ed. Oikos-Tau, Barcelona, 124 pp.
- 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.