

Estudio interdisciplinar del macizo kárstico de Alkerdi: rasgos geológicos, evolución kárstica y contenido arqueopaleontológico

Irantzu ÁLVAREZ¹, Víctor ABENDAÑO², Arantza ARANBURU^{3,4}, Martín ARRIOLABENGOA^{3,4}, Arantxa BODEGO^{4,5}, José Ignacio CALVO², Diego GARATE MAIDAGAN⁶, Ekhine GARCÍA-GARCÍA^{3,4}, Arturo HERMOSO DE MENDOZA², Fernando IBARRA², Eneko IRIARTE^{4,7}, Jaime LEGARREA², Jesús TAPIA SAGARNA⁸, Miren DEL VAL^{3,4}, Juantxo AGIRRE MAULEON⁸

¹ Departamento de Expresión Gráfica y Proyectos de Ingeniería (UPV/EHU), Paseo Rafael Moreno «Pitxitxi» nº 2, 48013 Bilbao.

² Grupo de Espeleología Satorrak, calle Descalzos 37 bajo bis, 31001. Iruña-Pamplona.

³ Departamento de Mineralogía y Petrología, Facultad de Ciencia y Tecnología, Sarriena s/n 48940 Leioa (UPV/EHU).

⁴ Geo-Q, Aranzadi Zientzia Elkartea. 48940 Leioa.

⁵ Departamento de Ingeniería Minera y Metalúrgica y Ciencia de los Materiales (UPV/EHU), Paseo Rafael Moreno «Pitxitxi» nº 2, 48013 Bilbao.

⁶ Arkeologi Museoa, Calzadas de Mallona s/n, 48006 Bilbao.

⁷ Laboratorio de Evolución Humana, Edificio de I+D+i, Universidad de Burgos, Pl. Misael Bañuelos s/n, 09001-Burgos.

⁸ Aranzadi Zientzia Elkartea. Zorroagaina, 11 · E-20014 Donostia-San Sebastián.

1. INTRODUCCIÓN

Las grandes masas calcáreas, como por ejemplo los macizos de Larra o la sierra de Urbasa, son reclamo habitual para la exploración del subsuelo. La zona de Urdazubi-Zugarramurdi, sin embargo, no presenta grandes macizos calcáreos pero sí cuevas con una gran importancia arqueológica y cultural (Alkerdi 1 y Berroberría), y algunas de ellas, incluso, envueltas por leyendas mitológicas, como es el caso de las cuevas de Zugarramurdi e Ikaburu. Sin embargo, y a pesar de su importancia, todavía no había sido realizada una exploración sistemática y estudio interdisciplinar de estas cuevas.

La actividad de una cantera de la que históricamente se ha extraído roca con fines ornamentales (el conocido mármol «rojo Baztán») había puesto de manifiesto la existencia de un importante desarrollo endokárstico. En los últimos años, debido al cambio del método extractivo (de corte por hilo diamantado a voladuras), la eliminación del epikarst, la cobertera edáfica y el cambio de procesado del material extraído (de roca

ornamental a áridos), se ha incrementado el área de afección en superficie y volumen de roca, intersectando y afectando en mayor medida al sistema kárstico.

La existencia de un Bien de Interés Cultural (BIC) en la cueva de Alkerdi 1 (correspondiente al mismo sistema kárstico) puso de manifiesto la necesidad de estudiar en profundidad todo el sistema y valorar el riesgo para la conservación del BIC, tanto desde el punto de vista de los peligros naturales así como de los derivados de la actividad de la cantera.

En este trabajo exponemos los principales rasgos del macizo calcáreo de Alkerdi y el sistema kárstico de Alkerdi-Zelaieta-Ikaburu que alberga, así como los nuevos hallazgos arqueológicos derivados de su exploración, todo ello derivado del estudio interdisciplinar realizado a petición del Gobierno de Navarra por espeleólogos, geólogos y arqueólogos coordinados por la Sociedad de Ciencias Aranzadi.

2. CONTEXTO GEOGRÁFICO, GEOLÓGICO Y ARQUEOLÓGICO

El macizo kárstico de Alkerdi está localizado al norte de la Comunidad Foral de Navarra, en el municipio de Urdazubi/Urdaiz. Situado en la vertiente norte del extremo occidental de los Pirineos, su altitud apenas supera los 100 m. Limita al norte con Francia, está situado a 80 km de la capital navarra y alrededor de 25 km de la costa (fig. 1). El clima es de tipo oceánico templado, con débiles oscilaciones térmicas, y unas temperaturas medias anuales que oscilan entre los 13° y 14°C. Las precipitaciones son regulares y presentes en todas las estaciones del año, llegando a registrar entre 1.800 y 2.000 mm/año. La vegetación potencial está compuesta por asociaciones de hayedos acidófilos en las zonas altas y robles pedunculados en los valles. El área de estudio que no ha sido deforestada por las labores de la cantera y el pastoreo o que se encuentra en fase de regeneración natural presenta masas boscosas formadas por robles, avellanos, fresnos, espinos y sotobosque asociado. También hay algunas plantaciones de castaños y plataneros.

Las unidades geológicas que afloran en esta zona corresponden al flanco sur del sinclinal Bera-Ainhoa. El entorno del macizo de Alkerdi comprende distintas unidades metamórficas y sedimentarias, de edades paleozoicas, triásicas y fundamentalmente cretácicas.

En cuanto a la exploración del sistema kárstico, en el año 1930 el espeleólogo francés Norbert Casteret realizó una visita a las cuevas de la zona, encontrando vestigios de su utilización prehistórica y descubriendo en la cueva de Alkerdi 1 las únicas manifestaciones conocidas hasta la fecha en Navarra de arte parietal paleolítico. Sin embargo, a pesar de su interés, hasta la fecha las cuevas del macizo de Alkerdi no habían sido objeto de una investigación multidisciplinar y de conjunto que permitiese valorarlas en su justa medida y sobre todo dotarlas de una protección acorde a su verdadera importancia. El presente estudio, que aporta nuevos e importantes elementos de interés, pretende cubrir esta carencia.

Las investigaciones arqueológicas en el macizo kárstico de Alkerdi se habían centrado, casi exclusivamente, en los yacimientos de ocupación humana del abrigo de Berroberria y la cueva vecina de Alkerdi 1 (Barandiarán *et al.*, 2010). Además, en la segunda, se conocía un conjunto de arte parietal paleolítico (Casteret, 1933; Barandiarán, 1974), que recientemente ha sido revisado y ampliado (Garate y Rivero, 2015).

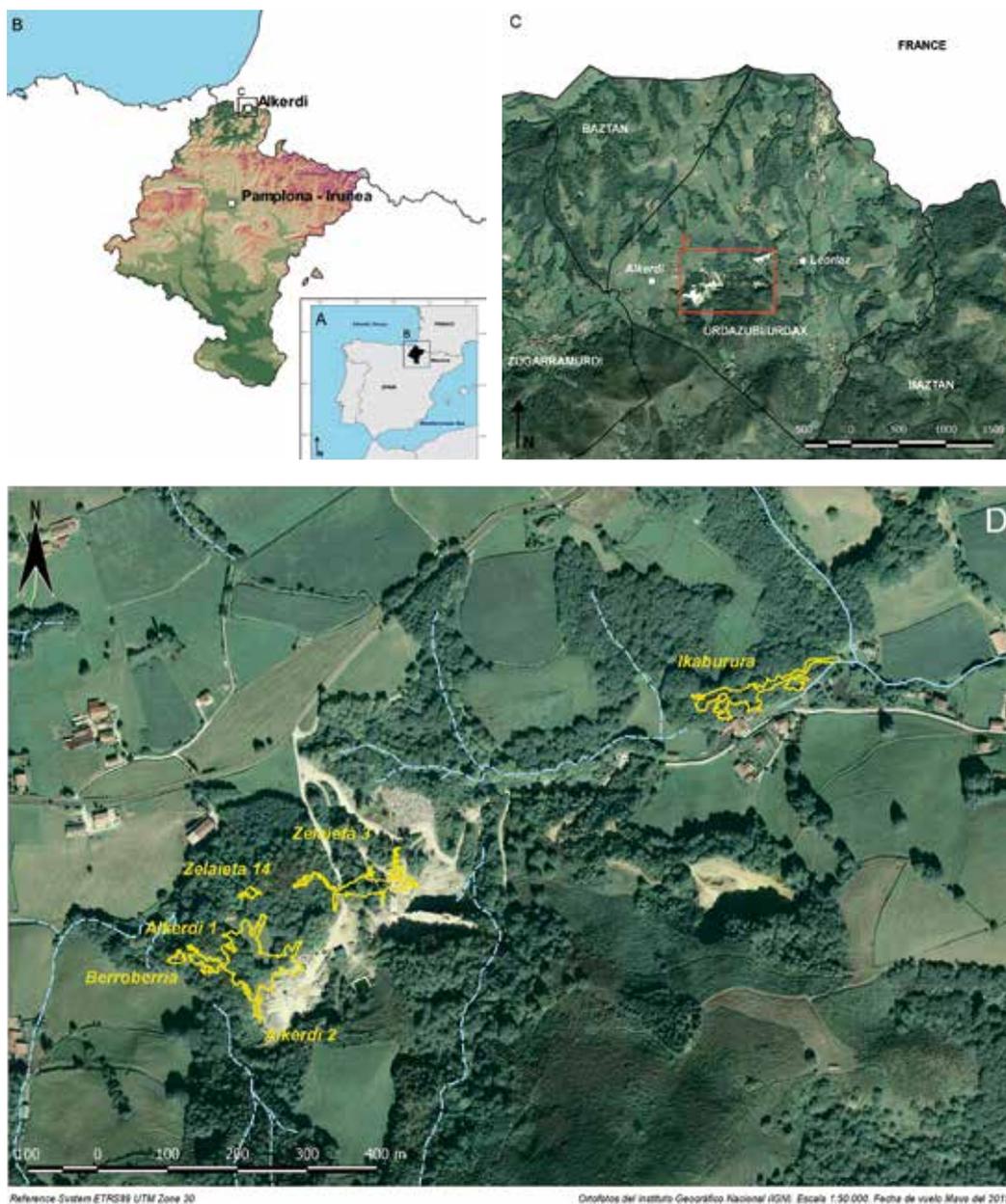


Figura 1. Localización geográfica del macizo calcáreo de Alkerdi, en Urdazubi (Navarra).

3. CARACTERIZACIÓN GEOLÓGICA DEL MACIZO DE ALKERDI

Una de las bases fundamentales para el estudio de un sistema kárstico es el conocimiento de las características del macizo rocoso que lo engloba, en este caso, el macizo de Alkerdi. Estas características básicas, o propiedades petrofísicas de las rocas, vienen marcadas principalmente por la litología (mineralogía y fábrica de la roca, esencialmente), su carácter estratificado o no y la fracturación de las mismas, ya que tanto el comportamiento mecánico del macizo como el desarrollo de la red de disolución kárstica suele estar fuertemente controlado por las discontinuidades.

La descripción tanto de la propia estructura general del macizo rocoso (estratigrafía y características de las distintas unidades geológicas que lo componen) como la de la naturaleza de sus fracturas y discontinuidades, ha sido realizada siguiendo los métodos sugeridos por la International Society on Rock Mechanics, ISRM (1978) (fig. 2).

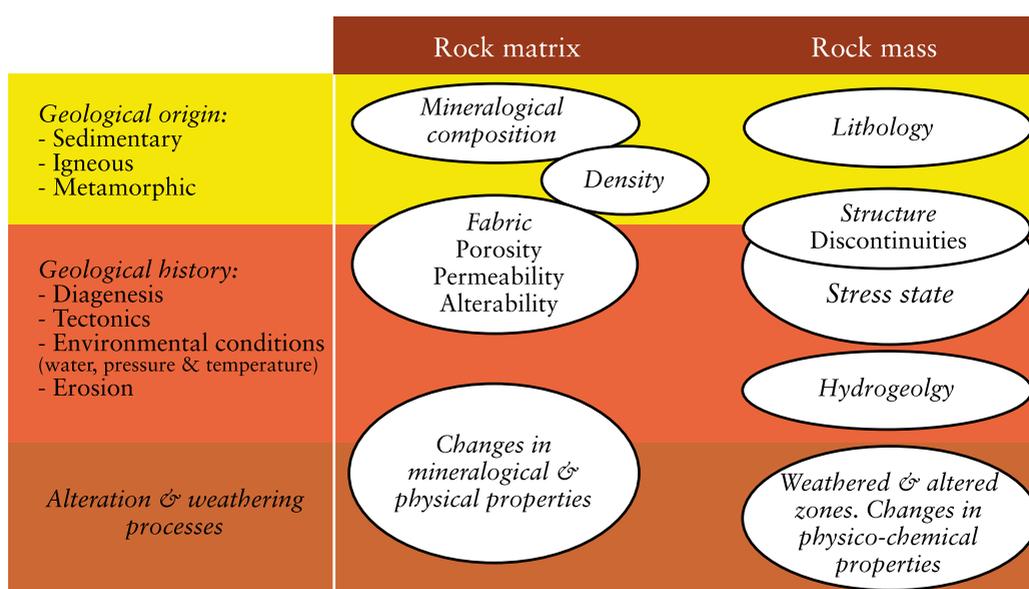


Figura 2. Principales parámetros controladores del riesgo geológico en cavidades kársticas (Iriarte *et al.*, 2010).

3.1. Unidades litoestratigráficas

El estudio litoestratigráfico de las distintas unidades geológicas aflorantes en la zona de Alkerdi se ha basado en la revisión de la cartografía geológica más detallada disponible (1:25.000, Hoja de Urdax/Urdazubi; Gobierno de Navarra, 2002), y realización de una nueva cartografía a escala 1:5000 de la zona de estudio, que mejora sustancialmente la cartografía disponible (fig. 3).

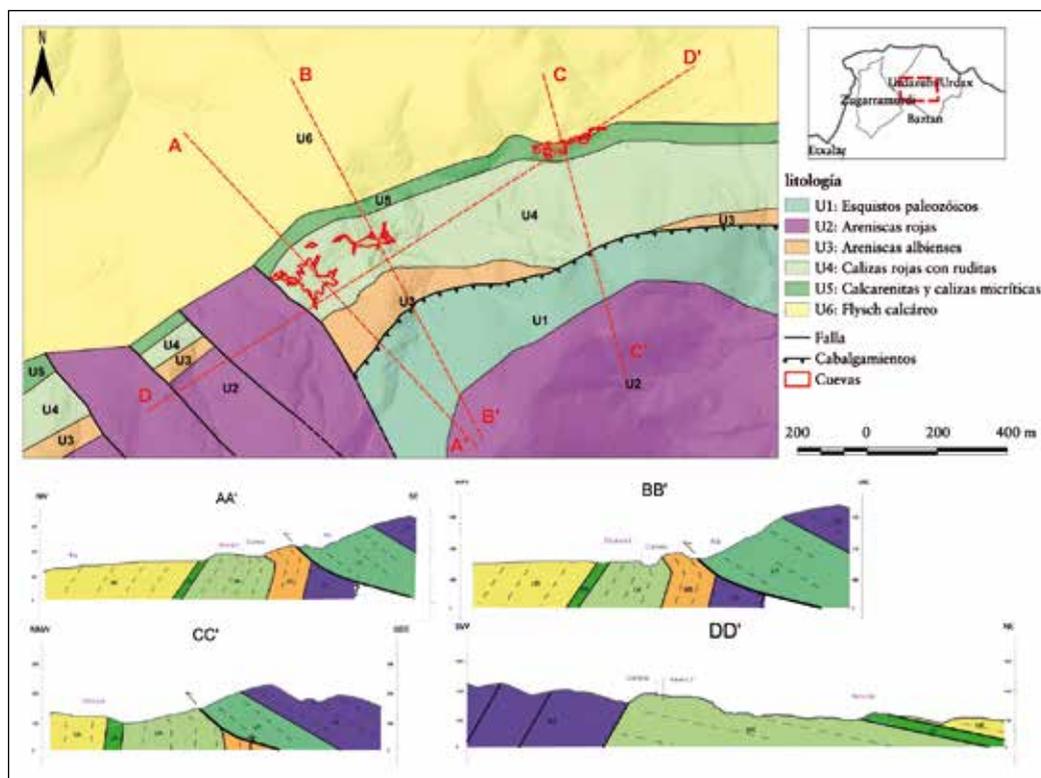


Figura 3. Cartografía geológica del área estudiada y cortes geológicos.

El entorno del macizo de Alkerdi comprende distintas unidades litoestratigráficas que se resumen de manera sintética en la columna estratigráfica de la figura 4. La unidad calcárea de la base del Cretácico Superior (de edad Albiense a Turoniense), con una orientación cartográfica general SW-NE, constituye el macizo de Alkerdi que, a su vez, alberga el sistema kárstico Alkerdi-Zelaieta-Ikaburu, y por tanto, las cavidades de Alkerdi 1 y Alkerdi 2.

Unidad 1: esquistos paleozoicos

En base a la bibliografía existente, a esta unidad se le asigna una edad carbonífera (Gobierno de Navarra, 2002). El espesor de esta unidad litoestratigráfica puede llegar a alcanzar los 200-300 m, pero en el área de estudio es bastante más reducido (100-150 m) debido a la laminación tectónica que provoca la superposición de esta unidad sobre los materiales cretácicos mediante una importante falla inversa. Presentan un buzamiento hacia el sur, de 60-65° y cartográficamente afloran en dirección WSW-ENE al sur y de manera paralela a la unidad de calizas cretácicas que conforman entre otros el macizo kárstico de Alkerdi. Esta unidad comprende, en el área de estudio, esquistos, pizarras y grauvacas (wackas) de facies Culm, aunque también han sido descritas otras litologías como calizas, conglomerados y lilitas en zonas próximas.

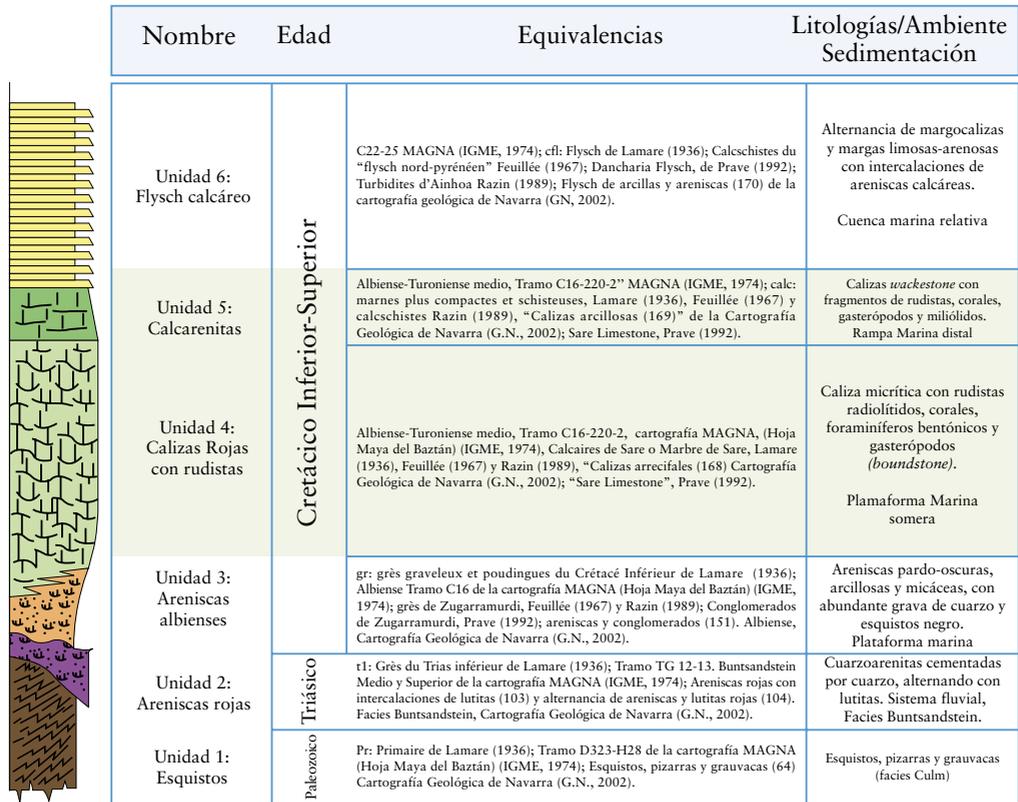


Figura 4. Columna estratigráfica sintética del área de estudio, tabla de equivalencias de unidades y litologías principales.

Unidad 2: areniscas rojas, Bundtsandstein (Triásico)

Los afloramientos de esta unidad se sitúan al sur de la franja caliza y dan un marcado resalte morfológico en el área, formando los relieves más altos del área de estudio, donde exhiben un espesor de aproximadamente 400 m, que ha de considerarse espesor mínimo debido a que su techo está erosionado. Se han observado y cartografiado areniscas de esta unidad en contacto tectónico lateral con las calizas cretácicas, hacia el oeste del área de estudio. Esta unidad está constituida por areniscas con alternancia de lutitas, con coloración roja y bien cementadas, características de las facies triásicas Buntsandstein. Las areniscas se componen de arena de cuarzo de grano fino-medio, aunque localmente pueden ser de grano grueso, incluso microconglomeráticas. Asimismo, presentan un alto contenido en micas. Se organizan en capas tanto tabulares como irregulares, de espesor variable entre 10 cm y 1 m. Muestran estructuras internas como estratificación cruzada en surco, relleno de canales y/o granoclasificación decreciente. Las capas lutíticas están compuestas de arcillas limosas, son escasas en el área de estudio y en general no presentan espesores superiores a los 10-20 cm.

Unidad 3: areniscas albienses (Cretácico)

Esta unidad presenta un espesor variable entre 10 y 100 m, pero la potencia aproximada en el área de estudio es de 10-20 m, aunque no aflora de manera continua debido a la falla inversa que superpone las rocas paleozoicas y triásicas sobre las cretácicas. Presentan un buzamiento invertido (60°) hacia el sur, tanto en los afloramientos junto al frente noreste de la cantera, como en los afloramientos junto al río Orabide (figs. 3 y 4).

Se compone de areniscas pardo-oscuras, arcillosas y micáceas, con abundante grava de cuarzo y esquistos negros (carboníferos, facies Culm), y abundantes restos vegetales. Localmente presentan estratificación/laminación cruzada, así como estratificación granodecreciente con alternancia de estratos de limolitas de algunos centímetros de grosor. Si bien no se han podido observar en los afloramientos estudiados, esta unidad presenta también niveles de conglomerados con cantos de cuarzo y esquistos negros confinados en surcos que presentan secuencias granodecrecientes y estratificación cruzada en surco. En los afloramientos de la zona de estudio, las areniscas alteradas presentan una escasa cementación.

Unidad 4: calizas rojas con rudistas (Cretácico)

Esta unidad calcárea presenta alrededor de 230 m de espesor en el macizo de Alkerdi, pero su potencia es variable tanto en vertical como en lateral debido a distintos condicionantes tectónicos, llegando a desaparecer hacia el oeste por la presencia de una falla de dirección NNW-SSE, en el entorno de la entrada de la cueva de Alkerdi 1. Cartográficamente afloran siguiendo una dirección WSW-ENE y en la zona de la cantera abarca una extensión cartográfica aproximada de 250-300 m. Esta unidad engloba la inmensa mayoría de las cavidades del sistema kárstico Alkerdi-Zelaieta-Ikaburu.

Son calizas de tipo boundstone con abundantes restos de rudistas radiolíticos, corales, foraminíferos bentónicos y gasterópodos, entre otros, poco o nada fracturados. La matriz que engloba a estos fósiles es micrítica, de tipo wackestone más o menos arenosa, de tamaño fino-medio. Las calizas no presentan una estratificación marcada, mostrando una apariencia masiva. Localmente y hacia la base de la unidad, se intercalan estratos conglomeráticos de algunos decímetros de grosor, con cantos de hasta 10 cm de diámetro y de diversa naturaleza: cuarzo, pizarra carbonífera, etc. Esta facies aparece localmente recrystalizada. Presenta tonalidades rojas en superficie y en corte fresco, debido a la coloración de la matriz (no de los fósiles). Localmente, también muestran tonalidades verdes.

Topográficamente, esta unidad de carácter bioconstruido da un resalte positivo, el macizo de Alkerdi, que hacia el este pierde su continuidad y el relieve desciende de manera brusca. Este cambio lateral podría obedecer a un cambio a facies más margo-arcillosas y, por tanto, más blandas y meteorizables.

Unidad 5: calizas calcareníticas (Cretácico)

Esta unidad aflora cartográficamente sobre y de manera idéntica a la anterior. El tránsito inferior con las calizas con rudistas de la unidad 4 es aparentemente gradual pero rápida (en pocos metros), lo mismo pasa con el tránsito superior a las turbiditas del Cretácico Superior de la unidad 6. Su espesor aproximado es de 80-90 m. Debido a su carácter calcarenítico, estas calizas presentan un aspecto algo más tabular, con estratos de espesor decimétrico a métrico, y coloración gris (no rojiza). Se continúa, con idénticos rasgos tanto cartográficos como de facies, a lo largo de toda la zona de estudio.

Sedimentológicamente las calizas de esta unidad son de tipo wackestone con fragmentos milimétricos de distintos tipos de conchas de rudistas, corales, gasterópodos y miliólidos. Asimismo contiene arena fina-media, que localmente llega a ser muy abundante. En el tránsito a la unidad 6 suprayacente, aumenta la proporción de micrita (llegando a constituir localmente mudstones) y desaparecen los bioclastos anteriores y aparecen escasos restos de placas de equinodermos y esponjas y abundantes calciesferas.

Las cuevas turísticas de Urdazubi-Urdax, Ikaburu, están desarrolladas en esta unidad.

Unidad 6: flysch calcáreo (Cretácico)

La edad de esta unidad difiere según distintos autores. Así, en las memorias de las cartografías geológicas del área sugieren una edad turoniense medio-campaniense (IGME, 1974; Gobierno de Navarra, 2002), mientras que Razin (1989) sugiere una edad campaniense inferior a posible campaniense superior-maastrichtiense.

Su base presenta un rápido tránsito gradual sobre las calizas micríticas infrayacentes (unidad 5). Su espesor estratigráfico es difícil de estimar, ya que el techo de la unidad está truncado por la erosión actual. No obstante, Razin (1989) estima una potencia aproximada de 1000 m para esta unidad.

Se compone de una alternancia de margocalizas y margas limosas-arenosas tabulares en la parte inferior, con alguna intercalación de areniscas calcáreas. Hacia arriba en la serie se hacen más detríticas. Presenta estratos de unos pocos centímetros a 50-70 cm de espesor y en algunas capas se observa una clasificación granodecreciente.

3.2. Caracterización estructural y fracturación del sistema rocoso

El entorno geológico del macizo de Alkerdi es una zona fuertemente tectonizada, no solo por procesos alpinos, sino también cretácicos. En el área de estudio, los accidentes tectónicos más importantes son las fallas, tanto sinsedimentarias cretácicas como derivadas de la orogenia alpina, entre las que destaca un cabalgamiento alpino que llega a invertir localmente la parte basal de la unidad cretácica. Estas relaciones tectónicas, así como la situación de las cavidades se pueden observar en los cortes geológicos (fig. 3).

Las unidades litoestratigráficas analizadas se engloban en el flanco sur de un amplio sinclinal de orientación E-W, el sinclinal Bera-Ainhoa, cuyo eje se sitúa varios kilómetros al norte de la zona estudiada.

Así, se han reconocido varias fallas en el entorno del macizo de Alkerdi. La principal fractura que limita al oeste el macizo calizo de Alkerdi, y que jalona la entrada de las cavidades de Alkerdi 1 y Berroberria, es una falla de orientación NNW-SSE, probablemente de edad cretácica. Esta falla pone en contacto lateral las calizas arrecifales cretácicas (unidades 4 y 5) al este con materiales triásicos (unidad 2, areniscas rojas y/o lutitas Buntsandstein) al oeste (corte DD' de la figura 3). La falla desaparece a techo de la unidad caliza cretácica, en el contacto con la alternancia de margas y calizas del Cretácico Superior (unidad 6). Esta relación estratigráfica sugiere que la actividad de esta fractura cesó a inicios del Cretácico Superior (unidad 6), ya que las margas y calizas aparentemente fosilizan la falla.

Es en las proximidades de esta falla donde la unidad 4, de edad albiense (calizas rojas con rudistas), presenta un carácter fuertemente micrítico, que gradualmente tiende a desaparecer hacia el este, evidenciando quizás la existencia de una zona de paleoalto relativo durante la formación de estas calizas. Es esta discontinuidad la que separa el macizo calcáreo de Alkerdi del crestón calizo análogo que aflora hacia el WSW (hacia Zugarramurdi). Asimismo, se interpreta que es esta falla la que provoca el desarrollo de la alineación de dolinas y sumideros a lo largo del borde oeste del macizo de Alkerdi, configurando la zona de mayor recarga alogénica. Se han reconocido otras tres fallas paralelas y de similares características a esta hacia el SW en el área de estudio.

Además de fallas normales se ha reconocido una falla inversa de orientación aproximada SW-NE, paralela a la dirección de los afloramientos de las unidades cretácicas. A lo largo de ella, los materiales paleozoicos cabalgan la serie cretácica y llega a invertir los términos cretácicos basales (cortes AA', BB' y CC' de la figura 3).

Como resultado de esta estructuración tectónica el macizo presenta varias familias de planos de discontinuidad que hacen que la mecánica del medio rocoso presente un carácter discontinuo y anisótropo (González de Vallejo, 2002). En el caso del macizo kárstico de Alkerdi se han caracterizado, hasta la fecha, 123 discontinuidades a lo largo de distintas estaciones geomecánicas (fig. 5). El número de medidas realizadas ha dependido de la densidad de fracturación y dimensiones de las distintas zonas o estaciones geomecánicas caracterizadas. En general, las condiciones de afloramiento y el número de medidas efectuadas en el macizo rocoso permiten caracterizar de manera aceptable las distintas familias de discontinuidades que sistemáticamente afectan a las distintas unidades estratigráficas que componen el macizo rocoso (fig. 5). Para ello se han medido las heterogeneidades planares de las calizas de la unidad 4 que componen el macizo de Alkerdi, así como las fracturas aflorantes en los techos y paredes del sistema kárstico que alberga, tratando la información obtenida para cada una de las estaciones por separado, y siendo posteriormente integradas para extraer las características generales del macizo rocoso.

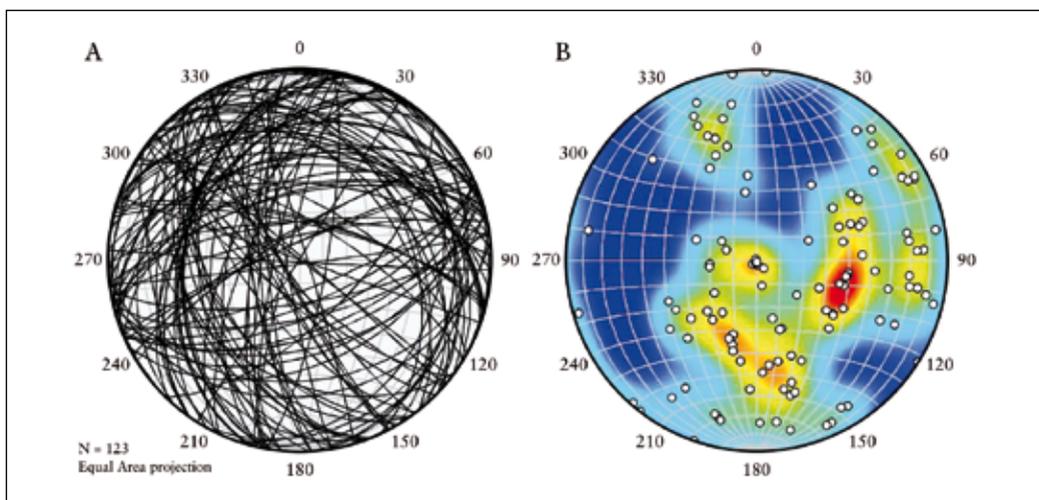


Figura 5. Representación estereográfica de las discontinuidades planares medidas en el macizo calcáreo de Alkerdi. A: Representación de las distintas discontinuidades planares mediante círculos mayores. B: Representación de las distintas discontinuidades planares mediante polos y mapa de contornos de la densidad de probabilidad de los valores medidos.

Cabe mencionar que en todos los casos ha de sumarse a las familias observadas otra perteneciente a la estratificación que, aunque poco representada dado el carácter masivo de las calizas que forman el macizo, presenta buzamientos subverticales (aprox. 60°) hacia el N (N351°E). Localmente, y en las inmediaciones de la traza del cabalgamiento de materiales paleozoicos del borde SSW del macizo, se han medido estratificaciones inversas muy verticalizadas hacia el S. Del análisis de las discontinuidades por fracturación medidas en el macizo de Alkerdi, un total de 80 medidas, se han podido diferenciar 3 familias de discontinuidades distintas (F1, F2 y F3) (fig. 6).

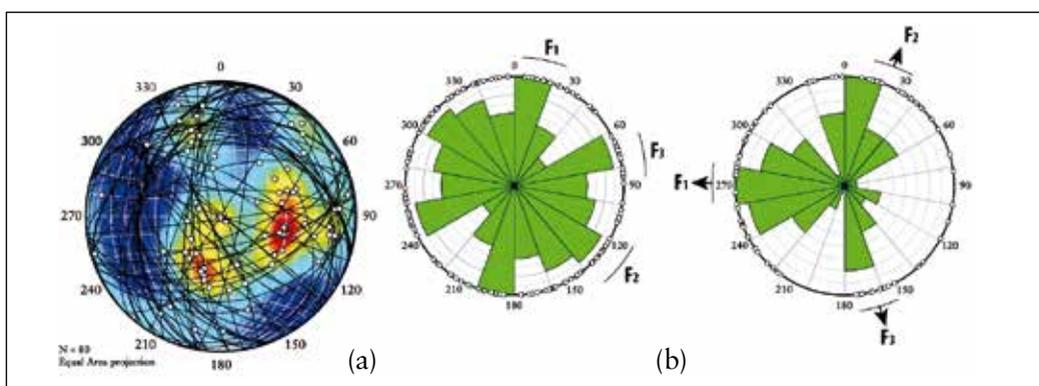


Figura 6. (a) Representación estereográfica de las discontinuidades planares por fracturación medidas en el macizo calcáreo de Alkerdi. Representación de las distintas discontinuidades planares mediante círculos mayores, polos y mapa de contornos de la densidad de probabilidad de los valores medidos. (b) Distribución de las direcciones y dirección del buzamiento de las principales familias de discontinuidades identificadas (F1, F2 y F3).

Dicontinuidades F1, presentan orientaciones alrededor de la dirección N10°E y buzamientos moderados, $\pm 35^\circ$, con direcciones de buzamiento hacia el W. Es la familia de discontinuidades más abundante (N=46) dando lugar a fracturas desde muy anchas a cavernosas, moderadamente juntas y continuidad alta.

Dicontinuidades F2, presentan orientaciones alrededor de la dirección N132°E y buzamientos moderados $\pm 85^\circ$, la dirección de buzamiento es mayoritariamente hacia el NNE. Es la menos abundante de las familias medidas (n=26). Da lugar a fracturas cavernosas, de espaciado separado a moderadamente juntas y continuidad alta. Podrían corresponder a planos de estratificación.

Dicontinuidades F3, presentan orientaciones alrededor de la dirección N70°E y buzamientos altos, $\pm 60^\circ$, la dirección de buzamiento es mayoritariamente hacia el SSE, si bien también se encuentran buzamientos hacia NNW. Se han medido 39 discontinuidades y se trata de fracturas moderadamente abiertas a muy abiertas, moderadamente juntas y continuidad baja.

4. EL KARST DE ALKERDI-ZELAIETA-IKABURU

La superposición de la información georreferenciada de la posición de las distintas cavidades del sistema kárstico Alkerdi-Zelaieta-Ikaburu (fig. 9), derivada del estudio espeleológico, con la cartografía geológica revisada, permite observar la posición de las distintas cavidades en unidades geológicas concretas. Esta información se ha contrastado con la información obtenida de las observaciones directas dentro del sistema kárstico.

El sistema kárstico se compone de tres partes bien diferenciadas: el exokarst, modelado superficial del agua sobre el sustrato rocoso; el epikarst, la zona cercana a la superficie, más afectada por la fracturación y la acción de los suelos; y el endokarst, resultado de los procesos erosivos que inciden en el interior de la masa rocosa, por el transcurso del agua. La correcta caracterización del karst, por tanto, requiere del estudio de las distintas partes, habiéndose estudiado en este caso el exokarst y el endokarst.

4.1. Geomorfología del exokarst

La geomorfología del exokarst de Alkerdi-Zelaieta-Ikaburu muestra un desarrollo notable, con un entramado de lapiares (cubiertos y semicubiertos), más o menos profundos, y dolinas (fig. 7).

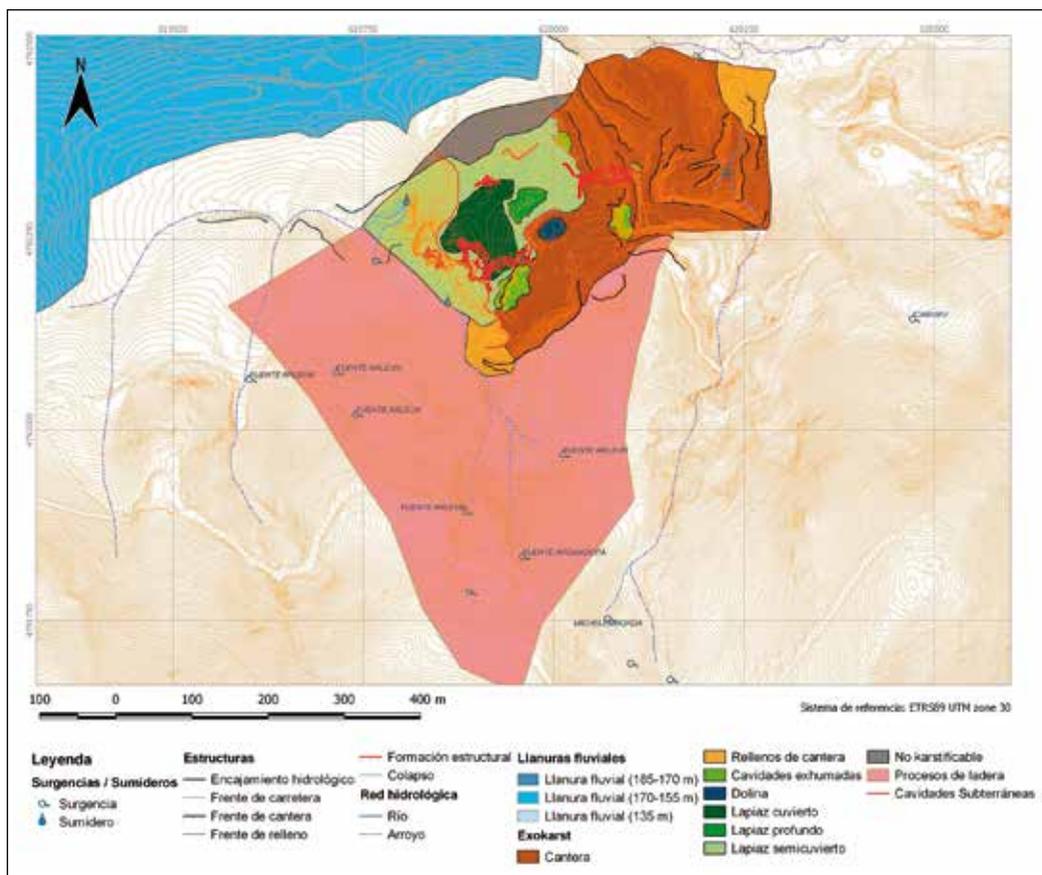


Figura 7. Mapa geomorfológico del macizo de Alkerdi.

En un contexto más amplio, se observa una paleosuperficie fluvial bien conservada de cota 150 m. Al W del macizo kárstico esta paleosuperficie se muestra incidida por la red de drenaje actual, mientras que al E del macizo la red fluvial se encuentra fuertemente incidida. A falta de datos cronológicos, todo apunta a que la antigua red fluvial discurría de W hacia E y que el macizo ha funcionado como una barrera natural, de tal forma que la red endokárstica de Alkerdi-Zelaieta-Ikaburu fue, durante una parte de la historia geológica, su continuación subterránea. Posteriormente, el arroyo de Zorribenta habría captado los cursos fluviales que discurrían hacia el E y, poco a poco, ha ido encajándose en el relieve creándose el actual valle fluvial al WNW del macizo de Alkerdi. De esta forma, la principal red fluvial dejó de circular por el sistema kárstico de Alkerdi-Zelaieta-Ikaburu, y actualmente es atravesado tan solo por los arroyos de Urtxume y Arleun.

Los arroyos afluentes del Urtxume que limitan el margen W del macizo de Alkerdi, vierten sus aguas y sedimentos a través de tres dolinas al piso kárstico inferior (activo). Estas aguas afloran en diversos manantiales o resurgencias del margen E del macizo, en la zona cercana al embalse de la cantera y escombreras adyacentes, por debajo de la cueva de Zelaieta 3.

En cuanto al desarrollo del lapiaz este se relaciona con la disolución producida por el agua de lluvia (recarga autogénica más difusa), más o menos acidificada por el CO₂ ambiental y la materia orgánica edáfica. Localmente puede presentar incisiones métricas (de más de 1,5 metros) con rasgos geomorfológicos y depósitos endokársticos, que denotan la existencia de antiguas galerías endokársticas (entre el lapiaz) hoy exhumadas. En el macizo de Alkerdi el elemento geomorfológico más representado es el del lapiaz semicubierto. Aflora en zonas de pendiente y la zona más alta del macizo. En la zona más llana de la colina, situada en la zona central del macizo calizo, podemos diferenciar un lapiaz cubierto por sedimentos limo-arenosos y vegetación. A pesar de que el lapiaz se encuentra aparentemente bien desarrollado, la capa sedimentaria que lo cubre puede ralentizar el flujo de agua y otras fases (gases, sólidos como p. ej. la materia orgánica o las arcillas) y favorecer la evapotranspiración. Cuanta menor sea la «cubierta» el flujo discurrirá más rápidamente en la vertical.

La función del suelo es clave para mantener las condiciones de la cueva y/o transferencia de flujo entre el exokarst, el epikarst y el endokarst. Es de destacar la importancia del suelo como membrana frente a los gases en los flujos de intercambio con la atmósfera externa: en función del rango de humedad relativa, el suelo pasa de comportarse como una membrana permeable a una semipermeable o impermeable. Las observaciones puntuales realizadas sugieren, sin embargo, que la cobertera edáfica que existe sobre la cueva posee un pobre desarrollo vertical y en la zona de infiltración directa a la cavidad raramente supera los 40 cm de espesor.

En las zonas donde el lapiaz está cubierto solamente se infiltra al endokarst parte del agua de precipitación, y lo hace de forma difusa, disminuyendo y retardando la afección directa al sistema endokárstico. Debido al horizonte húmico que se extiende a lo largo de toda su superficie, las aguas que se filtran pueden ser más ácidas y, por tanto, más agresivas con las calizas, aumentando la capacidad de disolución del macizo calizo. Por ello, las aguas infiltradas llegan saturadas en carbonato cálcico, y al llegar a la cavidad dan lugar a la formación de espeleotemas, como en las zonas de goteo de las galerías superiores de Alkerdi 2 y Zelaieta 3.

A lo largo del macizo kárstico se encuentran varias dolinas (fig. 8a), algunas rellenas por sedimento que crean depresiones notables de escala métrica-decimétrica en el terreno. Las dolinas constituyen embudos de conexión entre la superficie exokárstica y los conductos endokársticos. Entre ellas y atendiendo a su origen podemos distinguir dolinas de disolución (Zelaieta 9) y dolinas-sumidero en zonas de contacto de distintos materiales (Zelaieta 10, 11 y 12, Ikaburu 3). No se han observado dolinas de colapso o de otro tipo.

La mayoría de las dolinas se encuentran en zonas de contacto entre distintas litologías. La conjunción de varias dolinas constituyen un pónor que drena directamente las corrientes de agua superficiales hacia el sistema kárstico (Zelaieta 10, 11 y 12, Ikaburu 3) y en la mayoría de los casos serían formas de penetración directa al endokarst si no fuese por la obstrucción de materiales arrojados desde la cantera (Zelaieta 11), el colapso de bloques al encontrarse en zonas de fractura (Zelaieta 10 y 12) o la existencia de sifones (Ikaburu 3).

Atendiendo a su gran tamaño podemos destacar la dolina de Zelaieta 12. Es una depresión kárstica, formada por la coalescencia de varias dolinas y la combinación de la disolución con la presencia de un accidente tectónico (falla cretácica al W).

Destaca también la presencia de varias simas, en la zona del lapiaz cubierto. Estas simas son conductos verticales o en pendiente pronunciada, abiertas al exterior y originadas por un proceso erosivo kárstico en la roca calcárea (evolucionado a partir de una fractura) o por derrumbe del techo de una cavidad por el que el agua se filtra o percola a niveles inferiores. Son vías de comunicación directa entre el exterior (exokarst) e interior de una cavidad (endokarst). Cualquier actividad en superficie o sub-superficial que incorpore sustancias ajenas al entorno natural podría acarrearlas hasta la propia cueva a través de los puntos de infiltración de agua. La infiltración directa de aguas por medio de las fracturas va a ser más patente y rápida en toda la zona situada aproximadamente en la vertical de la cavidad y en la proximidad de la cantera, por el agrandamiento de las fisuras como consecuencia de las voladuras de la cantera.

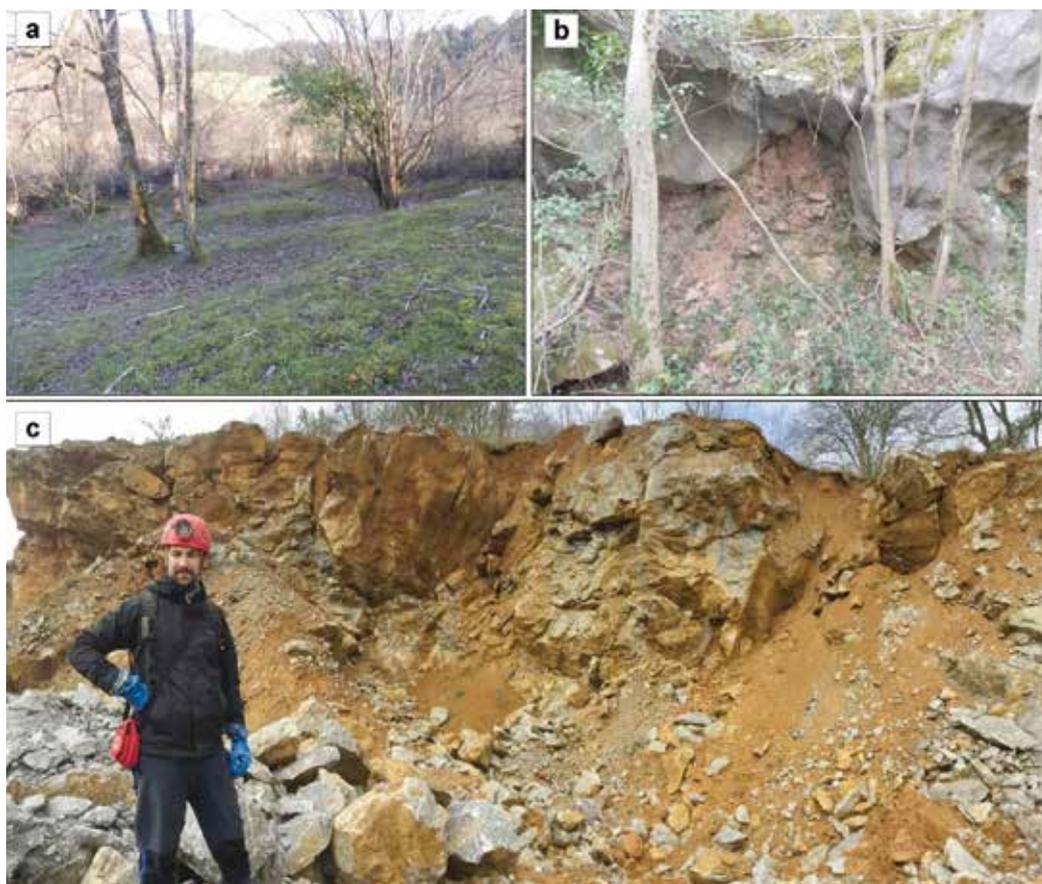


Figura 8. Rasgos geomorfológicos en el macizo de Alkerdi. a) Pequeñas dolinas dentro del lapiaz cubierto. b) Afloramiento de depósitos fluviokársticos relictos rellenando una antigua cavidad kárstica. c) Cavidades exhumadas por el frente de la cantera.

La sima Zelaieta 14, tras un descenso vertical, permite comunicar con una sala a 15 m de profundidad cubierta de grandes bloques y rellenos sedimentarios a modo de conos de derrubios. En esta zona se han encontrado restos paleontológicos que evidencian la existencia de otras comunicaciones con el exterior. Una de estas continuidades es hacia el oeste (cueva Zelaieta 22) y otra en vertical hacia la probable comunicación con las galerías de Alkerdi 2 y el hasta ahora desconocido desarrollo del río Urtxume. Ello queda corroborado por la circulación de fuertes corrientes de aire.

Existen por último numerosas bocas de cuevas que comunican con conductos de desarrollo horizontal (fig. 9). Algunas de ellas, como Alkerdi 1 y Berroberria, corresponden a conductos que han sido decapitados naturalmente por la erosión diferencial en zonas de fractura y otras corresponden a cavidades exhumadas por las labores de la cantera (Zelaieta 1, Zelaieta 3). Existen otras que corresponden a antiguos sumideros que han quedado colgados al encajarse los barrancos exteriores (Alkerdi 2, Zelaieta 22, Ikaburu 2, Ikaburu 6, Ikaburu7, Ikaburu12, etc.). Por último están las bocas de cuevas que corresponden con resurgencias. Una de ellas ha quedado totalmente cubierta por un gran talud de bloques (Zelaieta 13 y 15) y la otra corresponde a la resurgencia última del acuífero antes de su vergencia al río Ugarana (Ikaburu 8).

4.2. Estructuración del endokarst

El sistema endokárstico de Alkerdi-Zelaieta-Ikaburu, con un desarrollo mínimo explorado de 3 km y un total de cincuenta y tres fenómenos espeleológicos catalogados (hasta ahora se habían catalogado únicamente ocho) (IPV, 1980; Santesteban, 1992), está estructurado en cuatro pisos kársticos, incluido el activo, que discurren desde el W hacia el este E. Presenta un desnivel de -106 m, entre la sima de Zelaieta 14 y la surgencia de Ikaburu 8 (fig. 10).

Las regatas de Urtxume y Arleun, tras discurrir sobre terrenos menos permeables (lutitas y areniscas del Triásico) del monte Arleun, se suman aprovechando una falla (de dirección NW-SE) existente al W del macizo, y atraviesan de SW a NE el paquete de calizas del Cretácico. Este hecho le confiere un carácter principalmente alogénico al karst, con entrada de agua y sedimentos procedentes del exterior sin atravesar la roca carbonatada.

La disolución y erosión por parte de las aguas y el sedimento que transportan ha creado una compleja red de galerías fósiles y activas a diferentes cotas, unas accesibles y otras no, pero que indudablemente forman parte de un mismo sistema y están genéticamente relacionadas entre sí (figs. 10 y 11).

El encajamiento del valle ciego de Berroberria y el retroceso del escarpe calizo ha ido dejando antiguos sumideros y cuevas colgadas (p. ej. Alkerdi 2) y ha decapitado otras, como Alkerdi 1 y Berroberria. Colapsos y rellenos posteriores han ido cerrando las comunicaciones entre algunas de ellas, fragmentando el sistema kárstico.

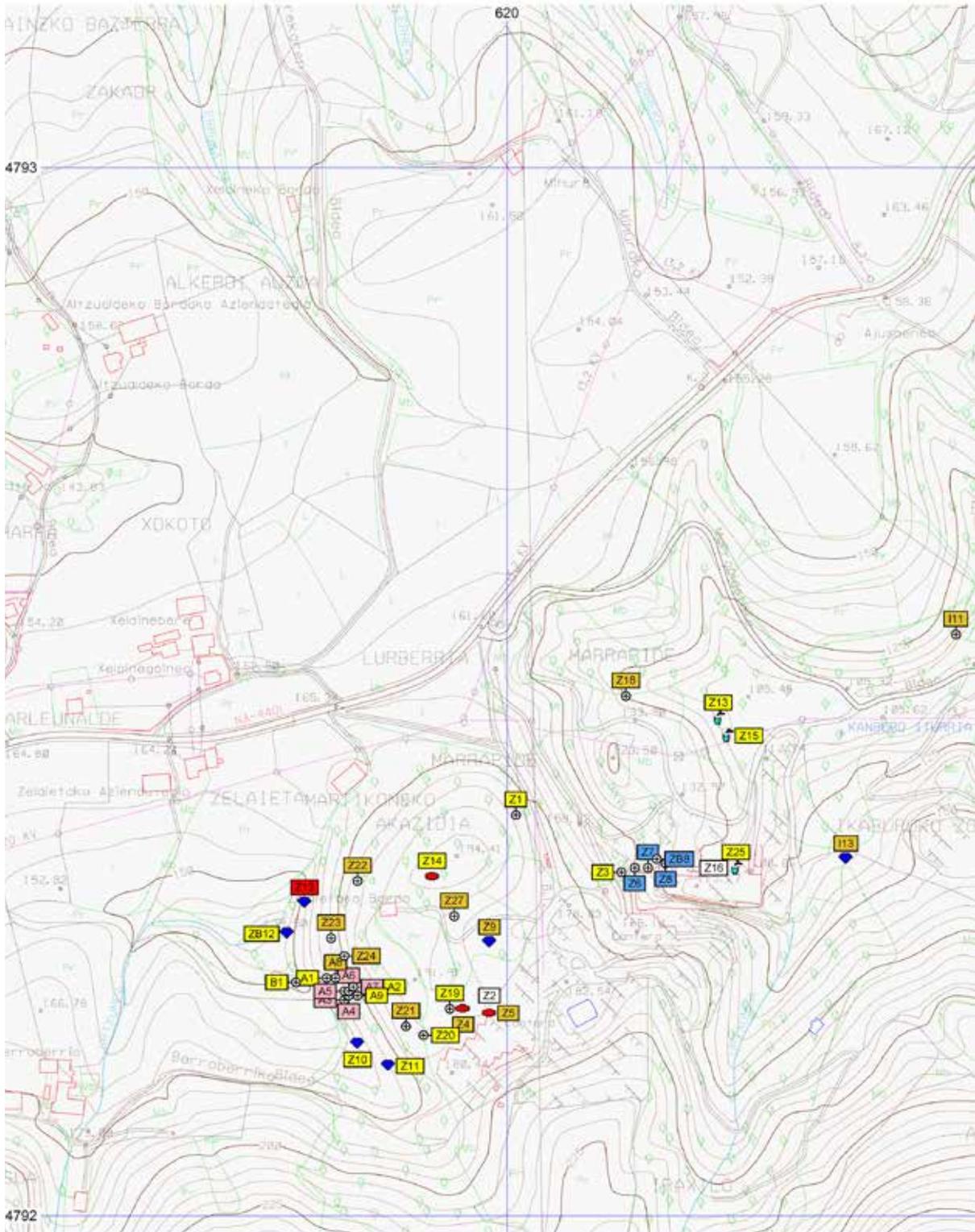
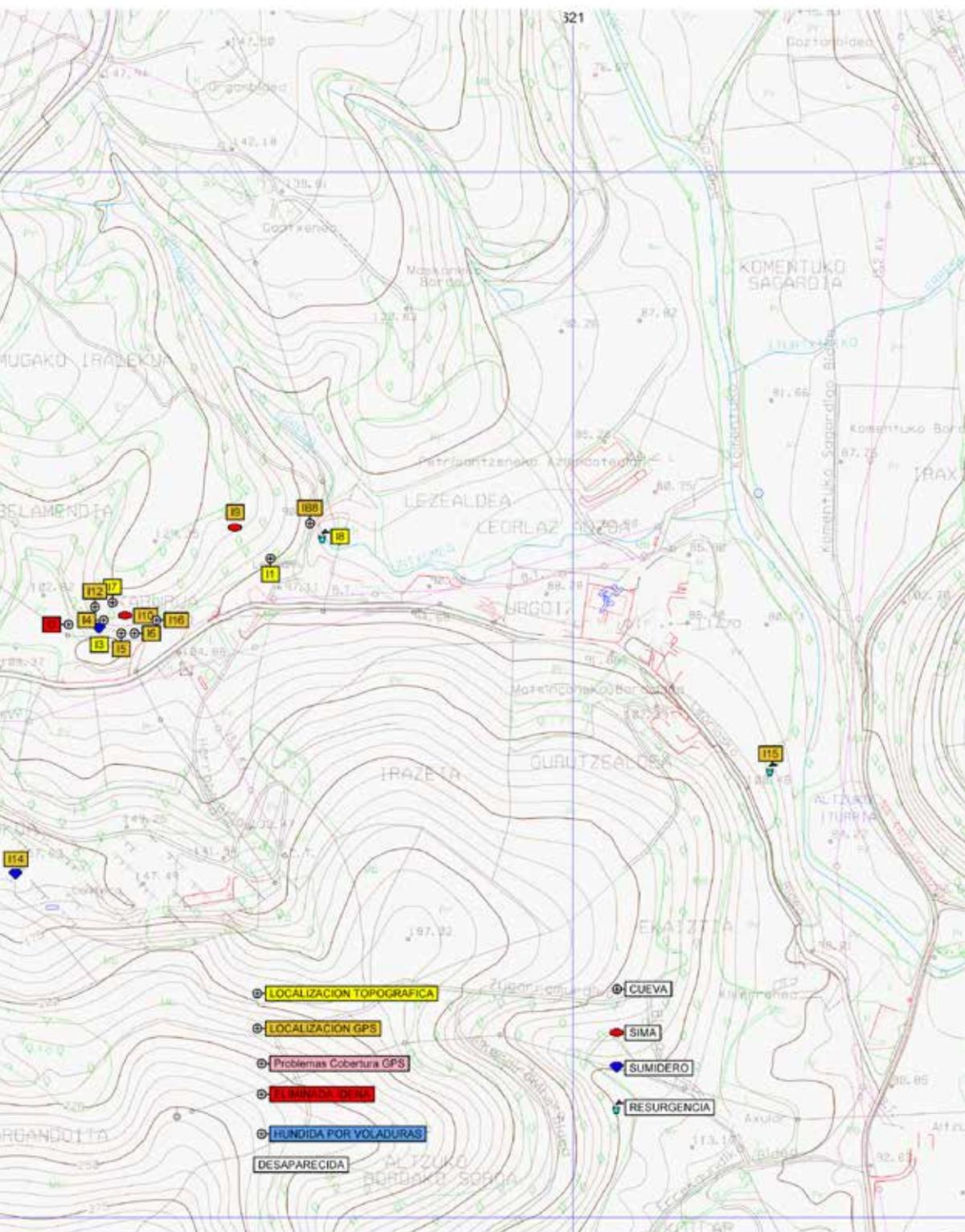


Figura 9. Localización de cavidades en el karst de Alkerdi-Zelaieta-Ikaburu.



SISTEMA DE ZELAIETA-IKABURU Cavidades principales Urdazubi - Urdax. Navarra

Topografía parcial provisional (exploración en curso)

SATORRAK ESPELEOLOGÍ TALDEA 2016

Alkerdi 1 y Berroberria de GIMGEOMATICS 2015, Zelaieta 1 de Runa G.P.H. SL 2014

Desarrollo topografiado: 2.975 m; Desnivel: -106 m

Método: itinerario poligonal Disto X2

Simbología U.I.S. International Union of Speleology 1999 y leyenda

PLANTA

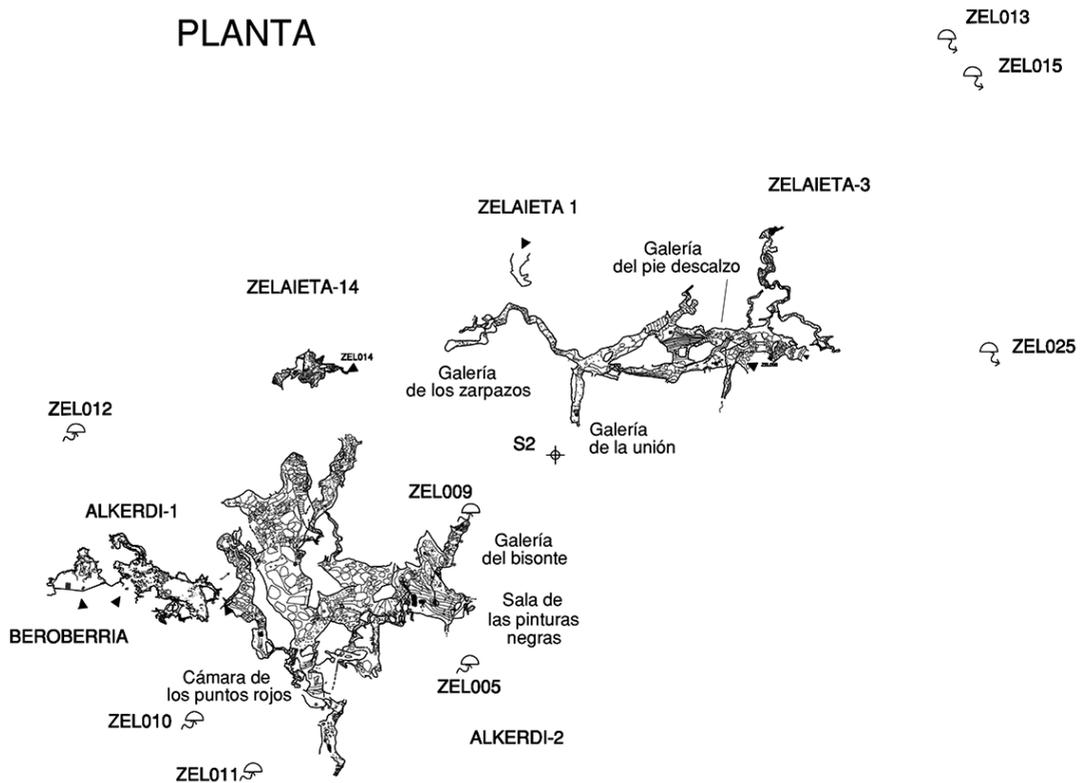
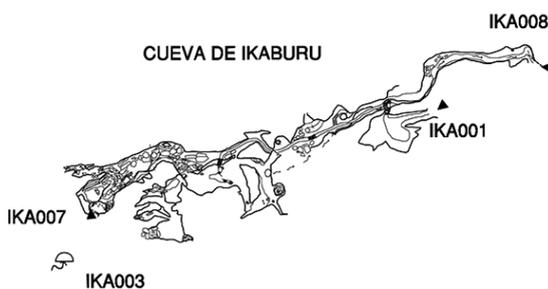


Figura 10. Levantamiento topográfico del sistema kárstico de Alkerdi-Zelaieta-Ikaburu (planta).



NORTE UTM
DATUM ETRS89 HUSO 30T



◀ Bocas de acceso:
Coord. UTM
ETRS89 30T

ALK001 - X: 619.829,27; Y: 4.792.224,63; Z: 158,76 m	⊕	Sondeo cavernamiento
ALK002 - X: 619.874,76; Y: 4.792.218,87; Z: 178,17 m	⊕	Sondeo cavernamiento
BEROBE - X: 619.798,53; Y: 4.792.223,08; Z: 153,29 m	⊕	Sondeo cavernamiento
ZEL003 - X: 620.111,68; Y: 4.792.328,66; Z: 151,21 m	⊕	Sondeo cavernamiento
ZEL014 - X: 619.928,71; Y: 4.792.326,93; Z: 192,59 m	⊕	Sondeo cavernamiento
IKA007 - X: 620.556,02; Y: 4.792.589,24; Z: 115,28 m	⊕	Sondeo cavernamiento
IKA001 - X: 620.712,65; Y: 4.792.630,98; Z: 97,33 m	⊕	Sondeo cavernamiento
IKA008 - X: 620.760,73; Y: 4.792.654,02; Z: 87,20 m	⊕	Sondeo cavernamiento

- ⊕ Sondeo cavernamiento
- ⊕ Sima
- ⊕ Cueva
- ⊕ Sumidero
- ⊕ Surgencia

ESCALA GRÁFICA



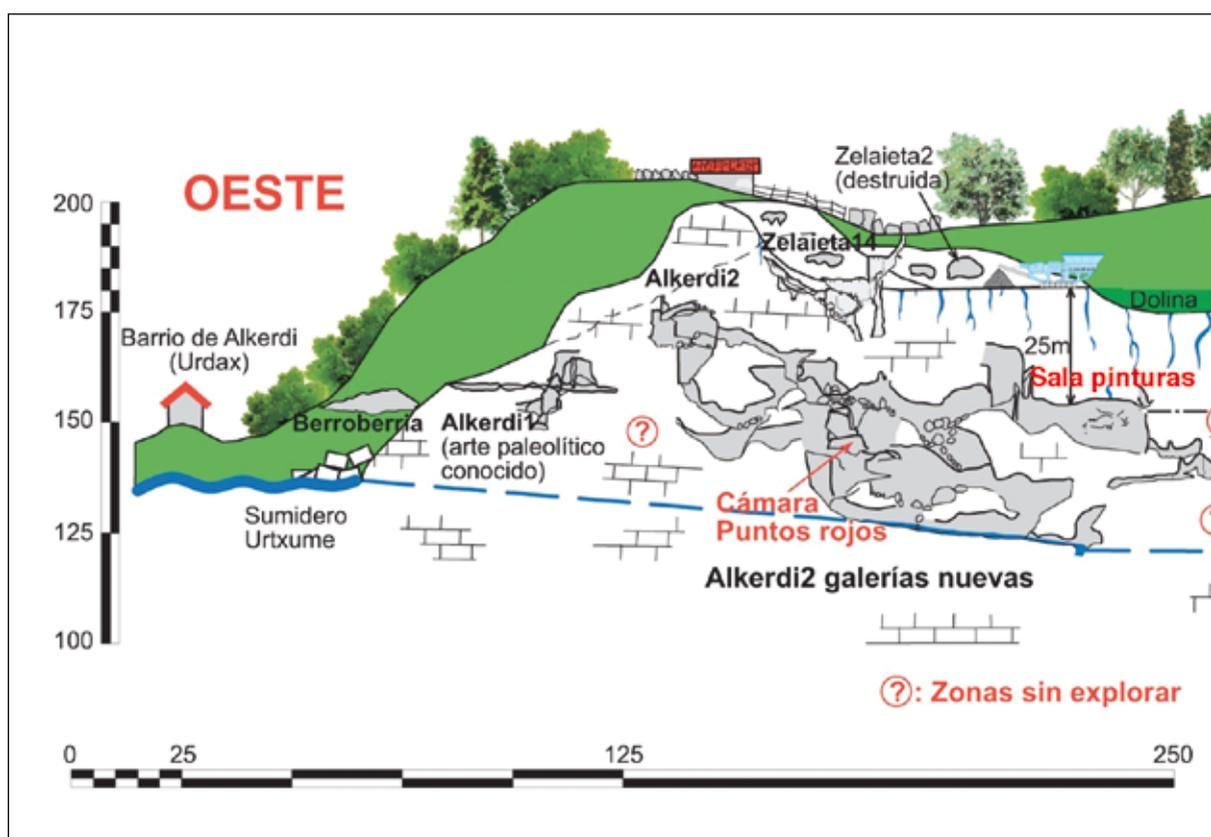
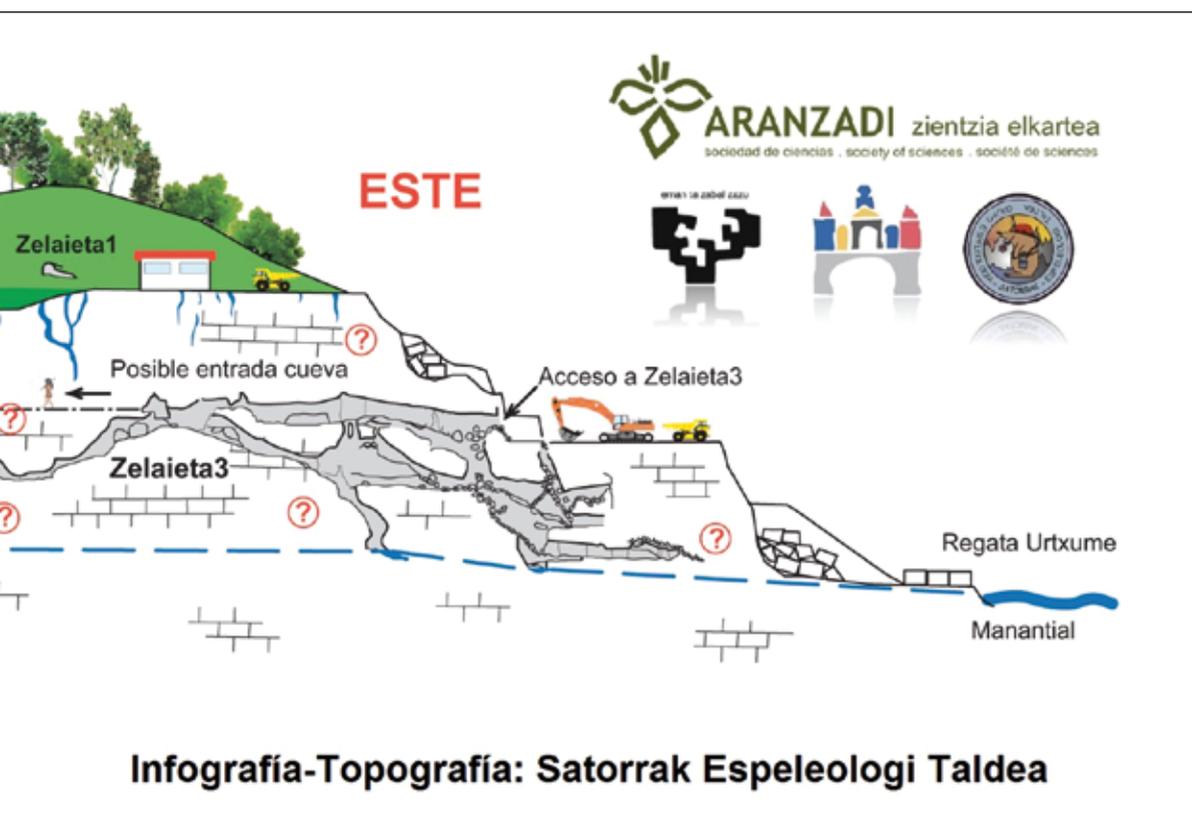


Figura 11. Infografía del sector de la cantera con la proyección de todas las cavidades del sistema de Alkerdi-Zelaieta-Ikaburua

En la actualidad las aguas de la regata Arleun se infiltran fundamentalmente a través de las dolinas-sumidero de Zelaieta 10 y Zelaieta 11, y discurren subterráneamente a lo largo del piso inferior del sistema kárstico por una galería activa de encajamiento hasta un sifón. En este lugar se pueden observar las huellas de subidas del nivel del agua de varios metros, que indican la fluctuación del nivel piezométrico. A falta de la realización de una prueba de trazado del recorrido subterráneo de las aguas, no podemos garantizar si las aguas del Arleun se suman a las del Urtxume para resurgir en los manantiales de Ikaburuko Zokoa, o bien manan directamente en la balsa de decantación de la cantera, formada al alcanzar la explotación el nivel freático del sistema y donde se ha observado también un pequeño manantial. Por otro lado, la regata Urtxume se infiltra en la dolina de Zelaieta 12 aunque su desarrollo endokárstico aún no ha podido ser explorado.

Otra importante zona de recarga allogénica del sistema, hoy muy alterada por la actividad de la cantera, se encuentra en la parte suroeste, donde las aguas de escorrentía procedentes de las laderas del monte Argandoita debían infiltrarse al menos en dos puntos: según la bibliografía consultada (Loriana, 1940; IPV, 1976, 1980; Santesteban y Acaz, 1992; Santesteban, 2006) en la cueva de Zelaieta 2, hoy desaparecida por



Infografía-Topografía: Satorrak Espeleologi Taldea

a un mismo plano de dirección este-oeste (a partir del alzado del levantamiento topográfico).

la actividad de la cantera y en la gran dolina de Zelaieta 9. La explotación del frente suroeste de la cantera de Alkerdi ha transformado totalmente esta zona y en la actualidad las aguas que se acumulan en la plataforma y zona de machacado de la roca son drenadas hacia las dolinas y los conductos que todavía quedan de las mismas (Zelaieta 5) y que conectan con en el piso kárstico situado en la cota 150 m, concretamente en la Galería del Sílex, la Sala de las Pinturas negras y en la Galería del Bisonte. Los sondeos de explotación realizados por Mármol del Baztán (S1, S2, S5 y S6) muestran la existencia de importantes cavernamientos en los mismos paleo-niveles observados en las galerías de Alkerdi 2 y confirman la comunicación de toda la zona inferior de la plataforma del frente suroeste de cantera con el sistema. Ello queda confirmado por la entrada de materiales de desecho de la cantera hacia las galerías mencionadas (alambreres, plásticos, ladrillos, trozos de mármol, arenas silíceas de corte, etc.) y la reactivación de corrientes de agua que están produciendo salpicaduras de barro en paredes con presencia de arte parietal paleolítico.

Por último, existe también una alimentación difusa a través de una zona de lapiaz semicubierto en las cercanías de la borda de Zelaieta.

Los cuatro niveles o paleo-niveles kársticos del sistema Alkerdi-Zelaieta-Ikaburu, han sido originados principalmente por las diferentes fases de encajamiento de los ríos subterráneos antes mencionados. Esta erosión, junto con la karstificación de la unidad caliza debido a la recarga autogénica (agua de infiltración), ha originado una complicada red de galerías a favor de la fracturación de la misma, que se desarrollan tanto de W a E (Galería del Sílex, Sala de las Pinturas negras, meandro Katxemir, etc.) como de S a N (Galería del Guano, Galería del Aire, Galería Politta, etc.). La fuerte corriente de aire existente en la Galería del Aire indica la más que probable conexión de la red de Arleun con la todavía pendiente de exploración del río Urtxume. En esta última se conoce, sin embargo, el desarrollo de 700 m de galerías, a las que se accede desde la boca de Zelaieta 3. Estas galerías, que también presentan al menos tres pisos diferentes, se desarrollan en una dirección preferente W-E y presentan con frecuencia secciones de morfología de tubo a presión (indicativa de su formación en condiciones freáticas) con posterior encajamiento (ya en condiciones vadasas) (fig. 12a).

Estos cuatro pisos kársticos se comunican a través de desfondamientos de las galerías, que tienen volúmenes importantes, destacando la galería y el Cañón del Círculo, con una anchura de 30 m y una altura de 21 m (fig. 12b). En la zona central de las galerías de Alkerdi 2 (Galería del Guano, Galería del Círculo y Sala del Cráter) estas zonas de transferencia vertical presentan grandes caos de bloques, entre las cotas 135 y 160 m, resultado de la desestabilización de los techos en condiciones vadasas (fig. 12c). Esta evolución de las cuevas está marcada por el sistema de fracturación del macizo calcáreo.

El extremo oriental de dicho sistema ha quedado totalmente decapitado por el avance del frente noreste de la cantera. Han sido destruidos importantes desarrollos de galerías a las que se accedía desde otras bocas hoy ya no existentes (fig. 12d). Es todavía una incógnita el lugar de acceso paleolítico hacia el interior de las galerías de Alkerdi 2; pero la existencia de restos paleontológicos y zarpazos de osos de las cavernas a lo largo de todo el desarrollo de Zelaieta 3 y la existencia de evidencias de ocupación de la cavidad Zelaieta 1 durante el Paleolítico Superior (Unanua *et al.*, 2014) invitan a pensar que pudiera ser desde alguna galería hoy desconocida o desaparecida por la actividad de la cantera en la zona oriental del macizo. En Zelaieta 3 existen galerías perpendiculares a la dirección preferencial W-E. Una de ellas, la Galería de la Cabra, se encuentra a la misma cota y a escasos sesenta metros en la dirección de la Galería del Bisonte de Alkerdi 2. Los extremos de ambas galerías han quedado colmatados de sedimentos y espeleotemas; aunque el sondeo de explotación S6 realizado por mármoles de Baztán entre ambas galerías confirma la posible unión de las mismas.

La actividad en el frente noreste de la cantera está produciendo además la sedimentación de importantes espesores de arenas silíceas utilizadas para el corte de bloques en el nivel inferior y ya en la zona de fluctuación piezométrica, afectando sin duda al acuífero del Urtxume y al registro sedimentario endokárstico.

Al menos parte de las aguas infiltradas en el sistema kárstico emergen al exterior en las resurgencias kársticas de Ikaburuko Zokoa; aunque a poca distancia vuelven

nuevamente a desaparecer al toparse con la unidad de calizas calcareníticas (unidad litoestratigráfica 5) en las cercanías del caserío de Ikaburu. La disolución de este paquete sedimentario ha horadado una nueva red de galerías en la parte oriental del sistema, Cuevas de Urdax, Matxingonea o Ikaburu. Presenta una galería principal de hasta 15 m de altura (fig. 13), con un desarrollo superior a los 300 m y una dirección preferencial de WSW-ENE, por la cual discurre el río Urtxume y que se ve afectado por el arrastre de sedimentos de la cantera (arenas silíceas, escombros, etc.). Varias salas y galerías laterales, con gran desarrollo de espeleotemas, elevan el desarrollo topografiado por el momento (exploración en curso) hasta los 724 m.

Finalmente, las aguas brotan en una nueva resurgencia kárstica (Ikaburu 8) para esta vez, tras discurrir por el exterior poco más de 400 m, se unen al río Ugarana, nivel de base local actual del sistema de Alkerdi-Zelaieta-Ikaburu.

4.2.1. Tipos principales de cavidades

En el sistema de Alkerdi-Zelaieta-Ikaburu predominan las cavidades de desarrollo horizontal originadas por la estabilización de los diferentes niveles de base que se han dado a lo largo de la evolución del sistema kárstico en fases temporales muy antiguas. Durante las mismas se formaron conductos freáticos cuando el agua inundaba completamente su sección y circulaba a presión. Las dimensiones de estas secciones varían desde tubos pequeños de 1 x 2 m hasta grandes conductos de 6 x 4 m. Algunos de estos conductos aún están ocupados por el agua en la actualidad, existiendo zonas inundadas en el piso inferior activo, entre las cotas 100-120 m; pero la mayoría han ido quedando colgados en niveles fósiles hoy abandonados por el agua (fig. 12a).

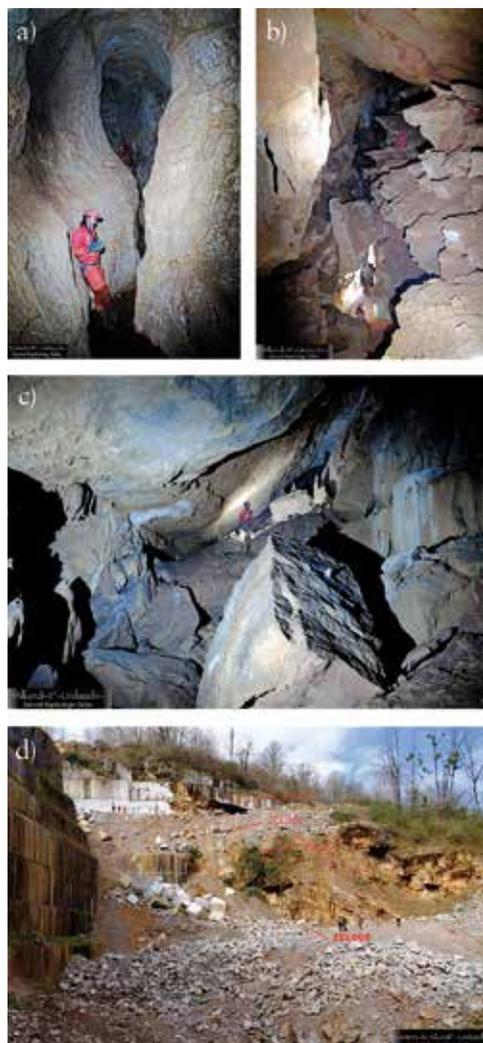


Figura 12. Tipos principales de cavidades del sistema de Alkerdi-Zelaieta-Ikaburu: a) tubo freático con posterior evolución vadosa; b) comunicación de distintos pisos kársticos por colapso, creando profundas cavidades, como por ejemplo Galería y el Cañón del Círculo; c) gran bloquera por desestabilización de techos en condiciones vadasas; d) afección de la cantera al sistema kárstico y desaparición de las entradas naturales de algunas de las cavidades.



Figura 13. Galería en las cuevas de Ikaburu.

Cuando el agua no llegaba a ocupar toda la sección del conducto, se iban formando galerías vadosas de dimensiones variables, desde estrechos meandros y galerías de encajamiento, de apenas medio metro de anchura (Meandro Sinuoso de Zelaieta3) hasta grandes conductos de 30 m de ancho (Galería del Círculo en Alkerdi 2). Algunas de estas galerías presentan circulación de agua en la actualidad (Galería del Aire de Alkerdi 2, Galería del río Arleun) y otras han quedado fosilizadas como paleoniveles por el encajamiento del nivel de base (Galería Politta, Galería del Sílex, etc.)

Las morfologías de estos conductos freáticos y vadosos están condicionadas por la dirección y buzamiento de las fracturas (ver apartado 3.2). A veces, cuando estas galerías vadosas se originan en lugares de intensa fracturación, planos de falla y/o diaclasas, la excavación de los conductos genera inestabilidad que produce colapsos y derrumbamientos de grandes bloques en techos y paredes hasta que las bóvedas y galerías adquieren secciones más estables. Estos depósitos clásticos tapizan los suelos de las galerías y en algunos lugares quedan posteriormente cubiertos de espeleotemas (fig. 12c) que pueden darnos idea de la antigüedad de estos colapsos. Las últimas voladuras realizadas en la explotación de la cantera han generado nuevas inestabilidades, colapsos y derrumbamientos en las galerías orientales de Zelaieta 3 con grandes bloques métricos de aristas vivas y en equilibrio inestable que hacen muy peligroso e incluso imposible transitar por galerías que antes eran de fácil progresión.

Las cavidades verticales no son muy abundantes en el área de estudio, situándose las pocas existentes bajo las zonas de lapiaz semicubierto de Zelaieta e Ikaburu y en las zonas de desfondamiento que comunican los diferentes pisos kársticos por el encajamiento del nivel de base. Destacar los conductos de transferencia vertical de Zelaieta 14 que presentan a través de un salto cercano a los 70 m a través de varios pozos o resaltes, cuyas cabeceras han quedado colmatadas por depósitos litogénicos (espeleotemas) impidiendo la progresión a -20 m; aunque se ha constatado la continuidad de estas fisuras verticales en profundidad por medio de altas chimeneas observadas en una galería de reciente exploración (sin topografiar) al N de la galería del Círculo y en la posible conexión con el piso activo del río Urtxume.

También existen chimeneas y fisuras verticales en las zonas de intensa fracturación, con presencia de goteos y aportes de agua. Estas se dan sobre todo en la zona de alimentación sur de Alkerdi 2, sobre la plataforma del frente sureste de la cantera y en varios puntos de las cuevas de Ikaburu.

4.2.2. Procesos de relleno sedimentario (sin y postdisolución) y vaciados de las cavidades endokársticas

Tal y como corresponde a los karst de recarga alogénica, las cavidades kársticas del macizo de Alkerdi han registrado importantes rellenos de sedimento fluviokárstico (cantos, gravas, arenas y arcillas) que, en ocasiones llegaron a colmatar algunas cavidades. Estos sedimentos fluviokársticos son de naturaleza alóctona (litologías que afloran en los terrenos que rodean el macizo kárstico) y fueron depositados en las galerías cuando el río, tras penetrar por el sumidero utilizaba estas para realizar parte de su

trayecto. La primera fase sedimentaria tiene lugar en condiciones freáticas, en el fondo de la cavidad, bajo condiciones de equilibrio entre el aporte sedimentario y transporte. Cuando la tasa de sedimentación supera a la capacidad de transporte a través del conducto, debido a un incremento en la disponibilidad de sedimento, o la disminución del caudal hídrico, se produce la acumulación de sedimentos en la base de la galería, llegando casi a colmatar la cavidad. En estas condiciones, el agua que discurre a presión no puede disolver los sedimentos terrígenos, y por tanto se produce la disolución del techo de la galería (paragénesis). En este estadio evolutivo del karst es cuando se forman los *roof pendants* o canales meandríformes de techo, observables en Alkerdi 1 y en algunas zonas de Alkerdi 2.

A medida que el río baja en cota en el exterior, en el interior del karst el agua (con sedimento) tiende también a incidir, creando un nuevo piso kárstico en momentos de estabilidad freática. De esta forma, la galería inicial pasa a condiciones vadosas, favoreciendo el depósito limo/arcilloso y/o coladas y estalagmitas de CaCO_3 , en relación con el agua de infiltración (recarga autigénica). El proceso de sedimentación fluviokárstica se verá repetido en la galería activa inferior. Cada una de estas secuencias configura una unidad aloestratigráfica.

A lo largo de la cavidad de Alkerdi 1, se pueden distinguir diferentes fases sedimentarias endokársticas, algunas representadas a lo largo de toda la cavidad, y otras más localizadas. A partir de los cortes estratigráficos realizados en diferentes secciones a lo largo de toda la cavidad y basándose en la relación espacial de las distintas unidades litoestratigráficas, se ha establecido una secuencia endokárstica general (fig. 14) que agrupa tres unidades aloestratigráficas.

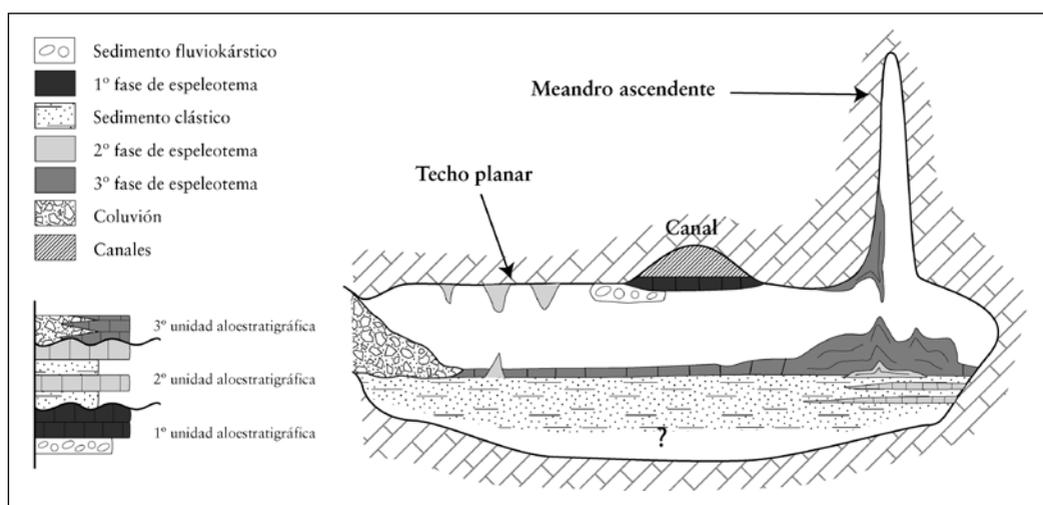


Figura 14. Representación esquemática de la secuencia aloestratigráfica de la cueva Alkerdi 1.

5. PATRIMONIO ARQUEOLÓGICO Y PALEONTOLÓGICO DEL MACIZO DE ALKERDI

Junto con la exploración espeleológica y las labores de levantamiento topográfico se ha llevado a cabo una prospección arqueológica de la superficie de las cavidades del macizo de Alkerdi, con resultados positivos. Por un lado, se ha detectado la presencia de restos paleontológicos –fundamentalmente oso de las cavernas, gran bóvido, lobo, cabra pirenaica y zorro– en la mayoría de las cavidades del macizo –a destacar Zelaieta 3– y por otro lado, se han identificado materiales y evidencias arqueológicas en las cuevas de Zelaieta 1 y de Alkerdi 2.

5.1. Zelaieta 1

La cueva de Zelaieta 1 fue descubierta por N. Casteret en 1930 y descrita como una cavidad cegada por un derrumbe, conteniendo restos cerámicos que el autor atribuyó al Neolítico (Casteret, 1933). Fue objeto de una posterior revisión por parte del marqués de Lorian, recuperando varios fragmentos cerámicos y de fauna (Lorian, 1940), y en 1977 fue reconocida por I. Barandiarán (Barandiarán, 1977, 1979), quien describe la existencia de dos cuevas (Zelaieta 1 y 2); aunque las voladuras y la explotación de la cantera impiden en la actualidad reconocer con seguridad la situación exacta de estas dos cuevas. Finalmente, la empresa Runa realizó una intervención arqueológica en 2014 por encargo del Gobierno de Navarra, que permitió identificar distintas ocupaciones: Paleolítico superior, Edad del Bronce, época romana y época contemporánea (Unanua *et al.*, 2014).

Nuestra intervención en esta cueva se ha limitado a explorar su desarrollo espeleológico, comprobando la existencia de un relleno sedimentario que buza al interior en la zona distal y que sugiere una amplitud mayor del conducto kárstico. Durante dicha labor se recogió en superficie un fragmento de borde cerámico a mano, de cocción reductora, que presenta una decoración a base de cordones con digitaciones. Este nuevo fragmento es coherente con la adscripción genérica del conjunto a la Edad del Bronce (Unanua *et al.*, 2014), si bien merece mencionarse su gran parecido –al igual que los fragmentos de grandes recipientes con aplicación de barro plástico– a las cerámicas recuperadas en San Adrián (Zegama, Gipuzkoa) y que han sido datadas en la primera mitad del II milenio calBC (Cubas y Armendariz, 2016). En este yacimiento, al igual que en Zelaieta 1, también se ha constatado la existencia de actividades de hábitat estacional y de prácticas funerarias, siendo ambas aparentemente sincrónicas (Tapia *et al.*, e. p.).

5.2. Alkerdi 2

La identificación de Alkerdi 2 plantea cierta confusión. Algunos autores denominan así a la entrada impracticable de uno de los divertículos descritos por N. Casteret en Alkerdi 1, que comunicaba con el exterior (Casteret, 1933). Además, I. Barandiarán menciona la presencia de restos humanos y fragmentos cerámicos en Alkerdi 2 (Barandiarán *et al.*, 2010) y los relaciona con los citados por el marqués de Lorian, que parecen proceder de una galería abierta en el techo dentro de la misma Alkerdi 1 (Lorian, 1940).

En nuestro trabajo, hemos partido de la identificación de Alkerdi 2 con la actualmente registrada como tal por el Gobierno de Navarra: una cavidad independiente situada junto al camino de acceso y dotada de un cierre metálico. En nuestra intervención no se ha recogido resto arqueológico alguno y todas las evidencias permanecen en su posición original.

La exploración espeleológica ha revelado que se trata de una cavidad de gran desarrollo y amplitud volumétrica pese a la angostura del acceso actual. Diversos indicios sugieren la posibilidad de que varios de los accesos antiguos al sistema permanezcan colmatados en la actualidad.

En el interior de Alkerdi 2 se han registrado materiales arqueológicos sobre la superficie en dos áreas bien diferenciadas: una primera zona en el cono de derrubios inmediato a la entrada, y una segunda zona en un piso inferior intermedio. Cabe destacar, por su relevancia, el hallazgo por parte de Jesús Tapia de un motivo lineal pintado en negro sobre el techo de una de las salas, el 28 de mayo de 2016 (fig. 15). Inmediatamente después, Arturo Hermoso de Mendoza y Jaime Legarrea, localizan nuevas pinturas. El especialista Diego Garate desarrolla posteriormente una primera prospección, muy breve, localizando nuevos motivos –incluyendo representaciones animales–. Toda la información expuesta es muy preliminar debido a las grandes dimensiones de la cavidad, el escaso margen de tiempo y las propias características y objetivos del proyecto.



Figura 15. Línea curva negra de 52 cm de largo, sobre una repisa de la sala de las pinturas negras. Se trata del primer motivo descubierto por J. Tapia.

En el cono de derrubios del piso superior se han localizado restos de fauna –algunos de ellos quemados–, de carbones dispersos por el sedimento, y un fragmento de lasca cortical, evidenciando la existencia de un yacimiento prehistórico de cronología indeterminada. Sin embargo, no se han localizado restos cerámicos ni antropológicos que remitan a un uso sepulcral de esta cavidad.

En la segunda zona, en el piso intermedio, se han localizado varios restos arqueológicos en superficie. El primer resto identificado es una lámina de sílex con fino retoque plano parcial, depositada sobre un gran bloque de colapso situado en la zona central del piso intermedio. Pero la principal concentración se localiza en una sala subcircular al final del desarrollo. Presenta un suelo de limos finos sobre los cuales se han identificado diversos conjuntos de carbones –uno de ellos con cenizas formando un hogar– y media docena de restos de sílex (incluyendo productos finales y restos de talla). Destaca particularmente la presencia, sobre una cornisa de roca bajo las pinturas negras, de un fragmento de hueso de bóvido y de una lámina de cresta en sílex, así como fragmentos de estalactitas sobre un bloque situado bajo el signo rojo en el techo (fig. 16), que debieron de ser fracturadas para aplicar el pigmento.

En referencia a la posición original de las evidencias arqueológicas registradas, debemos señalar que toda la sala de las pinturas negras se encuentra cubierta de una fina capa de sedimento pulverulento que tapiza la superficie del suelo, la roca y los materiales arqueológicos, lo que sugiere su carácter inalterado desde fechas antiguas. Por otra parte, las características sedimentarias de la sala de los bisontes revelan que se trata de un medio de muy poca energía, de relieve llano y poco compactado, lo que permite descartar frecuentaciones o procesos erosivos que hayan causado desplazamientos de los materiales. Considerando lo anterior, y debido a motivos de conservación para no alterar el estado actual de la cavidad, hemos limitado nuestra visita a las vías ya transitadas por el equipo, debidamente balizadas y señalizadas, sin salirse de las mismas para evitar generar nuevas modificaciones o destruir evidencias arqueológicas poco visibles –posibles huellas, etc.–.

Las evidencias de arte parietal paleolítico se detectan en cuatro sectores. Un primer sector decorado, al fondo de la cavidad, se trata en una galería de sección semi-rectangular de unos 3,5 metros de anchura y una altura actual de 1,3 metros. Tras unos 8 metros de desarrollo la galería se colmata por un tapón de sedimento. El único panel decorado detectado por el momento se sitúa en la pared derecha y presenta un conjunto de grabados. A falta de un estudio detallado, se trata de un bisonte casi completo y orientado a la derecha, un cuadrúpedo indeterminado yuxtapuesto al anterior y orientado en sentido contrario y, por encima de estos, seis líneas curvas en forma de cervicodorsales de animal. Un segundo sector es una gran sala contigua de forma sub-circular con varias banquetas calizas y repisas junto a las paredes. En las paredes y techos se observan: un punto rojo, un signo rojo en forma de parrilla, un signo sub-triangular negro y una línea curva también pintada en negro. Los dos sectores restantes son desarrollos secundarios, fuera del eje de tránsito, y se componen de puntos y manchas en color rojo (fig. 17).

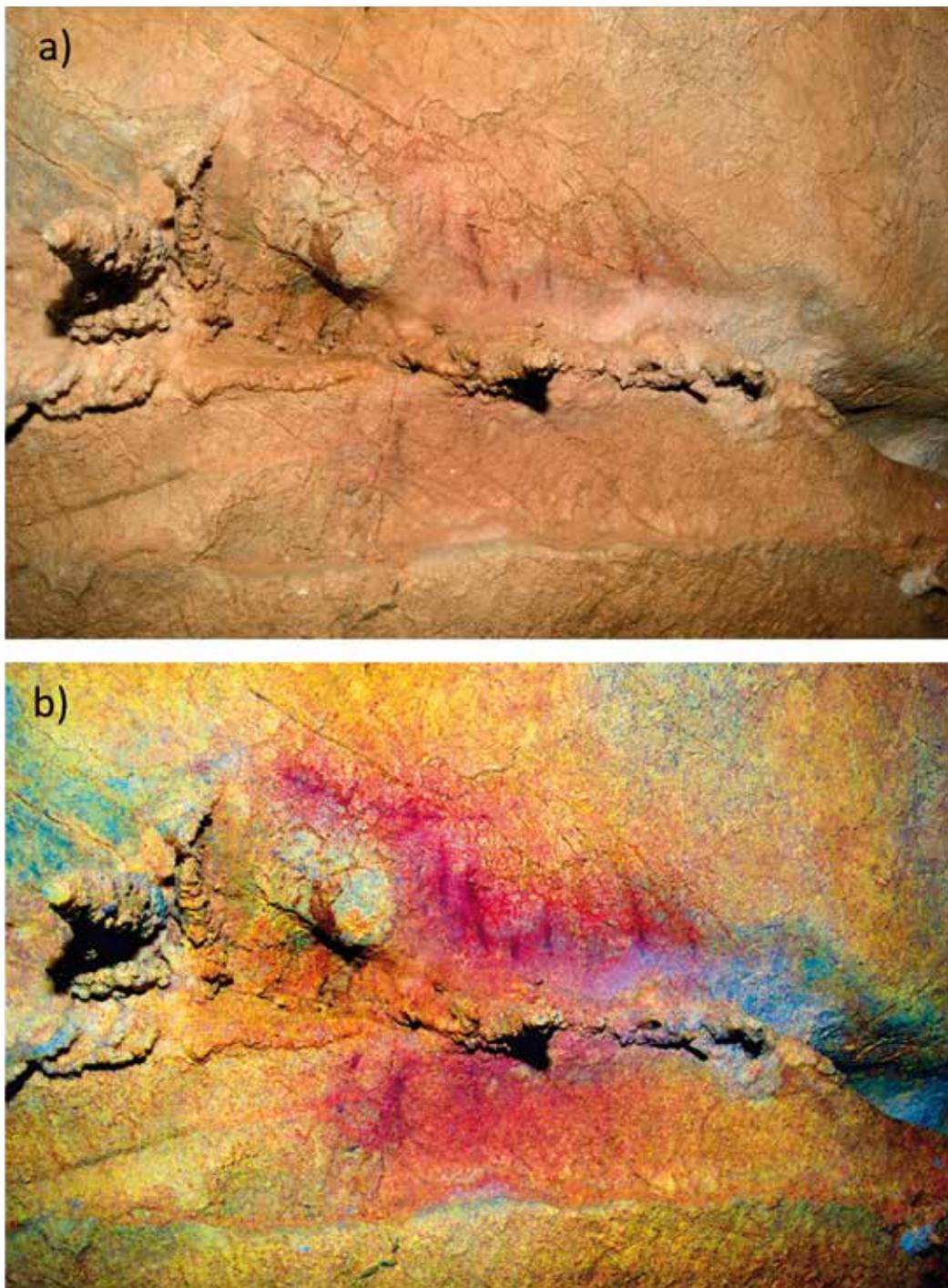


Figura 16. Signo rojo en forma de parrilla de 28 cm de largo, en el centro de la sala de las pinturas negras. Fotografía (a) y tratamiento de imagen D-Strech (b).

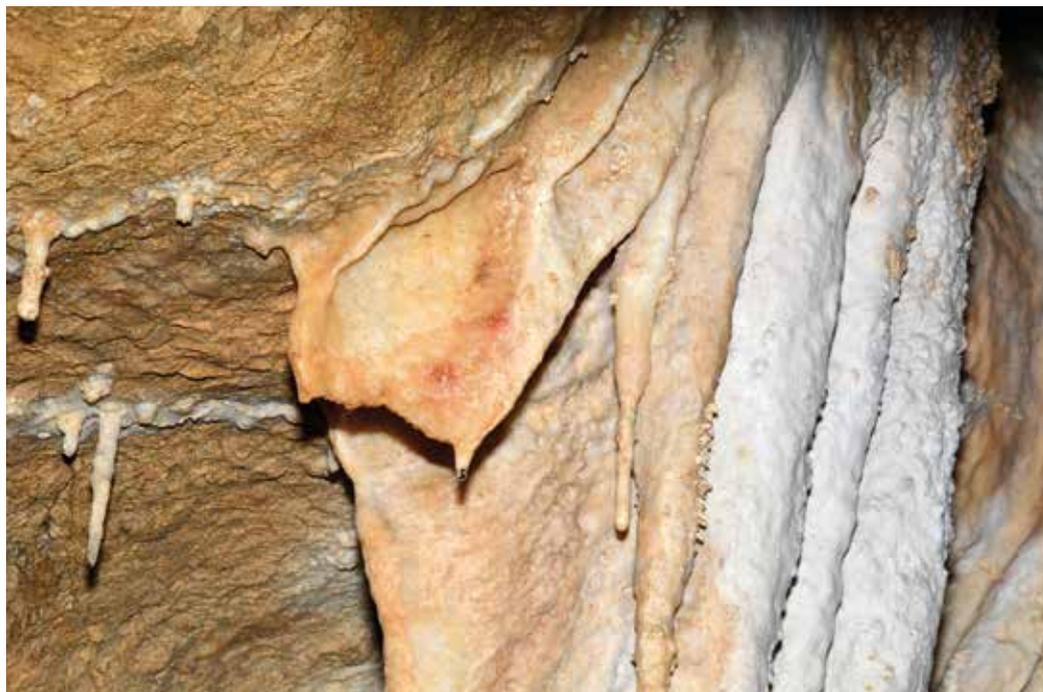


Figura 17. Dos puntos rojos digitales sobre el extremo superior de una columna estalagmítica, en una galería lateral de la cavidad. Fotografía general y detalle.

Por el momento, sin olvidar que las investigaciones arqueológicas se encuentran en una fase muy preliminar, el estilo de las representaciones, y especialmente del bisonte grabado, apunta hacia una cronología Gravetiense (circa 28.000-20.000 años BP) como el momento de su decoración. Dicho periodo está bien representado en las ocupaciones humanas conocidas en la vecina cueva de Alkerdi 1 (Barandiarán *et al.*, 2010). Por lo tanto, se trata de la segunda cueva con arte parietal paleolítico descubierta en Navarra –la primera fue Alkerdi 1 en 1930– y, probablemente, la muestra de arte más antigua de toda la Comunidad Foral. La cueva decorada de Alkerdi 2 supone una importante contribución para el conocimiento de la producción artística en el extremo de los Pirineos occidentales donde los nuevos descubrimientos e investigaciones (Garate *et al.*, 2014) ofrecen una visión novedosa y distinta a la tradicionalmente conocida.

6. CONCLUSIONES

Las unidades litoestratigráficas calcáreas del Cretácico albergan un sistema kárstico de aproximadamente 3 km, articulado en cuatro pisos kársticos. El desarrollo del sistema kárstico en las calizas micríticas está condicionado por la fracturación del sistema rocoso. Se trata de un sistema principalmente alogénético, alimentado por dos zonas y regatas: a) las aguas y sedimentos de las regatas de Urtxume y Arleun penetran al karst a través de las dolinas-sumidero de Zelaieta 10, Zelaieta 11 y Zelaieta 12, y discurren subterráneamente a lo largo del piso inferior; b) las aguas de escorrentía procedentes de

las laderas del monte Argandoita debían infiltrarse al menos en dos puntos, según la bibliografía, hoy desaparecidas o fuertemente modificadas por la actividad de la cantera.

A lo largo de los cuatro pisos kársticos, se describen galerías y cavidades de desarrollo horizontal (freáticas) con varios procesos de relleno sedimentario-vaciado, incluso con evolución de galerías en condiciones paragenéticas, como por ejemplo, en Alkerdi 1 o Berroberria y parte de Alkerdi 2. Alkerdi 2, sin embargo, se caracteriza principalmente por la presencia de galerías/salas tapizadas por grandes bloques de caliza, resultado de derrumbes y colapsos de techo y paredes, ya en condiciones vadosas, y que posteriormente han sido parcialmente selladas/cementadas por espeleotemas de goteo y flujo. Por lo general, las cavidades verticales no son muy abundantes.

La transferencia entre el exokarst y endokarst tiene lugar sobre todo a través de sendas dolinas que coinciden justamente en la proximidad de la ubicación de las pinturas y los grabados parietales. En menor medida, también se produce la transferencia difusa a través del lapiaz.

La zona no activa del sistema kárstico alberga importantes manifestaciones artísticas de arte paleolítico, tanto en forma de grabados como de pinturas (en rojo y negro), así como de yacimientos arqueológicos (desde el paleolítico superior, Edad del Bronce, época romana y época contemporánea). En el interior de Alkerdi 2 se han registrado materiales arqueológicos sobre la superficie en dos áreas bien diferenciadas, piso superior y piso intermedio, así como grabados y pinturas rupestres que apuntan hacia una cronología Gravetiense (circa 28.000-20.000 años BP).

BIBLIOGRAFÍA

- BARANDIARÁN, I., 1974, «Arte paleolítico en Navarra», *Príncipe de Viana*, 134/135, pp. 9-47.
- BARANDIARÁN, I., 1977, «Prospecciones arqueológicas en Sorgiñen-Leze (Zugarramurdi-Navarra)», *Príncipe de Viana*, 148/149, pp. 349-369.
- BARANDIARÁN, I., 1979, «Excavaciones en el Covacho de Berroberría (Urdax). Campaña de 1977», *Trabajos de Arqueología Navarra*, 1, pp. 11-60.
- BARANDIARÁN, I.; CAVA, A. y ELORRIETA, I., 2010, «Alternancia/complementariedad en la ocupación de las cuevas de Alkerdi y Berroberría», *Cuadernos de Arqueología de la Universidad de Navarra*, 18, pp. 9-40.
- CASTERET, N., 1933, « Une nouvelle grotte à gravures dans les Pyrénées. La grotte d'Alquerdi », *XV Congrès International d'Anthropologie et d'Archéologie Préhistoriques. Paris 1931*, París, pp. 384-389.
- CUBAS, M. y ARMENDARIZ, A., 2016, «La cerámica de la Edad del Bronce del yacimiento de San Adrian», en *San Adrian-Lizarrate. Gipuzkoako historiaren igarobidea*, «Aranzadi Bilduma», 2, pp. 57-62.
- FEUILÉE, P., 1967, *Le Cénomanien des Pyrénées basques aux Asturies. Essai d'analyse stratigraphique*. «Mémoires de la Société Géologique de France», 108, 343 p.
- GARATE MAIDAGAN, D. y RIVERO VILÁ, O., 2015, «La “Galería de los Bisontes”: un nuevo sector decorado en la cueva de Alkerdi (Urdazubi/Urdax, Navarra)», *Zephyrus* LXXV, pp. 17-39.
- GARATE, D.; RIVERO, O.; RUIZ-REDONDO, A.; RIOS-GARAIZAR, J., 2014, «At the crossroads: A new approach to the Upper Paleolithic art in the Western Pyrenees», *Quaternary International*, 364, pp. 283-293.
- GOBIERNO DE NAVARRA, 2002, «Cartografía geológica de Navarra a escala 1:25.000. Hoja 66-I: Urdax/Urdazubi», Pamplona, Departamento de Obras Públicas, Transportes y Comunicaciones.
- GONZÁLEZ DE VALLEJO, L. I. (coord.), 2002, «*Ingeniería geológica*», Prentice Hall, Madrid, 744 p.
- INSTITUTO GEOLÓGICO Y MINERO DE ESPAÑA (IGME), 1974, «Mapa geológico de España E. 1:50.000. Hoja de Maya del Baztán 66 26-5», Madrid, Servicio de Publicaciones del Ministerio de Industria.
- INTERNATIONAL SOCIETY ON ROCK MECHANICS (ISRM), 1978, «Suggested methods for the quantitative description of discontinuities in rock masses», *Int. J. Rock Mech. & Min. Sci.*, vol. 15.
- IPV = Institución Príncipe de Viana, 1976, *20 años de espeleología en Navarra. Trabajos del Grupo de Espeleología de la Institución Príncipe de Viana, 1953-1974*, Ed. Aranzadi, pp. 243-246.
- IPV = Institución Príncipe de Viana, 1980, *Catálogo espeleológico de Navarra (CEN). Trabajos del Grupo de Espeleología de la Institución Príncipe de Viana. 1953-1979*, IPV, pp. 374-375.
- IRIARTE, E., SÁNCHEZ, M. A., FOYO, A. y TOMILLO, C., 2010, «Geological risk assessment for cultural heritage conservation in karstic caves», *Journal of Cultural Heritage*, 11, 250-258.

- LAMARE, P., 1936, *Rècherches géologiques dans les Pyrénées basques d'Espagne*. «Mémoires de la Société Géologique de France», 27, 462 p.
- LORIANA, M. de, 1940, «Excavaciones arqueológicas realizadas en la gruta y covacho de Berroberría, término de Urdax (Navarra)», *Atlantis. Actas y Memorias de la Sociedad Española de Antropología, Etnografía y Prehistoria*, 15, pp. 91-102.
- PRAVE, A., 1992, *An interpretation of Upper Cretaceous sedimentation and tectonics and the nature of Pyrenean deformation in the northwestern basque Pyrenees*, tesis doctoral, The Pennsylvania State University (1986), Ed. University Microfilms International Dissertation Services, 190 p.
- RAZIN, P., 1989, «Évolution tecto-sédimentaire alpine des Pyrénées Basques a l'ouest de la transformante de Pamplona (Province du Labourd)», tesis doctoral, Université de Bordeaux III, 464 p.
- SANTESTEBAN, I., 2006, *Memorias de un espeleólogo. 50 años de exploraciones en Navarra*, Ed. Sahats, 438-441.
- SANTESTEBAN, I.; ACAZ, C., 1992, *Catálogo Espeleológico de Navarra (CEN)*. Gobierno de Navarra.
- TAPIA, J. *et al.*, (e. p.), «San Adrian: un nuevo yacimiento de la Edad del Bronce en el norte de la península ibérica», *Munibe (Antropología-Arkeologia)*.
- UNANUA GONZÁLEZ, R.; ERCE DOMÍNGUEZ, A.; LABORDA MARTÍNEZ, A., 2014, «Intervención arqueológica en la cueva de Zelaieta I (Urdax/Urdazubi, Navarra)», *Trabajos de Arqueología Navarra*, 26, pp. 205-248.

RESUMEN

Estudio interdisciplinar del macizo kárstico de Alkerdi: rasgos geológicos, evolución kárstica y contenido arqueopaleontológico

El estudio interdisciplinar realizado en el Macizo de Alkerdi (Urdazubi, Nafarroa), ha puesto de manifiesto la existencia de un complejo sistema kárstico desarrollado en dos unidades litoestratigráficas calcáreas de edad cretácica con aproximadamente 3 km de desarrollo y estructurado en cuatro pisos kársticos de dirección SW-NE. Los tres pisos superiores, más antiguos, están en condiciones vadosas y presentan rasgos de un karst evolucionado, con evidencias de fracturación y colapso de techos y paredes, más o menos tapizados por espeleotemas o fases de relleno/vaciado sedimentario. Las labores arqueológicas realizadas en estos pisos elevados han ofrecido unos resultados positivos. Cabe destacar el hallazgo de arte parietal paleolítico en la cueva de Alkerdi 2, incluyendo motivos geométricos pintados en rojo y negro y animales grabados. A ello se une la localización en posición primaria de material arqueológico (industria lítica, fauna, carbonos) en el suelo de las áreas decoradas.

Palabras clave: calizas cretácicas; karst multinivel; recarga alogénica; arte parietal; Gravetiense.

LABURPENA

Alkerdiko mendigune karstikoaren diziplina arteko azterlanak: ezaugarri geologikoak, bilakaera karstikoa eta eduki arkeopaleontologikoa

Alkerdiko mendigune karstikoan (Urdazubi, Nafarroa) egin den diziplina arteko azterlanak argitaratu ekarri du sistema karstiko konplexu bat dagoela Kretazeo aroko bi unitate litoestratigrafiko karetsutan garatua, 3 km-ko garapeneko gutxi gorabehera eta lau solairu karstikoetan egituratua, HM-IE norabidean. Goiko hiru solairuak, zaharrenak, egoera ibitsuan daude eta karst eboluzionatu baten ezaugarriak dituzte, nabarmena izanik sabai eta hormen haustura eta gainbehera; espeleotemak estalirik daude gutxi-asko edo jalkinen betetze/huste faseak agertzen dituzte. Solairu horietan eginiko lan arkeologikoen oso emaitza onak ekarri dituzte. Paleolitoko horma-arteak aurkitu da Alkerdi 2 leizean, gorris eta beltzez margotutako irudi geometrikoak eta irarritako animaliak barne. Horrekin batera, oinarritzko tokian aurkitutako material arkeologikoa ere agertu da (harri industria, fauna, ikatzak) apaindutako guneen zorian.

Gako hitzak: kareharri kretazikoa; maila anitzeko karsta; erreforma alogenikoa; horma-arteak; Gravettiarra.

ABSTRACT

Interdisciplinary study of Alkerdi karstic massif: geological features, karstic evolution and archaeopalaeontology

The interdisciplinary study performed in the Alkerdi karstic massif (Urdazubi, Nafarroa), has demonstrated the existence of a complex karst system developed in two Cretaceous calcareous units, with up to three kms of development and structured in four levels of SW-NE direction. The upper, and older, three levels are in vadose conditions and present features of an evolved karst, with evidences of fractured and collapsed roof and walls, which at times show moderate speleothem growth or marks of sedimentary infilling and erosive phases. The archaeological studies in the uppermost karstic levels have resulted in new discoveries. The most remarkable would be the Paleolithic parietal art forms in Alkerdi 2 cave, including red and black geometric motifs, and animal engravings. The archaeological site also includes in situ archaeological deposits (lithic industry, bones, charcoal) on the floor of the decorated cavities.

Keywords: Cretaceous limestone; multi-level karst; allogenic recharge; parietal art; Gravettian.