

**GEOMORFOLOGIA DEL KARST  
DE LA SIERRA DE ARALAR**

**(Cuenca Cantábrica)**

FÉLIX UGARTE

## **A. INTRODUCCION**

- a) Resultado de un trabajo en equipo.
- b) Las investigaciones geomorfológicas están aún en sus inicios, no existen por tanto resultados exhaustivos.
- c) Dificultades para la investigación geomorfológica en la región.
- d) Se trata de una investigación geomorfológica, no exclusivamente espeleológica no hidrogeológica.
- e) La delimitación del espacio estudiado: el por qué de la Cuenca Cantábrica.

## **B. EL TIPO DE INVESTIGACION A REALIZAR**

- B.1. El clima y los paleoclimas Cuaternarios.
- B.2. La estructura geológica.

## **C. EL EXOKARST Y LA MORFOLOGIA DE SUPERFICIE**

- C.1. Las formas estructurales.
- C.2. El exokarst.
- C.3. Los recubrimientos superficiales.

## **D. EL ENDOKARST, SU RELACION CON LA EVOLUCION MORFOGENETICA CUATERNARIA.**

## **E. LA MORFOGENESIS ACTUAL EN ARALAR. ALGUNOS EJEMPLOS.**

## A. INTRODUCCION

a) Trabajo en equipo. Aunque en el programa del Curso esta charla aparece a nombre de una sola persona, es evidente que los trabajos e investigaciones que se han efectuado y están en trance de consumarlo, son debidos a un equipo de personas, concretamente a la Sección de Espeleología de la S.C. Aranzadi. Y dificilmente puede ser de otra forma en este tipo de trabajos referentes al karst, por su complejidad y el esfuerzo que requieren a la hora de obtener datos del endokarst (de los fenómenos subterráneos en general).

Por tanto este trabajo y los que estamos realizando sobre el mismo tema (algunos de ellos publicados), son el resultado de una labor de equipo, con varios años de desarrollo en el tiempo, aunque con mayor intensidad de trabajo en la actualidad, por la necesidad de ofrecer resultados.

b) El contenido de esta charla va a ser necesariamente restringido; restringido en la densidad de su temática y sobre todo en sus conclusiones. Ello es debido a que las principales investigaciones referentes a la evolución morfogenética de Aralar en el Cuaternario, análisis de su principales formaciones detríticas superficiales, etc.; están en trance de realización y, por tanto, no existen resultados.

c) Dificultad de los estudios geomorfológicos en el ámbito del País-Vasco cantábrico.

Evidentemente todos aquellos que se interesan por la investigación geomorfológica entre nosotros, estarán de acuerdo en afirmar que a diferencia de otras zonas europeas, este tipo de trabajos (integrantes de las disciplinas de las llamadas Ciencias de la Tierra y estudiadas desde distintos ámbitos) posee una dificultad complementaria aquí, proveniente de la escasez de trabajos realizados a los cuales hacer referencia. Tengo anotados unos cuantos trabajos que son prácticamente los únicos, que suministran información sobre la evolución morfogenética Cuaternaria, con su correspondiente correlación cronológica.

VIERS G., publicó su tesis sobre «El relief des Pyrenées occidentales et de leur piémont» en el año 1960. Fue uno de los primeros trabajos importantes que abarcaba toda la zona pirenaica desde Zuberoa hasta Laburdi, incluyendo las cuencas de los ríos pirenaicos y la zona litoral correspondiente.

SANTANA AGUILAR R., investigó sobre la cuenca del Urumea y Bidasoa, publicando su trabajo en la Universidad de Burdeos en 1966: «Géomorphologie des bassins de la Bidasoa et de l'Urumea».

HAZERA J., en 1968 publicó en MUNIBE un resumen de su tesis: «La région de Bilbao et son arrière pays», ocupándose del N. de Burgos, límite con Vizcaya y gran parte de esta provincia.

Desde el punto de vista exclusivamente sedimentario, HERNANDEZ-PACHECO y ASENSIO-AMOR, realizaron varios trabajos en zonas litorales: Baquio, ría de Guernica... Trabajos que aportan interesantes datos sobre los últimos episodios del Cuaternario.

El laboratorio de Prehistoria (Pfr. Altuna y colaboradores) de la S.C. Aranzadi, es el que más aportaciones ha realizado últimamente sobre dataciones absolutas, a través de análisis sobre restos prehistóricos. Con la salvedad de que todo ello queda restringido a unas áreas muy estrictas: refugios y cuevas en zonas calizas.

No hago mención a otros trabajos puesto que me estoy refiriendo al ámbito cantábrico exclusivamente, aunque naturalmente hay lagunas en la información dada.

Además de esta escasez de investigaciones, existe otro problema importante: la escasa representación de depósitos detríticos cuaternarios (susceptibles de evaluación morfoclimática y cronológica), consecuencia del perfil extremadamente agudo de nuestros valles y de la topografía en general, incluyendo la fuerte pendiente de nuestro sistema fluvial, que ha eliminado en buena parte los testigos de épocas pretéritas. Las terrazas y depósitos de vertiente de cierta importancia, son la excepción en nuestro ámbito, al contrario de lo que sucede en otras zonas (es el caso de la Meseta o las zonas Mediterráneas). En cuanto a los depósitos que restan, pertenecen en gran parte, a los últimos episodios del Cuaternario.

d) Hemos de aclarar desde el primer momento que esta charla y el proyecto de trabajo del que está extractado, no tiene un enfoque espeleológico ni hidrogeológico. En todo caso, aprovecha del primero las informaciones necesarias para conocer lo mejor posible el endokarst y del segundo, los datos referentes a la hidrodinámica en los sistemas kársticos, con el objeto de integrarlos en una investigación geomorfológica que tiene sus propios objetivos: describir procesos y mecanismos de la morfogénesis y tratar de explicar la evolución Cuaternaria de la morfología en la región. Si esto último es posible, dada la escasez de información existente.

e) El ámbito de la información se circunscribe a la Sierra de Aralar correspondiente a la Cuenca Cantábrica. Por varios motivos: 1) La informa-

ción espeleológica que poseemos es muy rica e intensa en lo que respecta al Aralar guipuzcoano, mientras que en la parte navarra esta información es más escasa, debido a la distinta programación de los trabajos de ambos lados y no por otras causas. Esta disimetría en la información referente al endokarst podría provocar fallos metodológicos, etc., que se haría sentir en el desarrollo y en el desenlace de los trabajos. 2) En segundo lugar, buena parte de Aralar E. pertenece a la cuenca del Ebro-Mediterráneo (a través de la cuenca del río Larraun y del río Arakil), ésto naturalmente impone un cambio de estrategia en el conjunto del trabajo y en el enfoque, puesto que nos referimos a un nivel de base muy dispar al anterior y a una región (a un espacio) con una historia geológica y geomorfológica ciertamente muy diferente.

Al respecto de la divisoria de la cuenca vertiente Cantábrico-Ebro, debemos de decir que aún está por establecerse. Tratándose de una zona caliza, con fuerte infiltración de aguas en el interior del karst (prácticamente el 100 %), la división superficial de la cuenca no nos dice nada y tenemos que referirnos obligadamente a una divisoria de cuencas hidrogeológica, que en estos momentos está sujeta a revisión a través de los trabajos de nuestros compañeros (Goikotxea I.) Sansinenea K. y otros) que han publicado algún trabajo al respecto.

Podemos adelantar un esquema de diferenciación de cuencas, que sería más o menos del siguiente tenor:

Lizarrusti, Alleko-pikoa, primera barra urgoniana hasta Larretxiki y posiblemente hasta Pago-Mari, Unako putsoa-Malloas-Azpiroz.

La actividad morfogenética es mucho más fuerte del lado cantábrico y las capturas hipogeas se están dejando sentir, sobre todo a través de la 1.<sup>a</sup> barra urgoniana.

f) Las principales características de Aralar desde una óptica geomorfológica:

- Divisoria de cuencas Cantábrico-Ebro, en una zona endorreica predominante, con amplia actividad de capturas hipogeas.
- Un macizo de montaña-media atlántico muy compacta, con una estructura geológica muy definida y con grandes valores didácticos, dada su claridad, para la enseñanza a distintos niveles.
- Un karst atlántico muy específico, por cuanto se desarrolla en el interior de varias unidades estructurales con formaciones litológicas muy karstificadas, que se encuentran aisladas entre sí, con la excepción que luego veremos. Estas unidades son la urgoniana arrecifal, la pararrecifal y el conjunto del núcleo jurásico.

Desde el punto de vista de la geomorfología kárstica posee además una gran riqueza de formas específicas, tanto en superficie como el de endokarst.

- Por último Aralar es el único conjunto montañoso de la zona vasco-cantábrica (excepto el Pirineo propiamente dicho) que posee restos (?) de depósitos fríos, léase posible morrenas.

## B. EL TIPO DE INVESTIGACION A REALIZAR

Dado el tipo de investigación que vamos a realizar, los ejemplos más representativos a este respecto se hallan en las publicaciones que se mueven en torno a la Assotiation Francaise de Karstologia, con amplia representación asimismo en Europa.

Participan en estos trabajos gentes procedentes de distintas disciplinas, fundamentalmente geomorfológicas y geológicas.

Para llevar a cabo nuestro objetivo, en principio tenemos que referimos obligatoriamente a dos factores fundamentales: el clima actual y los paleoclimas cuaternarios y la estructura geológica.

### B.1. El clima y los paleo-climas Cuaternarios

En lo que respecta al clima actual poco podemos decir de forma precisa y concreta, al menos a la escala precisa de la Sierra. Como se sabe o como se debería saber apenas existen estaciones climáticas de montaña y sin datos pocas cosas (realmente fundamentadas) se pueden decir.

Los datos referentes a la precipitación están en trance de ser investigados. En colaboración con el I.N.M. hemos colocado 5 pluviómetros totalizadores de montaña en diversas zonas de Aralar. Hasta el momento los resultados son exigüos (en lo que se refiere al período de toma de datos) y peor aún en cuestiones relativas a la calidad de los mismos ya que hemos detectado problemas técnicos que se refieren a:

- Posible falta de recogida de precipitaciones sólidas.
- Cierta evaporación, a pesar del líquido aislante.
- Problemas con las corrientes de aire que desvían, sobre todo en zonas culminantes con turbulencias, las precipitaciones.

El mapa pluviométrico de Aralar podría ser establecido, con ciertas interrogantes de la siguiente forma:

a) Obtenido por cálculos de correlaciones con estaciones situadas en la cuenca Cantábrica:

400 m.	1.590 mm./anuales.
700 m.	1.665 idem.
1.000 m.	1.740 idem.

b) Datos obtenidos a través de los pluviómetros totalizadores:

Artxal (Zaldibia)	505 m.	1.300 mm.
Lizarrusti	635 m.	1.700 mm.
Errenaga	1.267 m.	1.366 mm.
Guardetxe	1.045 m.	1.900 mm.

Es evidente que además del gradiente de altitud, las anomalías son manifiestas y están en relación fundamentalmente con problemas de orientación y relieve. Existen variados micro-climas que dependen de variables diversas (zonas de abrigo, vegetación, relación con los vientos húmedos, etc.).

En lo que se refiere a las temperaturas no existen hasta el momento datos directos.

Los datos térmicos referentes a Aralar se han obtenido por correlación, utilizando los parámetros de estaciones climáticas adyacentes. Según el gradiente de altura de esta zona se podría calcular de la siguiente forma:

$$t_{300} + h = t_{0-300} - \frac{0,72 h}{100} \quad h = \text{altura s.n.m.} - 300 \text{ m.}$$

Lo que da como resultado las siguientes líneas de isotermas:

400 m.	12,8° C.	de temperatura media anual.
700 m.	10,2°	idem.
1.000 m.	6,7°	idem.

Temperaturas de los meses más cálidos y más fríos:

	<u>Julio-Agosto</u>	<u>Enero</u>
400 m.	19,1° c.	6,5°
700 m.	16,5°	4,0°
1.200 m.	13,0°	0,4°
1.400 m.	12,0°	-0,5°

Con un coeficiente de nivación aún indeterminado, aunque en todo caso no existe un manto de nieve continuo en invierno. Según Viers, para los Pirineos occidentales la isoterma —3° C' sería el límite a partir del cual existe un manto de nieve continuo. Esta isoterma se corresponde a una altura superior a los 1.500 m. Lo que sí poseemos a este respecto, es una constatación cualitativa en el sentido de que el manto de nieve dura más en Aralar que en otros macizos circundantes, por ejemplo: la Sierra de Aizkorri.

La tasa de insolación es muy baja, en torno a 1.500-1.600 horas anuales, si tenemos en cuenta los datos de la estación de Aránzazu. Con una máxima anual en Junio-Julio-Agosto, que supone el 35% de la insolación total y la mínima en Diciembre-Enero-Febrero (con el 15% del total).

Aplicando una definición global, clasificaríamos el clima de Aralar como de MARITIMO FRESCO (según Papadakis) y como clima TEMPLADO OCEANICO de fachada occidental (Cfd) según Köppen, con ciertas matizaciones por su situación en altura.

*Paleo-climas Cuaternarios*

Hablar de esta cuestión es harto problemático dado que los trabajos están aún por realizarse y las referencias a zonas adyacentes son escasas, además de que estas referencias hacen mención a espacios de magnitudes diferentes y de difícil correlación.

Santana (autor ya citado), define de la siguiente manera los paleo-climas Cuaternarios en la región estudiada (Cuenca del Bidasoa-Urumea):

- Fin del Terciario. clima cálido y húmedo.
- Villafranquiense: semi-árido de dominancia cálida con grandes contrastes.
- Fase fría y húmeda. Crisis glaciár
- Fin de la crisis glaciár: clima seco y frío.
- Segunda y tercera crisis glaciár.
- Tardiglaciár.

Viers G., no está totalmente de acuerdo con Santana en esta evaluación paleo-climática y da su versión:

- Pre-Plioceno: climas áridos con reservas.
- Villafranquiense: semi-árido.
- Cuaternario antiguo: similar al anterior.
- Cuaternario reciente: a) Maximum glaciár (frío y húmedo).  
b) Tardiglaciár (frío y seco).
- Optimum climático atlántico.

Hazera se halla más o menos de acuerdo con Viers.

Kopp, un geólogo alemán, en un trabajo transcrito en MUNIBE (1965) por Gómez de Llarena, realiza un trabajo de evaluación climática comparando las temperaturas actuales de la Costa Vasca comparándolas con las de Islandia y sacando consecuencias sobre el clima correspondiente a la fase Wurm. Afirma en su trabajo que el clima correspondiente a esta zona sería de inviernos fríos, largos y bastante abundantes en nevadas con una temperatura media en Enero de  $-9$  y  $4^{\circ}$  en Julio, con 860 mm. de precipitaciones.

Nuestras propias observaciones no añaden más precisiones a las ya presentadas, por el momento, salvo decir que en unas recientes investigaciones que hemos efectuado en la cuenca del alto Deva, apenas hemos hallado depósitos correspondientes a climas fríos. Algunos restos de «grézes litées» que podría asimilarse a climas peri-glaciares y una datación importante realizada a través del hallazgo de industria paleo-lítica. Se ha podido datar como Tardiglaciár el depósito que cubre el fondo del valle actual, lo cual está de acuerdo con lo que afirmaban Viers y Santana sobre sus zonas respectivas.

En definitiva muchas incógnitas aún para desvelar:

- Condiciones morfo-climáticas del Cuaternario antiguo.



- La crisis glaciár: monoglaciarismo, poliglaciarismo, intensidad de las crisis, etc.
- ¿Es posible asimilar nuestra cronología a la cronología alpina?

Una investigación interdisciplinar es inexcusable para resolver estos problemas, debe de realizarse un trabajo en común entre climatólogos, prehistoriadores, geomorfólogos y cuatemaristas de distintas disciplinas, si de verdad se desea avanzar por un camino seguro.

## B.2. La estructura geológica

De la estructura geológica nos interesa fundamentalmente la litología (tipos de calizas, su contenido en carbonatos, disposición estratigráfica.. .) y la tectónica (fisuración, tipos de fallas y diaclasas, conformación estructural).

Estos dos aspectos han sido exhaustivamente tratados por Soler y José R. (año 1971, Boletín Geológico y Minero) y por Floquet, Duvernois y Humbel, de la Universidad de Dijon (1972). De ellos hemos obtenido las informaciones necesarias.

Desde el punto de vista macro-estructural, Aralar pertenece al conjunto que Aubouin y Rat (1968) llaman «cadena intra-cratónica Cántabro-Pirineos-Provenza», y en la cual el País Vasco y justamente la zona de Aralar, forman el límite W de los Pirineos.

Rat y Floquet (1975) hablan del «arco plegado vasco» cuando se refieren a todo el conjunto de estructuras sedimentarias de la zona vasco-cantábrica cuya dirección predominante es NW-SE-E. Más exactamente en el caso de Aralar estos autores dan la siguiente definición:

«La estructura actual de Aralar expresa entre otras cosas un pliegue-serrage (a presión) de la serie mesozoica, sin participación aparente del zócalo, un glissement (deslizamiento) de esta serie hacia el N con una especie de bloqueo hacia las dos extremidades y una subida casi extrusiva del núcleo calizo en el seno de un conjunto arcillo-areniscoso.

Globalmente, el estilo extrusivo está en relación con la existencia de calizas bastante rígidas o formando masa compactas (aprés serrage) situadas en un verdadero embalaje de material plástico: arcillas de Jeuper (debajo), series para-urgonianas lateralmente». Para Floquet y otros (1977) Aralar «es una estructura pesada en conjunto que corresponde a un pliegue anticlinal disimétrico, volcado y, a veces, cabalgante hacia el N».

En detalle podemos definir hasta 3 unidades estructurales:

1. Domo de Ataun. La unidad mejor individualizada la barra urgoniana rodeo del domo de forma casi perfecta.

2. El anticlinal del Txindoki. Estructura disimétrica, acentuándose de W a E, con tendencia a inclinarse cada vez más. La aparición de esta nueva estructura, coincide con la ampliación brutal del edificio sedimentario urgonia-

no. Correlativamente la bóveda anticlinal se eleva, tomando cierta importancia y mostrando niveles cada vez más antiguos de la serie Jurásica. Termina en un cabalgamiento donde aparecen pequeñas manchas de Trías.

3. La escama N de Aralar. dispositivo casi monoclinal con relación al anticlinal del Txindoki. La disimetría es casi completa, aquí el flanco inverso, a diferencia del anticlinal del Txindoki, es casi inexistente. La separación entre el anticlinal del Txindoki y esta estructura es bien visible: corresponde a un rebajamiento del eje, determinado por dos accidentes mayores, un cizallamiento y una falla inversa.

### *Aspectos de la litología*

Reduciendo a la mínima expresión la columna estratigráfica, las características más sobresalientes de la litología son las siguientes:

LITOLOGIA	CRONOLOGIA	POTENCIA Zona W	POSIBILIDADES DE KARSTIFICACION	
Arcillas barioladas rojas, carniolas y dolomías	Trías	?		X
Barra caliza inf.	JI	25-30	X	
Calizas arcillosas y calizas masivas	J2-J3	400-450	X	
Calizas claras	J4-J5	150-200	X	
Calizas oscuras	Purbeck	20	X	
Calizas oscuras fétidas	idem.	60	X	
Arcillas y areniscas	Weald	90		X
Serie arcillo-areniscosa	Cretácico inf.	100		X
Calizas urgonianas	idem.	2000-3000	X	

En resumen, dos formaciones potentes con características mecánicas y químicas similares, separadas por formaciones arcillo-areniscosas de escasa karstificabilidad y condiciones físicas diversas, aunque globalmente más plásticas. Desde el punto de vista de la disposición estratigráfica debemos añadir un dato importante y es que no siempre la sucesión de los distintos estratos es vertical sino que en las formaciones urgonianas los cambios laterales de facies son muy comunes.

### *Aspectos de la tectónica*

Como consecuencia de las presiones tangenciales de dirección S-N, fundamentalmente, el conjunto de la Sierra está fuertemente afectado por fallas de desgarre, cizallamientos, etc., cuyas direcciones predominantes pueden observarse en las estadísticas. A ellos debe de añadirse el sistema de diaclasado que no ha sido aún cuantificado ni definido.

Tanto la litología como la tectónica, desligadas de los hechos morfológicos, tanto en superficie como en profundidad, carecen de sentido en el caso que nos ocupa. Por tanto trataremos de referirnos a ellos cuando llegue el momento oportuno.

De todas formas, podemos adelantar que el exokarst muchas de las formas estructurales, la ubicación de dolinas, las pérdidas kársticas, las simas y la disposición del lapiaz, están en relación directa con estos dos factores y lo mismo se puede decir del endokarst, con la disposición de las redes kársticas y su morfología.

## C. EL EXOKARST Y LA MORFOLOGIA DE SUPERFICIE

### C.1. Las formas estructurales

De los 244 km.<sup>2</sup> de Aralar unos 80 km.<sup>2</sup> corresponden a la Cuenca Cantábrica. El macizo se delimita perfectamente de su entorno, por la hipsometría. Las altitudes máximas llegan hasta los 1.400 m. en la Alta Sierra, mientras que el Domo de Ataun alcanza su cota máxima a los 900 m. Los valles adyacentes, es decir, el piedemonte, forman una especie de aureola de depresiones bien marcadas:

Ataun, al W 196 m.

Zaldibia, al W 164 m.

Amezqueta, al N 215 m.

Betelu, al N 239 m.

— — —  
Lekunberri, al NNE 530 m.

Irurzun, al E 470 m.

Huarte-Araquil, al S 471 m.

La arquitectura de las formas estructurales está muy desarrollada en Aralar y perfectamente visible, hasta para el profano en la materia. Esta morfología es el resultado de la acción tectónica sobre unas formaciones litológicas de condiciones muy dispares, sin que hagamos mención por el momento a diversos procesos morfoclimáticos.

Los ejemplos son harto elocuentes:

— El domo de Ataun, formado por la 1.<sup>a</sup> barra urgoniana, fuertemente kastificada, presenta a lo largo del anillo un modelado en cuesta, con el frente abrupto correspondiente al talud de la 1.<sup>a</sup> barra hacia el interior del domo y el dorso hacia el exterior, con un modelado de lapiaz sobre su superficie.

A lo largo de la barra son varios los fenómenos de epigénesis, las pequeñas regatas que se forman en el interior salen hacia el río Agaunza cruzando la barra (zonas de debilidad) y formando pequeñas «ruz», muy llamativas.

— En general, allí donde aparece la primera barra urgoniana se forma un modelado de erosión diferencial cuyo aspecto difiere en conjunto dependiendo de la potencia de la barra. El modelado diferencial se realiza entre la barra urgoniana, mecánicamente más rígida y compacta y la formación arcillosa que se halla en su base. El caso de la barra de Ausa-Gaztelu, Akaitz, Desao, etc. Y de Larraone y de Balerdi al N, aunque en estos casos en la diferenciación morfológica intervienen así mismo importantes fallas de desgarre.

— Un tipo similar de modelado diferencial se realiza entre las barras de caliza para-arrecifal más margosa que la urgoniana y las series más o menos arcillosas intercaladas. Los ejemplos más visibles se hallan en la zona de Aia-Iturrieta-Ataun.

— Modelado en cuesta en la zona de las Malloas, resultado del cabalgamiento de la Escama N de Aralar, dejando al descubierto las series jurásicas en disposición monoclinas, con la característica en este caso de que también el flanco inverso cretácico participa en la formación de la cuesta.

## C.2. El Exokarst

Las alineaciones de dolinas situadas en las inmediaciones de las grandes fallas verticales de dirección NE-SW han aprovechado como siempre la debilidad de la estructura para efectuar la disolución de la caliza y poder formar estas depresiones en cuyo proceso no son ajenos las acciones mecánicas, resultado de los ciclos hielo-deshielo.

La depresión de Alotza en la Alta Sierra no es propiamente una forma kárstica puesto que puede considerarse en bloque hundido entre dos fallas, aunque naturalmente la corrosión kárstica juegue «a posteriori» un papel importante.

El lapiaz es la principal representación del modelado kárstico en superficie. Se distribuye a lo largo de la Alta Sierra de litología jurásica y sobre la 1.<sup>a</sup> barra urgoniana. En las zonas donde el sustrato tiene un recubrimiento de suelo, el cripta-karst, la corrosión subsuperficial funciona ciertamente con intensidad.

El tipo de formas que ofrece el lapiaz es muy diverso, dependiendo de: la litología, el sistema de diaclasas, la topografía superficial y la altura.

Hasta el momento esta investigación no se ha llevado a efecto.

## C.3. Los recubrimientos superficiales

Fundamentalmente son de tres tipos:

a) Recubrimiento de suelo, con gran contenido en arcilla de descalcificación. Hasta el momento los análisis edafológicos realizados, dan una textura

arcillo-limosa (90% del total), con 40-45% de arcillas, suelos decarbonatadas muy poco evolucionados. La potencia y su distribución espacial es muy irregular.

b) Depósitos de tipo morrénico en el interior del Valle de Arritzaga y en la vertiente NE del Balerdi, hacia Azkarate.

Estos depósitos de poca extensión superficial, no han sido analizados aún desde el punto de vista sedimentológico. El hecho de situar en Aralar a 900 m. de altura, depósitos de este tipo, nos mueve a realizar diversas consideraciones:

- A partir del Monte Ausa (cota 900-1.000 m.) situado sobre Errazu (Baztan), hasta Castro-Valnera (cota superior 1.700 m.), límite S de Santander con Burgos; no existe ninguna manifestación de tipo glaciar en el interior de la Montañas Vascas. Aralar sería, por tanto, la excepción.
- ¿Porqué no existen depósitos de este tipo en Aizkorri o Gorbea?
- En el interior de Aralar existen igualmente disimetrías en lo que respecta a la localización de los depósitos. ¿Por qué solamente en Arritzaga y no en el valle de Maizegui, cuando el origen de la alimentación glaciar debiera estar en la Alta Sierra?
- La situación de la posible morrena a 900 m. aproximadamente, fija la altura media de las nieves persistentes a los 1.100-1.200 m. en esta latitud y época, bajando un tanto las cotas hasta ahora halladas en el Pirineo oriental y Cadena Cantábrica.

La investigación de este problema presenta mucho interés, no exento de dificultades.

c) Un tercer tipo de formaciones superficiales es el representado por los depósitos de vertiente, probablemente debidos a procesos peri-glaciares que cubren ciertas vertientes (en puntos localizados), desde el valle de Araxes, hasta el domo de Aiaiturrieta, pasando por las vertientes N de Larraitz-Txindoki.

Se trata, en general, de «grézes litées» (derrubios ordenados de vertiente) y «groizes», testigos de procesos fríos de diversa intensidad. Posiblemente de cronología Tardiglacial.

#### **D. EL ENDOKARST, SU RELACION CON LA EVOLUCION MORFOGENETICA CUATERNARIA**

Las exploraciones espeleológicas realizadas hasta el momento en Aralar han permitido la obtención de interesantes e indispensables datos que hacen posible cuantificar la karstificación de Aralar en profundidad; realidad ésta que sabemos es parcial y relativa, puesto que la karstificación real queda más allá de las fisuras y cavidades penetrables por el hombre.

De una manera aproximada podemos presentar unos índices, que poseen elementos de comparación con otros karst europeos.

F.K.H. (Fenómenos Kársticos Hipogeos)

	Afloramientos urgonianos	Afloramientos jurásicos	Total
Zona W de Aralar (cuenca cantábrica) 56 km. <sup>2</sup>	170	63	233

4,1 por km.<sup>2</sup>. Datos: Archivo S. C. Aranzadi

Fenómenos de magnitud superior (simas de más de 100 m. de profundidad, o cavidades de más de 500 m. de desarrollo): 17.

A la luz de estas cifras podemos considerar que la karstificación es importante, sobre todo si la comparamos con las cifras de otras zonas:

Languedoc oriental: 1,6 por km.<sup>2</sup> (G. Fabre)

Grandes Causses: 053 por km.<sup>2</sup>

Sobre una superficie de 1.140 km.<sup>2</sup> en el Languedoc oriental, existen 25 fenómenos de gran magnitud, aquí, por el contrario, 17 en 56 km.<sup>2</sup>

En el caso concreto de Aralar, existe una clara disimetría de karstificación entre las litologías jurásicas y de facies urgonianas. Pensamos que se debe a varias causas:

- Diferencias de intensidad de exploraciones espeleológicas en ambas zonas.
- Dispares condiciones de karstificación en uno y otro caso, debidas al tipo de fisuración y posiblemente también a su diversa situación topográfica con respecto al nivel de base en cada momento.
- Castiella, Solé y Niñerola (1979) en una ponencia presentada en el II Simposium Nal. de Hidrogeología, afirman que la transmisividad en la formación jurásica es de 10.000 m.<sup>2</sup>/día, mientras que en las formaciones urgonianas esta se reduce a 2.000 m.<sup>2</sup>/día. Lo cual está de acuerdo con nuestras propias observaciones, puesto que los análisis de contenido en Ca<sup>++</sup> de las aguas surgentes en manantiales de origen urgoniano presentan una mayor riqueza. Es decir, a mayor transmisividad, menor contacto con la masa caliza, menor disolución y, en consecuencia, menor karstificación. Aunque naturalmente las cosas son más complejas y hay que tener en cuenta también otros factores.

El karst profundo de Aralar se organiza en diversos sistemas, independientes entre sí, con la excepción que luego señalaremos, en función de una estructura geológica dada como factor más importante.

Casi todos los sistemas kársticos de Aralar, desde el punto de vista hidro-dinámico, funcionan como sistemas recubiertos, con zonas de descarga en el contacto con materiales más impermeables que recubren la zona karstificada. Es el caso del Urganiano Sur y del Jurásico Central.

Señalaremos los sistemas más importantes:

1. El conjunto de Urganiano Sur, que corresponde a la primera barra desde Pago-mari hasta el sector S del domo de Ataun. Nivel de base hidro-dinámico situado a los 495 m.

2. El Jurásico Central que agrupa a todo el afloramiento jurásico del anticlinal del Txindoki, hasta el valle de Arritzaga, sin que sus límites hayan sido fijados.

3. El Urganiano Norte, desde Txindoki hasta Larraone y que, posiblemente, incluirá parte del Jurásico lindante, a través de las fallas transversas.

Además de éstos, pueden diferenciarse otros sistemas menos importantes como la barra de Ausa-Gaztelu; el domo de Ataun; la escama N de Aralar y las barras para-urgonianas junto al domo.

El examen global del karst subterráneo en el primer conjunto o sistema (Urganiano Sur) ha llevado a examinar una consecuencia, hipotética aún, pero con posibilidades de verificación, con respecto a la evolución morfo-genética cuaternaria de Aralar.

Hemos clasificado tres tipos de cavidades, con características morfológicas muy definidas y que corresponden a episodios evolutivos de cronología dispar:

- a) Una primera serie de cavidades que podemos llamar cutáneas, desarrolladas en el borde de la barra urgoniana (frente, cresta superior) y que corresponden a fenómenos de pequeña entidad, formadas posiblemente al abrigo de las fallas de decompresión que se sitúan en los bordes de la barra. Su interés morfo-genético es muy escaso y su cronología indefinida.

Un ejemplo muy preciso se da en el zona de Akaitz-txiki. Sima de Auntzarretako-leizea situada en el borde superior de la barra, desarrollada a favor de este tipo de fisuras, que siguen más o menos la dirección de la barra.

La espeleometría nos da información sobre sus características: 7 metros de profundidad y 10 m. de longitud. Típica de una cavidad cutánea.

- b) Un segundo grupo de cavidades, cuyas bocas se abren al sector superior del dorso de la cuesta, presentan un cierto desarrollo a favor del buzamiento de la barra, terminando a media ladera, lejos aún del valle actual. Posiblemente estas cavidades se desarrollarían en un sistema cuyo nivel de base hidrodinámico sería muy distinto del actual, cuando la incisión actual entre el núcleo jurásico y la primera barra, así como el vaciado del domo, estaba aún en otros niveles. El examen de los sedimentos que tenemos detectados en algunas cavidades de esta zona pueden aportar importante información sobre la evolución del sistema. Es evidente que estas cavidades no son funcionales en la actualidad.

Un ejemplo:

Leizebeltz. Se encuentra a 912 m. sobre el dorso de la barra, casi en la cresta. Desarrollo total de la cavidad. 1.250 m. y 288 m. de desnivel.

La boca se abre en el fondo de una dolina que da acceso a una sima por donde se llega a la cavidad. Esta se desarrolla a favor de las diaclasas y los planos de estratificación, casi en el muro de la formación urgoniana.

La cavidad es unidireccional N-S, evolucionando a favor de la estructura (cataclinal). Las secciones de la cavidad son de dos tipos: a) Claramente ubicadas sobre diaclasas y b) secciones de gran tamaño y salas, resultado de fenómenos de incisión (hundimientos de bóveda), por erosión mecánica en la base de la sección.

Desde el punto de vista hidrodinámico, esta cavidad ya no es funcional, puesto que se ha colapsado la zona de alimentación. Los recubrimientos de carbonatos (estalactitas, etc.) son, en consecuencia, muy numerosos.

c) El tercer grupo corresponde al más numeroso. Se trata de las cavidades que poseen funcionalidad en el sistema kárstico e hidrogeológico actual del Urganiano Sur.

Se abren en las zonas favorables a la mayor infiltración actual de las aguas superficiales (depresiones o valles ortoclinales en el contacto entre el dorso de la barra urgoniana y los materiales arcillo-areniscosos). Un caso muy didáctico es el de Akaitz.

Su nivel de base es el que corresponde al nivel de base hidrodinámico del sistema actual, localizado en Aia-Iturrieta, contacto del dorso de las calizas urgonianas con los materiales más impermeables que le recubren en parte.

A través de este sistema kárstico se está realizando la captura de parte de la cuenca del Ebro, hacia el E.

Ejemplo concreto:

Larretxikiko-leizea. Se trata de una sima-sumidero, abierta en el contacto formado entre el dorso de la 1.<sup>a</sup> barra y el frente de la formación arcillo-areniscosa. En este contacto se forma un pequeño valle ortoclinal, cuyo fondo está a 1.176 m.

Pertenece plenamente al sistema kárstico actual de Aia-Iturrieta, nivel de base hidrodinámico situado a 395 m.

El desarrollo de la cavidad es claro, a favor de las diaclasas, generalmente de dirección NE-SW-S, con un descenso rápido, ahondando en la barra casi verticalmente.

En la cota —294 m. cambia un tanto la dirección y la morfología, posiblemente debido a una variación en la facies litológica (más margosa) que provoca fenómenos de incisión, cuya consecuencia es el parcial relleno de las galerías con gran cantidad de bloques y clastos caídos del techo.

En la zona cercana al nivel de drenaje mayor actual aparece un sifón que impide la progresión en adelante.



Sobre el sistema kárstico denominado por nosotros Jurásico Central poco podemos decir ya que los fenómenos conocidos no son muy numerosos y el más estudiado Ondarreko zuloa (MUNIBE, 30, 1978) se desarrolla en la terminación periclinal del anticlinal del Txindoki, en una cota cercana al nivel de base hidrodinámico actual, situado en las surgencias de Osinberde y Txurikianin.

Características de Ondarreko zuloa:

Su cota de entrada se localiza a 752 m. de altitud. La cavidad se desarrolla en el interior de las diversas formaciones del Jurásico sup.; las distintas características litológicas de estas formaciones provocan claramente la diferenciación morfológica de la cavidad. Primer tramo de dirección E-W, abierto en calizas areniscosas y margosas, material muy deleznable que da amplia facilidad a la erosión mecánica. Gran sala de hundimiento y galerías, en general, abiertas a favor de los planos de estratificación.

A partir de la cota — 120 m. se entra en las calizas más compactas, con galerías que desarrollan a favor de las diaclasas E-W, para finalizar el tramo inferior aprovechan, de nuevo, los planos de estratificación.

Llama la atención la existencia de formaciones detríticas (cantos rodados, arenas, limos) en varios lugares de la cavidad. Posiblemente podríamos relacionarlo con un sistema de drenaje superficial, cuya topografía sería muy distinta de la actual y quizás relacionada con el sistema antiguo del Urgoniano Sur.

## **E. LA MORFOGENESIS ACTUAL EN ARALAR**

Hablar de la erosión actual en la zona (con los diversos procesos que comporta) es un quehacer muy interesante por lo que tiene de positivo en cuestiones tales como la problemática de Ordenación de Territorio, tan de moda hoy. Sin embargo, el lograr una información aceptable conlleva no sólo un conocimiento exhaustivo del terreno sino también la realización de mediciones y análisis (sobre todo de tipo sedimentológico) que estamos aún lejos de completar.

Considerando que en el País Vasco cantábrico actual, estamos en una situación de biostaxia generalizada, existen, sin embargo, zonas localizadas en espacios reducidos en las que se da una cierta morfogénesis, cuyos efectos causales y tipo de procesos son de diverso tipo.

Podemos aportar unos ejemplos concretos de crisis morfogenéticas muy localizadas, de escasa importancia en cuanto a potencialidad erosiva, pero que son a todas luces muy didácticas.

Concretamente en la Sierra de Aralar y en su entorno hemos detectado ciertos procesos, algunos de los cuales pasamos a describir:

### *1. Solifluxión y movimientos de vertiente en Aia de Ataun*

La depresión efectuada en esta zona por el río ortoclinal de Aia-Iturrieta, sobre los materiales arcillo-areniscosos del Cretácico inf., hace que las vertientes N y E correspondientes a las barras para-urgonianas (calizas-margosas) tengan unos valores de pendiente muy acusadas. Sobre estas vertientes se extiende una formación coluvial formada por clastos de caliza, arcillas y limos de una potencia variable (< 1,50 m.) Esta formación sufre un desplazamiento en masa en la actualidad que afecta tanto a la vegetación como a las construcciones humanas que se hallan en la zona. La causa no ha sido aún determinada, puede deberse a problemas de drenaje o a condiciones favorables para el movimiento debidas al tipo de textura limo-arcillosa, sumadas a la ya citada de la gravedad (pendiente) y condiciones micro-climáticas.

### *2. La karstificación en la Alta Sierra*

En las vertientes entre Igaratza, Beaskin y Dona-Iturrieta existen alineaciones de dolinas, recubiertas de un suelo de poca potencia (< 1 m.) En algunas de ellas se observan hundimientos debidos al transporte de elementos finos en profundidad (ya que aquí apenas existe drenaje superficial). Es un ejemplo claro de la funcionalidad de la disolución kárstica, cuya cuantificación estamos en camino de realizar.

### *3. Los problemas de sobre-pastoreo en Arritzaga*

En la vertiente derecha de este valle, a la altura de Pardelutz, una buena parte de la vertiente ha sido desprovista de vegetación por el paso de ganado. Los materiales coluviales allí depositados se han puesto en movimiento ladera abajo, con el consiguiente peligro para la extensión del problema.

### *4. Erosión regresiva en cabecera de la cuenca cantábrica: Errenaga*

La única regata superficial de esta zona: Maizegui o Zamiola erreka, aprovechándose de la diferencia de gradiente con respecto a la cuenca opuesta, realiza un efectivo transporte de materiales finos (previamente erosionados), desmantelando así la cabecera y provocando el desequilibrio de la zona. Los resultados son muy visibles en la vegetación (reptación en el pequeño bosque de hayas), hundimiento parcial del pequeño camino que pasa por allí.

## **EPILOGO**

Evidentemente, para conseguir una explicación global de la evolución morfogenética de Aralar durante el Cuaternario faltan aún ciertas claves importantes.

La realización de los trabajos que tenemos pendientes permitiría avanzar ciertamente en este campo, pero no podrá lograrse una visión satisfactoria de estos hechos en tanto no avance la investigación regional y se consiga, poco a poco, crear una cronología propia del Cuaternario.

## BIBLIOGRAFIA

### GEOLOGIA

- DUVERNOIS, Ch.; FLOQUET, M. Y HUMBEL, B. (1972). *La Sierra d'Aralar. Stratigraphie. Structure. Cartographie au 1:25.000*. Tesis Doctoral. Univ. Dijon.
- DUVERNOIS, Ch.; FLOQUET, M. Y HUMBEL, B. (1977). *La Sierra d'Aralar. Le support sédimentaire et l'architecture dans les paysages*. Munibe 24. San Sebastián.
- FLOQUET, M. Y RAT, P. (1975). *Un exemple d'interrelation entre socle, paléographie et structure dans l'arc Pyrénéen Basque: la Sierra d'Aralar*. Rev. Géograph, Phys. et Géol. Dynam (2) 17. Paris.
- I.G.M.E. División Geol. (1971). *Estudio geológico de la provincia de Guipúzcoa*. Memoria I.G.M.E. 79. Madrid.
- LAMARÉ, P. (1927). *Sur la morphologie de la structure geologique de la Sierra d'Aralar (Navarre)*. Compte Rendus du Congrès des Sociétés Savantes Scientifiques. Paris.
- RAT, P. (1959). *Les pays créacés basco-cantabriques (Espagne)*. Thèse. Fac. Sciences de Dijon et Publ. de la Université de Dijon. Dijon.
- SOLER Y JOSÉ, R. (1971). *Estudio geológico de la Sierra de Aralar (Cuenca Cantábrica oriental)*. Boletín Geológico y Minero 82. Madrid.
- FEUILLÉE, P. Y RAT, P.: «Structures etpaléogéographies des Pyrénées Cantabriques». Tiré a part de «Histoire structurale du Golfe de Gascogne». Editions Technip. Paris.
- AUBOUIN, J. (1973). «Précis de Géomorphologie». Tome III. DUNOD. Paris.
- RAMÍREZ DEL POZO, J. (1973). «Síntesis geológica de la Provincia de Alava». Caja de Ahorros Municipal de la Ciudad de Vitoria. Vitoria.
- RAT, P. (1980). «Les systèmes urgoniens et les paysages de Guipuzcoa (Pays Basque)». MUNIBE, 32, 3-4. San Sebastián.

### GEOMORFOLOGIA

- KORNPROBST, P. Y RAT, P. (1967). «Los rellenos de la cueva de Lezetxiki». MUNIBE, XIV, San Sebastián.
- TRICART, J. Y CAILLEUX, A. (1967). «Precis de Géomorphologie». Masson et Cie. Paris.
- HAZERA, J. (1968). «La región de Bilbao et son arrière-pays». MUNIBE, XX, 1-4. San Sebastián.
- SANTANA AGUILAR, R. (1966). «Géomorphologie des bassins de la Bidasoa et de l'Urumea». Institut de Géographie. Faculté des Sciences Humaines et L. Bordeaux.
- VIERS, G. (§1960). «Le relief des Pyrénées occidentales et de leur piémont». Faculté des Lettres. Université de Bordeaux. E. Privat, Edit. Toulouse.
- UGARTE, F.M. (1981). «La geomorfología en el valle de Oñati (Guipúzcoa)». Tesina. Departamento de Geografía. Universidad Autónoma de Madrid.

- ALONSO, F. Y UGARTE, F.M. (1981). «*Algunos aspectos geomorfológicos del karst de Katabera. Sierra de Aizkorri*». LURRALDE, núm. 4, San Sebastián.
- MUGNIER, C. (1969). «*El karst de la región de Asón y su evolución morfológica*». CUADERNOS DE ESPELEOLOGIA, 4. Santander.
- WALTHAM, A. (1981). «*The karstic evolution of the Matienzo depression. Spain*». ZETTSCHRIFT FÜR GEOMORPHOLOGIE, 25, 3. Berlin-Stuttgart.

### CLIMATOLOGIA

- KOPP, K.O. (1965). «*Límite de la nieve perpetua y clima de la época glaciaria würmiense en la Sierra de Aralar*». MUNIBE, XII. San Sebastián.
- MOUNIER, J. (1979). «*Les climats océaniques des régions atlantiques de l'Espagne et de Portugal*». Thèse.
- UGARTE, F.M. (1981). «*Datos para el estudio del clima de montaña en el País Vasco: Aránzazu*». MUNIBE, 33. San Sebastián.
- ÚRIARTE, A. (1980). «*Las precipitaciones en el N de España*». Tesis. Universidad de Zaragoza.
- ALTUNA, J. (1972). «*Fauna de mamíferos de los yacimientos prehistóricos de Guipúzcoa*». MUNIBE, XX. San Sebastián.
- UGARTE, F.M.: «*Observaciones sobre el efecto foehn en el pie de monte de la Sierra de Alona-Aizkorri*». MUNIBE, en prensa.

### HIDROGEOLOGIA

- COMPAÑÍA GENERAL DE SONDEOS. (1981). *Informe hidrogeológico del Goierri*.
- WAS Y OBRAS PROVINCIALES. (1968). *Informe estudio hidrológico de la resurgencia de Aia-Iturrieta*. Anejo núm. 3. San Sebastián.
- II SIMPOSIUM NACIONAL DE HIDROGEOLOGÍA. (1980). Pamplona.
- I.G.M.E. División aguas subterráneas. (1971). *Estudio hidrogeológico general de la provincia de Guipúzcoa*. Madrid.

### VEGETACION. SUELOS Y CLIMATOLOGIA

- Hay algunos artículos muy generales y de divulgación.
- Trabajos de Hidrogeología en los que se hace referencia a estos temas.
- HERNANZ, A., 1975: «*Estudio hidrogeológico de los alrededores de Deva-Guipúzcoa*». Euroestudios S.A. (in littere).

### ESPELEOLOGIA

- GRUPO DE ESPELEOLOGÍA Institución Príncipe de Viana (1980). *Memoria de las XIV Jornadas de Espeleología del País Vasco*. Pamplona.
- ERASO, A. (1961). *Sima de Ormazarreta (Aralar)*. Príncipe de Viana, 84-85.
- ETXEBERRIA, F. Y ASTIGARRAGA, J.J. (1980). *Estudio de zonas kársticas de Guipúzcoa: el Urgoniano Sur de la Sierra de Aralar*. MUNIBE, 32.
- Santesteban, I. (1976). *20 años de Espeleología navarra 1953-1974*. G. E. Príncipe de Viana (Consejo de Cultura). Pamplona.
- SANTESTEBAN, I. (1980). *Catálogo Espeleológico de Navarra*. Consejo de Cultura. Pamplona.
- SECCIÓN DE ESPELEOLOGÍA Sociedad de Ciencias Aranzadi: *El río subterráneo de Ondarre y la karstificación de la Sierra de Aralar*. MUNIBE, 30. 1978.
- SECCIÓN DE ESPELEOLOGÍA Sociedad de Ciencias Aranzadi: *Estudio de zonas kársticas de Guipúzcoa: el Urgoniano de Ausa-Gaztelu (Zaldibia)*. En prensa.
- GOIKOETXEA, I. Y SANSINENEA, K.: *El río subterráneo de Ormazarreta*. En prensa.