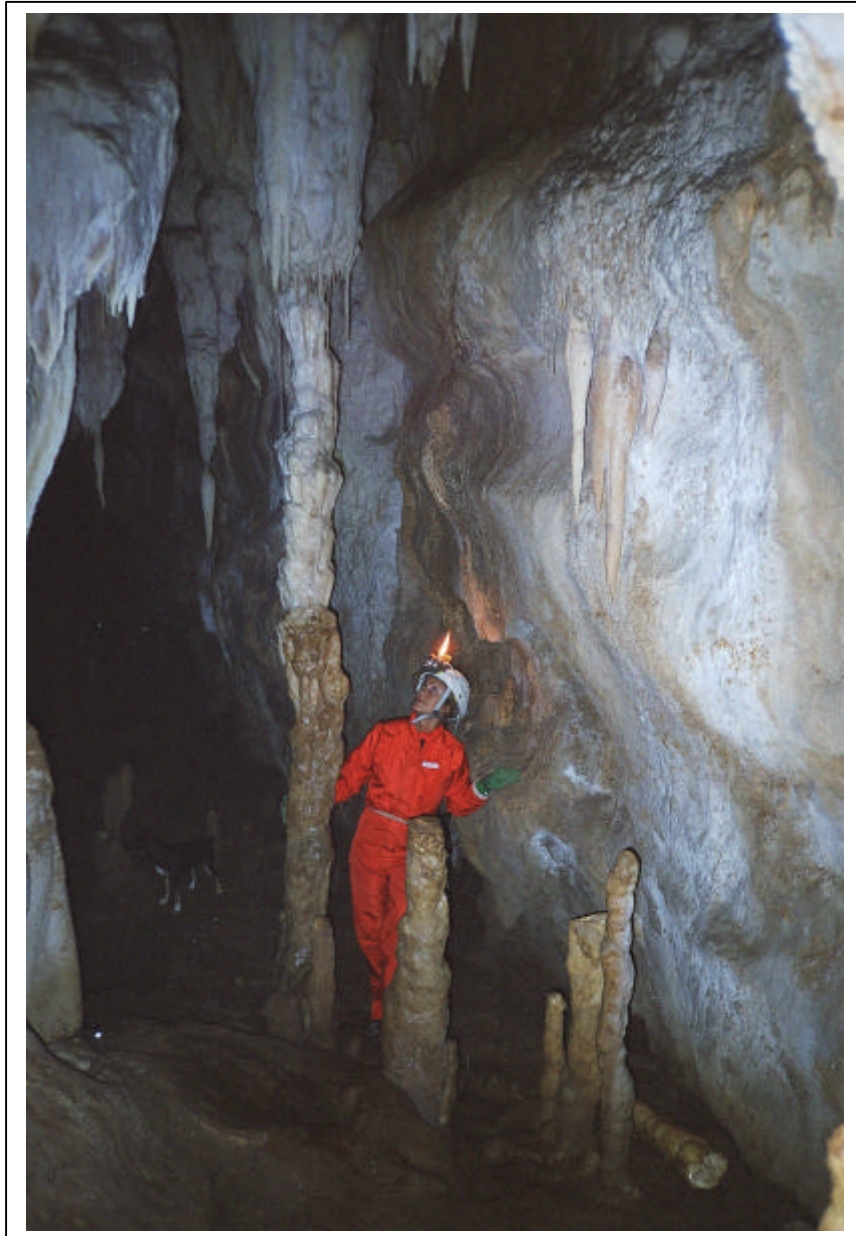


Espeleología física del bloque kárstico de Zelaieta (macizo de Izarraitz, País Vasco).

Physical Speleology of Zelaieta karstic block (Izarraitz massif, Basque Country).



Carlos GALAN; José Ignacio DEL CURA; Jon LAZKANO & Marian NIETO.
Sociedad de Ciencias Aranzadi.
Noviembre de 2004.

Espeleología física del bloque kárstico de Zelaieta (macizo de Izarraitz, País Vasco).

Physical Speleology of Zelaieta karstic block (Izarraitz massif, Basque Country).

**Carlos GALAN; José Ignacio DEL CURA;
Jon LAZKANO & Marian NIETO.**
Sociedad de Ciencias Aranzadi.
E-mail: cegalham@yahoo.es
Noviembre de 2004.

RESUMEN.

El karst de Zelaieta ha experimentado una intensa karstificación. Posee 12 cavidades que forman una intrincada red, con más de 2 km de galerías verticales y horizontales que taladran 100 m de desnivel de roca caliza. La mayor parte de la red se ha formado en régimen freático de tipo paragenético. En su génesis ha intervenido la infiltración vertical y el ingreso de aguas fluviales. La red posee galerías fósiles y activas, con formas y sedimentos datantes de distintas épocas, que ilustran la interacción entre la karstificación y la erosión de superficie. Se expone y comenta esta evolución conjunta. El pequeño karst de Zelaieta alberga, entre otras, la cueva de Urtiaga, la cual posee uno de los más renombrados yacimientos de la Prehistoria del País Vasco.

Palabras clave: Espeleología física, hidrogeología, karst, cuevas.

ABSTRACT.

The Zelaieta karst has experienced an intense karstification. It contains an intricate net of 12 caves, with more than 2 km of vertical and horizontal galleries drilling limestone rocks 100 m depth. Most of the network has been originated in phreatic conditions of paragenetic type. Hydrological and geomorphological data show polyphasic karst evolution, in which fluvial waters capture have played an important part. The net contains active and fossilized galleries with shapes and sediments of different ages. The karst evolution is described and we present a comprehensive hypothesis about the origin of the caves. Urtiaga cave, between other caves of this little karst, shelters a renowned prehistoric bed of the Basque Country.

Key words: Physical speleology, hydrogeology, karst, caves.

INTRODUCCION.

El bloque kárstico de Zelaieta forma una pequeña y aislada colina, de 217 m de altitud, situada en el extremo N de la cresta del monte Andutz (macizo de Izarraitz), cerca de la localidad de Itziar (Gipuzkoa).

Hasta 2002 sólo eran conocidas dos cavidades, importantes por poseer yacimientos con restos humanos de época prehistórica: la pequeña cueva de Larrabiel, de 26 m, y la cueva de Urtiaga 1, de 114 m. Debajo de la última existe otra cueva, Urtiaga 2, sólo parcialmente explorada (galería de acceso, de 50 m) y en la cual una cata aportó restos paleontológicos.

Entre 2002 y 2004 exploramos un total de 17 bocas pertenecientes a 12 cavidades. La red de galerías perfora y atraviesa toda la colina, formando un único sistema. En él, la separación entre cavidades obedece a la existencia de cortos sifones (en la red hidrológicamente activa) o bien a estrechamientos y rellenos estalagmíticos y detríticos que colmatan antiguos conductos (en la red fósil).

El trabajo comenzó en 2002 con el descubrimiento de Zelaieta 1 (Z1), cueva-sima situada en la parte NW del bloque. La cavidad, ramificada, descendía a través de varias simas hasta varias zonas inundadas a -40 m de profundidad. La gran cantidad de conductos (470 m) a varios niveles indicaba que el afloramiento calcáreo estaba fuertemente karstificado. El lapiaz en superficie sugería lo mismo. Progresivas prospecciones permitieron descubrir 6

bocas en el sector de Zelaieta, varias de ellas simas situadas a ambos lados de la autopista Donostia - Bilbao y por cuyas bocas se sumía el drenaje de aguas pluviales de los arcones o cunetas de ese tramo de la carretera. Dos de las simas descendían hasta amplias salas con lagos a -22 y -28 m de desnivel. Otras dos profundizaban más y enlazaban en dos partes distintas con la red inferior de Zelaieta 1. Destas conexiones y diversas escaladas sobre el lago terminal de Z1 y otras galerías aumentaron el desarrollo de Z1 a más de 900 m (62 m de desnivel). Varios indicios sugerían que el sistema drenaba hacia el E y SE incluyendo el sector de Urtiaga. Al respecto, el hecho más concluyente fue constatar que la surgencia de Azti (previamente supuesta como la principal salida de agua del bloque) era sólo una fuente de bajo caudal situada a una cota más alta que el nivel piezométrico de Z1.

Descartada la hipótesis de Azti la prospección se extendió a toda la colina (de 400 m de diámetro), donde se localizaron y exploraron 7 cavidades más (incluyendo la re-exploración de Urtiaga 1 y Larrabiel). Algunas de ellas resultaron extensas o de trazado complejo. Fue encontrado el colector principal, el cual forma un río subterráneo que puede recorrerse en casi toda su extensión a través del karst. Este se origina en la sima-sumidero de Urtiaga, circula por el nivel inferior de Urtiaga 2 y emerge a través de la cueva-surgencia de Urtiaga, colectando todas las aguas del bloque, con salida en el punto más bajo del contacto del afloramiento calizo con terrenos impermeables. Entre estas cavidades destacan por sus dimensiones la surgencia de Urtiaga, de 352 m, y la cueva-sima de Urtiaga 2, de 502 m.

Para entender la disposición espacial de los distintos niveles de galerías y la entera geometría del bloque, fue efectuada una topografía de superficie de gran precisión, la cual enlaza todas las bocas conocidas. Ello ha permitido correlacionar los datos hidro y geológicos obtenidos en distintos puntos del endokarst, y su estudio nos permite ofrecer un detallado cuadro descriptivo de este karst y su dinamismo a lo largo del tiempo.

RESULTADOS.

CONTEXTO HIDROGEOLOGICO.

La colina de Zelaieta, en cuya cima se encuentra la ermita de Salvatore, es una masa caliza arrecifal del complejo Urgoniano, de edad Aptiense-Albiense, Cretácico temprano (RAT, 1959). Forma un espolón prominente, destacado de otra gran masa calcárea de mayor desarrollo, que conforma la cresta del monte Andutz. Las calizas son de color gris claro, casi blancas, estructura cristalina sacaroidea, en forma de lente masiva, sin estratificación discernible (GOMEZ DE LLARENA, 1960). En el monte Andutz, en cambio, las calizas forman un pliegue monoclinial de azimut N-S, con buzamientos fuertes (50-80°) hacia el E, disposición ésta que resulta anómala con respecto al resto de las estructuras regionales (HERNANZ, 1975). El flanco W está limitado por una importante falla N-S que hace que afloren en su parte S las margas y esquistos basales, mientras que las fracturas que limitan el flanco E son normales y provocan que los materiales detríticos supraurgonianos recorten progresivamente a las calizas arrecifales (GALAN, 1992). Un sistema menor de fracturas oblicuas E-W fragmenta transversalmente la cresta de Andutz. En torno al bloque de Zelaieta las calizas están contorneadas en casi la totalidad de su perímetro por una sucesión flyschoides de margas y limolitas margo-arenosas del complejo Supraurgoniano. Estos materiales se comportan como rocas impermeables e imponen las condiciones de borde en el macizo. El bloque de Zelaieta queda de este modo aislado como un afloramiento independiente.

Geográficamente, el relieve conforma un suave valle SW-NE, que desciende desde las cercanías de Itziar (entre los flancos de las lomas de Itziar y Andutz) hasta encontrar las calizas de la colina de Zelaieta, donde las aguas se sumen a través de la sima-sumidero de Urtiaga, en la base del flanco S de la colina. Este valle es en consecuencia un valle ciego o amplia depresión cerrada, y es drenado subterráneamente por el karst de Zelaieta. La cuenca epigea sobre terrenos impermeables es relativamente extensa, de cerca de 0,56 km² (1,4 km de largo x 0,4 km de ancho promedio). El afloramiento de Zelaieta, de forma ovoide, cubre una superficie calcárea menor, de 0,11 km² (0,4 km de largo en sentido E-W x 0,35 km de ancho en sentido N-S). Así, la mayor parte de las aguas que ingresan al karst proceden de un curso fluvial instalado sobre terrenos impermeables. La infiltración directa de las precipitaciones sobre las calizas representa 1/6 del total.

Al N-NE de la colina el relieve es entallado por el abrupto valle de Mendatako erreka, el cual desagua directamente al Mar Cantábrico (distante apenas 2 km), entre Zumaia y Deba. La cabecera del valle está encajada profundamente (es casi un cañón) en la zona de contacto entre la caliza y margas y limolitas del frente cabalgante que en este sector limita el anticlinorio N del Arco Plegado Vasco (GALAN, 1988). La cabecera propiamente dicha y origen del arroyo de Mendata es precisamente la cueva-surgencia de Urtiaga, cuya boca se abre en la base de un talud vertical, en la parte más alta del barranco, para formar casi de inmediato una cascada de 20 m de desnivel.

La distancia entre el sumidero y la surgencia es de apenas 250 m y algo desplazado de la trayectoria del colector subterráneo se encuentra un collado bajo (140 m de altitud), con depresiones kársticas menores, que separa la colina

de Zelaieta del resto de la cresta de Andutz.

Como luego veremos, el elevado número de conductos incluidos en este pequeño karst es producto en parte de un factor que desde ahora se revela como evidente: la existencia de dos modalidades de infiltración (infiltración dispersa de las precipitaciones sobre la superficie caliza e infiltración concentrada de aguas fluviales a través de sumideros). En forma semejante a la descrita para el karst de Ekain (macizo de Izarraitz) (GALAN, 2003), la evolución del karst ha implicado procesos progresivos de hundimiento del drenaje y retroceso de las vertientes, con interacciones entre la erosión superficial y subterránea, en forma compleja. La descripción del karst permitirá entender lo esencial de esta evolución y reconstruir algunos de sus episodios.

DESCRIPCION DE CAVIDADES.

Zelaieta 1. Desarrollo: 905 m. Desnivel: 62 m (+22; -40).

La cavidad comprende tres cuevas, interconectadas en exploraciones sucesivas. La boca de acceso o entrada original, Z1, donde situamos la cota 0, es una dolina embudiforme que desciende en acentuada rampa hasta un salón (cota -14). Aquí la cavidad se bifurca. La rama izquierda conduce a una sima escalonada, de 24 m de desnivel, que finaliza en diaclasas inundadas en la cota -38. La rama principal se inicia con una escalada de +4 m, que permite alcanzar una galería fósil horizontal de un centenar de metros de largo, la cual finaliza en la cota -13 colmatada por sedimentos. En su parte media presenta varios laterales. Una galería ascendente, con escaladas de +9, +8 y +10 m, conduce a unos salones superiores, muy decorados con espeleotemas, que se cierran en la cota +22, punto más alto de toda la cavidad. Otros dos laterales descendentes (uno de ellos se ramifica) llevan a través de simas (de 13 a 10 m) a una amplia galería inferior (cota -29). Esta puede seguirse en ambas direcciones hasta finalizar en pequeñas galerías ascendentes. Casi bajo la vertical de acceso (V13) se abre una estrecha galería, descendente, que conduce a un amplio nivel inferior donde ingresa un curso de agua para formar un lago (cota -38 en la superficie del lago, cota -40 en el sifón terminal, punto más bajo de toda la cavidad).

Tras cruzar a nado el lago se alcanza una espaciosa sala por la cual también ingresa agua. Una escalada artificial de +15 m permite alcanzar una galería ascendente que remonta hasta la cota -9.

La cueva Zelaieta 3, Z3, localizada en el borde de la autopista, comienza en sima de 11 m. En su base hay una galería horizontal, con tres simas (V7) que comunican con una galería inferior. Por varios puntos ingresa agua a esta galería, la cual desciende para enlazar finalmente con Z1 en la parte media de la vertical de 24 m (cota -26).

La cueva Zelaieta 5, Z5, se localiza igualmente al lado de la autopista. Tras un recorrido inicial horizontal, con varios pasos estrechos, desciende en acentuada pendiente para enlazar con Z1 en la galería inferior (descenso en oposición en el tramo final), en la parte media ascendente de su tramo más largo.

Existe además toda una serie de pequeños laterales cuya descripción omitimos para simplificar. Los distintos aportes o pequeños cursos de agua, de caudal muy variable según la meteorología, convergen en el lago sifonante terminal de la cota -40. El nivel de este lago es también fluctuante, existiendo huellas de niveles de crecida hasta 4 m por encima del nivel de base.

Es de interés destacar que la cavidad posee muy diversos rellenos quimiolitogénicos y detríticos. En la cota -9 de la sala de entrada y a lo largo de la galería principal, que se extiende subhorizontalmente hasta la cota -13, existen pequeños testigos de terrazas sedimentarias similares a los encontrados en Urtiaga 2, con diversos ejemplos de pequeños lenares inversos en la bóveda. De hecho, esta galería se dirige directamente hacia el inicio de la galería final superior de Urtiaga 2, estando ambas prácticamente al mismo nivel. Sólo una distancia de 25 m, colmatada por sedimentos, separa ambas cuevas.

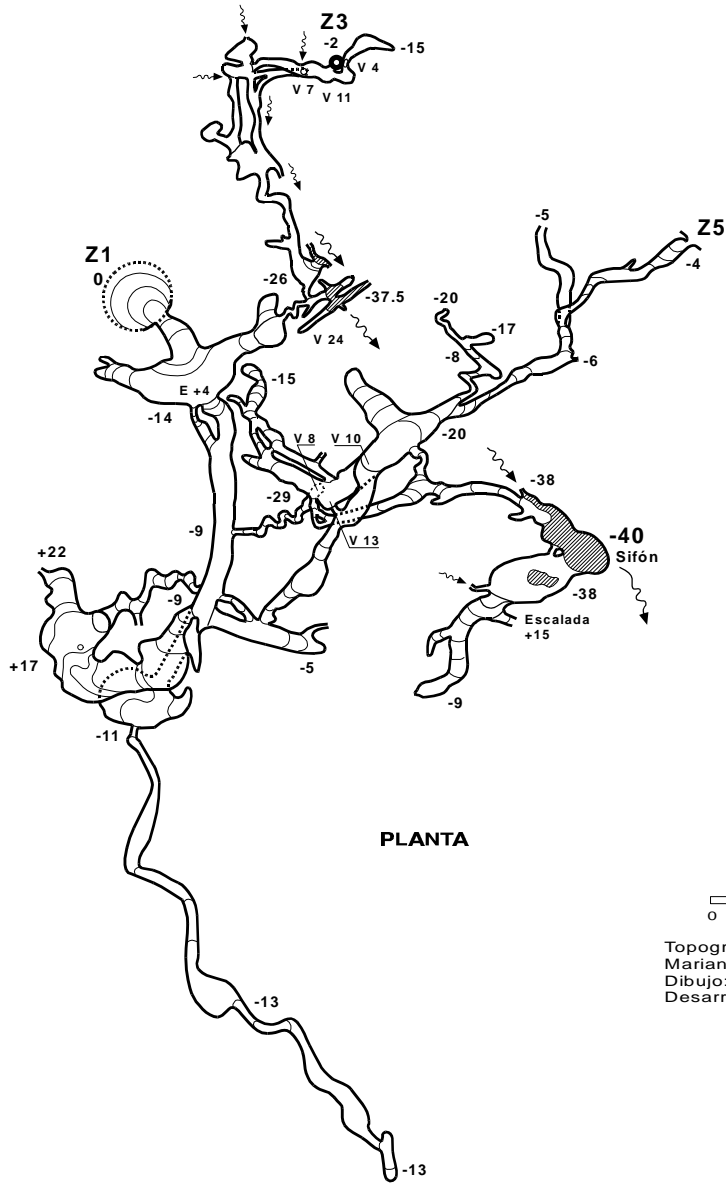
La exploración total de la cavidad demandó numerosos esfuerzos, dada la gran cantidad de verticales, pasos estrechos, pasos con agua, escaladas en libre y en artificial. En la red, pese a que su desnivel no supera los 62 m, se escalaron o descendieron más de 160 m de tramos verticales.

Zelaieta 2. Desarrollo: 5 m. Desnivel: 2 m.

Es una cuevita descendente, de escasos 5 m, situada al lado de la boca de acceso a Z1.

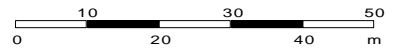
Zelaieta 4. Desarrollo: 39 m. Desnivel: 28 m.

Se encuentra a 10 m de la entrada de Z5, en el borde de la autopista. Su boca es una sima de 2,5 m de diámetro y -4 m de desnivel que prosigue en galería descendente de fuerte inclinación, con pequeños bloques sueltos y residuos de asfalto de la carretera. Tras un resalto de 2m la galería se torna estrecha y alta, con grandes bloques acuñados a diversas alturas. La galería desemboca en una amplia sala, colmatada de sedimentos, con charcas que llegan a formar un lago en aguas altas. El punto más bajo es la cota -28.

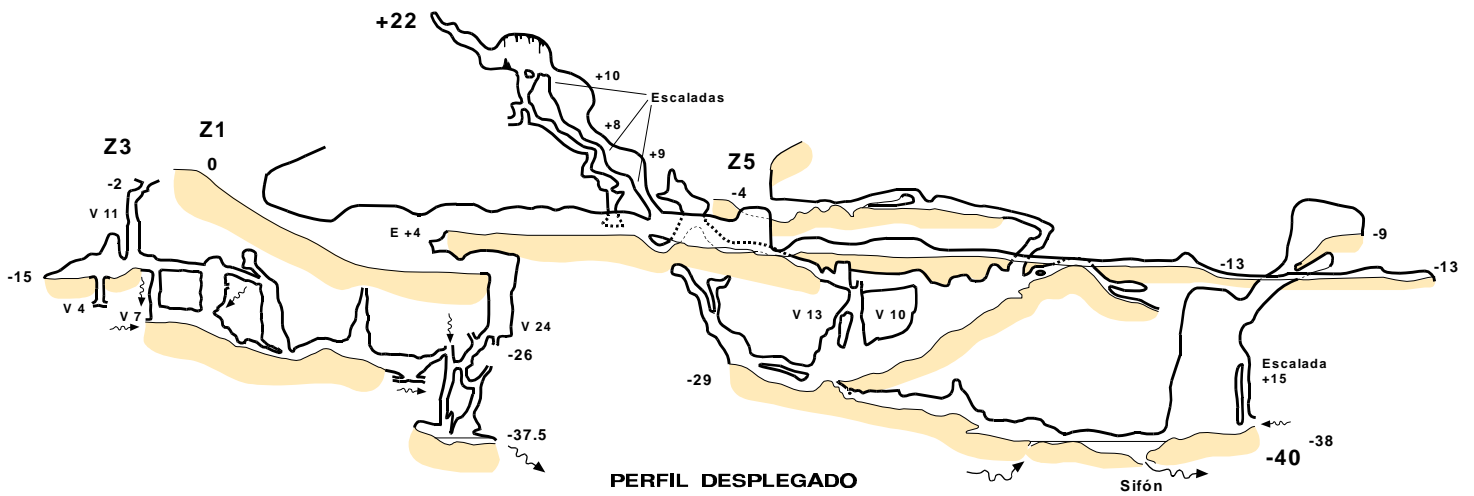


PLANTA

Zelaieta 1

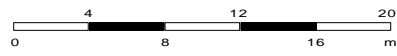


Topografía: C.Galán, J.I. Del Cura, Jon Laskibar, Marian Nieto & Eric Leroy. 2002-2003.
 Dibujo: C.Galán. SCAranzadi. Febrero 2004.
 Desarrollo: 905 m. Desnivel: 62 m (+22 m; -40 m).

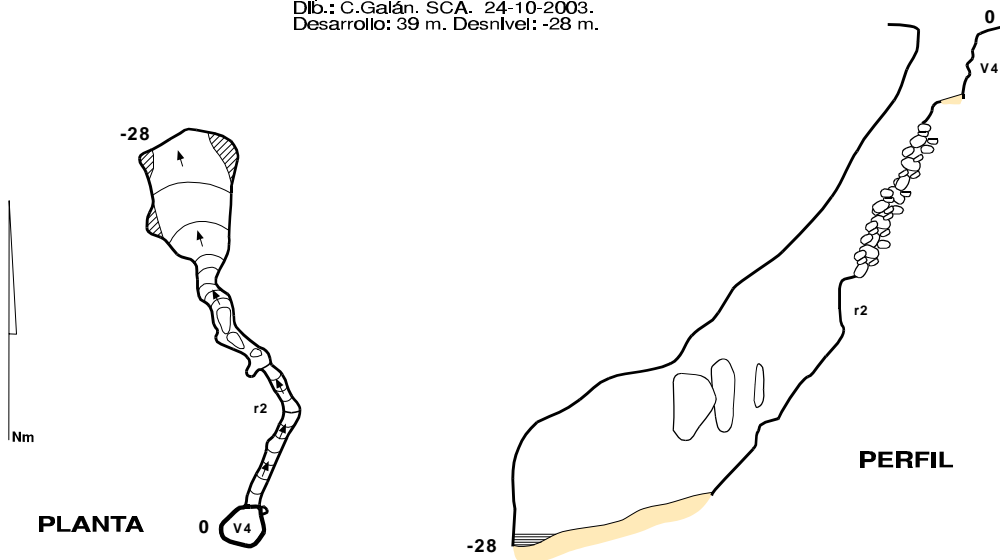


PERFIL DESPLEGADO

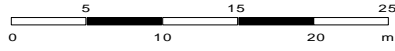
Zelaieta 4



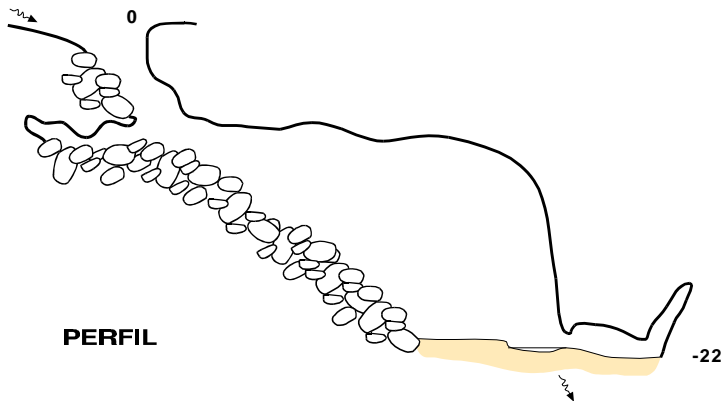
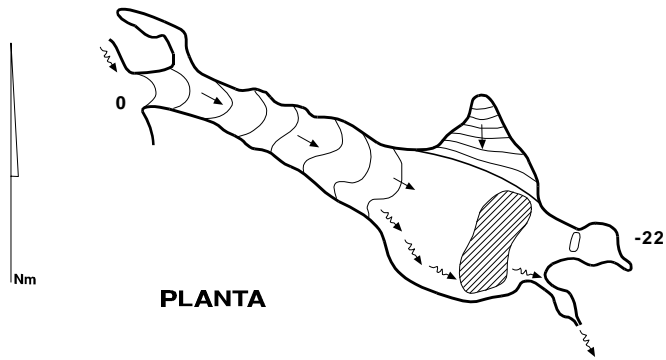
Top.: J.I. del Cura & Javier García. 26-11-2002.
Dib.: C.Galán. SCA. 24-10-2003.
Desarrollo: 39 m. Desnivel: -28 m.



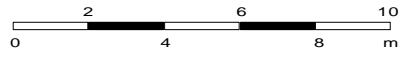
Zelaieta 6



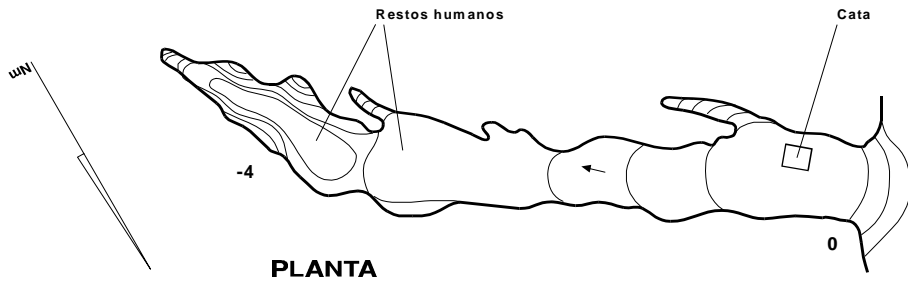
Top.: J.I. del Cura, J.Laskibar & D.Peña.
Dib.: C.Galán. SCA. Noviembre 2003.
Desarrollo: 48 m. Desnivel: -22 m.



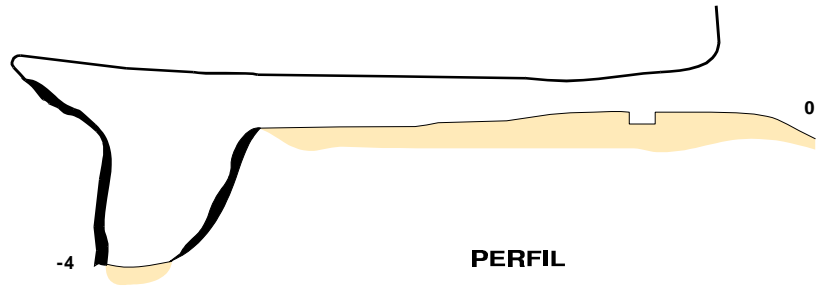
Larrabiel



Topografía: C.Galán & M.Nieto. 2003.
Dib.: C.Galán. SCA. Noviembre 2003.
Desarrollo: 26 m. Desnivel: -4 m.



PLANTA

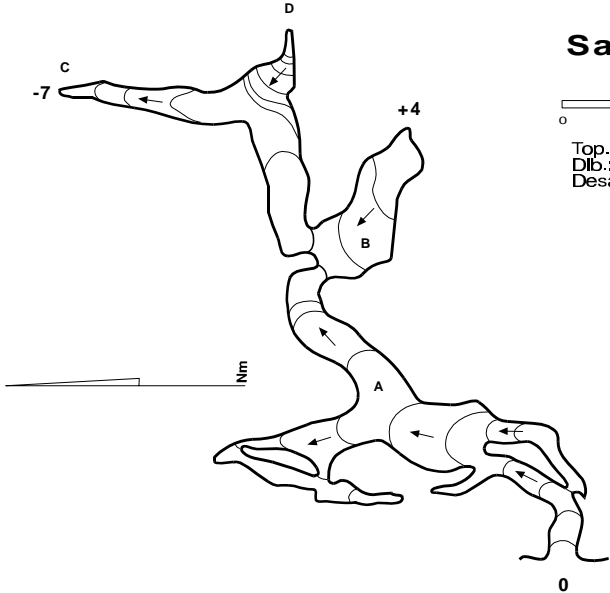


PERFIL

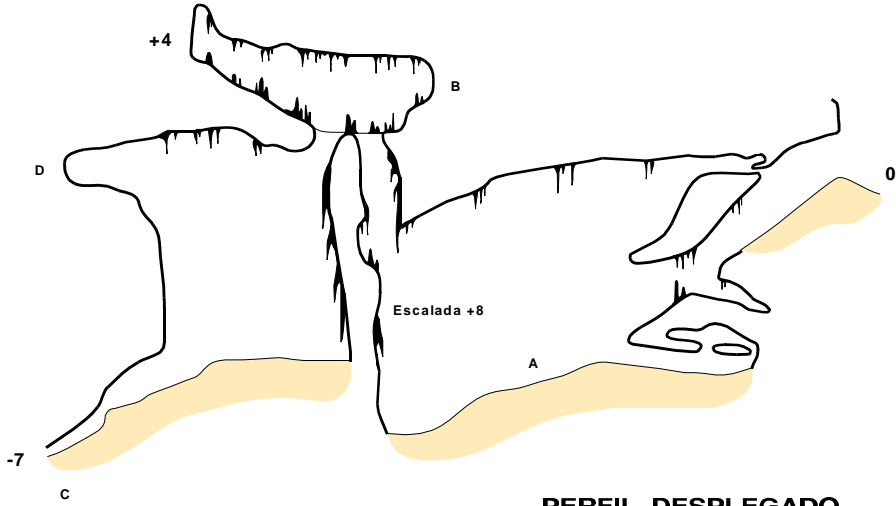
Salbatore´ko koba



Top.: J.I. del Cura, J.Laskibar & J.García.
Dib.: C.Galán. SCA. Noviembre 2003.
Desarrollo: 64 m. Desnivel: -11 m.



PLANTA



PERFIL DESPLEGADO

Zelaieta 6. Desarrollo: 48 m. Desnivel: 22 m.

Se localiza en el lado N de la autopista, frente a Z4. La boca de entrada tiene 2 m de ancho x 4 m de altura y se puede destrepar fácilmente. Sigue en rampa descendente con grandes bloques y se amplía formando una espaciosa sala (10 m de ancho x 15 m de alto). El fondo de la misma es de barro muy fino (limo) y colmata la continuación. El día de la exploración había una charca en la parte baja, pero posee huellas de inundación de 1,5 m de altura de agua. En la pared N de la sala hay una galería ascendente de gran inclinación cegada por estalagmitas. Posee también un pequeño lateral, al lado de la entrada, y una galería-fisura muy estrecha en el fondo, la cual constituye el sumidero final del agua que ingresa a la cueva. Como las otras bocas situadas en el margen de la autopista, llega a capturar bastante agua en caso de lluvia.

Larrabiel. Desarrollo: 26 m. Desnivel: 4 m.

Se localiza en la parte alta del flanco N de la colina. Es una cavidad fósil, con boca de 2 m de diámetro, que prosigue en galería rectilínea con un hundimiento en su parte final, de -4 m, tapizado de espeleotemas. Posee un yacimiento con restos óseos humanos de época prehistórica (ALTUNA et al., 1995).

Salbatore 'ko koba. Desarrollo: 64 m. Desnivel: 11 m (+4; -7).

Se localiza en la parte media del flanco W de la colina. Su boca, en ojo de cerradura, es estrecha y prosigue a través de una pequeña galería hasta una sala, donde existen varios laterales. Un relleno estalagmítico obstruye la continuación. Remontando en escalada +8 m se accede a una sala muy decorada que asciende hasta la cota +4. Descendiendo en escalada 6 m la galería continúa otros 9 m (cota -7). Otra escalada permite acceder a un lateral colgado que se cierra en estrechamiento impracticable.

Azti. Desarrollo: 0 m. Desnivel: 0 m.

Se trata de una pequeña surgencia, impracticable, localizada en una vaguada en el extremo N del área de estudio. El agua mana entre tierra y coluvión de ladera, pero no en roca compacta. Como la ladera tiene un espeso relleno edáfico, oculta la zona de contacto con la terminación del macizo calizo. Su bajo caudal (aprox. 1 l/s) y su cota altimétrica hacen descartar a este manantial como salida de agua del bloque. Seguramente drena el relleno edáfico de la vaguada o a lo sumo un pequeño sector periférico. Comparativamente, para las mismas fechas de visita, el caudal de salida en la surgencia de Urteaga era del orden de 50-100 l/s.

Urtiaga 1. Desarrollo: 114 m. Desnivel: 13 m (+7; -6).

Cavidad fósil localizada en el tercio basal del flanco S de la colina. Consta de una amplia boca que da paso a una galería descendente, cuyo desnivel actual (-6 m) es producto de la excavación del relleno del suelo, donde se encontró el yacimiento arqueológico. Una abrupta subida conduce a una galería horizontal, perpendicular a la anterior, que finaliza en dos pequeñas galerías descendentes. Posee también un estrecho lateral, que discurre en paralelo a la galería de entrada, y varias claraboyas con bocas al exterior. La más alta de estas últimas es la cota +7. Posee espeleotemas y coladas parietales. El sedimento del suelo de las galerías es fundamentalmente arcilla de descalcificación o terra rosa. La cavidad está situada topográficamente sobre Urteaga 2. Posee un importante yacimiento con restos antropológicos del Paleolítico Superior ("cráneos de Urteaga", transicionales entre el Hombre del Cromagnon y el tipo vasco actual) (BARANDIARAN, 1960; ALTUNA et al., 1995).

Urtiaga 2. Desarrollo: 502 m. Desnivel: 35 m (+3; -32).

Cavidad ramificada localizada un poco más abajo que Urtiaga 1, con la boca de acceso sobre el flanco SE. La boca de acceso, cota 0, es una gatera de escaso diámetro, que desciende con suelo de sedimentos y al cabo de 10 m se amplía en galería horizontal de 4-6 m de diámetro, profusamente decorada por espeleotemas activas, que incluyen varias estilizadas columnas. La cavidad desciende y describe un giro acentuado (cota -11) para luego ascender hasta otra gatera (cota -5). Esta última desemboca en un resalto vertical de 3 m que da paso a otra alta galería, la cual termina en obstrucción por bloques en la cota -10. Posee otra pequeña boca (b2U2) situada muy cerca y un poco más abajo que Urtiaga 1; tras un escalón vertical de 2 m y una gatera estrecha, presenta una sima de 13 m que desemboca y conecta con la parte media de la galería antes descrita.

Volviendo al codo de la cota -11, aquí existe una pequeña red de laterales a distintas alturas. El principal de ellos es una galería meandro ascendente. Siguiendo por su parte alta, más amplia, se accede a otra bifurcación. Destrepeando -2 y luego -3 m se accede a una unión, donde se juntan las otras dos galerías (superiores). Un tramo ascendente conduce a una ampliación (salita, cota -10). De su pared izquierda parte una gatera-sima que va a dar a la galería del río, que describiremos más tarde. Siguiendo la salita se asciende hasta una galería horizontal que prosigue en recorrido sinuoso y de techo bajo para cerrarse en la cota -6, colmatada por sedimentos. Este tramo dista escasos metros de la

terminación de la galería principal de Z1.

La gatera descendente requiere 30 m de cuerda. Se inicia en vertical de 2 m, pequeña ampliación, galería sumamente estrecha en fuerte pendiente (con un codo en su parte media), y se amplía para caer a través de dos simas paralelas de 9 m al centro de la galería del río (cota -28).

La galería del río es amplia. Puede seguirse 80 m río abajo hasta un lago donde se encuentra el sifón terminal (cota -32, en la superficie del agua). Río arriba sigue un tramo similar, con varios laterales, hasta otro sifón (sifón inicial, cota -26). Un poco antes de este punto, por dos accesos distintos puede remontarse en escalada (e+4) hasta una sala superior, la cual posee una galería ascendente que remonta por encima de la sala hasta la cota -7. El río alterna rellenos de grava y cantos rodados con tramos rocosos, y sus orillas y partes altas están profusamente decoradas de espeleotemas, algunas de ellas con sedimentos reexcavados.

A lo largo de la galería principal y de su continuación en lo que hemos llamado galería superior (entre la boca 0 y el fondo de la cota -6) se observan importantes terrazas-testigo y rellenos sedimentarios que indican que la cavidad pasó por fases de una casi completa colmatación. Tales conductos fueron formados en régimen inundado (freático) de tipo paragenético (flujo lento). Los sedimentos son predominantemente arcillosos, pero incluyen también lechos interestratificados con gravas y guijarros de litología no-calcareá (alóctonos). Lo que implica la alternancia de fases de más alta energía. Por último, señalar que la red de U1 se extiende a muy poca distancia (escasos 6 m) sobre la bóveda de la parte central de U2 y su extremo N se sitúa casi sobre el lago terminal de U2. La cavidad posee un yacimiento con restos paleontológicos de época prehistórica (ALTUNA et al., 1995).

Urtiaga 3. Desarrollo: 4 m. Desnivel: 2 m.

Se localiza a +21 m por encima del sumidero de Urtiaga, muy cerca de la sala superior cercana al sifón inicial del río de U2, por lo que tenía interés su desobstrucción. Inicialmente era un agujero de escasos 20 cm de diámetro. Tras desobstrucción se amplió a 30 cm x 70 cm. La gatera desciende 2 m hasta una salita de 2 m de diámetro y techo a 2,3 m de altura, con una corta prolongación. El suelo es de sedimento y posee algunas espeleotemas. Dista apenas 10 m del techo de la sala del río de U2.

Sumidero de Urtiaga. Desarrollo: 65 m. Desnivel: 11 m.

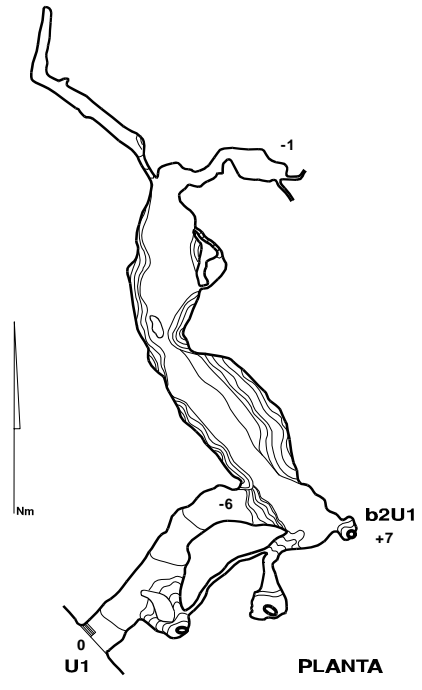
Se localiza a 50 m al W del caserío Urtiaga. Posee dos bocas: la inferior (S2), es un estrecho sumidero por donde penetra el agua del cauce epígeo que recorre el valle, y la principal o superior (S1), seca, y situada a escasos 6 m al NW de la anterior. Esta boca de acceso tiene 1 m x 40 cm de diámetro y es una sima vertical de 10 m. En su base se alcanza una galería amplia (2,5 m de ancho x 4 m de alto). Hacia el W asciende con suelo de bloques hasta la cota -5. Hacia el E se prolonga 6 m hasta un codo, donde el agua del sumidero penetra a la galería en forma de cascada.

El codo, en ángulo pronunciado, toma rumbo NW y el río subterráneo sigue a través de una galería de dimensiones más modestas (ancho 1,2 m; alto 1,7 m). Tras un paso de techo bajo (30 cm libres sobre el agua) existe una alta chimenea (la cual fue ascendida en oposición unos 10 m) y, a continuación, un lago o zona inundada, con agua profunda, donde se encuentra el sifón terminal (cota -11 m). Existe también un pequeño lateral seco, sobre el nivel del agua. Provistos de neopreno, se prospectó nadando y se buceó en apnea todo el perímetro del lago, pero la turbidez dificultó hallar la continuación sumergida. El sifón del sumidero está a 12 m del sifón inicial de U2 y a igual cota.

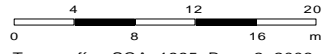
Surgencia de Urtiaga. Desarrollo: 352 m. Desnivel: 15 m.

Se localiza en la cabecera del barranco de Mendata, a 50 m en planta al NE del punto Base bajo el puente de autopista y 25 m menos de altitud. El trazado de la cavidad es inicialmente WSW para luego seguir una orientación general W. Los primeros 70 m de galería están canalizados en concreto y pasan bajo la autopista (paredes reforzadas para evitar el derrumbe del terreno). Este sector es una galería de sección en U invertida de 1,5 m de ancho x 2,5 m de alto, con canal lateral. Da acceso a la galería de la cueva, con paredes en caliza compacta. Esta galería tiene continuamente una sección amplia y fácil de recorrer (de 2-3 m de ancho x 4-5 m de alto). El río presenta cornisas y orillas, decoradas con bonitas espeleotemas y cantos rodados y gravas en el cauce. A unos 20 m hay que superar un par de cascadas de 2-3 m y luego otras del orden de 1 m. La galería describe varios codos y ampliaciones, y presenta también dos laterales secos sobre la orilla izquierda que conectan de nuevo con el río. Existen también dos cortos laterales derechos que finalizan en chimenea. La cueva sigue una dirección W (bajo la colina de Zelaieta) y progresivamente se hace más horizontal, existiendo un tramo sin orilla de unos 30 m en el cual el agua cubre 80 cm. Luego sigue con orilla o menor profundidad hasta el sector terminal, de rumbo WSW, finalizando en pequeño sifón. En este último tramo hay varios laterales de 3 a 5 m.

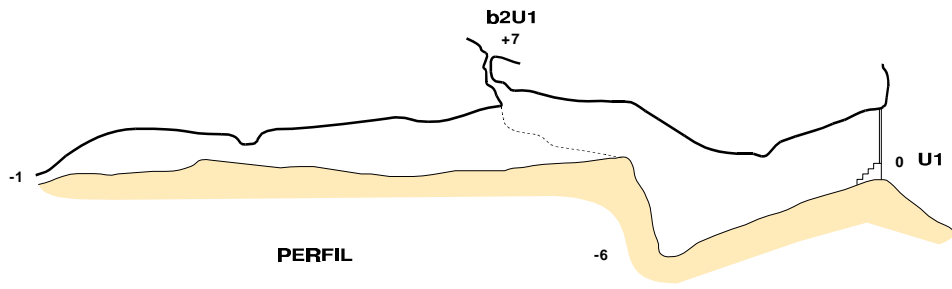
El recorrido de la galería principal es de 266 m. La suma de todos los laterales es de 86 m. El desnivel en el sifón inicial es de +11 m (cota cero en la boca surgencia). Pero hay un lateral derecho en la cota +10 que asciende entre espeleotemas hasta la cota +15 finalizando en chimenea. Este sería el punto más alto de la cavidad, a nivel del piso, ya



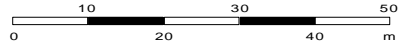
Urtiaga 1



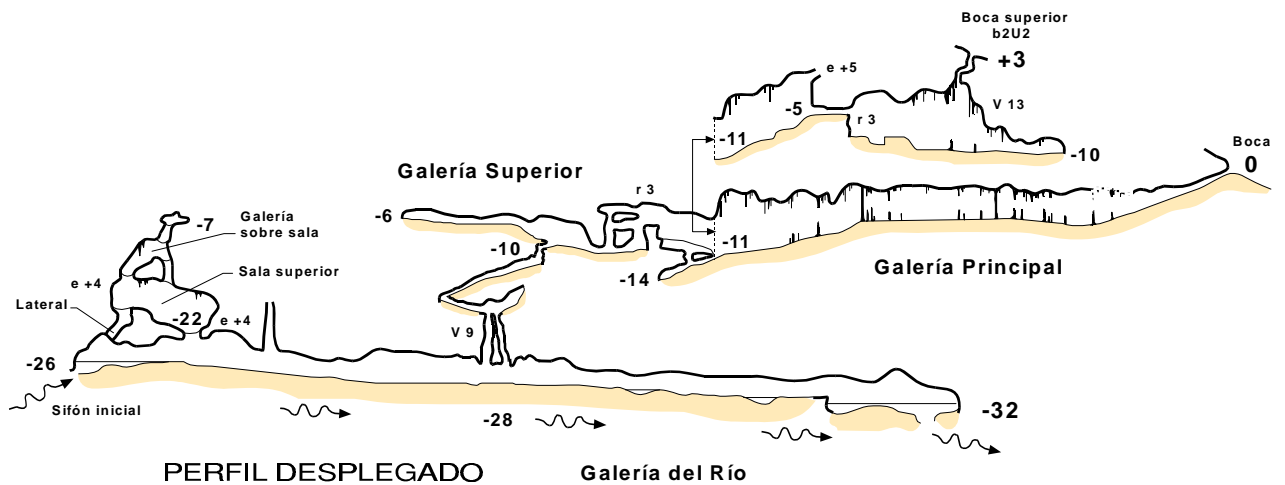
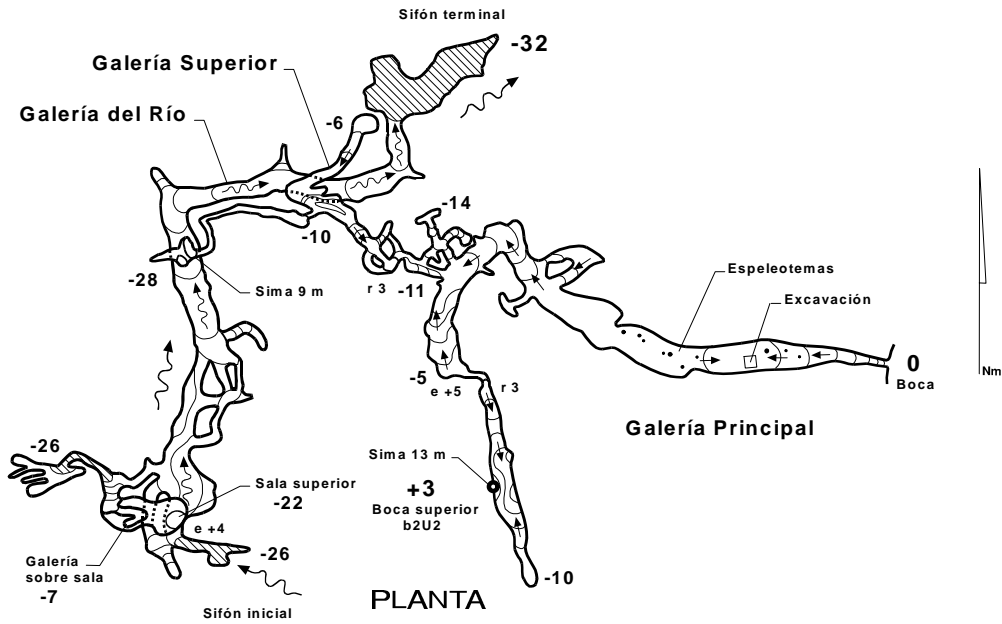
Topografía.: SCA. 1995. Boca 2: 2003.
 Dibujo: C.Galán. SCA. 2003.
 Desarrollo: 114 m. Desnivel: 13 m.



Urtiaga 2



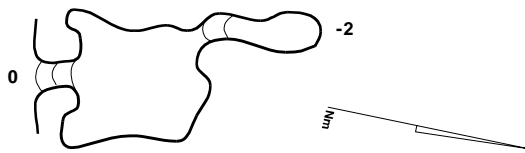
Topografía: C.Galán, J.I. del Cura, Jon Laskibar, Marlan Nieto & Marlan Ajoirrh. Octubre 2003.
 Dibujo: C.Galán, SCAranzadi. Octubre 2003.
 Desarrollo: 502 m. Desnivel: -35 m (+3; -32).



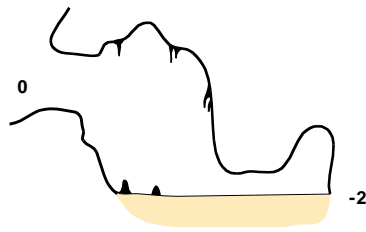
Urtiaga 3



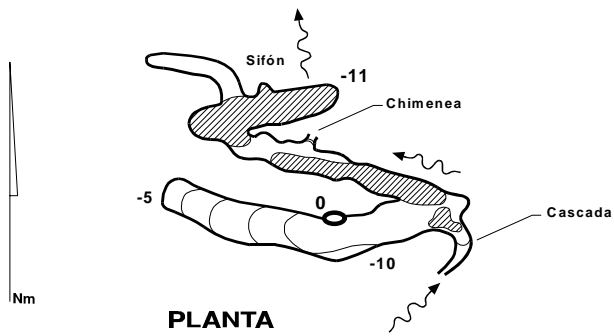
Topografía: Jon Laskibar & David Peña. 9-11-2003.
Dibujo: C. Galán. SC Aranzadi. Noviembre 2003.
Desarrollo: 4 m. Desnivel: -2 m.



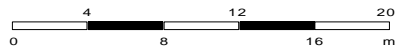
PLANTA



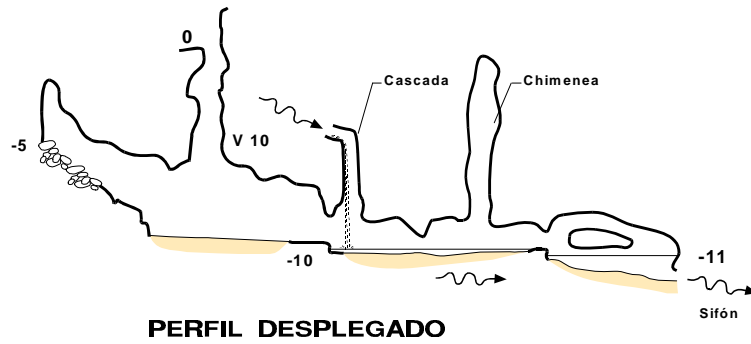
PERFIL



Urtiaga Sumidero



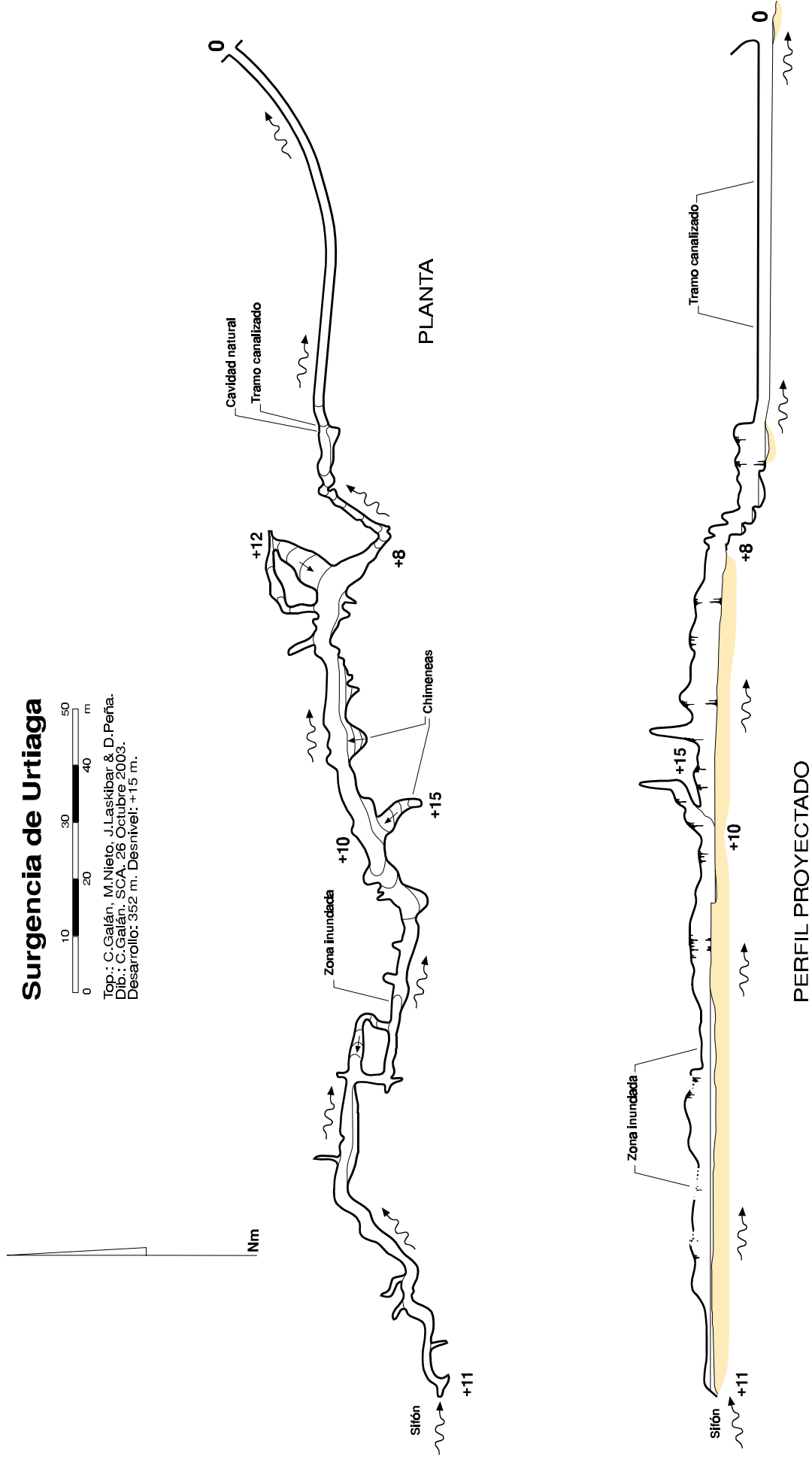
Top.: J.I. del Cura, J.Laskibar & D.Peña.
 Dib.: C.Galán, SCA. Noviembre 2003.
 Desarrollo: 65 m. Desnivel: -11 m.



Surgencia de Urtiaga



Top.: C. Galán, M. Nieto, J. Laskibar & D. Peña.
Dib.: C. Galán. SCA. 26 Octubre 2003.
Desarrollo: 352 m. Desnivel: +15 m.



que ésta y otras chimeneas se elevan varios metros más sobre el cauce.

El caudal medio observado en aguas bajas oscila entre 25 y 50 l/s y es superior al que ingresa en el sumidero. El agua que sale de la boca se precipita en cascadas hacia el fondo del profundo barranco de Mendata, que sigue hacia el N. En la galería hay huellas de niveles de crecida que alcanzan 2 m de altura, lo que indica que durante eventos de fuertes lluvias el caudal puede multiplicarse x 10 veces o más. El sifón inicial está a igual cota que el sifón final de U2, a escasos 10 m de distancia en planta.

DESCRIPCION DEL SISTEMA.

El conjunto de cavidades descrito forma un único sistema hidrogeológico en el cual las principales cavidades están también física y espacialmente relacionadas. Mediante cortos buceos o desobstrucción de sedimentos que colmatan las galerías, podría interconectarse Z1 con U2 y ésta con el sumidero y la surgencia de Urtiaga, y probablemente también con U1, con lo cual tendríamos una red única de 2 km de desarrollo. El conjunto de cavidades está también genéticamente relacionado. Antes de detallar este aspecto, daremos una breve síntesis de datos. Las siglas utilizadas corresponden a las que identifican las bocas en el mapa de conjunto del sistema.

El número de cavidades estudiadas en el bloque kárstico de Zelaieta es de 12. Fue establecida su localización mediante topografía de superficie. La declinación y desviaciones magnéticas en la Autopista fueron corregidas, adaptando los datos a la cartografía digital (SIG Diputación Foral de Gipuzkoa) (Coordenadas ED50, UTM 30). Existen leves diferencias entre ésta y la cartografía 1:5.000, particularmente el espaciamiento de las curvas de nivel es más inexacto en el SIG. Los datos de altitud (en m.snm) han sido corregidos mediante topografías de precisión in situ y correspondencia en el cierre de poligonales. En la siguiente Tabla damos los datos de las entradas principales de las 12 cavidades, de 5 bocas adicionales y del punto Base bajo el puente de la Autopista A-8.

Tabla 1. Datos de Localización y Dimensiones. Coordenadas UTM. Desnivel y Desarrollo en metros.

Cavidades	X	Y	Z	Desnivel	Desarrollo
Z1 = Zelaieta 1	555.218	4.792.645	154	62	905
Z2 = Zelaieta 2	555.236	4.792.655	155	2	5
Z3 = Zelaieta 3	555.250	4.792.675	152	-	conexión Z1
Z4 = Zelaieta 4	555.290	4.792.657	150	28	39
Z5 = Zelaieta 5	555.298	4.792.650	150	-	conexión Z1
Z6 = Zelaieta 6	555.302	4.792.684	150	22	48
Azti	555.352	4.792.777	120	0	0
Salbatore	555.170	4.792.579	185	11	64
Larrabel	555.300	4.792.560	195	4	26
U1 = Urtiaga 1	555.310	4.792.470	160	13	114
U2 = Urtiaga 2	555.365	4.792.474	149	35	502
b2U1 = boca 2 de U1	555.326	4.792.476	167	-	conexión U1
b2U2 = boca 2 de U2	555.315	4.792.453	152	-	conexión U2
S1 = Sumidero - sima	555.288	4.792.428	134	11	65
S2 = Sumidero - agua	555.291	4.792.424	134	-	conexión S1
Surgencia U	555.560	4.792.562	106	15	352
U3 = Urtiaga 3	555.279	4.792.460	155	2	4
Base (Puente Autopista)	555.490	4.792.540	134	-	-
Totales Dimensiones	-	-	-	205	2.124

Z3 y Z5 han sido conectadas a Z1 (son otras bocas de una única cavidad) cuya suma de desarrollo alcanza ahora 905 m. Las diferencias de cota de las bocas pueden verse en la tabla. Las cotas del recorrido del río subterráneo de Urtiaga y sus sifones es la siguiente: Sumidero S1 = 134. Sifón S1 -11 = 123. Sifón inicial U2 -26 = 123. Sifón final U2 -32 = 117. Sifón inicial Surgencia U +11 = 117. Boca Surgencia U = 106. La correspondencia en planta y desnivel del trayecto es muy exacta. El río epígeo se infiltra en el sumidero y reaparece en la surgencia 28 m más abajo (134 - 28 = 106); desciende 11 m en el sumidero, 6 m en el río subterráneo de U2, y 11 m más en la surgencia.

La cota 0 de Zelaieta 1 es 154. El fondo de Z1 está a -40 (-38 en la superficie del agua), lo cual da una cota de 114 m en el sifón, la cual es más baja que la cota 120 de Azti. Esto confirma que el drenaje de Zelaieta 1 se dirige hacia el

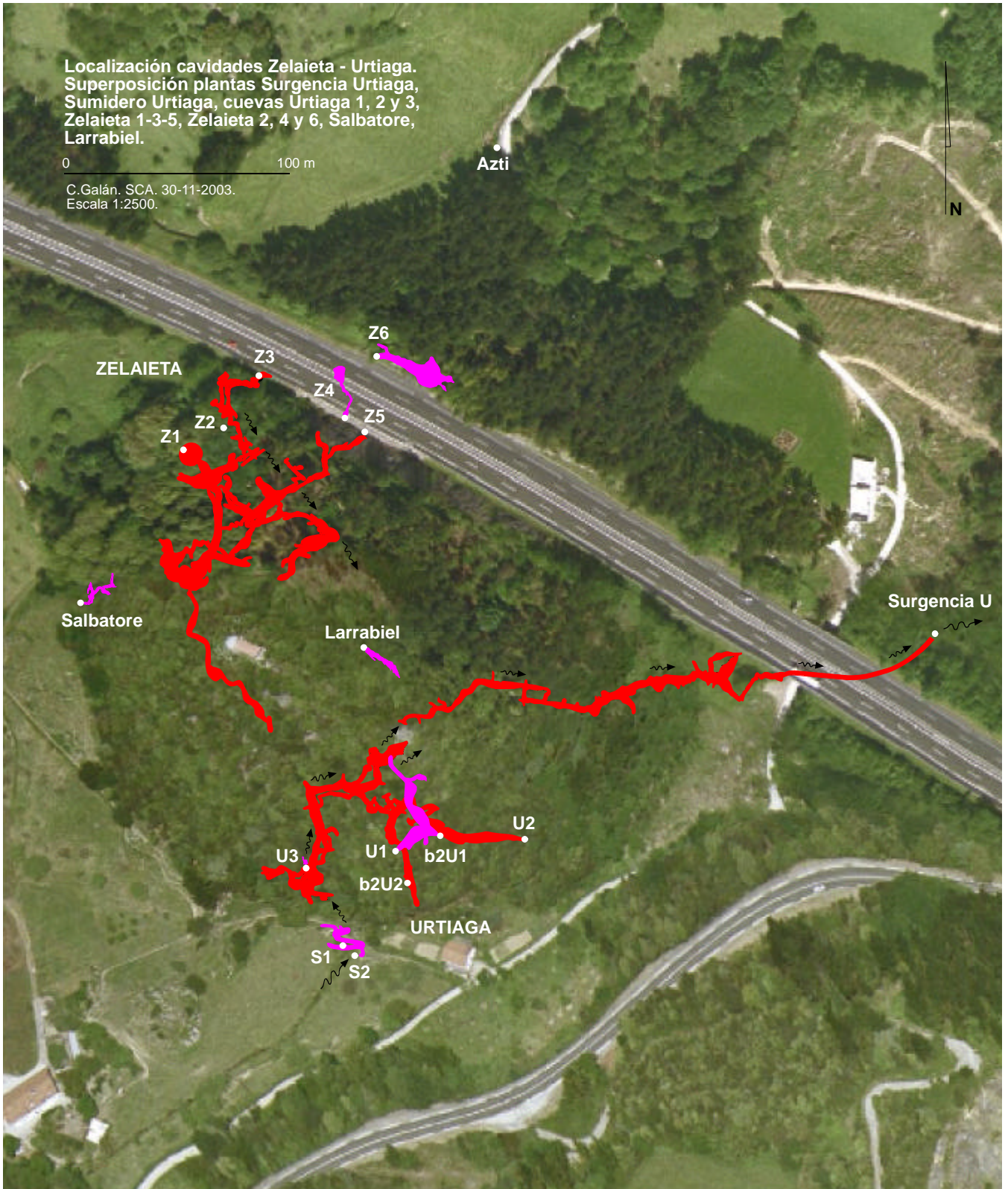
Localización cavidades Zelaieta - Urtiaga.
Superposición plantas Surgencia Urtiaga,
Sumidero Urtiaga, cuevas Urtiaga 1, 2 y 3,
Zelaieta 1-3-5, Zelaieta 2, 4 y 6, Salbatore,
Larrabiel.

0 100 m

C.Galán. SCA. 30-11-2003.
Escala 1:2500.

Azti

N



río de Urtiaga (surgencia en la cota 106), emergiendo en forma difusa en su tramo medio.

Puede apreciarse también que la cota más baja de U1 es de 154 m (= 160 - 6), mientras que la bóveda de U2 en el tramo en que se superponen ambas cuevas es de 149 m, por lo que sólo las separa un espesor de 6 m.

La distancia entre Z1 y U2 es de 25 m. El fondo de la galería principal de Z1 está prácticamente al mismo nivel que el fondo de la galería superior de U2 (141 á 143 m.snm) y ambos conductos tienen similar morfología. Existen además sedimentos-testigo de una antigua circulación en sentido W-E a través de éstas galerías entre Z1 y U2, a lo largo de una banda entre las cotas 145 (-9 de Z1) y 138 m.snm (-11 de U2). Esta banda, de 7 m de espesor, contiene la mayor parte de los sedimentos-testigo parietales que conservan ambas galerías.

El sistema comprende en consecuencia un conjunto de cavidades en Zelaieta, con drenaje actual hacia el sifón terminal de Z1 y desde éste hacia la surgencia de Urtiaga, y otro conjunto en Urtiaga que contiene la red activa del colector. Adicionalmente hay conductos fósiles en Z1 y U2, a unos 30 m por encima del nivel de circulación actual, que evidencian una pasada circulación. Otras cavidades fósiles, como Larrabel y Salbatore, están dispersas en la colina entre ambos sectores.

Hidrologicamente, en la actualidad, el karst captura el drenaje epígeo del valle ciego que se extiende hasta Itziar, la precipitación sobre las calizas, y el ingreso de una cantidad de agua adicional que captura un tramo de las cunetas de la autopista (considerable en época lluviosa). La salida de las aguas se produce a través de la surgencia de Urtiaga, siendo Azti un pequeño manantial periférico que drena el coluvión de una vaguada. El caudal total circulante en el karst ha sido estimado en 30 l/s de media anual.

TIPOS DE GALERIAS, ESPELEOTEMAS Y SEDIMENTOS.

La litología y la estructura influyen y controlan en gran medida la morfología de las galerías. En el bloque de Zelaieta las calizas Urgonianas son masivas y muy homogéneas. En ninguna de las cavidades se distingue trazas de estratificación, así que las discontinuidades estructurales comprenden la red de diaclasas, con varios sistemas de trazado vertical, pero también con diaclasas subhorizontales y oblicuas. Las orientaciones predominantes pueden inferirse del trazado de las galerías. Existe un sistema principal de diaclasas verticales de azimuts 60 y 160°, y otro secundario de 100 y 350°, heterogéneos localmente. Las aguas de infiltración han aprovechado todo tipo de discontinuidad o zona de mayor debilidad litológica, tanto para profundizar verticalmente como para orientar el flujo hídrico hacia las zonas de circulación condicionadas por la posición de las surgencias.

Mayor interés reviste distinguir los tipos genéticos de galería. Tanto en la red fósil como en la activa muchas galerías presentan evidencias de haberse generado en zona inundada, para luego evolucionar en circulación libre en zona vadosa. Clásicamente se distingue dos tipos de conducto en zona inundada (RENAULT, 1967-68): (1) Las galerías singenéticas o conductos forzados, donde la circulación del agua es lo suficientemente rápida para impedir toda sedimentación. Bajo estas condiciones, con pendiente débil, es suficiente una velocidad de 0,3 m/s para transportar arcillas y arenas y 0,7 m/s para transportar gravas (MAIRE, 1980). (2) Las galerías paragenéticas traducen una circulación inundada lenta, con velocidad del agua inferior a 10 cm/s, lo que genera sedimentación. Debido a que la sedimentación se produce sobre el suelo, en estas galerías la disolución actúa a nivel de la bóveda y de la parte alta de las paredes. La colmatación de estas galerías es principalmente arcillosa.

En zona vadosa, una vez producido el descenso del nivel freático, las galerías evolucionan reexcavando sus secciones y sus rellenos sedimentarios. En el caso en que la circulación vadosa sigue durante un lapso de tiempo importante, las secciones son habitualmente excavadas en forma de ojo de cerradura, como es frecuente en muchos meandros, que conservan en su parte más alta la sección original. Si el abandono de las aguas es rápido, la galería freática transformada en fósil conserva casi intacta su morfología primitiva.

En Z1 y U2 existe al menos un nivel, el cual comprende la galería principal de Z1 y la superior y parte de la principal de U2 (entre las cotas 145 y 138 m.snm), que presenta una clara morfología paragenética y conserva suspendidos y adosados a las partes altas testigos de una antigua sedimentación de este tipo, la cual colmataba casi totalmente esos conductos. En algunos puntos se conservan ejemplos de pequeños lenares inversos y meandros de bóveda, siendo característica la suave sección de la bóveda y partes altas. Por el contrario están ausentes los scallops o huellas de corriente, marmitas coalescentes y otras geofomas indicadoras de circulaciones rápidas o de la acción abrasiva de guijarros y fragmentos detríticos gruesos.

Las galerías y pozos de trazado vertical habitualmente están desprovistos de sedimentos detríticos y en las cuevas del sistema normalmente presentan agudas aristas de corrosión o bien depósitos estalagmíticos parietales, a tenor de que las pequeñas cantidades de agua que circulan por ellas disuelvan la roca o precipiten.

Las galerías fósiles, hoy en zona vadosa, invariablemente presentan una gran abundancia de espeleotemas diversas, que en ocasiones recubren y ocultan rellenos del suelo y paredes. En la primera sala de Z1 y en casi toda la

cavidad U1, la cercanía a la superficie y la ventilación hacen que antiguas espeleotemas se presenten hoy secas, inactivas, e incluso sujetas a procesos de descalcificación. Mientras que a mayor distancia de la superficie topográfica, las espeleotemas se presentan activas, en pleno proceso de crecimiento.

En las galerías del curso subterráneo colector el cauce presenta rellenos de grandes cantos rodados, guijarros y gravas, ya que la velocidad y fuerza de la corriente impide la sedimentación fina, a la vez que excava numerosos scallops sobre las paredes, y cúpulas y marmitas de gigante donde se producen rupturas de pendiente en el perfil. Sin embargo, estas mismas galerías, por encima del nivel de aguas altas, están profusamente decoradas de espeleotemas. Algunos rellenos estalagmíticos han sido reexcavados por eventos de crecida.

Una gran parte de los sedimentos del colector comprende esquistos, areniscas y lutitas, obviamente alóctonos e importados a través del sumidero desde la cuenca epígea superior instalada sobre materiales supraurgonianos.

Un detalle significativo es que entre los sedimentos-testigo conservados en las galerías paragenéticas, aunque predomina una secuencia fundamentalmente arcillosa, existen en algunos puntos lechos interstratificados con pequeñas gravas y guijarros laminares de litología no-calcárea (principalmente esquistos y lutitas). Ello implica la alternancia de algunas fases, de más alta energía, capaces de importar estos fragmentos y no sólo arcillas o arenas. Además, su carácter alóctono, indica que proceden de fuera del afloramiento calcáreo. Lo que permite concluir que durante esa fase también se produjo la captura de aguas fluviales.

Adicionalmente, muchos puntos de las galerías de la red poseen rellenos detríticos autóctonos, tanto de bloques clásticos como de arcilla de descalcificación (= terra rosa) y tierra procedente del suelo superior. En estos últimos rellenos, próximos a la superficie topográfica, se encuentran los yacimientos arqueológicos excavados.

ESPELEOGENESIS.

La formación de cavidades, por disolución de la caliza, tiene en este pequeño karst una larga génesis, que probablemente se extiende a lo largo de todo el Pleistoceno. La situación periférica del karst, con respecto al gran macizo de Izarraitz, ha permitido que además de la acción local de las precipitaciones sobre la superficie caliza, interviniera el ingreso de cursos de agua procedentes de terrenos impermeables adyacentes. Probablemente este doble origen de las aguas de infiltración es responsable de la gran cantidad de conductos excavados.

Una de las teorías clásicas propuestas para explicar la disolución en el endokarst es la de "corrosión por mezcla de aguas" (BOGLI, 1964), probablemente la más difundida e invocada de todas. Se fundamenta en el hecho de que la relación entre la concentración del ión calcio (Ca^{2+}) y la presión parcial de CO_2 ($p\text{CO}_2$), en el equilibrio, es una función curvilínea; en consecuencia, la mezcla de dos aguas en equilibrio, pero con $p\text{CO}_2$ diferentes, es necesariamente subsaturada y por tanto agresiva. Según BOGLI (1964) tales mezclas son posibles en la zona inundada, ya que el agua de infiltración proviene de lugares diferentes. Los déficits de saturación así creados reiniciarían la disolución en profundidad. Sin embargo, la teoría fue fuertemente criticada como explicación general (entre otros por WIGLEY & PLUMMER, 1976 y MISEREZ, 1973) quienes demuestran teórica y experimentalmente que tales mezclas no son necesariamente subsaturadas. Si las concentraciones de CO_2 no son muy diferentes, la mezcla es una porción lineal de la curva de equilibrio, y no es por tanto agresiva. DREYBRODT (1982) demostró que para ser agresiva la relación de mezcla debe estar comprendida entre 0,1 y 0,9 y que habitualmente no existe tanta variabilidad espacial entre los distintos ingresos de agua al karst. Aunque este es el hecho general y vasta invocar la acción del agua de infiltración rápida o el papel que juega toda la zona vadosa como reservorio de CO_2 para explicar la disolución en profundidad (MANGIN, 1975; BAKALOWICZ, 1979; GALAN, 1991), lo cierto es que la hipótesis de BOGLI es particularmente acertada y aplicable cuando intervienen ingresos de aguas de características muy distintas, como es el caso que nos ocupa. En tal caso, la disolución en profundidad se ve fuertemente incrementada por la interacción de aguas de doble origen. En todo los puntos donde la red de diaclasado facilita la infiltración vertical de las precipitaciones, éstas interceptarán el nivel freático, alimentado principalmente por aguas fluviales procedentes de terrenos no-calcáreos, multiplicando en infinidad de puntos la acción de la disolución a lo largo de los principales drenes o zonas del acuífero donde la renovación sea más rápida. Creemos que este es el caso en Zelaieta, y es el mecanismo responsable del gran número de galerías excavadas en un pequeño volumen.

Junto a los conductos subhorizontales excavados en zona inundada, se produjeron además infinidad de conductos subverticales y oblicuos a lo largo del diaclasado en zona vadosa. En fases posteriores, al progresar la karstificación, la red de drenaje se va hundiendo en profundidad hacia un nuevo nivel de base. En las galerías abandonadas por las aguas progresa la quimiolitogénesis y la fosilización de antiguos drenes, mientras otros nuevos están siendo formados bajo el nivel piezométrico actual. La circulación en el colector ocurre ahora en régimen vadoso y su curso controla el nivel piezométrico y las circulaciones laterales.

Así el sistema posee una red de trazado subvertical, con galerías fósiles y activas, y otra red subhorizontal, con

varios niveles; los más antiguos comprenden galerías paragenéticas de origen freático, algunas reexcavadas luego en zona vadosa. Existen unas pocas galerías o niveles intermedios, activos o inactivos (galería inferior de Z3 hasta conexión, galería cota -29 de Z1), que han seguido el hundimiento del drenaje. Y por último, el nivel activo más bajo e importante, correspondiente al colector (entre el sumidero, río de U2 y surgencia), casi totalmente (salvo los cortos sifones) en zona vadosa, actualmente; pero éste pudo iniciarse en épocas pasadas como conducto freático de tipo singenético. La circulación entre el sector Z1 y el colector, más lenta, debe estar formando actualmente galerías paragenéticas ocultas bajo el nivel freático.

EVOLUCION DEL KARST Y DEL RELIEVE EXTERNO.

El modelado del karst de Zelaieta supone, como en otros karsts, el desarrollo de la karstificación pero también la erosión del relieve superficial (MAIRE, 1980; GALAN, 1991).

El descenso experimentado por el nivel freático, debe haber sido correlativo a un progresivo descenso del nivel de base local y de la posición de la surgencia. Es decir, mientras la karstificación afectaba a la caliza, la erosión de superficie rebajaba un poco el bloque calcáreo y erosionaba con mayor intensidad los terrenos no-calcáreos contiguos, entallando el relieve externo.

A primera vista puede tenerse la impresión de que el vallecito que separa Andutz de Zelaieta (cota 140 m.snm) es producto de la erosión del arroyo de Mendata, y que sólo recientemente se ha hundido en el sumidero (cota 134) para perforar la caliza hasta la surgencia. En tal caso todo el karst de la colina de Zelaieta ocuparía una posición lateral y su génesis sería debida a karstificación local por acción de las precipitaciones sobre el afloramiento calizo.

Sin embargo, la evidencia obtenida en las cavidades muestra que existió una fase antigua, con el nivel freático 30 á 50 m más alto que en la actualidad, y que durante dicha fase ingresaban aguas fluviales (que transportaban sedimentos alóctonos), con direcciones preferenciales de drenaje subterráneo NW-SE.

En base a ello es posible formular una hipótesis alternativa, más acorde con los hechos. Esta implica la ocurrencia de varias fases:

(1) Primitivamente, con un relieve distinto, el arroyo de Mendata no circulaba por su cauce actual, sino que contorneaba el afloramiento calizo por su lado W y NW, para luego seguir por la vaguada de Azti.

(2) Se produce una captura progresiva de las aguas epígeas en el sector de Z1. Las aguas subterráneas circulan hacia el SE para emerger en la zona de U1 y luego de U2. Aguas abajo de la surgencia se entalla la actual cabecera del barranco de Mendata, por erosión epígea.

(3) La incisión del relieve en el barranco de Mendata ofrece nuevos puntos de emergencia, más bajos (descenso del nivel de base). El área de surgencia se traslada a cotas más bajas, hasta establecerse en su posición actual.

(4) Simultáneamente o algo desfasada en el tiempo con respecto a la fase anterior, el curso superior del río epígeo es capturado al S de la colina y a medida que erosiona el terreno y lo rebaja se va desplazando hacia la posición del sumidero actual.

(5) El trayecto sumidero-surgencia se realiza inicialmente en condiciones freáticas. Progresivamente son abandonados por las aguas los niveles superiores, dejando testigos sedimentarios.

(6) El trayecto del colector se encaja y pasa a condiciones vadosas, hasta alcanzar la disposición actual.

(7) La infiltración de aguas pluviales y de fusión nival sobre el afloramiento opera a lo largo de toda la historia, existiendo galerías datantes de distintas épocas. Las circulaciones hídricas reexcavan los sedimentos y dan los últimos retoques al paisaje subterráneo.

(8) En los niveles fósiles se desarrollan espeleotemas, en ocasiones recubriendo y colmatando antiguos conductos y rellenos.

El relieve actual es el resultado de estos procesos. La mayor resistencia de la caliza a la erosión superficial ha destacado la colina caliza como un agudo cerro cónico, mogote o prominencia. Mientras los terrenos periféricos no-calizos iban siendo erosionados y removidos con mayor intensidad, por su menor resistencia a la erosión. Por el contrario, en el subsuelo, el agua ha disuelto intensamente la caliza generando una red subterránea.

Probablemente la red de cuevas conocida es sólo una parte del volumen excavado, existiendo más conductos y galerías cegados por colmatación, colapso o estrechamientos, que impiden el acceso humano. Igualmente debe existir una red en la zona freática, permanentemente inundada, no accesible a la exploración directa.

Considerando de modo comparado el descenso experimentado por el nivel freático y el volumen de vacíos excavado en varios ciclos, planteamos que esta evolución del karst de Zelaieta puede haber abarcado, desde sus fases iniciales, un largo lapso de tiempo; probablemente gran parte o incluso la entera totalidad del Pleistoceno (el último millón de años). Al respecto, existen, sobre todo en U2, testigos sedimentarios antiguos, colgados o incluso recubiertos por espeleotemas. Algunos de ellos contienen incluidos fragmentos de huesos de mamíferos. Un trabajo de dataciones

absolutas Uranio-Thorio sobre muestras escogidas de espeleotemas y sedimentos permitiría fechar con exactitud algunos de estos episodios y, en consecuencia, podría conocerse la antigüedad real de los eventos.

DISCUSION Y CONCLUSIONES.

La estructura y funcionamiento del dispositivo kárstico actual ha sido adecuadamente descrita y no plantea dificultades de interpretación. La espeleogénesis implica la intervención de la captura de aguas fluviales y la importación de rellenos detríticos alóctonos desde las fases más antiguas. Igualmente hay consistente evidencia sobre la formación de importantes galerías en régimen freático de tipo paragenético, con dirección de flujo NW-SE. El aspecto más polémico puede ser la evolución del relieve externo.

Sobre ello, podría pensarse como hipótesis alternativa en una circulación epígea del arroyo de Mendata, en el pasado, más o menos sobre la traza del curso actual. Pero en tal caso resulta problemático explicar la existencia de galerías paragenéticas y rellenos alóctonos en Zelaieta. La única excepción es que hubiera existido en el pasado otro curso epígeo, afluente del de Mendata, pero al no existir vestigios de ello tal hipótesis sería de naturaleza enteramente especulativa. Por el contrario, los datos topográficos, indicios geomorfológicos, y continuidad de las galerías que se extienden entre las redes de Z1 y U2, inclinan ampliamente la balanza hacia la hipótesis evolutiva propuesta.

Queda abierto el interrogante de qué litología existía sobre el col entre la cresta de Andutz y la colina de Zelaieta, si el terreno era calizo o por el contrario estaba recubierto por terrenos más blandos suprayacentes, más fáciles de erosionar. O si algún factor estructural ha influido para guiar esta erosión. Desde luego, el relieve que hoy observamos, es el remanente de un largo proceso erosivo y kárstico durante el cual el nivel piezométrico en el karst ha experimentado descensos del orden de 50 m.

La evolución policíclica del karst es consistente con una larga evolución, con alternancia de al menos varios ciclos glaciales e interglaciales, y por tanto puede remontarse y abarcar una buena parte del Pleistoceno. La datación y reconstrucción de los distintos episodios requiere investigación adicional.

Aunque todo karst supone una evolución a lo largo del tiempo, en muchos karsts no es posible discernir cómo ha ocurrido dicha evolución. Sin embargo, en Zelaieta, muchos rasgos hoy observables tienen su explicación en condiciones imperantes en el pasado, bajo otras condiciones hidrogeológicas. Lo interesante del pequeño karst que describimos en este trabajo, es que conserva muchos vestigios de fenómenos ocurridos en el pasado y por tanto permite una visión más dinámica de la evolución experimentada por el karst y el relieve externo. El bloque kárstico de Zelaieta resulta a la vez notable por el elevado número de conductos excavado (2.124 m de galerías en un área de apenas 0,11 km²), hecho explicable por su situación periférica en el gran macizo de Izarraitz y la intervención en su karstificación de dos modalidades de infiltración, con aguas de distinta procedencia.

AGRADECIMIENTOS.

Además de los autores, otros integrantes y colaboradores del Dpto. de Espeleología de la SCA han participado en las exploraciones y trabajos: Beñat Ibaieta, Eric Leroy, Sandrine Coissard, Cristina Del Cura, Marian Ajbirh, David Peña, Rafael Zubiría y Javier García. A todos ellos, nuestro agradecimiento.

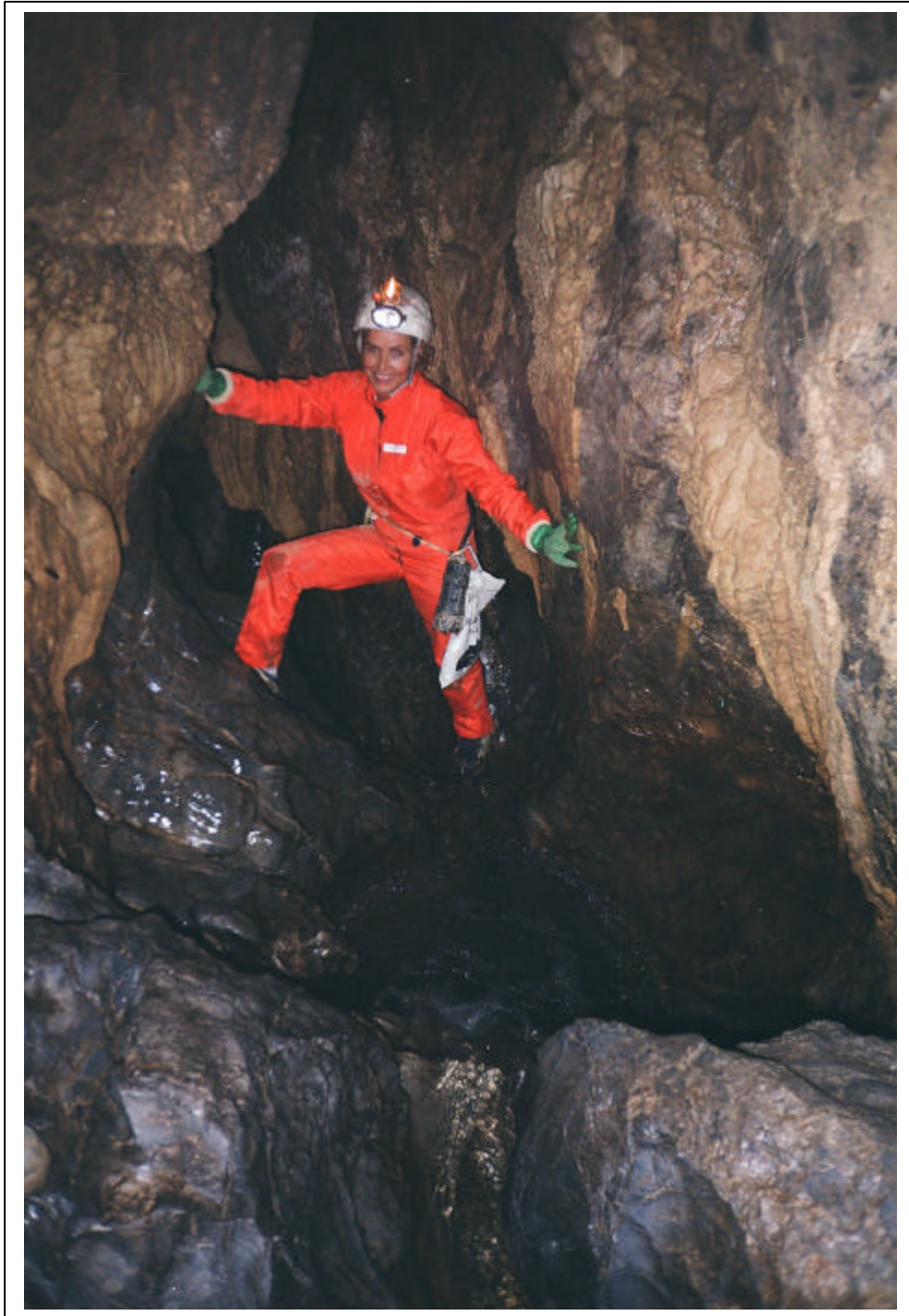
BIBLIOGRAFIA.

- ALTUNA, J. et al. 1995. Carta Arqueológica de Gipuzkoa. II. Cuevas. Munibe, S.C.Aranzadi, Supl.10: 220 pp.
- BAKALOWICZ, M. 1979. Contribution de la géochimie des eaux à la connaissance de l'acuífère karstique et de la karstification. Thèse Doct.Sci.Nat., Lab.Sut.CNRS: 269 p.
- BARANDIARAN, J. M. 1960. Exploración de la cueva de Urtiaga. Munibe, S.C.Aranzadi, 12(1): 1-18.
- BOGLI, A. 1964. Corrosion par melange des eaux. Int.Jour.Spéléol., 1(1-2): 61-70.
- DREYBRODT, W. 1982. Kinetics of the dissolution of calcite and its applications to karstification. Chem.Geol., 31(3): 245-269.
- GALAN, C. 1988. Zonas kársticas de Guipúzcoa: Los grandes sistemas subterráneos. Munibe (Cienc.Nat.), 40: 73-89.
- GALAN, C. 1991. Disolución y génesis del karst en rocas carbonáticas y rocas silíceas: un estudio comparado. Munibe (Cienc.Nat.), S.C.Aranzadi, 43: 43-72.
- GALAN, C. 1992. Estudio hidrogeológico de los macizos kársticos de Izarraitz y Arno (Gipuzkoa, País Vasco). S.C.Aranzadi, Inf.Int., 38 pp & Página web SCA, Archivo PDF: 24 pp.

- GALAN, C. 2003. El río subterráneo de Ekain, su fauna cavernícola y la génesis de sus cuevas (macizo de Izarraitz, Gipuzkoa, País Vasco). Página web SCA. Archivo PDF: 28 pp.
- HERNANZ, A. 1975. Estudio hidrogeológico de los alrededores de Deva, Guipúzcoa. Euroestudios S.A., Inf. ES 220/17, 49 pp.
- GOMEZ DE LLARENA, J. 1960. Nota geológica sobre la Cueva de Urtiaga. Munibe, SCA, pp: 4-12.
- MAIRE, R. 1980. 1980. Eléments de Karstologie physique. Spelunca, Spécial n° 3 (1980 - N° 1 supplément), FFS, pp: 1-56.
- MANGIN, A. 1975. Contribution á l'étude hydrodynamique des aquifères karstiques. Thèse Doct. Sci. Nat.; Ann. Spéléol., 29(3): 283-332, y 30(1): 21-124.
- MISEREZ, J. 1973. Géochimie des eaux du karst jurassien. Contribution physico-chimie á l'étude des alterations. Thèse Doct. Sci. Nat., Neuchatel, 313 p.
- RAT, P. 1959. Les pays crétacés basco-cantabriques (Espagne). Publ. Univ. Dijon, 18, Presses Univ. France, Paris.
- RENAULT, Ph. 1967-1968. Contribution a l'étude des actions mécaniques et sédimentologiques dans la spéléogénèse. Thèse d'Etat. Annal.Spéléol., 22(1): 5-21; 22(2): 209-267; 23(1): 259-308; 23(3): 529-593, CNRS, Paris.
- WIGLEY, T. & L. PLUMMER. 1976. Mixing of carbonate waters. Geochim. Cosmochim. Acta, 40: 989-995.



Sedimentos-testigo estratificados colmatando una galería en U2.



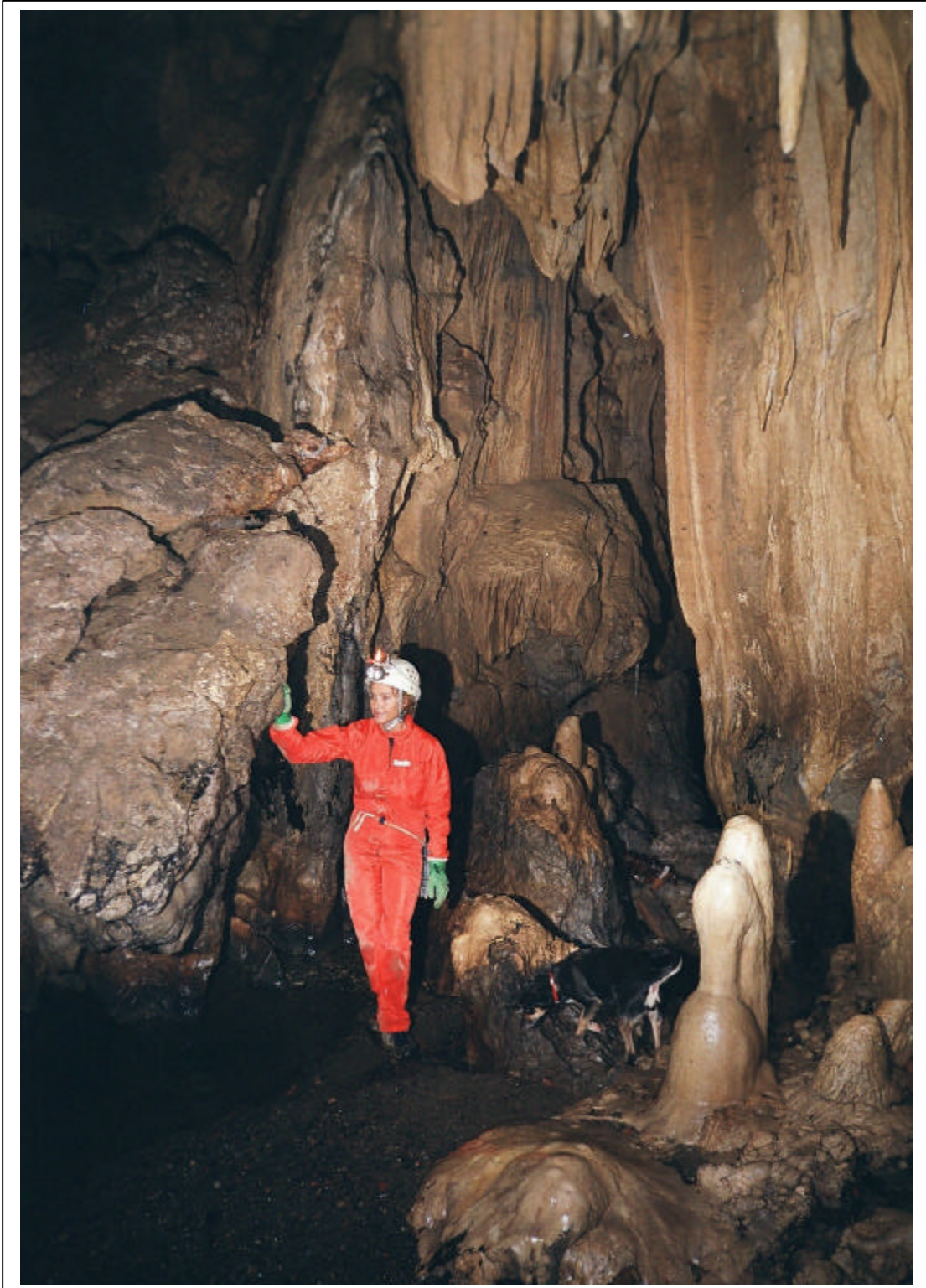
El colector subterráneo del bloque kárstico de Zelaieta.



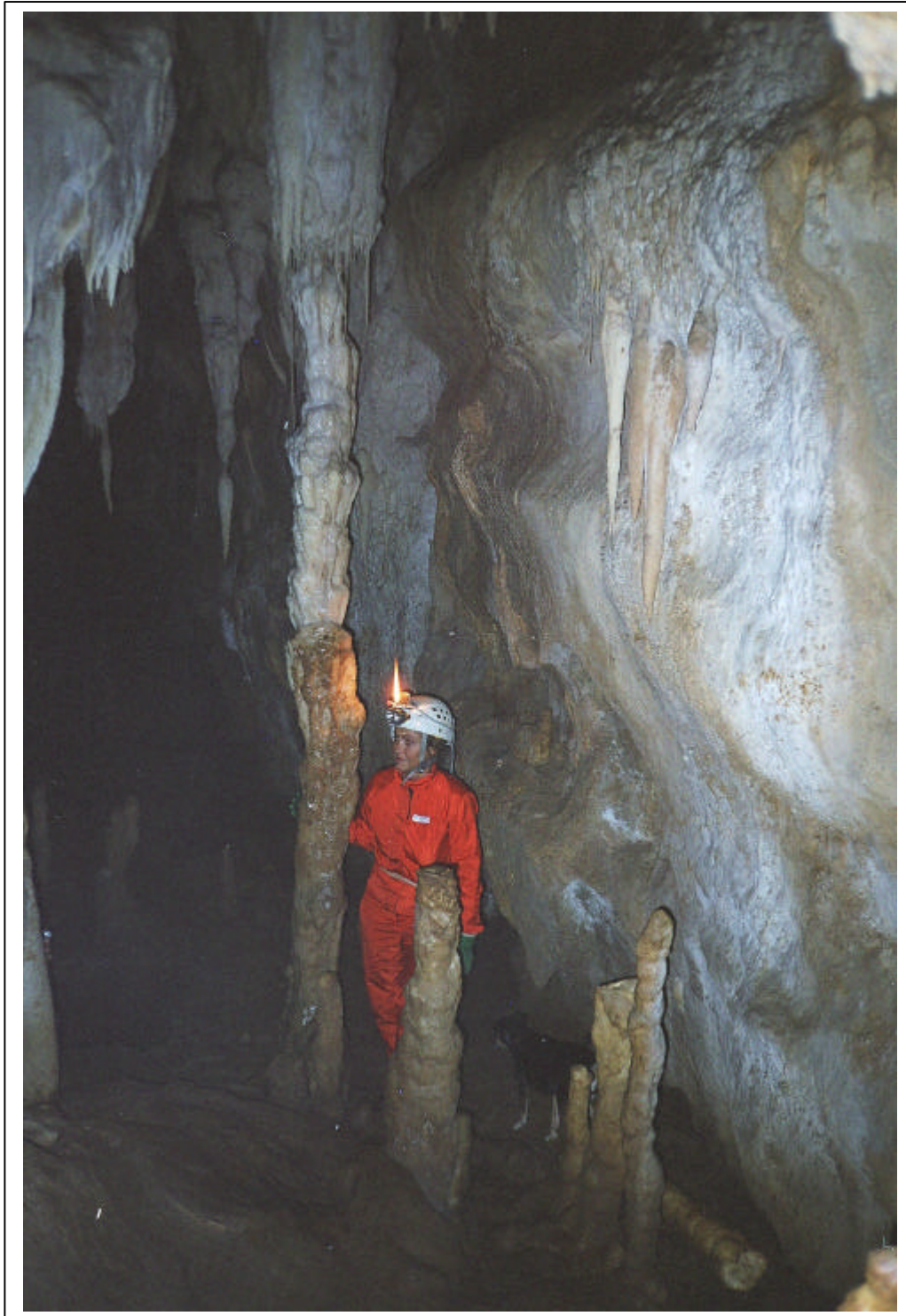
Galería paragenética con sedimentos-testigo colgados en cornisas de las paredes.



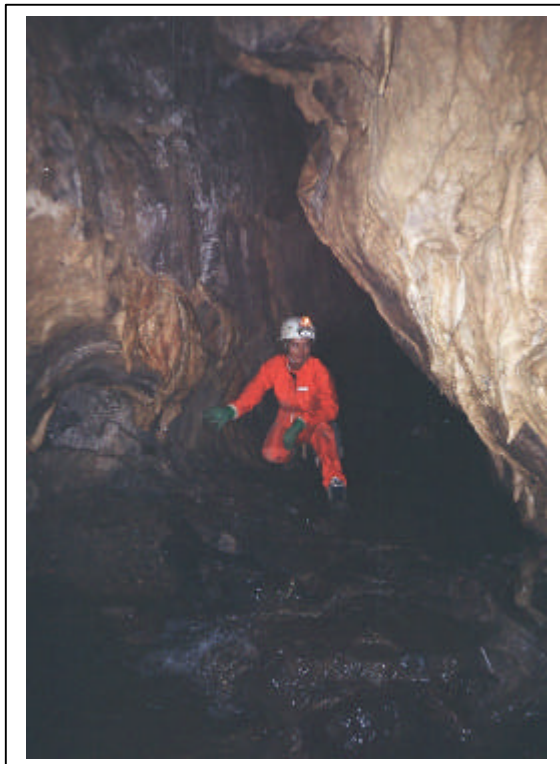
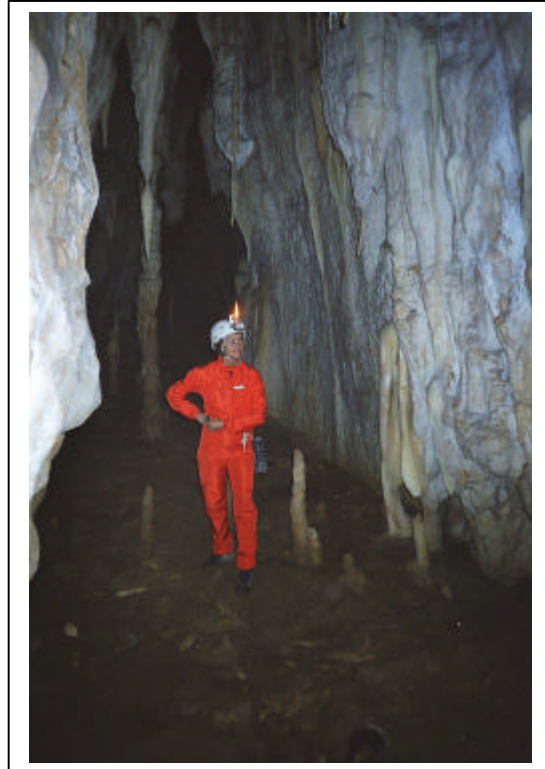
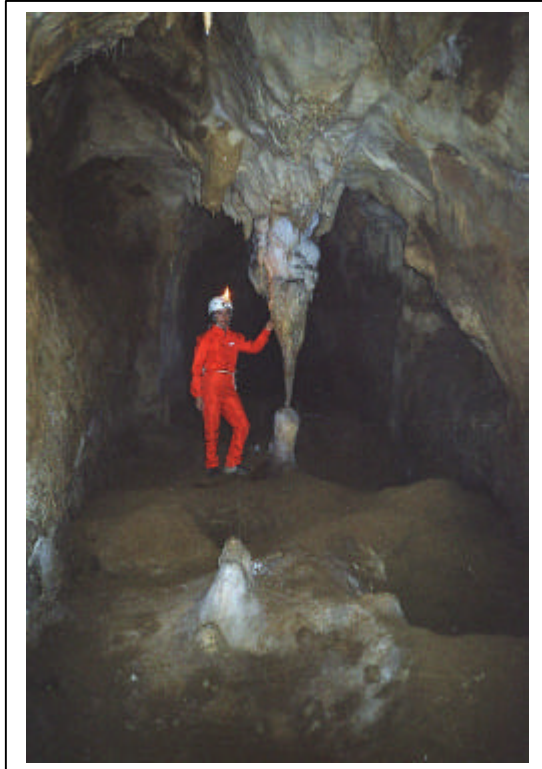
Pequeño conducto en U1 sobre vertical de 3 m; conecta la Galería Sur con la principal.



Espeleotemas en la orilla del cauce activo en la Surgencia de Urtiaga.



Estilizadas columnas, estalactitas y estalagmitas en U2.



Diversos aspectos de espeleotemas en U2 (arriba) y río subterráneo (abajo). Las hondonadas en el suelo de la galería de la foto superior izquierda son oseras de *Ursus speleaeus*.