

**CARTOGRAFIA MORFOGENETICA DE ALGUNOS
FENOMENOS ENDOKARSTICOS DEL
ARALAR GUIPUZCOANO**

IMANOL GOIKOETXEA

Este estudio ha sido realizado gracias a la ayuda económica prestada por la Sociedad de Estudios Vascos - Eusko Ikaskuntza y al incondicional apoyo con que el que suscribe ha contado por parte de los miembros de la Sección de Karstología de la Sociedad de Ciencias Aranzadi, especialmente Carlos Galán, Cándido García y José Miguel Peña.

1. INTRODUCCION

La Sierra de Aralar, divisoria de las cuencas cantábrica y mediterránea y situada a caballo entre Gipuzkoa y Nafarroa, ha sido el área donde se han centrado la mayoría de los trabajos de la Sección de Karstología de la Sociedad de Ciencias Aranzadi a lo largo de su historia. El trabajo de varias generaciones de espeleólogos durante más de 2.000 fines de semana de investigación sobre el karst es la base fundamental sobre la cual se apoyan y se seguirán apoyando todo los trabajos sobre el mismo (fig. 1).

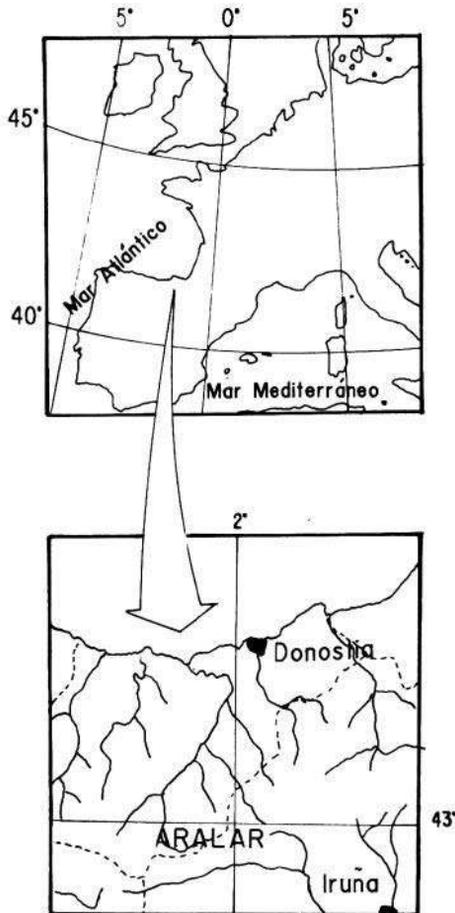


Figura 1: Situación de la zona de estudio.

A partir de este desinteresado trabajo descriptivo, se hace necesario pasar a un estadio superior de análisis e interpretación. Los aspectos hoy relacionados con el estudio del karst, y concretamente con la espeleogénesis se desarrollan en muchas y diferentes líneas de investigación. Una de ellas se refiere a la realización de cartografías morfológicas de las diferentes cavidades de un macizo o zona kárstica.

Hemos intentado, con este trabajo, experimentar y adecuar las nuevas tendencias, en este sentido, al territorio guipuzcoano en particular, y al ámbito cantábrico en general. Se trata de un primer paso, en cierta medida experimental, hacia una cartografía morfogenética del karst profundo en la que se puedan reflejar las particularidades (si las hay), del endokarst guipuzcoano.

La Sierra de Aralar presenta una estructura de anticlinal doble con cabalgamiento en su parte Norte. Los niveles de base de la Sierra están formados por las carnioilas, brechas y dolomías del cabalgamiento, y localmente, bajo el mismo, arcillas gypsíferas del Keuper. Ocupan una extensión muy reducida. Junto a ellos aflora el Jurásico en potentes paquetes, rodeado por los sedimentos del Cretácico, limitados a su vez por las formaciones detríticas periféricas del Cretácico superior.

Aralar se nos presenta así como una compleja sierra caliza en la que sus grandes rasgos estructurales no han podido ser borrados gracias al considerable desarrollo que experimenta la circulación subterránea. Desde las zonas más altas del macizo (Intzeko Torrea o Hirumugarrieta, 1.430 m.) hasta las cotas de 400-500 m., donde se sitúan los manantiales, existe un considerable desnivel a salvar por las aguas, lo que permite el establecimiento de una red de conductos subterráneos que se organizan en un cierto número de aparatos hidrogeológicos independientes.

Se ha de tener en cuenta que Aralar no forma un macizo kárstico propiamente dicho, sino que en él se alternan las calizas con formaciones poco o nada karstificables como el Lías medio calizo-arenoso, las formaciones Weald y las areniscas y arcillas del Aptiense. Estos diferentes niveles impermeables individualizan en varias formaciones karstificables la masa caliza de Aralar.

En lo que corresponde al área guipuzcoana, la estructura presenta un gran anticlinal, el de Txindoki, que ocupa el área central, y una terminación occidental de la Sierra que forma el domo de Ataun. Las principales unidades hidrogeológicas que se desarrollan a su favor son, según las hemos bautizado nosotros (fig. 2).

- Urganiano Norte o de Txindoki, con la surgencia de Zazpi Iturrieta y afectado en parte por pequeñas escorrentías del área jurásica.
- Urganiano de Auza Gaztelu, que drena en Osinberde.
- Urganiano del Domo de Ataun, sin ninguna surgencia ni aparato kárstico reseñables.

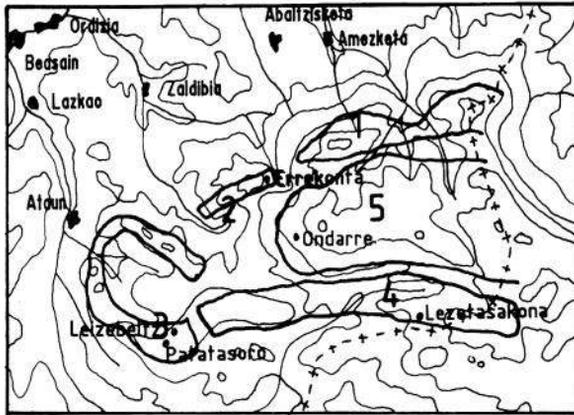


Figura 2: La sierra de Aralar en su vertiente guipuzcoana y sus unidades hidrogeológicas. 1, Urganiano Norte; 2, Urganiano de Auza Gaztelu; 3, Urganiano del Domo de Ataun; 4, Urganiano Sur; 5, Jurásico Central.

- Urganiano Sur, el aparato con mayores conductos subterráneos descubiertos hasta la fecha.
- Jurásico Central, con tres surgencias, la más importante es Osinberde, mientras que existen áreas que drenan en Bonbatxulo-Urtxikiain y en Ugari. Las labores que tiendan a individualizar en superficie las cuencas de estos manantiales están todavía en sus primeras fases, por lo que nos referimos al Jurásico como única unidad, si bien sabemos que ha de subdividirse en, al menos, tres unidades hidrogeológicas.

2. OBJETIVOS

Ante la magnitud de un estudio que abarca la totalidad de las cavidades del sector, es necesario optar por elegir las más representativas en función de sus proporciones. Si bien una cavidad, por grande que sea, no es más que una parte del drenaje (actual o subactual) de una zona determinada del karst, podemos considerar este muestreo, tanto por su dispersión espacial (más o menos regular en el conjunto de la Sierra), como por su número, como válido para aproximarnos a una realidad objetiva.

Se ha intentado, por lo tanto, realizar una cartografía morfológica de las siguientes cavidades:

- Errekonta Errekako Leizea. Cavidad vertical de 260 m. de desnivel y 1.000 m. de desarrollo. Se ubica en el Urganiano de Auza Gaztelu y por ella se accede al conducto de drenaje (río subterráneo) de la zona.

- Leizebeltz. Sima de 320 m. de profundidad y más de 1.000 m. de desarrollo. Localizada en el límite del Urganiano Sur y el Urganiano del Domo, se encuentra todavía en fase de exploración. Su importancia radica en la estratégica

situación en la que se encuentra, es decir, nos hallamos en un lugar que muy posiblemente haya drenado hasta hace poco áreas del Urgoniano Sur, pero a la vez ha sido abandonada por la circulación hídrica y presenta fenómenos de quimio-litogénesis y clastificación de las galerías.

— Patatasoro Goeneko Leizea. Situada por encima de Leizebeltz, con la que casi llega a comunicar, representa un estadio evolutivo aún anterior de este karst. Su actividad hídrica es nula.

— Ondarreko Zuloa. Por esta cavidad se alcanza el río subterráneo del Jurásico pocos centenares de metros antes de drenar en Osinberde. La cavidad nos permite, hasta la fecha, el único conocimiento directo de un río jurásico.

— Lezetasakona X. Se trata de la más profunda cavidad de las 23 que se localizan en el valle de Akaitz Erreka (Urgoniano Sur), alcanzando 200 m. de desnivel muy rápidamente, aunque el paso se ve interrumpido por un enorme caos de clastos. La boca de la sima recoge una regata cuyas aguas alcanzan profundidad muy rápidamente en forma de cascadas del altura variable (de 10 a 60 m.).

El estudio de estas cavidades y la posterior plasmación en el plano de los fenómenos observados, permitirá una reconstrucción, en un solo golpe de vista, de todos los problemas morfológicos que interesen, situados, además, en un contexto morfoestructural.

La labor que pretendemos seguir en un futuro, aparte de seguir cartografiando un mayor número de cavidades a partir de los datos obtenidos hasta ahora, trataría de cuantificar y analizar los diferentes aspectos geomorfológicos y llegar a una interpretación más profunda de los mismos.

3. METODOLOGIA DEL TRABAJO

3.1. En gabinete

Para la realización de esta cartografía, cuya base principal se refiere a la interpretación de los diferentes fenómenos observables y su plasmación mediante signos convencionales, nos basamos en las propuestas de J.S. DELANNOY (1981).

A este respecto cabría señalar el porqué de no haber admitido los trabajos realizados por algunos autores y karstólogos norteamericanos, como J. SCHROEDER (1972). La escuela del nuevo continente, a nuestro entender, ha mejorado sustancialmente los signos convencionales, especialmente los referidos a la topografía, propuestos por la U.I.S. (Unión Internacional de Espeleología). Esto es un mérito que no se puede negar. Sin embargo, la concepción del karst de nuestros colegas americanos, y concretamente la de los aspectos geomorfológicos, está encuadrada en una visión estática que contempla exclusivamente los tipos de karst que se dan en sus latitudes.

En el marco de nuestro trabajo, al igual que la escuela francesa, no podemos admitir el paisaje (aunque sea el paisaje endokárstico) como un elemento fijo,

sino como el resultado de una serie de equilibrios precarios de orden estructural, bioclimático, etc..., y susceptibles de variar en la medida en que varíen los factores que influyen en los mismos. De ahí nuestra visión dinámica de los fenómenos geomorfológicos.

Por otra parte, siguiendo con esta conceptualización, y en otro orden de cosas, podríamos definir la utilidad de la cartografía morfogenética de las cavidades esencialmente circunscrita a «desaislar» la información de distinto orden que poseemos en referencia a una cavidad. En efecto, si la topografía muestra el desarrollo espacial de un fenómeno, la distribución asimismo espacial de los diferentes aspectos morfogénicos (contexto morfoestructural, procesos mecánicos o aspectos hidrogeológicos) no acostumbra a plasmarse en un marco conjuntivo, es decir, encontramos una información veraz pero aislada y no interconexionada. De ahí la necesidad de trabajar en una cartografía morfogenética que conecte todos los elementos y fenómenos de una cavidad.

Desde esta óptica es desde donde abordamos el estudio de la morfogénesis endokárstica aplicándolo a un karst de media montaña como el macizo de Aralar.

3.2. En campo

En lo referente a la metodología de campo, es decir, a la exploración del endokarst y la toma de datos de campo, se han descendido las diferentes simas con el equipo humano y material de la Sección de Karstología de la Sociedad de Ciencias Aranzadi. Algunas de las cavidades, han sido cartografiadas en una sola visita (como Patatasoro Goeneko Leizea). Otras, sobre todo las de más desarrollo vertical, han precisado un equipo más numeroso de personas y varias salidas de campo (Errekonta Errekako Leizea).

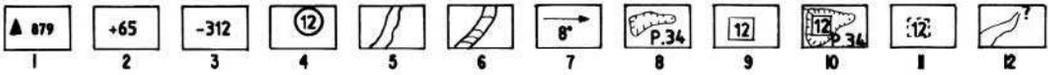
Uno de los mayores problemas que presenta cualquier tipo de trabajo y toma de datos en el endokarst es lo extremadamente agresivo que se muestra el medio. A la indudable presión psicológica a que se ve sometido el investigador (presión que varía en función de su propio autocontrol, el entrenamiento y experiencia que posea, y las características de la cavidad como su profundidad y dimensiones de las galerías), existen otros factores de tipo físico como humedad, oscuridad, frío,... que terminan con la más férrea voluntad en pocas horas. A ello añadimos la dificultad que presenta la toma de datos (libretas mojadas, lápices que no escriben, manos embarradas,...) derivada precisamente de las duras condiciones que imperan en el endokarst.

4. LA CARTOGRAFIA ESPELEOMORFOLOGICA Y ESPELEOGENETICA

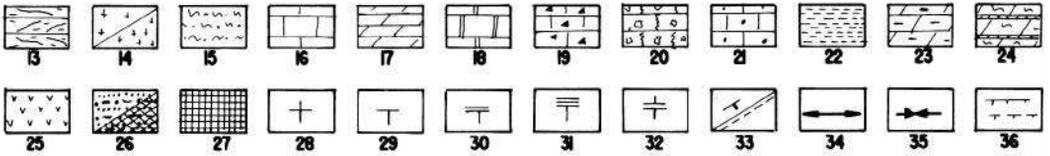
Para la realización de esta cartografía ya hemos indicado que nos basamos en los signos convencionales propuestos por J.S. DELANNOY, autor que recogió y completó en su tesis doctoral los diferentes signos, sobre todo los utilizados por C. EK (1969) (también en una tesis doctoral sobre exo y endokarst) , y por la U.I.S.

Delannoy propone abarcar los siguientes aspectos en la cartografía (fig. 3):

I-TOPOGRAFIA

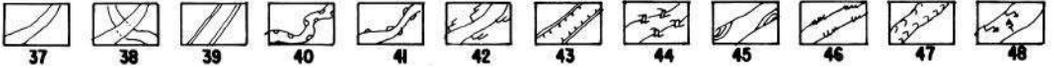


2.-CONTEXTO ESTRUCTURAL

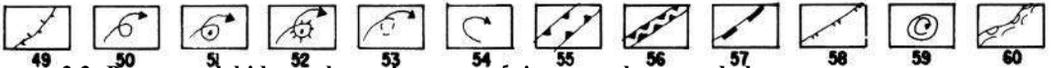


3.-PROCESOS MORFOGENETICOS

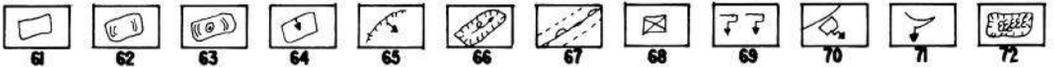
3.1.-Morfología de las galerías



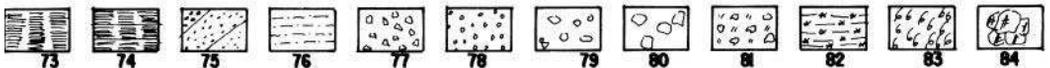
3.2-Procesos debidos a la acción de las aguas



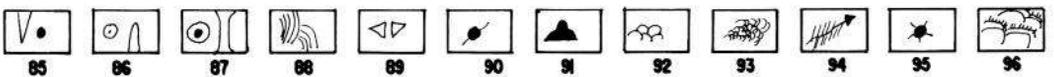
3.3.-Procesos debidos a la acciones mecánicas y a la gravedad



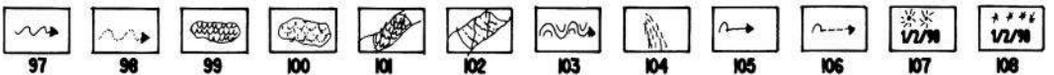
3.4.-Rellenos



3.5.-Concrecionamiento



4.-HIDROLOGIA



5.-METEOROLOGIA

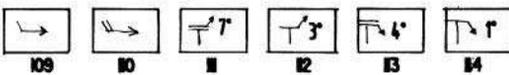


Figura 3: Signos convencionales propuestos por J. Delannoy. Los planos de las cavidades cartografiadas se amoldan a los mismos.

1. Topografía

1 = Altitud absoluta, 2 = altitud relativa (positiva), 3 = altitud relativa (negativa), 4 = altura de la bóveda, 5 = galería, 6 = isohipsas, 7 = inclinación del suelo, 8 = pozo con su profundidad en metros, 9 = chimenea con su altura, 10 = pozo y chimenea, 11 = chimenea con altura estimada, 12 = continuación no conocida.

2. Contexto estructural

13 = esquistos, 14 = granito, 15 = Gneis y otras rocas metamórficas, 16 = caliza masiva, 17 = caliza en placas, 18 = caliza arrecifal, 19 = brechas con nódulos de sílex, 20 = caliza brechoide, 21 = dolomías, 22 = margas, 23 = caliza margosa, 24 = caliza areniscosa, 25 = yeso, 26 = arenisca, 27 = toba, 28 = buzamiento subhorizontal, 29 = buzamiento inferior a 45° aproximadamente, 31 = buzamiento superior a 45°, 32 = buzamiento subvertical, 33 = flexión en el buzamiento, 34 = eje de anticlinal, 35 = eje de sinclinal, 36 = falla o diaclasa (comprobada y supuesta).

3. Procesos morfológicos

3.1. Morfología de las galerías:

37 = galería, 38 = cruce de galerías, 39 = conducto forzado, 40 = meandro, 41 = laminador, 42 = diaclasa, 43 = galería en conducto forzado sobreexcavado, 44 = paredes lapiazadas, lenar inverso, 45 = paredes concrecionadas, 46 = vermiculaciones arcillosas, 47 = golpes de gubia, 48 = galerías con paredes desprendidas.

3.2. Procesos debidos a la acción de las aguas.

49 = canal de bóveda, 50 = marmita de gigante, 51 = marmita no funcional, 52 = marmita elevada respecto al conducto activo, 53 = marmita desmantelada, 54 = cuenca de caída de la cascada, 55 = cañón, 56 = sobreexcavación en diente de sierra, 57 = reexcavación en el relleno con reborde abrupto, 58 = idem con reborde suave, 59 = cúpula de corrosión, 60 = excavación por erosión mecánica.

3.3. Procesos debidos a acciones mecánicas y a la gravedad.

61 = bloque derrumbado, 62 = idem con concreción anterior a la caída, 63 = idem con concreción posterior a la caída, 64 = bloque desprendido, 65 = nicho de despeque, 66 = fondo de galería, antiguamente activa, hoy desmantelada, 67 = eje de la bóveda de equilibrio, 68 = chimenea de equilibrio, 69 = fisuras de decompresión, 70 = bloque desprendido de la pared, 71 = hendidura de desprendimiento (en la pared), 72 = suelo estalagmítico desmantelado.

3.4. Rellenos.

73 = arcilla, 74 = arcilla varvada, 75 = arena (gruesa, media, fina), 76 = limo, 77 = brechas, 78 = pudingas, 79 = grava, 80 = bloques, 81 = material debido a una fragmentación mecánica, 82 = terra rossa, 83 = guano, 84 = tolva.

3.5. Concrecionamiento.

85 = estalactita, 86 = estalagmita, 87 = columna, 88 = colada, 89 = banderas, 90 = concreción rota, 91 = concreción en doble generación, 92 = gours, 93 = suelo-colada estalagmítica, 94 = caudal de río (fondo), 95 = goteo y concreción, 96 = gours en gradas.

4. Hidrología

97 = curso perenne, 98 = curso temporal, 99 = lago perenne, 100 = lago temporal, 101 = sifón, 102 = sifón temporal, 103 = torrente, 104 = cascada, 105 = relación hidrológica probada, 106 = relación hidrológica supuesta, 107 = hielo (con fecha), 108 = nieve (con fecha).

5. Meteorología

109 = corriente de aire débil, 110 = corriente de aire fuerte, 111 = temperatura máxima del aire, 112 = temperatura mínima del aire, 113 = temperatura máxima del agua, 114 = temperatura mínima del agua (en todos estos casos se indicará la fecha de observación).

1. Topografía (en negro)

Inspirada en los signos convencionales de la U.I.S.

2. Contexto estructural

En función del origen del material donde se encaja la cavidad, se introduce diferente color:

- beige claro, macizo paleozoico.
- naranja, volcánico.
- rojo, rocas sedimentarias del Secundario y del Terciario.

La tinta será más o menos oscura en función de la resistencia de la roca. Por ejemplo, el color será más claro para una caliza margosa que para una facies masiva.

3. Procesos morfogenéticos

3A. Procesos debidos a la acción de las aguas.

- a1. Acciones mecánicas de las aguas. Serán representados en verde todos los fenómenos debidos a las acciones mecánicas de las aguas (rellenos, reexcavaciones, materiales fluviales...).
- a2. Acciones corrosivas del agua. Se representarán en azul oscuro todas las figuras morfogenéticas debidas a una acción de la corrosión (lapiaces de techo y pared, cúpulas de corrosión,...).
- a3. Fenómenos de concrecionamiento. Los procesos en relación con el concrecionamiento serán dibujados en violeta.

3B. Procesos debidos a fenómenos de gravedad y mecánicos. Todos éstos figurarán en marrón oscuro.

3C. Las galerías en su contexto hidrogenético. Los colores introducen la distinción entre las galerías según su funcionamiento hidrogeológico actual:

- Rojo para las galerías activas
- Negro para las galerías abandonadas por las aguas
- Amarillo para las galerías temporalmente ocupadas por el agua.

Se delinearán con estos colores las líneas que marcan el borde de las galerías.

4. Hidrología

Se representará en azul lo concerniente a la hidrología (cursos de agua, lagos, sifones, cascadas, hielo, nieve).

5. Meteorología

Las corrientes de aire, temperatura del aire, agua, pared, etc... se representarán mediante el color negro.

5. RESULTADOS OBTENIDOS

Se ha realizado la cartografía morfogenética de cinco cavidades a una escala que varía, en función de la cantidad de información, entre 1/500 y 1/1.000.

Todos los fenómenos estudiados presentan ciertas características comunes. Por un lado, el papel jugado por la estructura y la tectónica local, factores que determinan fundamentalmente la dirección, dimensiones y morfología de las secciones de las galerías. La litología influye especialmente en aspectos como el tamaño de estas galerías o los procesos elásticos. Otro tipo de factores, como los hidrológicos, presentan una impronta particular en cada una de las cavidades en función de sus características propias.

Los dos fenómenos mejor estudiados y que más jugosos resultados han ofrecido son Patatasoro Goeneko Leizea y Ondarreko Zuloa. La mayor parte de la información de la que partimos se obtuvo de los archivos de la Sección de Karsología de la Sociedad de Ciencias Aranzadi, aunque luego haya sido corroborada y comprobada por nosotros en las sucesivas salidas de campo.

5.1. Patatasoro Goeneko Leizea

La cavidad se abre en la cota 745, a través de una sima-diaclasa de 4 x 1 m. y 12 m. de profundidad. A partir de ahí, una galería de 10 x 15 m. que tras un recorrido de 90 m. nos lleva a una bifurcación. Hacia el SW se extienden 400 m. de galería suavemente descendentes en un principio, y descensos y ascensos irregulares en su parte más alejada. En este sector, donde se alcanza el punto más bajo de la cavidad, abundan los rellenos y las formaciones quimiolitogenéticas hasta el punto de que colmatan la continuación de las galerías.

Hacia el Nw, a partir de la bifurcación, progresa una galería de 300 m. de largo de 15 x 20 m. de dimensión media. El suelo se encuentra tapizado por un caos de bloques elásticos.

El tramo superior (boca y galería NW), forma una unidad: una galería única, sensiblemente recta y con gran desarrollo de procesos elásticos. Sólo en unos pocos lugares se observan coladas y formaciones quimiolitogenéticas. El suelo verdadero no es visible, ya que se halla oculto por el caos de bloques. Hacia la zona más alejada de la boca (la más alta), abundan las arcillas de decalcificación, llegando a formar algunos rellenos.

En el tramo inferior (SW), predomina la litogénesis: coladas parietales, suelos estalagmíticos y gran variedad de gours, algunos de cierto tamaño. Las estalactitas y estalagmitas de esta zona presentan huellas de haber estado sumergidas. Cabe destacar que este proceso litogenético alcanza gran espesor, e indicios vi-

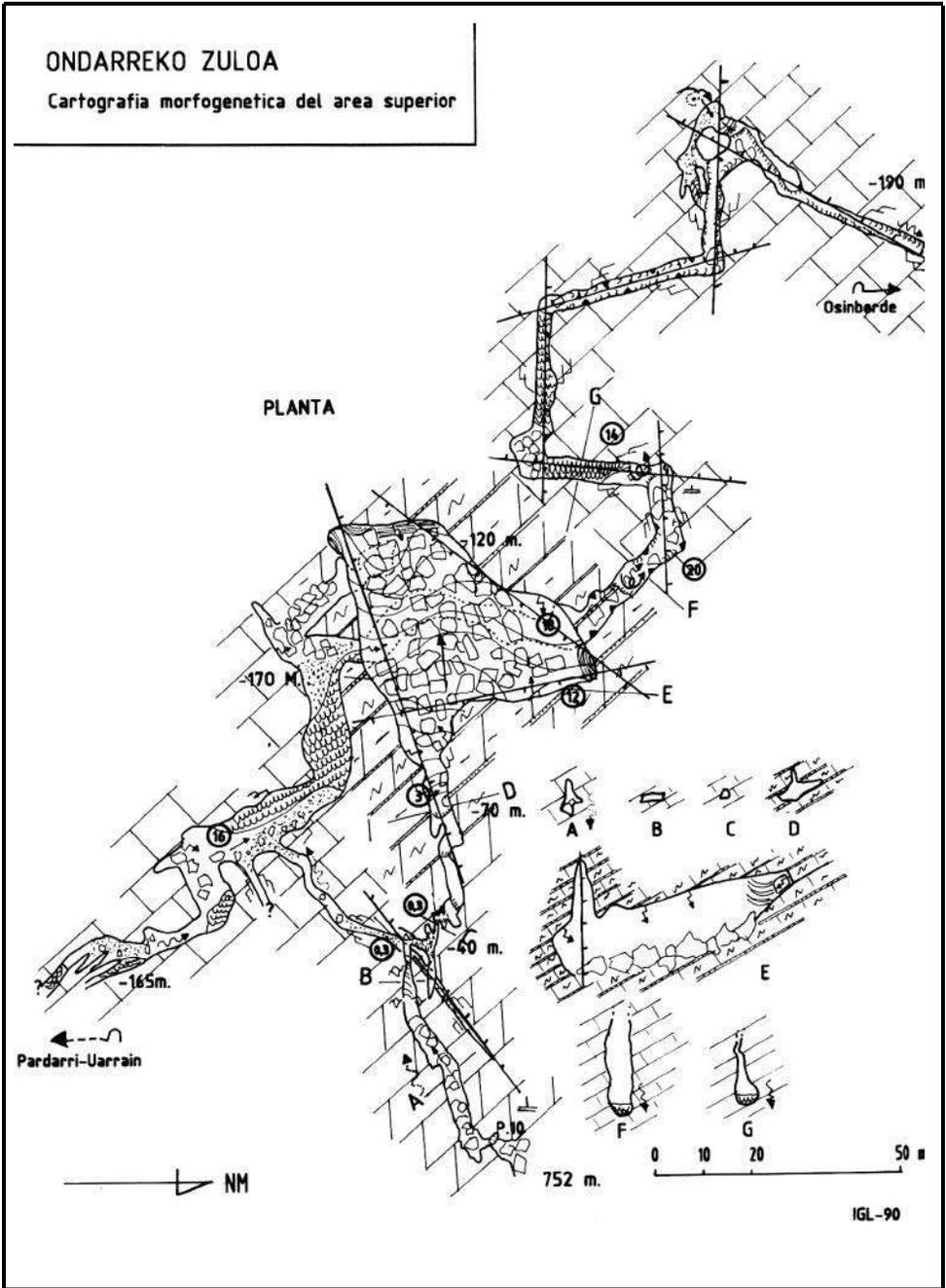


Figura 4: Cartografía morfogenética de Ondarreko Zuloa. El dibujo está aquí representado en blanco en negro y no en colores tal como se ha realizado el original, ya que únicamente se pretende mostrar el tipo de cartografía resultante. Los planos originales se encuentran a disposición de quien se halle interesado en las oficinas de Eusko Ikaskuntza en Donostia.

sibles en varios puntos parecen indicar el enmascaramiento de los restos subyacentes de un proceso elástico anterior. debido a este recubrimiento es difícil aventurar algo sobre la génesis de la galería. Ya que las bóvedas se encuentran redondeadas por hallarse cerca de su perfil de equilibrio (característico de una cavidad madura), no es claro distinguir el buzamiento de los estratos, pero parece lógico suponer que la cavidad se extiende sobre planos de estratificación y con una orientación según el sistema local de diaclasas.

Genéticamente, debe haber existido una cavidad por debajo del suelo actual, posteriormente ensanchada como consecuencia de los procesos quimioclásticos que se observan en la actualidad, elevando las bóvedas y también el suelo por acumulación de bloques. Una tercera fase sería el relleno quimiolitogénico en la parte inferior y la ampliación del proceso elástico superior.

A pesar de no existir (o por lo menos no haberse localizado) una comunicación directa con Leizebeltz, parece que las dos cavidades mencionadas forman una sola unidad local, en la que Patatasoro Goeneko Leizea jugaría el papel de primitiva galería, o resto de un estadio anterior en el desarrollo endokárstico. Por debajo, y en la actualidad, se localizan las galerías de Leizebeltz, formadas en tanto en cuanto el proceso kárstico alcanza mayor profundidad, a su vez dispuestas en varios pisos.

5.1. Ondarreko Zuloa

Su boca se abre a 752 m. de altura sobre el nivel del mar. Estructuralmente, la red de galerías presenta largas rectas y ángulos muy marcados que evidentemente siguen la orientación del diaclasado local. Estas diaclasas son muy visibles en todo el trayecto del río, y en menor medida en la zona superior. Este desarrollo de sistemas de diaclasas complejos, con orientaciones muy diversas no debe de extrañar si tenemos en cuenta que la cavidad se abre en una zona muy torturada tectónicamente.

No obstante, el buzamiento de los estratos también juega un papel. El buzamiento medio en la zona es de 40 W, aunque por encontrarse en una zona periclinal, a medida que nos acercamos a la falla de Pikoeta, se va haciendo más pronunciado el buzamiento. Desde la boca hasta el fondo de la gran sala, la cavidad se excava en la intersección de las diaclasas E-W con los planos de estratificación, en los que va profundizando. Esto es apreciable en el perfil general de la bóveda. El río subterráneo, hasta la cota de -200, corre en cambio a expensas de diaclasas verticales muy desarrolladas que definen la dirección de la galería sin apenas profundizar en los estratos. De ahí hasta el sifón terminal la dirección está más en función del buzamiento, y la curvatura que describe el eje de la galería se corresponde a grandes rasgos con el desplazamiento de la dirección del buzamiento que experimentan los estratos del cierre periclinal en la proximidad de la falla de Pikoeta.

Las cascadas verticales que se encuentran a lo largo del cauce del río corresponden, a nuestro entender, a cortes en los paquetes de estratos debidos a la in-

tersección de diaclasas. En la zona final se observa toda una rampa colgada, conforme al buzamiento, que debe corresponder a un nivel anterior de la circulación de las aguas.

Geológicamente, la cavidad se encuentra excavada en varios niveles de la serie estratigráfica. Desde la boca hasta la vertical de -15 (acceso a la sala) se presentan calizas grises. Entre este punto y el fondo de la sala, alternan calizas areniscosas y margosas. La edad del conjunto es Oxfordiense superior-Kimmeridgiense. A continuación siguen calizas grises, cada vez más oscuras y más compactas (Oxfordiense medio-superior). Ya hacia el interior (río abajo), pasamos a calizas negras compactas, en parte dolomíticas, de edad Calloviense medio-inferior. El conjunto de terrenos atravesados por el desarrollo de la cavidad comprende por ello casi todos los estadios de la serie caliza del Jurásico superior.

Morfológicamente se observan otra serie de fenómenos. En la zona anterior a las gateras de entrada, se da un proceso elástico que enmascara la morfología anterior a la vez que eleva la bóveda. Ya en las gateras, se observan huellas de un antiguo funcionamiento freático: un pequeño lenar inverso de corto desarrollo.

En la vertical de 15 m. (acceso a la sala), la litología varía y los estratos son más deleznable, margoareniscosos, con estratificación en hojas. De su poca consistencia se deriva un suelo irregular con bloques de mayor o menor tamaño y gravas. La bóveda de la sala no es más que la continuación de la galería por la que se accede a ella, se da una continuidad en el perfil del techo casi desde la boca hasta el fondo de la sala, perfil que sigue, profundizando paulatinamente, el buzamiento de los estratos.

Todo el suelo de la sala se encuentra tapizado de clastos de diversos tamaños, algunos de dimensiones respetables. Lo que más llama la atención, junto a ello, es la existencia de arenas y cantos rodados de tamaño muy variable dispuestos entre los bloques. Este cúmulo de sedimentos aluviales parece corresponder al suelo de las antiguas galerías de génesis freática hundidas por el proceso clástico, que volvieron a sedimentarse, irregularmente entre el caos de bloques.

Una vez en el río, debajo de este caos clástico que une la galería del mismo con la sala superior, la litología corresponde a series calizas cada vez más oscuras y compactas. En toda la galería del río son apreciables formas de erosión, sobre todo golpes de gubia y marmitas de gigante, a la vez que escasean los depósitos de sedimentos. En algunos tramos existen bloques poco rodados, seguramente desprendidos de la misma bóveda, mientras en el fondo de las marmitas se acumulan cantos rodados de tamaño medio que rellenan radialmente el contenido de las mismas, generalmente de origen alóctono (calizas blancas, posiblemente arrastradas desde los niveles superiores del Kimmeridgiense).

En la zona subhorizontal final, en las cercanías del sifón, con la circulación hídrica con menor capacidad de arrastre, aparecen depósitos de arcillas y cantos rodados heterométricos.

Las formaciones quimilitogenéticas están prácticamente ausentes en todo el tramo recorrido de la cavidad. Únicamente aparecen en las galerías colgadas del río y en algunos laterales de la sala. Más notables son algunas microformaciones grises de tipo «flores», parecidas a las que se dan en régimen freático o semifreático pero que en este caso deben de ser de origen aéreo cuya génesis la podemos asociar a fenómenos de capilaridad y evaporación de pequeñas masas de agua muy ricas en carbonatos. Se presentan sobre todo en las partes más altas de las galerías del río, tapizando a veces las paredes de la cavidad.

En resumen, en Ondarreko Zuloa se puede hablar de una zona de entrada con gateras y galerías con una génesis freática, una zona intermedia con una morfología elástica, y una zona inferior, de río, o subhorizontal. Los procesos fosilizantes y quimiolitogenéticos están únicamente presentes en ciertas zonas, especialmente en las galerías colgadas abandonadas por las aguas del río.

6. CONCLUSIONES

La aplicación del modelo de signos convencionales para una cartografía morfogenética del karst profundo propuesto por J. DELANNOY ha dado satisfactorios resultados en la experiencia que se ha realizado en un muestreo de cavidades de Aralar.

Al abordar este trabajo se plantearon dos principales problemas. El primero se refería a las dificultades de todo tipo que podríamos encontrar al realizar la labor de campo (en el interior de ciertas cavidades de Aralar), pero fue resuelto gracias a la experiencia de los miembros de la Sección de Karstología de la Sociedad de Ciencias Aranzadi.

El segundo problema era más de orden metodológico, al tratar de adaptar una serie de signos convencionales que plasmasen convenientemente la realidad geomorfológica del endokarst. Realizada una búsqueda bibliográfica sobre el tema, se localizaron una serie de trabajos, entre los que destaca el ya citado de J. DELANNOY. La leyenda propuesta por este autor se encuentra realmente elaborada, de forma que todos los fenómenos que hemos podido constatar en el interior de las cavidades han podido reflejarse de acuerdo a sus propuestas.

En cualquier caso, la crítica que se hace a todo mapa geomorfológico es extensible a estos trabajos: profusión de signos que llegan a hacer incomprensible un mapa y dispersión de criterios a la hora de reflejarlos. El primer aspecto únicamente se puede solucionar a base de utilizar este tipo de mapas, es decir, así como un mapa geológico o de clases agrológicas presenta una enorme complejidad para el profano, no es sino el técnico en la materia, a quien, por otra parte, va dirigido el mapa, quien lo va a interpretar correctamente. Y respecto a la falta de criterios uniformes, nos encontramos ante un problema que precisa una urgente solución. Nuestra opinión ha quedado clara en este sentido: admitimos las propuestas francesas, aunque consideramos la necesidad de determinar oficialmente la cartela de signos convencionales que debe de acompañar a este tipo de trabajos.

Finalmente, no queda sino resaltar la importancia que tiene en este tipo de trabajos la labor de los espeleólogos. Muchos investigadores se encuentran con una imposibilidad real para acceder a ciertas zonas del endokarst, labor no muy sencilla a veces, y es en los espeleólogos donde van a encontrar una fuente de información de primera mano y una ayuda inestimable. Este tipo de cartografía es relativamente fácil de realizar teniendo una mínima cualificación, hecho que es bastante corriente entre los espeleólogos de Euskal Herria.

7. BIBLIOGRAFIA

- ARANZADI, Sociedad de Ciencias, Sección de Espeleología, (1978): «El río subterráneo de Ondarre y la Karstificación en la Sierra de Aralar» *Munibe*, 30, pp. 257-282.
- ARANZADI, Sociedad de Ciencias, Sección de Karstología, (1947.1988): Archivos propios.
- ASTIGARRAGA, J.J. Y ETXEBERRIA, F., (1980): El Urganiano Sur de la Sierra de Aralar. *Munibe* 3-4 1980. San Sebastián.
- BLEAU, M.D., (1984): *Morfología carstica*. Ed. Stiinfica, Bucarest. 590 p.
- DELANNOY, J., (1978): *Recherches géomorphologiques sur lapartie orientale de la carte au 1/50.000 de Florac (Stude spécifique du karst)*. Memoire de Maîtrise, Institut de Géographie. Lille.
- DELANNOY, J., (1981): Pour une cartographie morphologique du karst de profondeur. *Speluncan*. 4 1981. Paris. pp. 16-21.
- DUVERNOIS, C., FLOQUET, M. Y HUMBEL, B., (1972): *La Sierra d'Aralar. Stratigraphie, Structure, Cartographie au 1125.000*. Tesis Doctoral, Universidad de Dijon. 264 p.
- ETXEBERRIA, et al., (1982): Estudio de las zonas kársticas de Guipúzcoa: el Urganiano de Auzaztelu. *Munibe* 3-4, 1982, San Sebastián.
- EK, C., (1969): *Facteurs, processus et morphologies karstiques dans les calcaires paléozoïques de la Belgique*. Thèse 3éme cycle. Lieja.
- FABRE, G. ET AUDETAT, M., (1978). *Signes spéléologiques conventionnels*. Assotiation Internationale des Hydrogéologues, Paris, 190 p.
- JAKUCS, L., (1977): *Morphogenetics of karst regions (variants of karst evolution)*. Adam Hilger. Bristol. 284 p. 28.
- JENNINGS, J.N., (1971): *Karst, an introduction to Systematic Geomorphology, Volume Seven*. M.I.T. Press, Cambridge-Massachusetts-London. (Printed in Australia, Sydney).
- NICOD, J., (1972): *Pays etpaysages du calcaire*. P.U.F., Paris, 244 p.
- FUCH, C., (1986): «La sima de Juana Herranz II», en MARTINEZ DE PISON, E. (director), et al. (1986): *Atlas de Geomorfología*.
- RAT, P., (1956): *Les Pays crétacés basco-cantabriques*. Publ. Univ. Dijon, T. XVIII. 525 p.
- RENAULT, Ph., (1970): *La formation des cavernes*. Coll. Que sais-je? n. 1400. P.U.F., Paris, 127 p.
- SCHROEDER, J., (1972): Découvertes de grottes dans le premier canyon de la Nahanni Sud, Territoires du N.W., Canada. *Révue de Géographie de Montréal*. n. 4, pp. 433-446.
- UGARTE, F.M., (1983): *Recherches géomorphologiques dans le karst d'Aralar-Mendi*. Thèse 3éme cycle. Univ d'Aix-Marseille.