NOTAS SOBRE CAVIDADES Y GEOFORMAS EN ARENISCAS EOCENAS DE LA FORMACIÓN JAIZKIBEL EN EL ESPOLÓN CENTRAL DE ARLAUTZ (ULÍA, SAN SEBASTIÁN, PAÍS VASCO).

Notes on cavities and geoforms in Eocene sandstone of the Jaizkibel Formation in the central spur of Arlautz (Ulía, San Sebastian, Basque Country).



Carlos GALÁN & Anabella BESANCE. Sociedad de Ciencias Aranzadi. Laboratorio de Bioespeleología.

NOTAS SOBRE CAVIDADES Y GEOFORMAS EN ARENISCAS EOCENAS DE LA FORMACIÓN JAIZKIBEL EN EL ESPOLÓN CENTRAL DE ARLAUTZ (ULÍA, SAN SEBASTIÁN, PAÍS VASCO).

Notes on cavities and geoforms in Eocene sandstone of the Jaizkibel Formation in the central spur of Arlautz (Ulía, San Sebastian, Basque Country).

Carlos GALÁN & Anabella BESANCE.

Sociedad de Ciencias Aranzadi. Laboratorio de Bioespeleología. Alto de Zorroaga. E-20014 San Sebastián - Spain. E-mail: cegalham@yahoo.es Febrero 2020.

RESUMEN

En la parte alta del enclave de Arlautz (acantilados de Ulía) existe un espolón de difícil acceso, cuyo flanco W extraploma, formando una serie de abrigos techados a lo largo de 70 m de desnivel. Los estratos gruesos de arenisca de la Formación Jaizkibel (turbiditas abisales de edad Eoceno) poseen diversas cavidades, abrigos y geoformas. Destaca el hallazgo de notables ejemplos de anillos de Liesegang, formados por reacciones de precipitación química y difusión, cuyas características y modos de ocurrencia son discutidos en el texto. También se encontró una pequeña sima y varias cuevas bajo bloques de colapso. El paraje posee en adición curiosas tramas de tallos y raíces que facilitan el acceso en escalada libre a los abrigos. El trabajo es ilustrado con fotografía digital.

Palabras clave: Espeleología física, Karst en arenisca, Turbiditas, Cavidades, Concreciones, Geoformas, Anillos de Liesegang.

ABSTRACT

In the upper part of the Arlautz enclave (cliffs of Ulía) there is a spur of difficult access, whose flank W exceeds the vertical, forming a series of covered shelters along 70 m of unevenness. The thick sandstone strata of the Jaizkibel Formation (Eocene age abyssal turbidites) have various cavities, shelters and geoforms. Highlights the finding of notable examples of Liesegang rings, formed by chemical precipitation and diffusion reactions, whose characteristics and modes of occurrence are discussed in the text. A small chasm and several caves were also found under collapse blocks. The place also has curious frameworks of stems and roots that facilitate free climbing access to the shelters. The work is illustrated with digital photography

Key words: Physical Speleology, Sandstone Karst, Turbidites, Cavities, Concretions, Geoforms, Liesegang rings.

INTRODUCCION

El frente costero del monte Ulía (San Sebastián) está recortado por acantilados litorales de gran desnivel, concordantes con el fuerte buzamiento Norte (70º a subvertical) del sustrato geológico, constituido por una secuencia de turbiditas abisales, en la que alternan estratos gruesos de arenisca carbonática (de varios metros de potencia) con intercalaciones delgadas de lutitas y margas (Formación Jaizkibel, de edad Eoceno). Muchos acantilados presentan además escarpes laterales verticales a extraplomados.

En este abrupto relieve hemos ido encontrando numerosos enclaves con cuevas, simas y geoformas, formadas por disolución intergranular de la arenisca (Galán, 2010, 2013; Galán & Arrieta, 2016; Galán et al, 2009, 2011, 2017). El acceso a muchos de estos parajes con cuevas requiere el descenso con técnicas de espeleología vertical (cuerda estática y jumars) y escalada en roca, así como con frecuencia el recorrido de flancos cubiertos de vegetación baja y enmarañada, con abundancia de zarzas, argomas y lianas espinosas. En consecuencia, se trata de áreas inexploradas, cuyos detalles pocas personas conocen (dada su dificultad de acceso). Las exploraciones progresivas han ido develando la existencia de cavidades en la arenisca, de características diversas.

Uno de estos parajes, denominado Arlautz, ocupa un entrante en la costa, al E de la punta de Monpás. Su parte baja litoral, con grandes bloques de recubrimiento, y el escarpe E bajo el Mirador de la Kutralla, fueron objeto de exploraciones previas, en las que encontramos varias cavidades. Pero permanecía sin explorar un abrupto espolón en la parte alta central del enclave, que se extiende entre el camino de la costa (a 170 m snm) y la parte media de la ladera. Desde lejos es posible divisar en invierno (cuando la vegetación ha perdido parte de las hojas) varios abrigos y posibles bocas de cuevas. Las exploraciones efectuadas permitieron encontrar abrigos, cavidades, concreciones y geoformas, entre ellas notables ejemplos de anillos de Liesegang.

MATERIAL Y METODOS

La prospección del espolón fue efectuada en época invernal, en enero de 2020, aprovechando que la vegetación está más baja y abierta. En el descenso del talud y recorridos de abrigos en cornisa se utilizó cuerda estática, jumars y técnicas de escalada. Se realizaron observaciones y se tomaron fotografías con una cámara digital (Canon IXSUS 130) de los principales rasgos de las cavidades y su entorno. Varias muestras de concreciones y espeleotemas fueron estudiadas bajo microscopio binocular Nikon.

RESULTADOS

La zona objeto de estudio es el espolón central de Arlautz, cuya localización se muestra en las Figuras 01 y 02. El espolón es poco prominente, constituido por un estrato de arenisca de 10 m de potencia con buzamiento NE de 75°. El dorso del espolón y el flanco E adyacente, con pendientes de 45° de inclinación, no presenta cavidades. Pero el lado W del espolón presenta escarpes verticales a lo largo de la pendiente y se extiende entre cotas de 170 m snm (en el camino de la costa) y 80 m snm (a media ladera del flanco que desciende hacia la costa). Su recorrido requiere el empleo de cuerda en algunos tramos, así como pasos de escalada libre para acceder a algunas cornisas.

En su zona media hay dos áreas con amplios abrigos a lo largo del escarpe, con un ángulo de separación donde existe una cornisa que posee la mayor cavidad encontrada: una sima de -4 m de desnivel y 10 m de desarrollo. Las coordenadas ETRS89, UTM 30N de la boca de la sima son: E 583.836; N: 4.798.545; altitud: 118 m snm.

El acceso se realiza desde el camino de la costa de Ulía (que va de Donosti a Pasaia), poco antes del paso de la fuente de la Kutralla (cota 170 m snm, ver planos). Los primeros metros pueden descenderse caminando entre árboles hasta un punto donde la pendiente se acentúa y es conveniente instalar cuerda, ya que presenta escalones poco visibles, recubiertos por la vegetación (Figuras 03 y 04). Tras 20 m de descenso en paralelo a las paredes se alcanza el primer abrigo. En la base del escarpe se abre una pequeña cueva (de 5 m), formada a expensas y por ampliación de una diaclasa. En el inicio del primer abrigo hay que pasar sobre una zona subvertical de bloques de colapso, en cuya base hay otra pequeña cavidad y varias oquedades menores entre y bajo bloques de recubrimiento.

El abrigo desciende a lo largo de 15 m, con paredes fuertemente extraplomadas en su base y algo menos en las zonas superiores. En las paredes hay numerosas oquedades subcirculares producto de la disolución de grandes cannonballs (de hasta 1 m de diámetro) y otras concreciones carbonatadas de la arenisca. El interior de estas concavidades presenta laminaciones y bandeados de Liesegang de tonos anaranjados. En algunos casos parecen incluir restos de gangas arcillo-arenosas que envolvían a las concreciones y de láminas más duras, de poco espesor y colores ocres, ricos en óxidos de hierro y silicatos de hierro y aluminio. De dichos componentes proceden, por reactividad química y difusión de las soluciones, los precipitados rojizos más ricos en hierro que forman los bandeados, de irregulares diseños (Figuras 05 á 07).

Así mismo, en la parte alta más expuesta de las paredes se presentan áreas con grandes oquedades y superficies con gran número de pequeños alveolos, tanto sobre la roca compacta como en el interior de concavidades. En el ángulo de la pared, tras el primer abrigo, hay también otras concavidades (semiesféricas, elongadas, cilíndricas y planares) (Figuras 08 á 10) que han sido disueltas preferentemente por las aguas subterráneas que circulan intergranularmente a través de la porosidad de la roca.

En el ángulo tras el primer abrigo (Figura 11) puede remontarse en escalada a una cornisa donde se abre una sima (Figuras 12 y 13). Esta tiene una vertical de -2 m de desnivel y una galería bajo bloques que totaliza 10 m de desarrollo y -4 m de desnivel (Figuras 14 y 15). En contraste con el verdor del ambiente exterior (con algas, musgos y helechos) la galería interna, de 2 m de diámetro, es seca y de tonos anaranjados. En distintos puntos de las paredes hay recubrimientos blancos de espeleotemas de silicatos de aluminio amorfo (alófano) y estalactitas milimétricas de ópalo-A de morfología botroidal. Estos crecimientos se dan por precipitación de soluciones que han percolado a través de los granos de la arenisca, probando que la disolución afecta al cemento carbonático y en parte también a los granos de cuarzo, y que existe la reacción inversa de precipitación de minerales secundarios.

A través de una cornisa entre vegetación de zarzas se accede al segundo grupo de abrigos anaranjados donde, en primer lugar, se abre sobre la pared otra corta cueva, formada a expensas de una diaclasa vertical que fractura el estrato (Figura 16). La base de los abrigos presenta coloraciones más claras (blanco-amarillentas), numerosos nódulos y concreciones (de naturaleza diversa), y grandes geoformas alveolares, con proyecciones y salientes, que llegan a formar boxworks incipientes (Figuras 16 y 17).

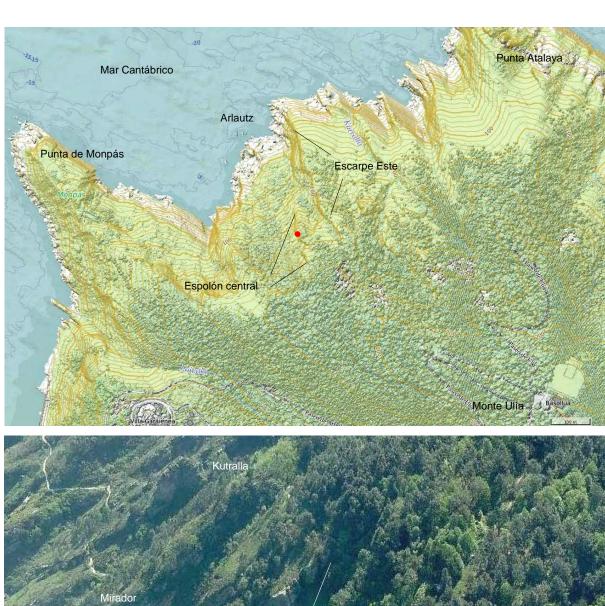
La base de los abrigos, de 20 m de longitud, forma una aérea cornisa, que se recorre con pasos de escalada libre. La mitad superior de los abrigos, de tonos anaranjados, posee concavidades más amplias, con extensos ejemplos de bandeados y anillos de Liesegang (Figuras 18 á 22), con zonas blancas, ocres y anaranjadas, de diseños sinuosos e irregulares, ya que son interceptados o afloran en superficies curvas. Los ejemplos de la Figura 19 cubren un área de 20-25 m². La continuación inferior del espolón es de menor altura y su recorrido requiere cuerda, presentando algunos otros ejemplos de geoformas.

Las Figuras 23 y 24 muestran en detalle las extensas tramas de una cobertura de hiedra que se ha desprendido de modo natural de la pared a la cual estaba adherida. La alfombra de tallos y raíces, secos y entrelazados, facilita el desplazamiento entre los abrigos 1 y 2, un detalle que no deja de ser curioso. Las Figuras 25 y 26 muestran diversas vistas del paraje durante el ascenso.





Figura 01. Vista aérea del litoral de Ulía (entre Monpás y Cala Murguita) con el enclave de Arlautz (arriba). Y vista a vuelo de pájaro desde el Norte, con el enclave de Arlautz, el escarpe E y el espolón central (debajo). Fuente imágenes: b5m.gipuzkoa.net.



Mirador

Espojon central

Escarpe E (parte media)

Camino de la costa

Figura 02. Plano del sector de Ulía entre Monpás y Punta Atalaya (arriba) y vista a vuelo de pájaro desde el NW, con el espolón central y el escarpe E de Arlautz (debajo). El punto rojo indica la localización de la sima.



Figura 03. Descenso desde el camino de la costa hacia la parte alta del flanco W del espolón central de Arlautz (arriba) e inicio del primer tramo con cuerda, en ruta hacia el primer gran abrigo (debajo).



Figura 04. Vista desde la cuerda de descenso del talud superior (arriba) y primera cavidad formada a expensas de una fractura en la pared (lado derecho de la imagen inferior). Nótese la vegetación enmarañada y el mar abajo.

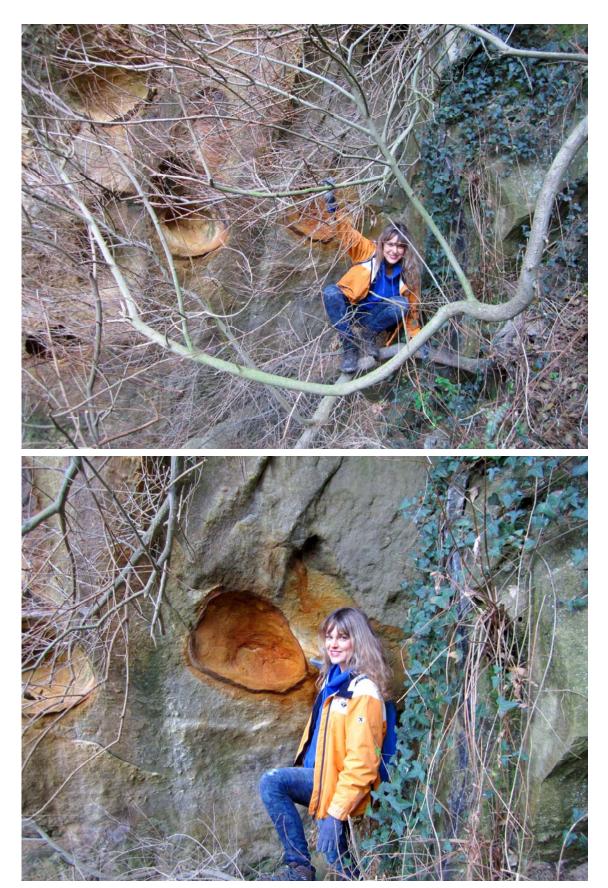


Figura 05. Parte alta del primer gran abrigo, con diversas geoformas bajo un techo extraplomado

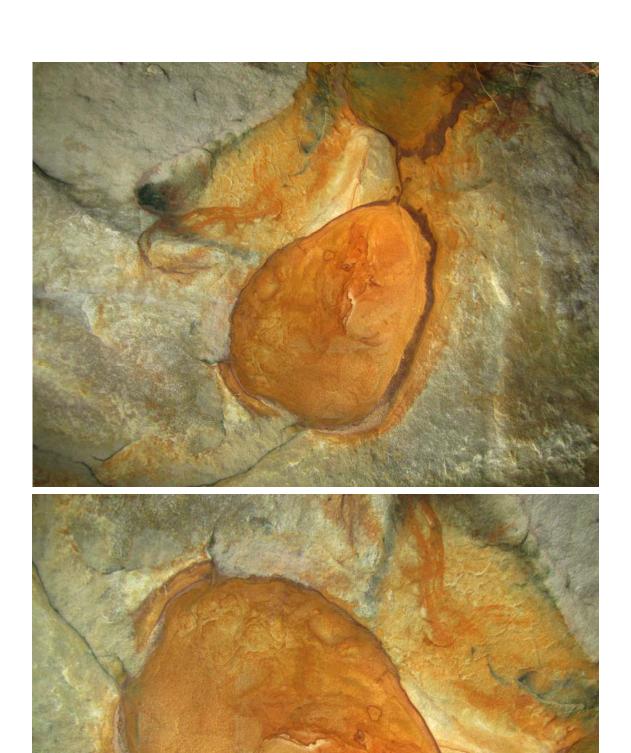


Figura 06. Bandeados rítmicos en el primer abrigo, formadas en torno a concavidades vaciadas de concreciones y láminas envolventes. Su génesis es debida a disolución intergranular de la arenisca, reactividad química de las soluciones y procesos complejos de difusión y precipitación de óxidos de hierro.

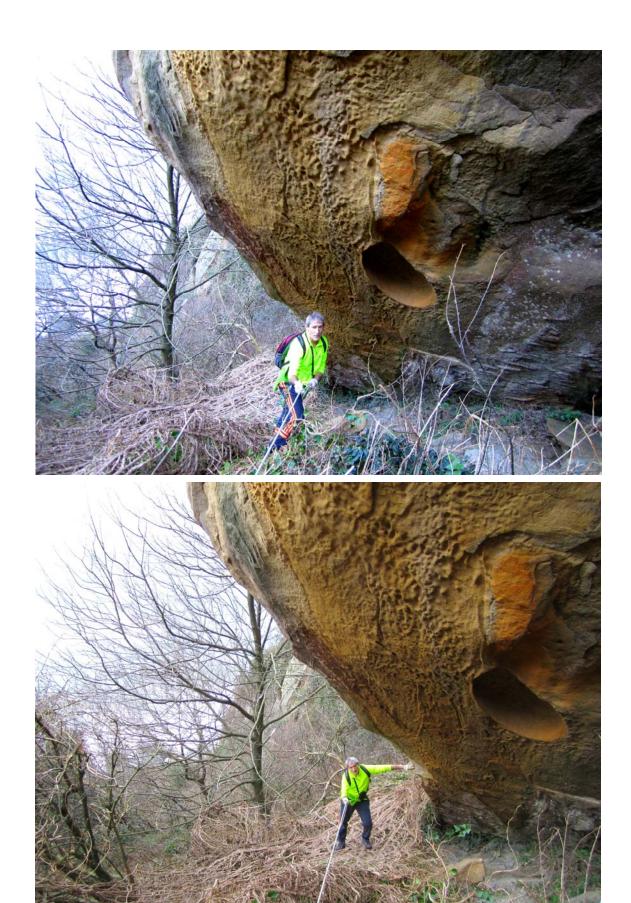


Figura 07. Descenso a lo largo del primer gran abrigo, con diversas geoformas.





Figura 08. Estrato extraplomado del primer gran abrigo, con geoformas alveolares y concreciones vaciadas por avance de la disolución intergranular de la roca-caja.

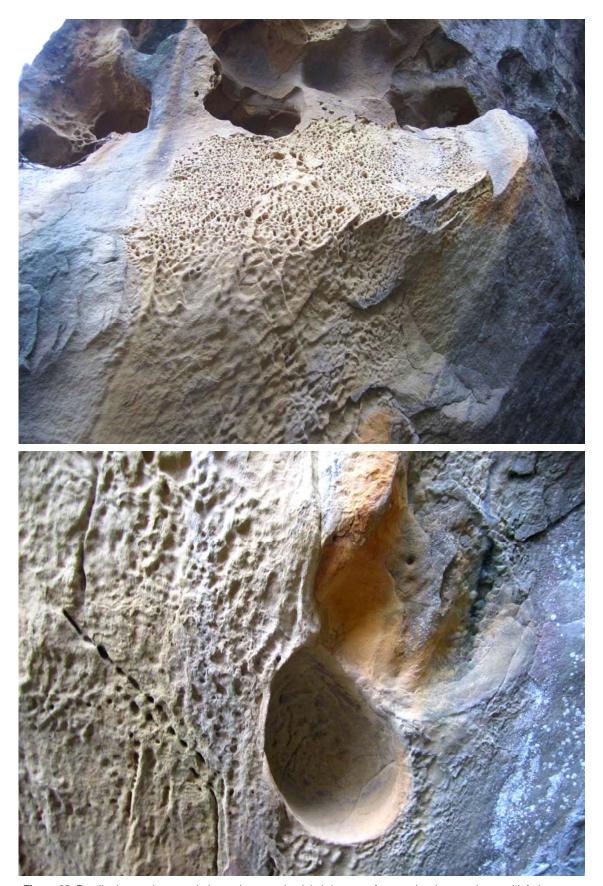


Figura 09. Detalle de grandes oquedades en la parte alta del abrigo y geoformas alveolares en la pared inferior y en el interior de concreciones esféricas de la arenisca.



Figura 10. Tramo bajo el primer abrigo, con concavidades esféricas y ahusadas en las paredes de arenisca (formadas por disolución intergranular de concreciones), y extensa trama seca de hiedra desprendida.

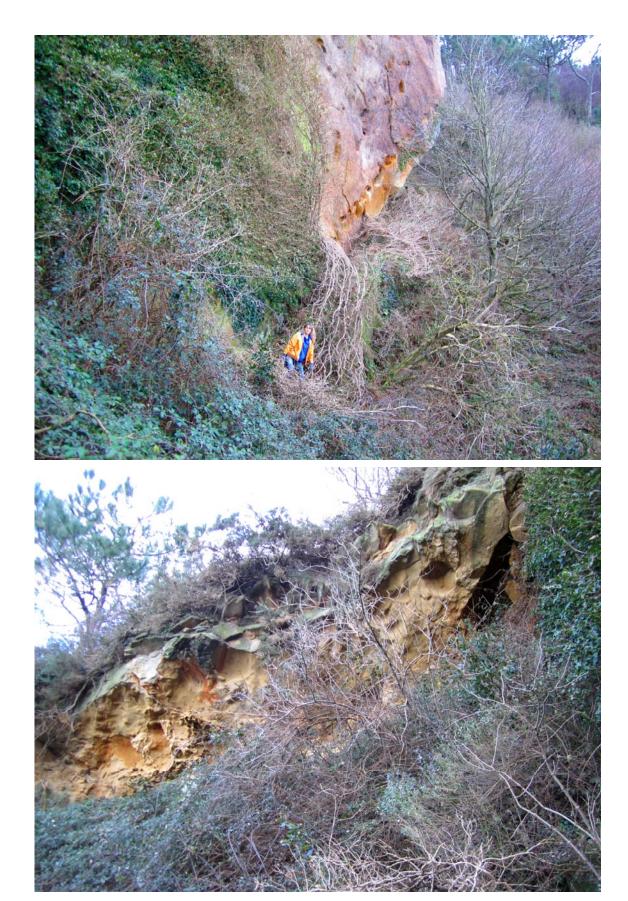


Figura 11. Vista hacia el ángulo del espolón (arriba) y hacia un segundo grupo de abrigos (debajo); la zona basal, que profundiza más, queda oculta por vegetación densa. Se aprecia también la boca de una pequeña cueva.



Figura 12. Remontando sobre un a trama de tallos y raíces de hiedra (Hedera helix) hacia la pared del ángulo.



Figura 13. Oculta en una cornisa del escarpe se abre la boca de una pequeña sima, de -4 m de desnivel.

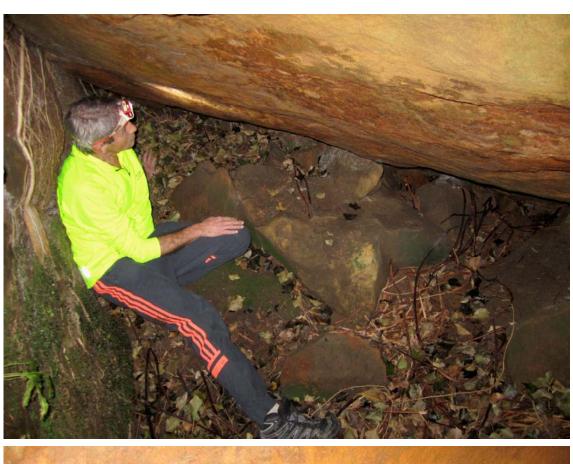




Figura 14. Diversos aspectos del interior de la sima, con paredes de intenso color anaranjado y recubrimientos de espeleotemas botroidales milimétricas de ópalo-A y silicatos de hierro y aluminio amorfos.



Figura 15. Interior de la sima, de 10 m de desarrollo, con espeleotemas de alófano (recubrimientos blancos) y diminutas espeleotemas botroidales de ópalo-A (de colores ocres).

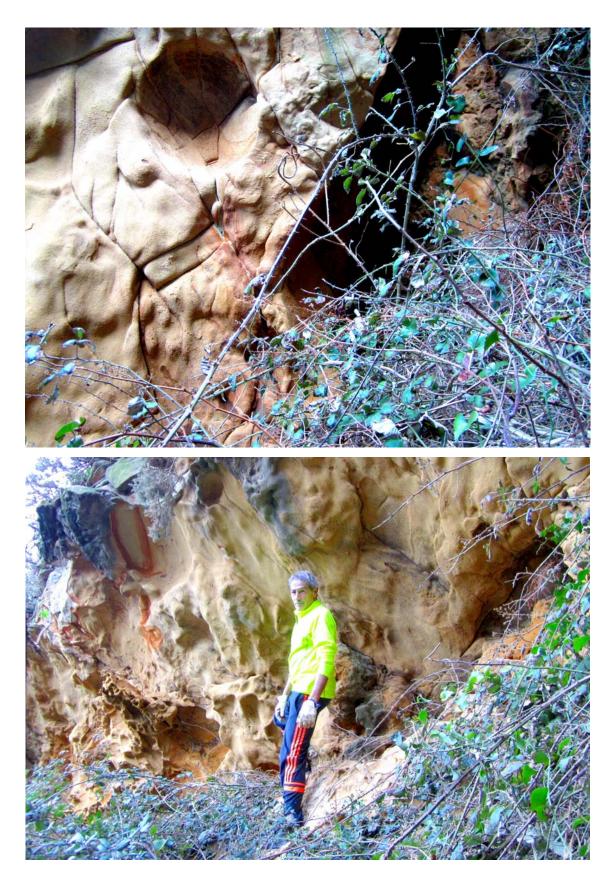


Figura 16. Zona basal del segundo grupo de abrigos. Se aprecia la boca de una pequeña cueva orientada sobre una diaclasa (arriba) y diversas zonas con geoformas y anillos de Liesegang en las paredes extraplomadas (debajo).



Figura 17. Base del abrigo, con concreciones, nódulos, geoformas e incipientes sistemas de boxworks.



Figura 18. Detalles de bandeados y anillos de Liesegang (arriba) y de diversos nódulos y concreciones en la zona basal del abrigo (debajo).





Figura 19. Colgados bajo los techos superiores hay áreas (de varios metros cuadrados) con bandeados y anillos de Liesegang, de impactantes colores y diseños de estética llamativa. La altura de los escarpes alcanza 10 m.



Figura 20. Diversidad de geoformas: Bandeados de Liesegang sobre áreas con distintas coloraciones (arriba) y nódulos incluidos en remanentes de gangas o envolturas de concreciones (debajo).



Figura 21. El segundo grupo de abrigos presenta varias cornisas aéreas en su recorrido longitudinal, con pasos de escalada sobre escarpes verticales inferiores (poco visibles, ya que están recubiertos por vegetación densa). Se trata en suma de un terreno muy abrupto en sus detalles.



Figura 22. Geoformas en la parte inferior del espolón de Arlautz (arriba) y vista hacia la punta de Monpás desde la base del escarpe (debajo). La zona estudiada con abrigos y cavidades se extiende sobre un desnivel de -70 m.



Figura 23. Un detalle curioso es la ocurrencia de extensas tramas de tallos secos y adherentes de hiedra, que recubrieron las paredes, y que desprendidos de modo natural tapizan ahora el suelo de la base del escarpe. En algunas zonas se puede caminar sobre ellos y facilitan el acceso en escalada a cornisas.





Figura 24. Zona de bloques de colapso bajo el primer abrigo, con diversas geoformas.



Figura 25. Detalle de geoformas alveolares sobre la roca expuesta y en envolturas de concavidades de cannonballs (arriba). Y remontando con ayuda de cuerda los tramos superiores del espolón (debajo).



Figura 26. Parte superior de la ruta de ascenso con cuerda y alcanzando el camino de la costa.

DISCUSION Y CONCLUSIONES

La Formación Jaizkibel ha sido estudiada por diversos autores (Jerez Mir et al, 1971; Kruit et al, 1972; Campos, 1979; Van Vliet, 1982) y constituye un conjunto de turbiditas abisales (Petzall, 1967; Kempe, 1981; Cocks & Parker, 1981; Mutti, 1985; Rosell, 1988), de facies flysch y edad Eoceno, en la que alternan estratos gruesos de arenisca con intercalaciones delgadas de margas y lutitas. Particularmente, en las áreas donde los estratos de arenisca son más gruesos (no en toda la Formación), es frecuente la génesis de cavidades y la ocurrencia de acuíferos kársticos compartimentados (Galán, 2013; Galán et al, 2009). Pero además de ello es notable la ocurrencia de muy diversas geoformas. En el caso del espolón de Arlautz, son frecuentes las geoformas alveolares, concavidades, laminaciones, bandeados rítmicos y anillos de Liesegang, normalmente asociados a la presencia de concreciones y nódulos en la arenisca.

Las geoformas más usuales en la arenisca de la Formación Jaizkibel corresponden a cannonballs o concreciones esféricas, de litología similar a la roca-caja adyacente pero más fuertemente cementadas. Habitualmente en la literatura geológica se distingue entre concreciones y nódulos. Las concreciones son cuerpos de roca claramente limitados, incluidos entre sedimentos más blandos de la misma composición, y se forman a partir de aguas porales por precipitación selectiva de los minerales disueltos, comúnmente carbonato de calcio. Cuando los minerales precipitan, rellenan los espacios porosos entre los granos del sedimento, cementándolos juntos. Los nódulos son cuerpos duros de roca, similares a las concreciones, pero de composición diferente a los sedimentos que los contienen. Pueden formarse también por precipitación selectiva de los minerales disueltos los cuales reemplazan completamente el sedimento original.

Los cannonballs, en forma similar a otras concreciones, pueden resultar más resistentes a la meteorización que la roca encajante que las rodea o, por el contrario, ser disueltos y removidos, predominando entonces las oquedades vacías, como ocurre en Arlautz. Los cannonballs son formados por cementación durante la diagénesis, siendo el carbonato cálcico el principal agente cementante. Pueden contener un pequeño núcleo de material orgánico en torno al cual precipita el cemento antes de que el resto del sedimento resulte litificado. Su forma esférica sugiere que su crecimiento no se ve constreñido por las estructuras sedimentarias primarias o fábricas, tal como puede ser el caso en concreciones planares o más irregularmente formadas.

No es infrecuente que los cannonballs estén limitados o rodeados por envolturas, de consistencia más blanda, formada por materiales arcillo-arenosos, de colores ocres y anaranjados, con alto contenido en minerales de hierro, o por láminas duras de óxidos y silicatos de hierro y aluminio. La presencia de envolturas puede ser explicada por diagénesis concéntrica (Groenwold, 1971; Jacob, 1973). La roca-caja de arenisca también puede contener inclusiones irregulares de lutitas y láminas de óxidos de hierro que han precipitado en fisuras.

En la roca arenisca ya formada y expuesta al intemperismo, las aguas de infiltración actúan intergranularmente (además de a partir de fisuras), disolviendo a su paso el cemento carbonático, parte de los granos de cuarzo, feldespatos y micas (contenidos en forma minoritaria), y parte de concreciones e inclusiones de variada composición, creando soluciones multicomponentes.

Estas circulan a través del acuífero intergranular generando distintos procesos de reactividad química, difusión y convección. La disolución no sólo excava abrigos y cavidades sino que también puede remover concreciones y generar geoformas alveolares y boxworks. De igual modo puede transportar en solución componentes minerales que posteriormente dan lugar a precipitados en bandas alternas y/o anillos concéntricos. Tales bandeados rítmicos son conocidos en la naturaleza en muy distinto tipo de rocas porosas (tobas volcánicas, ignimbritas y particularmente en areniscas y cuarcitas) y son denominados anillos de Liesegang.

La noción de anillos de Liesegang se usa ampliamente para describir patrones naturales en forma de franjas paralelas o concéntricas, alternas. Los mismos son formados por reactividad química de las soluciones y precipitación (bajo determinadas condiciones de concentración) de líneas con alto contenido en minerales de hierro (Merino, 1984; Krug et al, 1996). Las bandas precipitan por difusión a lo largo de un simple gradiente químico durante un evento. En las rocas con diferentes sets de bandas, es el resultado de precipitación por movimiento del agua intergranular y pueden ocurrir en varios eventos a lo largo del tiempo, incluso con disolución de los sets más antiguos. La mineralización de hierro a lo largo de estas bandas parece ser inducida por la presencia de interfaces redox (cambios de condiciones reductoras a oxidantes en el agua intergranular) o interfaces de pH (cambios en acidez). Algunos de estos bandeados pueden formarse durante la diagénesis, pero en la mayoría de los casos ocurren con posterioridad, por procesos de difusión y precipitación rítmica de minerales de hierro a partir de las sustancias disueltas contenidas en el agua intergranular.

En el caso del abrigo 2 de Arlautz, la parte basal contiene también inclusiones y geoformas abigarradas, correspondientes a boxworks incipientes, en cuya génesis actúan procesos de convección (por reactividad de las soluciones multicomponentes). La parte superior posee en cambio notables ejemplos de bandeados de Liesegang, formados por difusión, con áreas intercaladas de distintos colores (blancas, anaranjadas) y láminas sinuosas de óxidos de hierro y silicatos de hierro y aluminio (de colores ocres).

En la génesis de estos patrones complejos han actuado varios procesos, y entre la zona superior y la inferior de los abrigos (o entre áreas con distintas geoformas) pueden confluir procesos de difusión y de convección, de modo simultáneo o en distintas fases temporales. Su resultado es la notable diversidad de diseños y colores apreciables hoy en la roca de estos abrigos. La formación de patrones en celdas poligonales y bandeados rítmicos, indican la ocurrencia de fenómenos análogos a los que se producen por difusión y convección en los modelos de Turing y Bénard - Marangoni (Simoyi, 1999; Galán & Nieto, 2010).

Muy probablemente su detonante procede del acoplamiento entre la precipitación de la sílice y la de carbonatos. Estos patrones son formados durante la evolución del sistema, al alcanzarse puntos críticos de inestabilidad (puntos de bifurcación), que marcan cambios de los cuales emergen nuevas formas de orden. Tales inestabilidades solo se dan en sistemas disipativos, operando lejos del equilibrio, y constituyen procesos de auto-organización en medio inorgánico (Krug et al, 1996; Galán, 2010).

En las geoformas de Arlautz encontramos patrones de estructuras disipativas, propios de sistemas complejos, no-lineales. Se trata de sistemas químicos situados en la frontera entre el mundo morfológico de la simetría orgánica y el de la simetría cristalina inorgánica. Las soluciones contienen carbonatos, sílice, oxi-hidróxidos de hierro y aluminio, y otros elementos en pequeñas cantidades (sulfatos, silicatos, etc.). Su reactividad química genera patrones de naturaleza no-lineal.

En el mundo no-lineal, el cual incluye la mayor parte del mundo real, simples ecuaciones deterministas pueden producir una gran riqueza y variedad de comportamientos. Por otro lado, un comportamiento aparentemente desordenado y caótico puede dar lugar a estructuras ordenadas y hermosos patrones.

La zona de estudio contiene un conjunto exiguo de fenómenos espeleológicos. Sin embargo, posee geoformas notables por sus diseños y colores, que juzgamos de interés describir en esta nota. Los acantilados de Ulía albergan en este sentido muchas áreas poco o nada conocidas, en las que las exploraciones sucesivas van poniendo al descubierto la ocurrencia de fenómenos kársticos hipógeos y notables geoformas.

AGRADECIMIENTOS

Agradecemos a los miembros del Dpto. de Espeleología de la Sociedad de Ciencias Aranzadi (SCA) que han colaborado en exploraciones previas en los acantilados de Ulía. A dos árbitros de Biosphere Consultancies y SCA, por la revisión crítica del manuscrito y sus sugerencias.

BIBLIOGRAFIA

- Cocks, L. & A. Parker. 1981. The evolution of sedimentary environments. In: Cocks, L. The Evolving Earth. British Museum (Natural History), Cambridge Univ. Press, II (4): 47-62.
- Campos, J. 1979. Estudio geológico del Pirineo vasco al W del río Bidasoa, Munibe, S.C.Aranzadi, 31 (1-2): 3-139.
- Galán, C. 2010. Patrones y estructuras disipativas en cuevas y geoformas del pseudokarst de Jaizkibel. Pag web Cota0.com + Pag web aranzadisciences.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. Versión PDF de Conf. audiovisual Hondarribia, Expo. Flysch C.Vasca. 10-05-13. Web aranzadi-sciences.org, 82 pp.
- Galán, C. & D. Arrieta. 2016. Notas sobre cuevas en arenisca en los acantilados de Arlautz (Ulía, País Vasco). Publ. Dpto. Espeleol. S.C. Aranzadi. Pag web aranzadi-sciences.org, Archivo PDF, 40 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. Pag web aranzadi-sciences.org, Archivo PDF, 30 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 & M. Nieto. 2011. Los acantilados de Ulía, sus cavidades y geoformas (San Sebastián, País Vasco). Publ. Dpto. Espeleol. S.C. Aranzadi. Pag web aranzadi-sciences.org, PDF, 26 pp.
- Galán, C.; J. Forstner & M. Nieto. 2017. Algunos ejemplos de geoformas y espeleotemas extrañas encontradas en cuevas en arenisca en los acantilados del monte Ulía (País Vasco). Publ. Dpto. Espeleol. S.C. Aranzadi. Web aranzadi-sciences.org, Archivo PDF, 40 pp.
- Groenwold, G. 1971. Concretions and nodules in the Hell Creek Formation, south-western North Dakota: Unpublish M.S. Thesis, UND, 84 p.
- Jacob, A. F. 1973. Elongate Concretions as Paleochannel Indicators, Tongue River Formation (Paleocene), North Dakota. Geological Society of America Bulletin, v.84, p. 2127-2132.
- Jerez Mir, L.; J. Esnaola & V. Rubio. 1971. Estudio Geológico de la Provincia de Guipúzcoa. Mem. IGME (Inst. Geol. y Min. España), Tomo 79, Madrid, 130 pp + Fotograf.
- Kempe, D. 1981. Deep ocean sediments. In: Cocks, L. The Evolving Earth. British Museum (Natural History), Cambridge Univ. Press, III (7): 103-120.
- Krug, H.; H. Brandtstadter & K. Jacob. 1996. Morphological instabilities in pattern formation by precipitation and crystallization processes. Geologische Rundschau, 85: 19-28.
- Kruit, C.; J. Brouwer & P. Ealey. 1972. A Deep-Water Sand Fan in the Eocene Bay of Biscay. Nature Physical Science, 240: 59-61.
- Merino, E. 1984. Survey of geochemical self-patterning phenomena. In: Nicolis, G. & F. Baras (Eds.). Chemical Instabilities. Dordrecht: D. Reidel Publishing Company. Pp: 305-328.
- Mutti, E. 1985. Turbidite systems and their relations to depositional sequences. In: Provenance from arenitas. Proceeding Nato-Asi meeting, Cetrazo-Cosenza, Italy. Reidel Publ. Co., Dordrecht, Netherlands, 65-93.
- Petzall, W. 1967. Sedimentación marina. In: Ecología Marina. Margalef et al. Edit., Fundación La Salle de Ciencias Naturales, Caracas, Cap. 2: 35-66.
- Rosell, J. 1988. Ensayo de síntesis del Eoceno sudpirenaico: El fenómeno turbidítico. Rev. Soc. Geol. España, Márgenes continentales de la Península Ibérica, Vol. 1 (3-4): 357-364.
- Simoyi, R. 1999. Pattern formation and symmetry-breaking bifurcations fueled by dissipation of chemical energy: a possible model for morphogenesis? Pure Appl. Chem., 71 (6): 1007-1017.
- Van Vliet, A. 1982. Submarine fans and associated deposits in the Lower Tertiary of Guipúzcoa (Northern Spain). Thesis Doct., Univ. Utrecht, Netherlands, 180 pp.