

**Características hidrogeológicas de la cuenca de ali-
mentación del manantial de Urbaltza
(Mondragón-Guipúzcoa)**

POR

N. LLOPIS LLADO

INTRODUCCION

El aumento creciente de la industria y las necesidades higiénicas en las poblaciones de Mondragón y Arechavaleta, han hecho pensar a sus respectivos Ayuntamientos, en la posibilidad de aumentar el actual consumo hídrico. Para ello se iniciaron las obras de captación y conducción del manantial de Urbaltza, situado en el término de Arechavaleta y en las inmediaciones del caserío de Mendicutxa, en el camino de la ermita de Santa Cruz.

Como se ignoraban las características hidrogeológicas de la enorme masa caliza que absorbe las aguas que alimentan al manantial de Urbaltza, así como el origen de las mismas y el régimen de dicho manantial, datos indispensables para realizar un buen aprovechamiento de dichas aguas, se hizo un estudio



hidrogeológico de los macizos calizos del S. de Urbaltza hasta los límites con la provincia de Alava.

El objeto de este trabajo es, pues, el de plantear y resolver en lo posible, los siguientes problemas:

- 1) El origen de las aguas del manantial de Urbaltza.
- 2) Las características hidrogeológicas de las zonas de alimentación y conducción de dicho manantial, y su antecedencia geológica.
- 3) El régimen del manantial y sus posibilidades de una utilización óptima.

Para ello ha sido necesario levantar un mapa hidrogeológico a la escala 1:10.000 y estudiar las características geológicas de las sierras de Kurtzebarri, Santa Cruz y Aumategi. Durante el mismo hemos sido acompañados por diversos elementos de la Sociedad de Ciencias Naturales "Aranzadi", de San Sebastián, a quien damos las gracias por su desinteresada y preciosa colaboración. Igualmente nos complacemos en hacer públicas las atenciones recibidas por el Excmo. Ayuntamiento de Mondragón durante nuestra estancia en esta villa.

I.—GEOLOGIA

A) MORFOLOGIA.

a) *Características generales.*

Las sierras de Kurtzebarri, Santa Cruz y Aumategui, constituyen un elemento topográfico destacado de los relieves del S. de la provincia de Guipúzcoa en sus límites con la de Alava. Por sus peñascos y sus cornisas calizas que se elevan a más de 1.000 m., contrastan brutalmente en la topografía con los relieves alomados, extremadamente maduros, modelados sobre el flysch. Pero este rasgo morfológico es común a toda esta zona meridional de Guipúzcoa, donde aparecen en contacto flysch y calizas cretácicas.

Así pues, en la zona reconocida aparece, al primer vistazo, un acusado contraste morfológico entre la zona de flysch de Mondragón y Arechavaleta y la región caliza del macizo de Santa Cruz y Aumategui.

De N. a S. pueden considerarse las siguientes zonas morfológicas:

1. Valles actuales de Arechavaleta y de Urbaltza.
2. Zona de relieves cíclicos modelados sobre el flysch, en los que destaca una fase de peneplanización parcial desarrollada entre 350-360 m.
3. Macizo calizo de Kurtzebarri-Andarte, que comprende:
 - a. Cuesta múltiple de Kurtzebarri-Santa Cruz, entre 800 y 1.100 m.
 - b. Relieves cársticos de Andarte desarrollados a la misma altura.
4. Zona de formas maduras de Aumategui entre 1.100 y 1.790 m.

b. *Los relieves cíclicos.*

No obstante, enseguida se echa de ver que estos contrastes petrográficos son consecuencia de la erosión diferencial actual condicionada por el nivel de base cantábrico, y que estos relieves derivan de otras formas más maduras de carácter cíclico, cuyos restos aparecen bastante claramente en la topografía de los montes vecinos y en el propio macizo estudiado.

En efecto, a lo largo de los cordales que separan las provincias de Alava y Guipúzcoa, los cerros se alinean constantemente entre los 1.100 y 1.150 m. de altura, formando un nivel de cumbres que bien puede representar una "gipfelflur" derivada de una antigua penillanura; este nivel corta indistintamente las areniscas albienses, que se extienden desde el pié del Aitzgorri en Aránzazu, hasta Saiturri sobre el valle del Deva y las calizas aptienses de Andarte y de Kurtzebarri.

Al otro lado del valle del Deva reaparece perfectamente conservado y todavía más claro en el largo cordal de las Peñas de Echagüe que se prolonga hacia el N. hasta las Peñas de Amboto. Esta gipfflur representa sin duda, los restos de uno de los relieves seniles más antiguos de Guipúzcoa; sobre él destacan aún

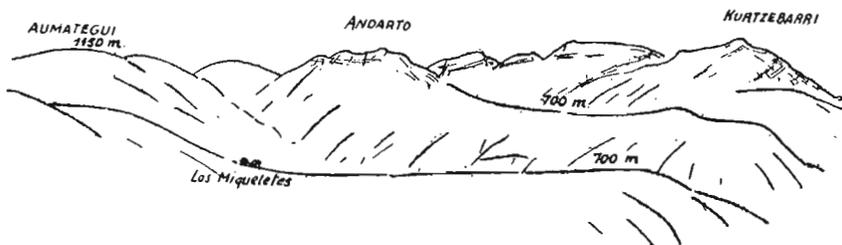


Fig. 1.—Relieves cíclicos en la cabecera de Araoz.
Panorama de las vertientes orientales del macizo de Andarto desde Aranzazu.
Nivel de cumbres de 1100-1150 m. y hombrera de 700 m de Los Miqueletos.

los macizos calizos más altos, como las Peñas de Amboto (1296 m.) y el de Aizgorri (1544 m.). Son testigos residuales del mismo nivel, algunos relieves de gran energía como la Peña de Urdalaitz que la erosión diferencial ha aislado entre las formas modeladas sobre el flysch mucho más plástico.

Estos relieves primitivos sólo se conservan en los macizos calizos o en sus inmediaciones, gracias a la resistencia del roquedo a la demolición por la erosión actual. Sobre el flysch, en cambio, se han modelado otras formas cíclicas mucho más modernas a consecuencia de la extremada plasticidad de este material.

La zona de flysch forma un conjunto de relieves maduros cuyas alturas máximas alcanzan hasta 691 m. en Baldazar Goordo, que sirve de divisoria entre las cuencas de Oñate y Arechavaleta. En la cabecera del valle de Araoz, el largo cordal plano de la casa de los Miqueletos que separa este valle del de Aranzazu, pertenece también a este ciclo, puesto que aparece

enrasado entre 700 y 720 m. Estos cerros son, probablemente, los restos de un antiguo relieve maduro, cercano a la peniplanización en el que se han encajado otros ciclos de erosión posteriores, cuyo representante actual es el valle del Deva, en el que se ha instalado Arechavaleta. Los restos de estos epiciclos se perciben claramente en el relieve y pueden identificarse varios al primer vistazo. Los mejor conservados constituyen plataformas, disecadas por la red hidrográfica actual, que se desarrolla entre 450-540 y 350-360 m. Al primero corresponden la extensa hombrera de Uncilla, en las vertientes occidentales del Deva y las de Lariño, al E. de Arechavaleta. Sobre el segundo (350-360 m.), mucho más extenso, se han instalado algunos caseríos como Goronaeta, Maitikua y Aozarana.

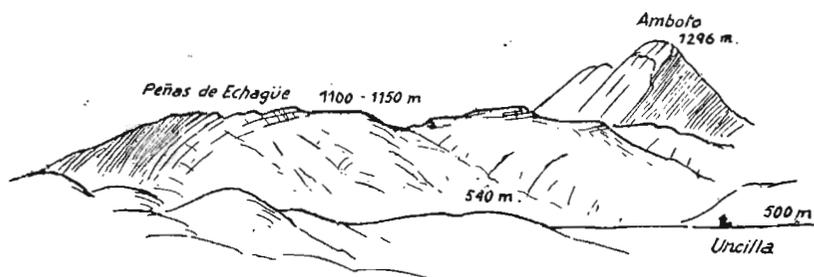


Fig. 2.—Restos de relieves cíclicos en la vertiente W. del Deva.

Amboto: relieve residual primitivo de Guipúzcoa.

Peñas de Echagüe, gipfelflur G_1 (1100-1150 m.).

Penillanura parcial de Uncilla 500-550 m.

Es muy probable que estos ciclos de erosión tengan un valor puramente local, puesto que se detuvieron ante el macizo calizo de Kurtzebarri y Ametzqueta que, por estar formado por un roquedo más resistente, se opuso tenazmente a la erosión ascendente. Sólo el río Arbe penetró en el macizo calizo y aún hoy lo biparte separando Andarto-Kurtzebarri de las cornisas calizas de Santa Cruz-Ametzqueta.

En resumen, pueden establecerse como suficientemente reconocidos los siguientes niveles cíclicos:

Nivel de relieves residuales modelados sobre caliza entre 1.200 y 1.544 m. (Amboto-Aizgorri).

G1. Gifelflur derivado de una penillanura total desarrollada indistintamente sobre las calizas y las areniscas albienses. 1.100-1.150 m.

N1. Penillanura parcial de 690-720 m. Niveles de extensas hombreras de Baldazar Goordo y Los Miqueletos.

N2. Penillanura parcial 450-550 m. Superficie de Urcilla y hombreras de E. de Arechavaleta.

N3. Epiciclo de 350-360 m. Extensa superficie de Gornaeta y Maitikua. Valle actual del Deva.

Entre N3 y valle del Deva, es posible existan otros epiciclos o terrazas que no hemos reconocido.

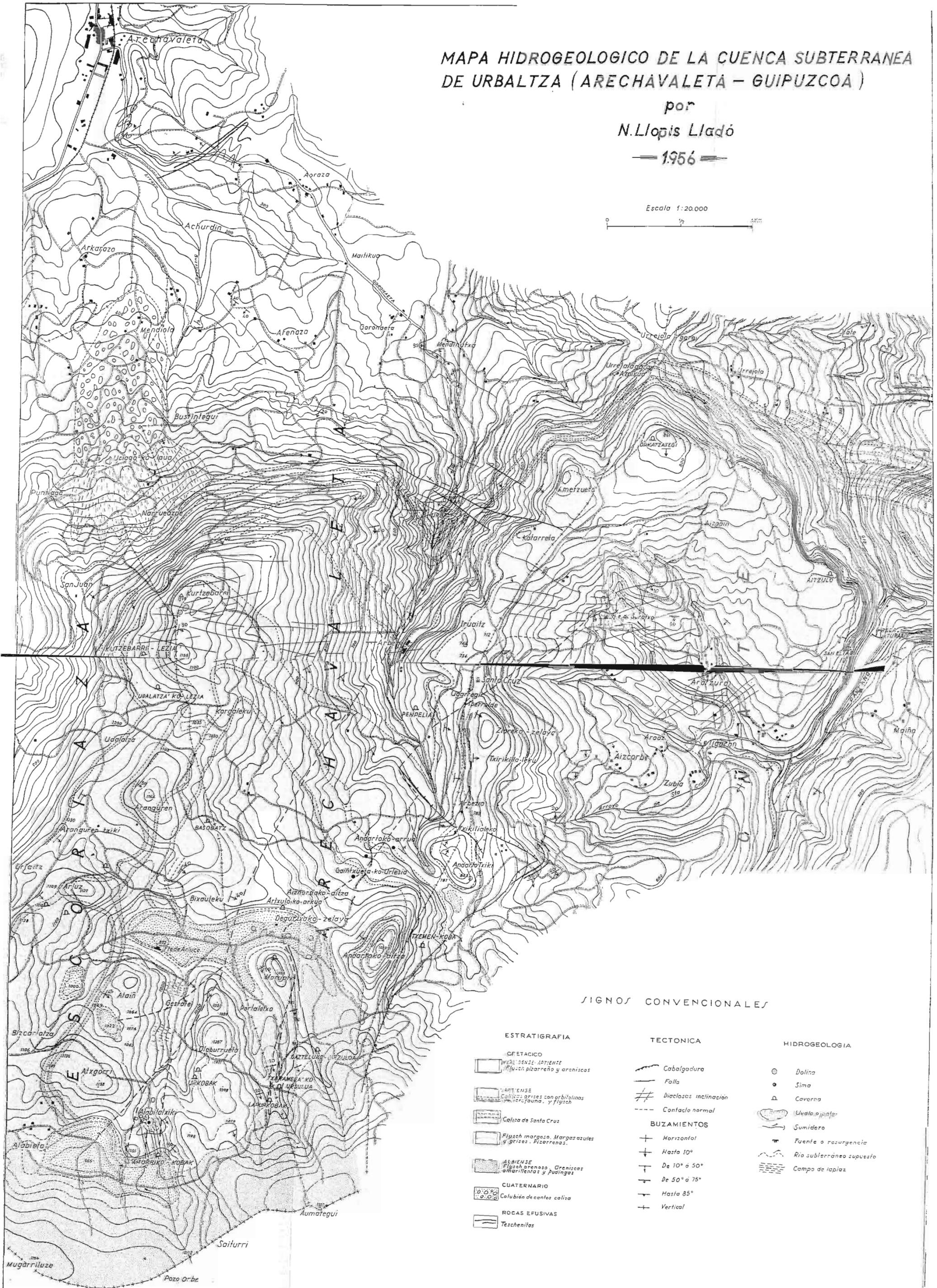
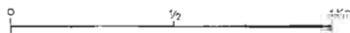
Estos ciclos parecen ser comunes a todo el resto de Guipúzcoa, pues hace ya algunos años los reconocimos casi a las mismas alturas en el vecino valle del Oria (18). Entonces asignamos ya a todas estas superficies, edad post-oligocena por ser todas ellas post-tectónicas, toda vez que las últimas orogénesis pirenaicas son indiscutiblemente miocenas. El nivel N1 puede situarse en el límite mioceno-plioceno. El N2 puede ser plioceno y el N3 Cuaternario, ya que sus alturas relativas son de 140 m. y 60 m. respectivamente. En cuanto a la gifelflur superior de 1.100-1150 m. y los relieves residuales más elevados, no pueden remontar más allá del oligoceno, por la razón fundamental ya expuesta de ser post-tectónicos; han de situarse, pues, todos ellos en el mioceno.

Como en Asturias (5), el modelado de todos estos ciclos de erosión, ha de atribuirse a la inestabilidad del bloque guipuzcoano elevado, en relación a la fosa cantábrica, separados por fallas sin cicatrizar que se movieron a sacudidas durante todo el neógeno, elevando por etapas el bloque guipuzcoano y provo-

MAPA HIDROGEOLOGICO DE LA CUENCA SUBTERRANEA DE URBALTZA (ARECHAVALETA - GUIPUZCOA)

por
N. Llopis Lladó
— 1956 —

Escala 1:20.000



SIGNOS CONVENCIONALES

ESTRATIGRAFIA	TECTONICA	HIDROGEOLOGIA
<p>CRETACICO</p> <p>Werra, Senze, Aptiense</p> <p>Pizarra, pizarra y areniscas</p>	<p>Cabalgadura</p> <p>Falla</p> <p>Dielcias inclinación</p> <p>Contacto normal</p>	<p>Dolina</p> <p>Simo</p> <p>Caverna</p> <p>Uvala o pozo</p> <p>Sumidero</p> <p>Fuente o resurgencia</p> <p>Rio subterráneo supuesto</p> <p>Campo de lapiaz</p>
<p>ARTESIENSE</p> <p>Calizas grises con grbitulinas micrifauna, y flysch</p> <p>Caliza de Santa Cruz</p> <p>Flysch margoso, Margasazules y grises, Pizarrenas.</p> <p>ALBIENSE</p> <p>Flysch arenoso, Areniscas amarillentas y puingos</p>	<p>BUZAMIENTOS</p> <p>Horizontal</p> <p>Hasta 10°</p> <p>De 10° a 50°</p> <p>De 50° a 75°</p> <p>Hasta 85°</p> <p>Vertical</p>	
<p>CUATERNARIO</p> <p>Colubión de cantos caliza</p>		
<p>ROCAS EFUSIVAS</p> <p>Teschenitas</p>		

cando, cada una de ellas, la inauguración de un nuevo ciclo de erosión.

c) *Los relieves estructurales.*

La erosión diferencial actual y cuaternaria ha provocado los notables contrastes topográficos ya indicados y con ellos el modelado de formas estructurales en los macizos calizos.

El macizo calizo es fundamentalmente una cuesta múltiple que alza sus cantiles desde San Juan hasta el río de Oñate; el frente se eleva casi bruscamente más de 700 m. sobre la zona de flysch de Aozaraza-Goronaeta; por el borde NE., el desnivel es menos brusco, tanto por ser más moderadas las alturas del macizo calizo (861 m. en Orkatzategi), como por ser más elevados los relieves de la zona de flysch (691 m. en Baldazar Goordo).

El elemento petrográfico fundamental de esta cuesta, es la capa de "caliza de Santa Cruz" que forma los peñascos de Arluze, Aranguren, Kurtzebarri, la cornisa de Santa Cruz con las cumbres de Uruaitze, Katarreta, Ametzqueta y Orkatzategui y el acantilado de San Elías y Jaturabe que limita la cabecera del valle de Oñate.

Sobre la cornisa de Santa Cruz, aparece todavía la zona de cerros de Bixaulekua y Andarto, dominio del Karst, y que, por lo tanto, merece capítulo aparte.

B) *EL ROQUEDO.*

a) *Las unidades estratigráficas.*

Las grandes unidades morfológicas reconocidas corresponden, en sus líneas esenciales, con unidades petrográficas que, gracias a la sencillez estructural, se suceden también como aquéllas, de abajo a arriba y de N. a S.

Sucesivamente, desde Arechavaleta a la provincia de Alava,

encontramos, pues, las siguientes unidades estratigráficas, todas pertenecientes al cretácico:

1. Zona de flysch de Goronaeta.
2. Zona de calizas de Kurtzebarri-Santa Cruz.
3. Margas de Araoz.
4. Areniscas de Aumategi-Saiturri.

Muy pocos trabajos geológicos y ninguno detallado, se conocen de esta zona, pues los estudios de Lamare (3-4) no llegan más al W. de Aitzgorri y por tanto sólo poseemos los datos ya antiguos de Adan de Yarza (1) (2), y Mallada (11); las modernas investigaciones de Ciry (21) (19), Mendizábal (20) y Rat (12) (13) (14), no se refieren a esta zona y los datos de Ríos (15) son demasiado generales para poder ser aplicados al riguroso detalle de nuestros trabajos. Así pues, casi nada sabemos de la geología de esta zona.

b) *El flysch de Goronaeta.*

La base de la formación cretácica del macizo de Kurtzebarri-Santa Cruz, es el flysch de Goronaeta. Se trata de una extensa zona de flysch que ocupa buena parte de esta región de Guipúzcoa, situada en el wealdense-aptiense. Es extremadamente difícil obtener en esta masa margosa y pizarreña, una buena serie estratigráfica, no sólo por su uniformidad petrográfica, sino por la compleja tectónica de plegamiento que en ella se desarrolla. Esto hace que no sea tampoco posible el cálculo del espesor, ni siquiera aproximado, de esta formación; sólo puede decirse a este respecto que no es pequeño, y que no debe ser inferior a los 1.000 m.

La carretera de Arechavaleta a Mendicutxa ofrece varios cortes buenos de este flysch. Ascendiendo desde el valle del Deva por la carretera de Arechavaleta a Goronaeta, se corta una serie de flysch pizarreño, extremadamente plegado, en estilo disarmónico, muy propio en estos materiales extremadamente

plásticos; cerca del Km. 82, tiene intercalados lechos de rocas efusivas básicas, que San Miguel de la Cámara ha clasificado en estas regiones de Guipúzcoa, como teschenitas (17). En el Km. 83, aparecen varias charnelas bastante regulares, orientadas al NNE., modeladas en intercalaciones de areniscas y calizas en capas muy delgadas bien estratificadas.

Al pié de la masa caliza del Kutzebarri, también aparecen lentejones calizos en la masa de flysch, algunos bastantes importantes, como las calizas de San Juan, al W. del macizo. En las vertientes septentrionales parece ser muy regular la existencia de una zona de flysch pizarreño superior sobre la que se apoya la caliza con *Orbitolinas* de Kurtzebarri y otra zona de flysch más caliza formada por capas tableadas de calizas margosas oscuras.

Mas al E., en el valle Araoz, puede verse cómo se pasa insensiblemente de la serie flysch a la caliza de Santa Cruz. En la carretera de Oñate a Aránzazu, en las inmediaciones de la bifurcación de Araoz y siguiendo luego esta última, puede obtenerse el siguiente corte:

Muro: Masa de flysch de Goronaeta.

50-60 m. flysch pizarreño con teschenitas intercaladas.

60-65 m. Flysch pizarreño con intercalaciones delgadas de caliza.

60-70 m. Zona de calizas margosas y compactas con intercalaciones delgadas de flysch.

100-110 m. Calizas margosas grises alternando con otros bancos más compactos.

80-100 m. Calizas de Santa Cruz.

La serie base con teschenitas está inclinada 60-70° al S. Las capas que se le superponen pierden progresivamente buzamiento hacia el S., de tal modo que la caliza de Santa Cruz buza sólo 30° en San Elías.

Estos cortes nos indican claramente que, además, el flysch

presenta marcados cambios laterales de facies que complican aún más su estratigrafía.

c) *Estratigrafía del macizo calizo.*

La unidad estratigráfica fundamental de la zona reconocida es la masa de caliza que forma las serranías ya indicadas en Morfología. Esta masa no es homogénea; por el contrario aparecen en ella numerosas intercalaciones de margas y areniscas que son elementos petrográficos análogos al flysch. En el macizo de Kurtzebarri-Andarto, la potencia de la caliza es mucho mayor, ya que en los cantiles de Santa Cruz, la parte superior de la caliza de Andarto pasa lateralmente a las margas y flysch de Saratxo. También hay claras diferencias petrográficas en la zona W. y E. del monte Kurtzebarri, observándose claramente, aún a distancia, el progresivo enriquecimiento de elementos de flysch de W. a E.

Las capas más antiguas de la masa caliza de Santa Cruz-Andarto, se encuentran en las proximidades de la fuente de Urbaltza, en el puente donde se inicia el camino de Arbe; allí la masa caliza está en contacto mecánico con el flysch de Goronaeta. Siguiendo este camino, y a partir de este contacto, puede obtenerse de abajo a arriba la siguiente sucesión estratigráfica:

Muro: Plano de falla en el flysch de Goronaeta.

7 m. Caliza gris con micro foraminíferos.

15 m. Areniscas y pizarras grises.

1 m. Arenisca amarillenta micácea.

0,5 m. Caliza rojiza piritífera.

0,4 m. Caliza margosa negra.

4,5 m. Caliza gris con *Orbitolinas* y coralaris.

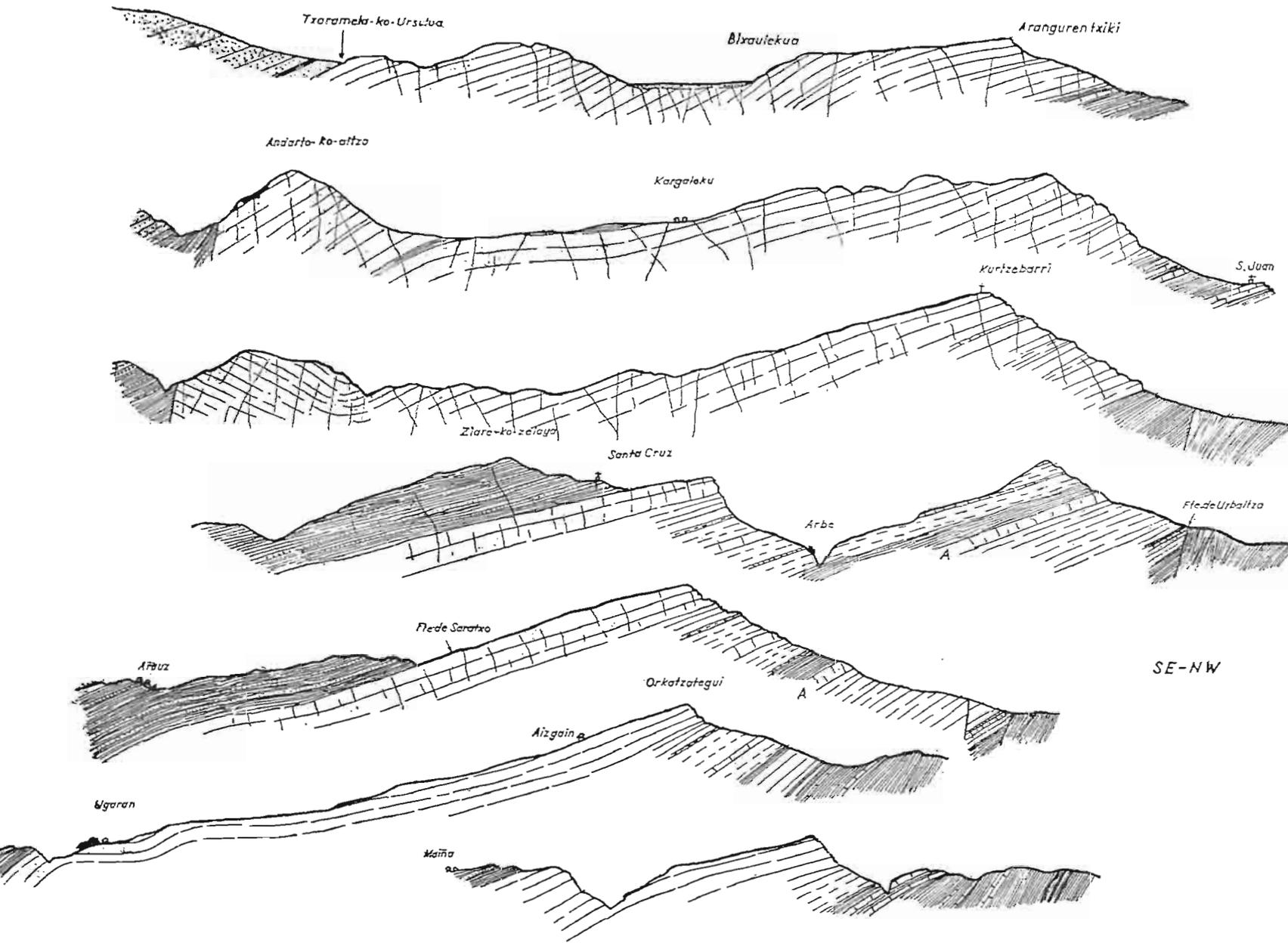
10 m. Caliza oscura, casi negra.

15 m. Areniscas y margas amarillentas oscuras.

150 m. Caliza algo margosa, gris, con microfauna.

CORTES GEOLÓGICOS DEL MACIZO DE ANDARTO-KURTZEBARRI
(MONDRAGON-GUIPUZCOA)

por
N. LLOPIS LLADO
~1956~



	<i>CRETACICO</i> Wealdense - Anlense Flysch pizarreño		Flysch pizarreño oscuro		Aptienre-Albienre Flysch superior de Santa Cruz
	Flysch pizarreño con capas de calizas (Calizas de San Juan)		Flysch calizo gris compacto		Albienre Areniscas amarillas y conglomerados cuarzosos
	Aptienre Caliza gris con orbitolinas (Caliza de Urbaitza) Malasas y calizas negras		Caliza gris oscura compacta	ROCAS EFUSIVAS	
	Caliza margosa gris con microfaua		Flysch calizo arenoso		Teschenitas
	Caliza de Peña Arteta (A)		Caliza de Santa Cruz-Kurtzebarri	CUATERNARIO	
					Tierras rojas

0 500m 1Km

Fig. 3

- 10 m. Caliza de Peña Arteta.
- 25-30 m. Flysch pizarreño oscuro.
- 30-40 m. Flysch calizo muy compacto, a veces pasando a caliza.
- 4-5 m. Caliza sublitográfica casi negra.
- 70-80 m. Flysch calizo muy compacto, pasando a caliza.
- 15-20 m. Calizas grises oscuras, compactas, en capas de 1 á 3 m.
- 50-60 m. Flysch calizo muy compacto, pasando, a veces, a verdadera caliza.
- 5 m. Flysch calizo gris oscuro, micáceo y algo arenoso.
- 40-50 m. Caliza compacta gris negruzca.
- 4-5 m. Margas grises algo nodulosas, estériles, muy calizas.
- 1 m. Caliza margosa negra, fétida.
- 70-80 m. Margas arenosas y capas de caliza muy delgadas alternando. (Serie de la base de la caliza de Santa Cruz).
- 120-130 m. Calizas grises compactas (Calizas de Santa Cruz), que forman el cantil de las peñas de Uruaitze y Katarreta.

En el macizo de Kurtzebarri, sobre las calizas de Santa Cruz, aparece todavía otra serie caliza bien estratificada (caliza de Andarto), rica en niveles de rudistidos, como en las vertientes S. y SE. de Andarto-txiki, donde abundan las *Pseudoucasia santanderensis*. Douv., formando arrecifes. El espesor de esta serie superior de caliza puede evaluarse en 200-250 m.

Todavía aparecen por encima de la caliza de Andarto, una serie de areniscas amarillentas (areniscas de Aumategi), de 200 m. de potencia mínima, que forman cumbres limítrofes entre Guipúzcoa y Alava. El contacto entre las calizas de Andarto y las areniscas de Aumategi, es perfectamente normal y muy claro en los sumideros de Lapur-Kobak y Saiturri-kokobak.

Así pues, en este conjunto estratigráfico pueden distinguirse de abajo a arriba los siguientes tramos:

Tramo A: 450-500 m. Calizas con *Orbitolinas* alternando con margas y areniscas que llamaremos calizas de Kurtzebarri.

Tramo B: 120-130 m. Calizas grises compactas. (Calizas de Santa Cruz).

Tramo C: 200-250 m. Calizas grises blanquecinas con rudistidos. (Calizas de Andarto).

Tramo D: 200 m. mínimo: Areniscas amarillas. (Areniscas de Aumategi).

Estos tramos son válidos para la parte occidental del macizo, es decir, para la zona de Kurtzebarri-Andarto, puesto que hacia el E., o sea hacia Saratxo y el valle de Oñate, van perdiendo manifiestamente el carácter calizo para pasar a flysch margoso y arenoso. Así, en esta zona oriental, la serie caliza basal termina en el tramo B (calizas de Santa Cruz), puesto que allí se superpone a esta caliza una serie margosa y arenosa de 150-200 m. de potencia mínima, que forma el valle de Araoz y que llega a cubrir dicho tramo B hasta la propia ermita de Santa Cruz. Este flysch margoso, que llamaremos "margas de Araoz", equivale, sin duda alguna, al tramo C, es decir, a la caliza de Andarto, y en alguno de sus tramos es muy parecido al flysch de Goronaeta; no obstante, en general, es mucho más margoso y arenoso, especialmente en el valle de Araoz y alrededor de la fuente de Saratxo y Santa Cruz. En el camino de Araoz a los cerros de Saiturri es más pizarreño y parecido al de Goronaeta. Refuerza este parecido la circunstancia de contener lechos y aún bolas sueltas de teschenitas, en todo idénticas a las de Goronaeta. No obstante, todo lo indicado obliga a creer en una equivalencia cronológica entre las calizas de Andarto y las margas de Araoz.

El tramo detrítico superior es, en cambio, muy uniforme y sus características no parecen cambiar por lo menos desde

Saiturri al pie del Aitzgorri. Constituye una serie de areniscas de grano fino que llegan a pasar a conglomerados cuarzosos de tonos amarillentos, en general. En la zona reconocida por nosotros (zona de Saiturri), la abundancia de coluviones, la vegetación, y consiguiente ausencia de cortes, no nos ha permitido obtener ningún perfil de este tramo.

d) *Edad de las formaciones.*

Sobre la edad eocretácica de esta formación, no cabe duda alguna, como lo acreditan las *Orbitolinas* de la base de la serie caliza. Ríos (15) sitúa las calizas de Kurtzebarri en el albiense y nuestros tramos C y D en los límites entre el albiense y el cenomanense. No obstante, las calizas de Andarto contienen numerosos arrecifes de *Pseudotoucasia santanderensis* H.Douv. que caracteriza al gargasiense de Santander, lo que obliga a rejuvenecer algo la edad de esta capa, pudiendo establecer provisionalmente para el macizo, la siguiente estratigrafía:

Andarto-Kurtzebarri	Santa Cruz-Araoz
APTIENSE:	
Beduliense: Calizas de Urbaltza con <i>Orbitolinas</i> e intercalaciones de flysch.	Calizas de Urbaltza
Calizas de Santa Cruz.	Calizas de Santa Cruz
Gargasiense: Calizas de Andarto con <i>Pseudotoucasia santanderensis</i> Douv.	Margas de Araoz
ALBIENSE:	
Areniscas de Saiturri.	Areniscas y conglomerados

Queda pendiente de determinación la edad del flysch de Goronaeta, que Ríos sitúa en la base del cretácico y llama

wealdense-aptiense (15). En efecto, al pié del macizo de Kurtzebarri todo hace creer que dicho flysch se hunde bajo las calizas de Urbaltza. No obstante, se trata de la misma formación que más al E., Lamare (4) sitúa en el cretácico superior sin más precisiones y que con tanta regularidad y uniformidad caracteriza al cretácico superior vasco. Por nuestro escaso radio de acción no hemos podido resolver este problema, pero llamamos la atención sobre el mismo a los que nos sigan.

C) TECTONICA.

a) *Los elementos tectónicos.*

Las estructuras modeladas sobre estos materiales son esencialmente alpínicas, dada la edad eocretácica de toda la formación estudiada.

Al primer vistazo se está tentado de admitir con Ríos (15) una sencilla serie isoclinal inclinada hacia el SSE. La morfología de cuestras, ya indicadas del macizo de Andarto, refuerza también esta impresión, pero cuando se observan los detalles tectónicos se echa en seguida de ver que la complicación es mayor. No hay que olvidar, por otra parte, que el macizo de Andarto pertenece al conjunto de pliegues vascos, cuya compleja estructura ha sido puesta de manifiesto hace ya algunos años, mas hacia el E. por Lamare (4).

La existencia de masas sedimentarias, de plasticidad tan distinta, como el flysch de Goronasta, las calizas de Andarto y el flysch y areniscas de Aumategi, originan una tectónica diferencial perfectamente definida.

b) *La estructura del flysch de Goronaeta.*

Por su elevado grado de plasticidad, las formas tectónicas del flysch son extremadamente apretadas. La carretera de

Arechavaleta a Goronaeta muestra algunas de estas estructuras; son charnelas de meso y micro pliegues disarmónicos de desarrollo longitudinal muy breve, difíciles por lo tanto de seguir sobre el terreno. Las orientaciones de estos accidentes son también disarmónicas, cambiando de rumbo y complicando extremadamente su distribución horizontal.

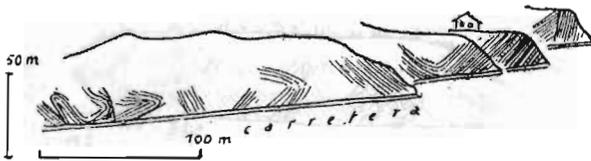


Fig. 4

Pliegues disarmónicos en el flysch de la carretera de Arechavaleta a Goronaeta. Las capas punteadas son areniscas y las negras teschenitas.

Esta tectónica plástica multiplica prodigiosamente el espesor aparente del flysch, repitiendo las mismas hiladas y repartiéndolas en superficies, con lo que pueden producirse extensos afloramientos de muchos Km² de flysch con espesores relativamente pequeños. Por estas circunstancias tectónicas, todo cuanto puede suponerse acerca de la potencia del flysch de Goronaeta, ha de ser forzosamente muy subjetivo.

c) *La tectónica de las calizas de Andarto.*

El flysch de Goronaeta está separado del macizo calizo de Andarto por una importante fractura. El carácter mecánico de este contacto es muy claro en el camino de Mendikutxa al manantial de Urbaltza y a menos de 100 m. de dicho manantial; en el puente donde se inicia el camino de Arbe, allí pueden verse las calizas de la base del tramo A, casi verticales, en contacto mecánico con el flysch; este accidente tiene dirección

WNW-ESE y corta hacia el SE. las calizas de Santa Cruz, al N. del peñon de Katarreta, perdiéndose en el flysch por el WNW. Pero el contacto flysch-caliza es también mecánico en todo el reborde N. del macizo de Kurtzebarri, como puede verse muy bien en el camino de Goronaeta a San Juan entre Kalabarría y Nardía; no hemos explorado el contacto al E. de Urbaltza, es decir, hacia el collado de Urrejola-gara, de manera que no co-

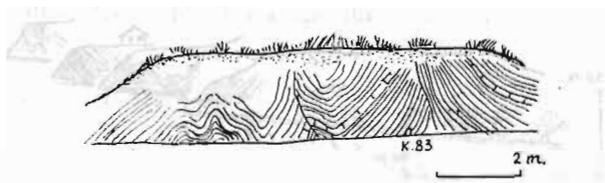


Fig. 5
Pliegues disarmónicos en el flysch del km. 8,3 de la carretera de Arechavaleta a Goronaeta. Flysch pizarreño con capas de caliza intercaladas.

nocemos su verdadera naturaleza. Pero por lo que atañe al macizo de Kurtzebarri puede asegurarse la existencia de dos accidentes distintos y de edad diferente:

- a. Cabalgadura del frente N. de Kurtzebarri, desarrollada durante el plegamiento.
- b. Falla de Urbaltza que corta a la estructura anterior y que, por lo tanto, es posterior a ella.

Esta última va acompañada de otros accidentes satélites de la misma orientación y características; algunos son microfallas, como los situados al SE. del accidente principal y por los cuales emerge el manantial de Urbaltza. En cambio al W. de Kalabarría, el contacto flysch-caliza parece perfectamente normal y la misma impresión, casi ya la certeza, se obtiene en la ermita de San Juan. Lo propio ocurre en el valle del Araoz, en las inmediaciones del pantano de Jaturabe, donde, como ya hemos dicho en la parte estratigráfica, hay un tránsito insensible entre el flysch y la caliza. No cabe duda, pues, que la cabalgadura

de Kalabarría-Nardía es un fenómeno local sin trascendencia tectónica.

Al S. de estos accidentes se desarrollan las cuestas del macizo de Andarto, sin que en ellas se aprecien accidentes importantes; a lo más, ligeras flexiones y ondulaciones laxas, como las de Andartóko-arrua y Andarto-ko-aitza.

El contacto de las calizas de Andarto con el flysch de Saratxo, se hace también por fallas en las vertientes orientales de

Andarto-ko-arrua y de Andarto-ko-aitza. Estas fallas pertenecen a dos sistemas distintos: uno de dirección paralela a la de Urbaltza, es decir, NW-SE, y otra sensiblemente ortogonal, es decir, NE-SW. El primer sistema llega a tomar rumbos próximos al N-S como en la vertiente E. de los cerros de Marnatxo y Portallxo. Estos accidentes ponen, pues, en evidencia, la existencia de una fase tectónica posterior al plegamiento pirenaico que generó fallas de estilo germánico cortando los pliegues.

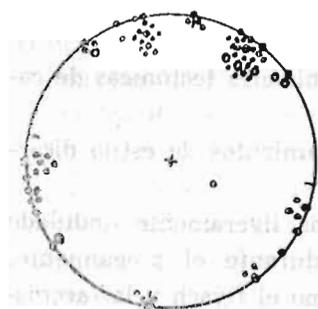


Fig. 6

Proyección estereográfica de los polos correspondientes a los sistemas de diaclasas (·) y fallas (°) de las calizas aptienses del macizo de Andarto-Santa Cruz.

Sincrónicos a estos accidentes son, probablemente, los sistemas de diaclasas que cortan el macizo de Andarto, entre los cuales hemos reconocido los siguientes:

Sistema A—E-W., Verticales

E-20-30 N., inclinados 80° S. y verticales.

Sistema B—W. 30-45 N. inclinados 80° SW. y verticales.

Sistema C—N. 30 W-N. 10 E., inclinados 80° W. y verticales.

Sistema D—NE-SW, verticales.

Son los típicos sistemas en cruz, propios de la zona de rocas de grado de rigidez relativamente elevado, poco alterados tectónicamente. Los elementos de estos sistemas van casi siempre acompañados de leptoclases de los mismos rumbos.

Estas orientaciones coinciden con las de las fallas de tipo germánico que cortan el plegamiento (fallas de Urbaltza y de Andarto-ko-arrua), lo que parece indicar que fueron generadas durante los mismos esfuerzos tectónicos.

d) *Estilos tectónicos.*

Existen en esta zona dos grandes unidades tectónicas de características opuestas:

1. El flysch de Goronaeta con plegamientos de estilo disarmonico y fuertemente apretado, y

- 2 El macizo calizo aptiense, apenas ligeramente ondulado que se ha comportado rígidamente durante el plegamiento, englobado entre dos masa plásticas como el flysch y las areniscas albienses.

La tectónica diferencial, no puede ser, en este caso, más acusada puesto que las sencillas cuestas de las calizas aptienses ofrecen un marcado contraste estructural con el flysch. En todo caso la interpretación del verdadero comportamiento tectónico de la caliza aptiense, está supeditada a la determinación precisa de la edad del flysch de Goronaeta.

II — HIDROLOGIA

A) *CARACTERISTICAS GENERALES.*—

Las tres grandes unidades morfológicas, estratigráficas y tectónicas ya indicadas (flysch de Goronaeta, calizas aptienses y areniscas albienses), son, a su vez, tres entidades hidrológicas bien diferentes dadas sus características petrográficas. Su comportamiento hidrológico es también muy diferente.

El flysch de Goronaeta, formado por pizarras, margas y escasas areniscas y calizas, es en su conjunto, el prototipo de masa impermeable. De aquí que predomine el escurrimiento, y el modelado actual de estas rocas sea mucho más complejo que el de las otras entidades petrográficas. Todo en él revela la existencia de una acusada morfología torrencial, consecuencia del escaso poder absorbente de sus materiales. Escasas y pobres son las fuentes que emergen en esta zona, hidrológicamente muerta.

Las calizas aptienses son abundantemente permeables por fisuración; sobre las extensas superficies libres que aparecen en los macizos de Kurtzebarri, Andarto y Santa Cruz, especialmente en los dos primeros, se desarrolla un Karst muy notable, objeto principal de este estudio.

Las areniscas albienses son también rocas de extremada permeabilidad, especialmente como consecuencia de su fácil disgregación. La meteorización penetrando a profundidad, convierte este tramo en una masa arenosa, perfectamente permeable, en la que se forman mantos freáticos cuyo nivel piezométrico está condicionado por el substrato de calizas gargasienses, mucho menos permeable. Naturalmente, allí donde las arenas albienses se apoyan sobre zonas muy fisuradas, se producen absorciones locales, pero en general, allí donde la superficie topográfica deja al descubierto el contacto albiense-gargasiense, aparece un manantial.

La alimentación de estos mantos freáticos está asegurada, tanto por la elevada pluviosidad de la región (una media en 10 años de 1.300 mm.), como por la nivación, si se tiene en cuenta que el macizo de Andarto está cubierto de nieve de tres a cuatro meses al año. Estas circunstancias petrográficas y climáticas, han desempeñado un papel muy importante en el desarrollo del Karst.

B) EL KARST.

La superficie de las calizas aptienses ha sido asiento de una activa carstificación. Ello hace que este Karst presente mucho mayor desarrollo en el macizo de Kurtzebarri-Andarto que en el de Santa Cruz, hasta el punto que bien puede decirse que la mayor parte de las zonas de alimentación y conducción de este Karst, están situadas en la zona occidental del macizo calizo.

a) *La zona de alimentación y sus formas de absorción.*

La zona de alimentación está formada exclusivamente por las rocas que en la parte estratigráfica hemos denominado "calizas de Andarto", puesto que comienza por encima de las "calizas de Santa Cruz", ocupando una superficie de más de 5 Kilometros cuadrados.

La zona septentrional está ocupada por las cumbres de Kurtzebarri y sus inmediaciones. Alrededor de dichas cumbres, aparecen plataformas profundamente carstificadas definidas por extensos campos de lapiaz, de tipo netamente estructural, puesto que se establecen preferentemente sobre el sistema dominante de diaclasas E.20 N., inclinado a 70° SE. Este lapiaz llega a tener 5-6 m. de profundidad y en su génesis debe de haber desempeñado un papel importante la nivación, dado el poder disolvente del agua de fusión de la nieve, (22) (23). Por otra parte, esta hipótesis viene reforzada por la presencia de las dolinas de tipo "jou" (8) (9) (10), entre las dos cumbres de Kurtzebarri. No puede extrañarnos la presencia de formas cársticas de nivación si se tiene en cuenta que esta cumbre de Kurtzebarri está cubierta de nieve de 5 á 6 meses al año, pues persisten en ella los neveros hasta la primavera.

En esta zona septentrional, el Karst sólo se desarrolla allí donde las condiciones topográficas son favorables. De aquí que los "jous" de Kurtzebarri son "dolinas de collado" o "de

cordal" desarrollados sobre la divisoria de aguas del Deva y del barranco de Arbe. Lo propio ocurre a lo largo del cordal Kurtzebarri-Aranguren, donde aparecen formas análogas, tales como la uvala de Kargaleku.

Las vertientes orientales de este cordal, presentan bien desarrollados campos de lapiaz del mismo tipo y "jous" allí donde aparece una hombrera o un relleno estructural. La adaptación de estas formas a la estructura, es completa: los "jous" están adaptados totalmente al buzamiento de las capas, presentando un flaco suave, en el sentido del buzamiento y un flanco abrupto en el opuesto.

Pero la auténtica zona de alimentación comienza en Aiznardo-ko-aitza, donde aparece el elemento más significativo de la misma, representado por el polje de Decurrixako-zelaya, extensa depresión irregular elíptica, de cerca de 1,5 Km. de longitud por 300 m. de anchura, profunda de más de 60 m. En su fondo y especialmente en la zona E., se observan algunos embudos de dolinas incipientes reveladores de la zona de máxima actividad subterránea del polje.

Este polje es la zona de convergencia de varios valles maduros, hoy totalmente carstificados, que aún conservan las huellas de una época fluvial, ya lejana; al W. el que desciende de Biskarlatzo; más al E. el de Gestatei-ko-arrua, el de Portaletxo y el de Andarto. El más importante es el de Gestatei-ko-arrua, jalonado de dolinas (=lesia, en vascuence), tipo "jous", de los que el más importante es el de Alabita-txiki, situado casi en la cabecera del valle.

Las vertientes de esta hondonada están acribilladas por campos de lapiaz de características muy particulares a consecuencia de la textura nodulosa de la caliza gargasiense. El lapiaz desarrollado, es predominantemente alveolar y deja en saliente "nódulos y masas arriñonadas y botriodes" correspondiente a las partes menos solubles; la roca ha sido dividida en "macizos"

por el desarrollo de este lapiaz, de tal modo que la topografía de detalle no puede ser más complicada y fantástica.

La zona carstificada termina en la cornisa de Saiturri-ko-kobia, en el contacto de la caliza gargasiense con las areniscas albienses. En el propio contacto se desarrolla el polje de Saiturri de 1,3 Km. de longitud por 300 m. de anchura máxima. Sus formas revelan que ha sido engendrado por la conjugación de "lesías" y de uvalas; todavía en la zona W. quedan "umbrales" de calizas que aún no han llegado a evolucionar para convertirse en "hums".

En el fondo de este polje se abren los sumideros de Saiturri; son tres bocas diferentes situadas en la pared rocosa septentrional del polje, abiertas en diaclasas N. 10° W. inclinadas 80° W. Algunas de estas diaclasas se han movido como micro y aún mesofallas, de tal modo que esta zona constituye un punto óptimo para la absorción.

Las aguas absorbidas proceden de manantiales que emergen entre las areniscas albienses de las cumbres de Mugarri-luze, Pozo Orbe y Saiturri, situadas en la divisoria con la provincia de Alava y que forman las vertientes meridionales del polje de Saiturri; los caudales totales son del orden de los 30-35 l/s, aunque no ha podido hacerse un aforo concienzudo.

En el reborde SE. de la zona carstificada, en las vertientes de Olabarrieta y Portaletxo, hay otros grupos de tres sumideros, de W. a E.: Lapurkoba o Txokonerrekie, dolina-ponor, profunda de unos 10 m. que absorbe aproximadamente 0,5 l/s por los planos de estratificación; está situada, como los demás, en el contacto de la caliza gargasiense con las areniscas albienses; Txaramela-ko-urzulúa, en el mismo contacto y a 100 m. al NE. de la anterior, absorbe 1 l/s. por diaclasas N. 10-20 E., es también un ponor de características semejantes a Lapurkoba; finalmente a 350 m. al NE. de Txaranula, se abre el más importante, Gaztelu-ko-Urzulua, abierto en la caliza gargasiense en una falla que se pone en contacto con las areniscas albienses;

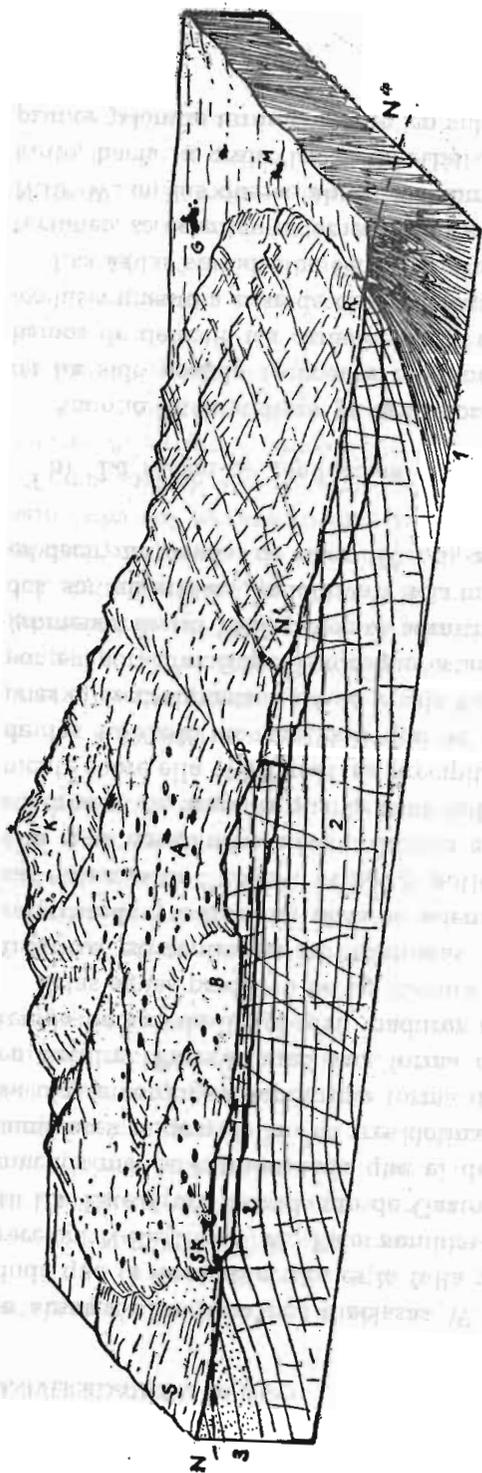
la absorción se hace por diaclasas W. 20 N., aunque no cabe duda que la línea colectora es la falla ya indicada que tiene dirección N-S, N. 10° W. Este sumidero absorbe por lo menos 10 l/s. Este grupo absorbente de Gaztelu representa una forma muchos menos evolucionada que el de Saiturri. Aquí los tres sumidores se desarrollan en tres dolinas independientes, que en su día se conjugan dando una forma de uvala o de polje como en Saiturri. Parece, pues, una forma muy moderna que no ha tenido tiempo de llegar a su madurez morfológica.

Estas aguas proceden de las fuentes ordinarias de los mantos freáticos existentes en las areniscas albienses, pero la zona carstificada ya descrita, absorbe además aguas autóctonas por sus sistemas de "lesias", uvalas y poljes. La superficie total de esta zona de alimentación, la hemos evaluado en 5 Kilómetros cuadrados, de manera que la cantidad de agua que cae anualmente sobre ella (1.300 mm. de precipitación anual), es del orden de los 6.500.000 m. cantidad que se absorbe casi totalmente, pues el escurrimiento es nulo y sólo hay que contar las pérdidas por evaporación. Suponiendo que estas pueden evaluarse en algo menos de un 10%, podemos admitir que, en números redondos, son absorbidos anualmente seis millones de metros cúbicos, es decir, un caudal de unos 160 l/s., aproximadamente.

b) *La región de conducción.*

Aunque los sumideros ya descritos son en parte penetrables, no ha sido posible reconocer ninguno de ellos y por lo tanto hemos de deducir las características de la zona de conducción, exclusivamente a base de observaciones externas.

Las aguas sumidas en Saiturri, al comenzar su trayecto subterráneo, se orientan netamente sobre las diaclasas y microfallas N.10° W. en las que se abren los sumideros; se dirigen, por lo tanto, hacia la gran "lesia" de Alalista-txiki, que constituye el primer jalón de un importante río subterráneo que se inicia con



**CORTE HIDROGEOLOGICO TEORICO DEL RIO HIPOQUEO DE
SAITURRI - URBALTZA**

- | | | |
|-----------------------|--|--|
| 1 - Flysch | N-N'-N''- Nivel piezométrico
teórico | S - Saiturri |
| 2 - Calizas aptienses | SK - Sumidero de Saiturri | K - Kurtzebarri |
| 3 - Arenas albienses | R - Resurgencia de Urbaltza | A - Campo de lapiaz de
Arzarda - Ko-Aliza |
| | B - Pozo de Bixaulakua | G - Goronaoza |
| | P - Pozo rebosadero de
Gaitxueña - Ko - Urlesia | M - Mendicuetxa |



Fig. 7

un caudal de cerca de 35 l/s., dirigiéndose hacia el N. A lo largo de todo el valle de Gestatei-arrua, las uvalas y las dolinas jalonan un curso subterráneo que no puede ser otro que el formado por las aguas del sumidero de Saiturri. Al llegar dichas aguas al poljé de Degurixaco-zelaya, se dirigen hacia el NE., a lo largo de los planos de estratificación que deben ofrecerles menos resistencia que los sistemas de diaclasas. Más al NE. de Aiznardo-ko-aitza, se pierden las huellas superficiales de esta corriente subterránea que sin duda alguna, se dirige hacia Urbaltza, donde resurge.

Las aguas sumidas en Lapurkoba, Txaranela y Gaztelu, se orientan, con toda probabilidad, a lo largo del plano de fallas de Gaztelu que se dirige al N., hacia el extremo E. del poljé de Degurixa-ko-zelaya. Precisamente es en esta zona del poljé, donde termina la falla de Gaztelu y donde existe mayor densidad de dolinas incipientes que acreditan un funcionamiento reciente. A partir de este punto, las aguas han de dirigirse, condicionadas siempre por la estructura, a lo largo de los planos de estratificación, hacia el NE. por debajo del macizo de Santa Cruz, hacia el manantial de Saratxo, donde resurgen.

Parecen existir, pues, dos ríos hipogeos independientes, generados, ante todo, por los sumideros de Saiturri y de Gaztelu; el primero corriendo un poco más hacia el N. que el segundo; no obstante, no cabe descartar completamente la hipótesis de que bajo el poljé de Degurixa-ko-zelaya, se reunieron las aguas procedentes de ambos grupos de sumideros, originándose una corriente única hacia el NE. hasta las inmediaciones del peñasco de Katarreta, donde se produciría una difluencia subterránea que vertería agua hacia Urbaltza y hacia Saratxo. En este último caso debería existir una estrecha correlación entre las fluctuaciones del régimen de los manantiales de Urbaltza y de Saratxo, puesto que ambos tendrían una alimentación común. Aunque en el mapa hayan representado las dos probables corrientes hipogeneas, separadas una de otra, ello no significa

que hayamos adoptado definitivamente esta primera solución, puesto que no conocemos suficientemente el régimen de estos manantiales para poder decidirnos por una u otra solución.

Otro problema nos lo ofrece el pozo de Gaiñxqueta-ko-unlesia, sima de unos 12 m. de profundidad donde aparece un afloramiento hídrico que con toda probabilidad constituye un rebozadero de uno de los dos ríos hipogeos ya indicados. Caso de existir dos corrientes independientes parece, por su posición pertenecer al río hipogeo de Saratxo; en todo caso representa un jalón precioso, para la determinación del nivel piezométrico teórico de este sistema cárstico, por su situación intermedia entre los sumideros y las resurgencias.

De lo que no cabe la menor duda es del carácter mixto de la alimentación de este Karst, puesto que por una parte se nutre de las aguas alóctonas, procedentes de las areniscas albienses y por otra de las absorciones autóctonas por los sistemas de dolinas, uvalas y poljés del macizo de Andarto, siendo sin duda estas últimas las que le proporcionan los mayores caudales.

c) *Las resurgencias.*

En el borde septentrional del macizo existen dos importantes resurgencias por las que emergen las aguas del aparato cárstico de Andarto; en el valle de Arbe, el manantial de Urbaltza: en la cabecera del reguero de Saratxo, la fuente del mismo nombre.

1. *La resurgencia de Urbaltza.*

Aparece cerca de la salida del barranco de Arbe a 1 Km. al S. del caserío de Mendicutxa, a 380 m. de altitud. Es una resurgencia múltiple. Los varios manantiales de que se compone emergen en las calizas aptienses con *Orbitolinas*, a una distancia, que oscila según los manantiales, entre 40 y 100 m. de la falla que pone en contacto vertical el flysch de Goronaeta y las cali-

zas aptienses. Desde el contacto hasta los manantiales más alejados del mismo, los estratos van perdiendo buzamiento, pasando de la vertical en la falla, a 30° SE. en la fuente de Urbaltza propiamente dicha, en esta zona las capas están orientadas al N. 20° E.

La resurgencia consta de los siguientes elementos:

1. Manantiales actuales y 2. Resurgencia muerta.

Los manantiales actuales, a su vez, comprenden dos grupos:

1. Manantial de la vaguada del río de Arbe 2. Manantial de Urbaltza propiamente dicho.

El manantial de la vaguada que llamamos E., es una fuente ascendente que emerge en la capa de caliza gris del contacto por falla con el flysch y muy cerca del puente que cruza el río de Arbe. La caliza gris tiene diaclasas NW-SE., verticales y E. 20 N. inclinadas 80° SE. El caudal parece ser muy constante, siendo difícil de aforar a consecuencia de su situación en la vaguada, pero no es inferior a 5-6 l/s. El agua emerge netamente a presión, a borbotones, por una abertura circular de unos 20 cm.

Los manantiales de Urbaltza propiamente dichos, emergen a unos 60 m. al S. del anterior. Recientemente, el más importante ha sido objeto de un intento de captación por el Ayuntamiento de Mondragón y Arechavaleta.

Fuente A. Es la más importante, emerge por una diaclasa E-W., vertical, por una caverna impenetrable por estar inundada; el agua emerge tranquilamente sin presión alguna. El primer aforo practicado el dos de mayo de 1956, dió 80 l/s.; el segundo aforo se hizo el tres de junio del mismo año, dando 57 l/s. La primavera de este año fué muy lluviosa. En el informe relativo a las obras de captación de este manantial (*) figura un aforo, de fecha octubre 1952, 16 l/s. llegando a 21 l/s.

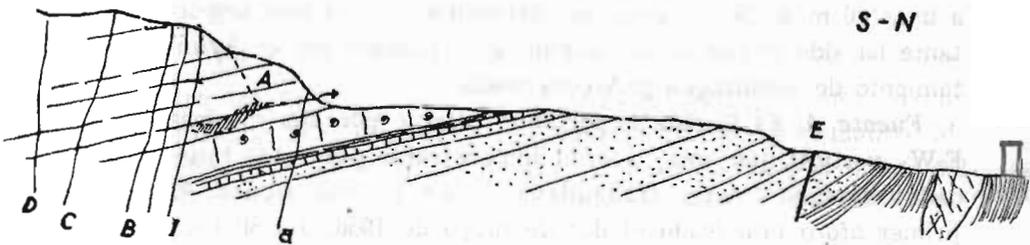
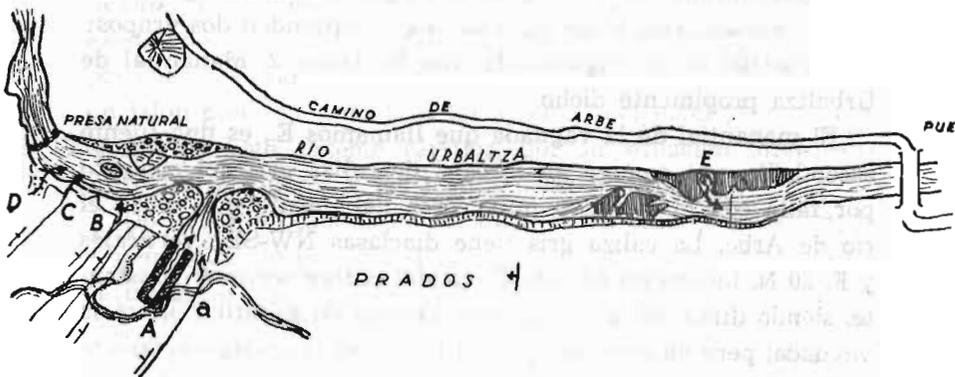
(*) Proyecto de nuevo abastecimiento de aguas a las villas de Mondragón y Arechavaleta, provincia de Guipúzcoa (inéditos por el Ing. de Caminos D. Manuel M. Santos Saralegui).

PLANTA Y CORTE GEOLOGICOS DEL MANANTIAL DE URBALTZA (MONDRAGON - GUIPUZCOA)

por

N. LLOPIS LLADO

~1956~



50 m



Fig. 8

en invierno; según referencias de los caseros y los pastores, este manantial aumenta de caudal prodigiosamente en invierno y primavera, mermando considerablemente en verano, aunque sin llegar a secarse; en las épocas de fuertes precipitaciones o después de nevadas muy intensas, emergen a fuerte presión hidrostática, dando un chorro que en ocasiones puede alcanzar el margen opuesto del río; la última emisión de este tipo tuvo lugar en 1953.

Esta fuente tiene dos accesorias: Una N., *fuentes a*, que emerge por una diaclasa W-E, y otra al S., *fuentes A'*, que es un rebozadero de A. El caudal de ambos no pasaba, en la fecha del primer aforo, de uno a dos litros por segundo.

Fuente B. Emerge por diaclasas W 20° N, NE-SW. La diaclasa NE-SW, enlaza directamente con el manantial A, apareciendo las aguas a 1 metro por debajo del nivel normal de A y a 6 m. de esta fuente. El caudal, en mayo de 1956, era aproximadamente de 2 l/s.

Fuente C. Emerge por una diaclasa W 20° N. inclinada 80° al S. a 1 m. por debajo del nivel normal de A y a 6 m. al S. de esta. En mayo de 1956, daba un caudal de 2 l/m.

Fuente D. Emerge entre los cantos de un aluvión a 3 m. del anterior, dando, en el mismo mayo, un caudal de 2 á 3 l. por minuto.

No cabe la menor duda a cerca de que ambos grupos de fuentes pertenecen al mismo afloramiento hídrico, el cual ha sido provocado por la proximidad de las pizarras impermeables del flysch de Goronaeta. La falla que pone en contacto la caliza y el flysch, sirve de barrera (24) al río hipogeo, ya descrito, procedente de Saiturri y obliga a elevarse anormalmente el nivel piezométrico apareciendo las fuentes por las diaclasas inmediatas a la fractura.

La resurgencia muerta es una pequeña caverna situada a 12-15 m. por encima del manantial A, en el camino de Arbe, sin duda el antecesor cuaternario de Urbaltza que nos indica clara-

mente que el sistema hipogeo de Urbaltza funcionó ya, como hoy, en épocas pretéritas.

2. La fuente de Saratxo.

El manantial de Saratxo, aparece cerca de la carretera del barranco del mismo nombre, a 480 m. de altura, muy cerca del contacto de las margas de Araoz con las calizas de Santa Cruz. Aflora en las calizas a lo largo de los planos de estratificación, orientado 30° N, buzando 20° SE. Consta de los elementos distintos: la caverna resurgencia y b) una sima "rebosadero", a 15 m. por encima de la anterior.

La caverna resurgencia está tapiada con objeto de convertirla en arqueta de captación; un tubo de hierro extrae estas aguas para su utilización industrial por la Unión Cerrajera. La caliza está cortada por diaclasas N 10° -E., verticales. E. 20° - 30° N., oscilando entre la vertical y 80° SE.

A 15 m. por encima de la caverna y a 65 m. de distancia de la entrada, se abre la sima rebosadero, excavada sobre diaclasas E 20° N., verticales, muy juntas, con aire de diaclasas colectoras. Hay otros sistemas W-E. vertical y N. 30° E. vertical. A los 8,5 m. de profundidad se encontraba el nivel hidrostático el 4 de mayo de 1956, en que la visitamos, alcanzando un espesor de 7 m. La profundidad total de esta sima es, pues, de 15,5 m. Las paredes presentan fuertes señales de erosión a presión hidrostática, lo que acredita que en épocas de fuertes precipitaciones es un auténtico "trop-plein" de la resurgencia de Saratxo; el talweg que se forma aguas abajo del "trop-plein" es también muy explícito a este respecto.

En cuanto a las circunstancias geológicas del afloramiento, no hay ninguna razón particular para que este se produzca. Por el contrario, normalmente estas aguas deberían de continuar hacia el E. a la largo de los planos de estratificación hasta el valle del Araoz y así debió de ocurrir en otras épocas, siendo probable que en el cuaternario, la resurgencia se produjera en

la actual cueva de San Elías sobre el pantano de Saturabe. Esta cueva está situada a unos 60-70 m. más baja que Saratxo y debió ser abandonada en el momento en que la erosión ascendente del barranco del Saratxo cortó el río hipogeo que se dirigía a San Elías desviando su emergencia; en este caso, la resurgencia de Saratxo sería, en realidad una forma de emisión obligada por las circunstancias evolutivas de la hidrología epigea y adaptada a estas circunstancias.

d) Hidrodinámica y tipo del sistema carstico de Andarto.

Las observaciones expuestas en los anteriores apartados nos permiten llegar a algunas conclusiones acerca del funcionamiento del sistema hipogeo de Andarto.

1. La alimentación es de tipo pluvio-nival, como se echa de ver en seguida en la morfología de las formas de absorción.

2. Es un sistema híbrido, puesto que recibe aguas alóctonas por los sumideros de Saiturri y Gaztelu, y aguas autóctonas a través de los poljés y dolinas de la zona de alimentación.

3. La circulación se realiza en su mayor parte en conducción forzada, por lo menos la rama de Urbaltza, que es para nosotros, la mejor conocida.

4. El sistema de galerías y cavernas conductoras debe ser estrecho, poco evolucionado aún, lo que favorece el funcionamiento a presión hidrostática.

C) LA ANTECEDENCIA CUATERNARIA

El aparato cárstico actual de Andarto, es el sucesor de una serie de formas antiguas que se reconocen en todo el macizo y que acreditan que durante el cuaternario existió ya una activa circulación cárstica semejante a la actual.

Es aún posible que existan formas más antiguas, puesto que la gipfelflur G1 de la que indiscutiblemente derivan todos los

relieves actuales, es de edad terciaria; en todo caso, estas formas ancestrales habrían desaparecido totalmente, aunque no podemos saber si algunas a las que atribuimos edad más reciente, pueden ser restos de aquellos. En realidad, el relieve cárstico como el relieve normal, ha de estar formado por una superposición de formas de edades diferentes generadas casi siempre bajo condiciones climáticas muy distintas.

Sea ello como quiera, las huellas claras de formas antiguas, antecesoras de las actuales, son las cuaternarias.

a) *Las formas fluviales degeneradas.*

Ya hemos dicho que en la zona de Andarto, la morfología cárstica aparece cortada por valles de tipo fluvial, degenerados por la cárstificación. Tales son las vallonadas que afluyen al poljé de Degurixa-ko-zelaya y el mismo poljé parece instalado sobre una antigua forma fluvial que hubiera vertido sus aguas hacia el NW. por entre los cerros de Aranguren y Araluze. La zona de alimentación del Karst actual de Andarto, parece haberse desarrollado, pues, sobre una antigua cabecera de un valle afluente de un predecesor del actual Deva.

Esta morfología revela la existencia de un relieve pre-cárstico (6) correspondiente a una fase fluvial desarrollada bajo un clima extremadamente húmedo y en un momento inmediatamente anterior a la carstificación; con toda probabilidad, en aquella época el valle del Deva no debía haberse excavado todavía, de tal modo que esta fase fluvial del macizo de Andarto, debe de situarse probablemente entre G1 y N1 y por lo tanto estas formas deben ser muy antiguas, ya que hay que remontarlas al terciario, tal vez al mioceno.

En el momento en que comienza la cárstificación, se empiezan a borrar las formas fluviales y los valles alojan las dolinas primero, y los valles ciegos y poljés después, mientras las vertientes se cubren de campos de lapiaz.

b) *Las antiguas formas de absorción.*

1) Los sumideros cuaternarios de Saiturri.

Algunos de los sumideros descritos en Saiturri, tienen formas más antiguas que acreditan que la absorción del agua en masa se realizaba ya en otras épocas. Una de ellas es Saiturri-ko-kobak, pequeña caverna situada a 50 m. por encima del fondo del poljé de Saiturri, es decir, a unos 1.100 m. de altitud. Esta caverna, de unos 10 m. escasos de profundidad, es una forma predecesora del sumidero oriental de Saiturri, excavada sobre diaclasas y leptoclasas N. 10° W. inclinadas 80° W. Otras formas parecidas, aunque menos desarrolladas, se encuentran a alturas semejantes a todo lo largo de la cornisa del poljé, lo que indica una fase de absorción y de desarrollo del poljé anterior, al actual.

Estas formas hemifósiles, no son penetrables. En cambio, más al E., en la vertiente oriental de Andarto-ko-aitza, existe una forma bien conservada y del mayor interés desde este punto de vista.

2. *Txemen-koba.*

Es una caverna que se abre a 880 m. de altitud, cerca del contacto de las calizas gargasienses con el flysch margoso del Araoz. Las calizas de la entrada buzan ligeramente hacia el W. Txemen-koba constituye el único ejemplo de formas subterráneas que hemos visto en este macizo, lo cual, unido al carácter de sumidero que tuvo esta caverna en la época de su pleno funcionamiento, hace que tenga, para nuestro estudio, un gran interés.

Se penetra en la caverna por un corredor rectilíneo excavado entre planos de estratificación casi horizontales con fuertes señales de erosión a presión hidrostática; es especialmente claro un cauce antiguo situado en la parte alta derecha del co-

redor que debió constituir la primera etapa de erosión de esta caverna. El resto del corredor es otro tubo de erosión bien desarrollado y cuyo suelo está hemifosilado por cantos y arcillas.

Hacia el W. sigue un corredor lateral, excavado también en los planos de estratificación, corredor que se biparte por un macizo estalagmítico; en el techo hay pequeñas estalactitas melonares; el suelo está cubierto de barro gris.

El corredor conduce a una salita (sala B), con fuertes señales de erosión; en el techo; al S. se inicia un corredor lateral. La galería se hace sinuosa y baja por relleno, puesto que el techo sigue manteniéndose sobre el mismo estrato.

El corredor termina en una salita de 4 m. de altura (Sala C). de bóveda acampanada, con marmitas invertidas; la caverna se bifurca, terminando hacia el SW. ante una pequeña colada estalagmítica que emerge entre los estratos. Se desciende por una rampa de arcilla en una estrecha diaclasa N 10°-20° W; en la parte alta de la misma hay una marmita invertida procedente de la decapitación de un antiguo tubo de erosión turbillonar que prolonga el corredor ya descrito. La caverna se desarrolla ahora condicionada por las diaclasas N. 10°-20° W y NE-SW, en descenso. El lecho superior queda a 7 m. por encima del piso.

Estas diaclasas conducen por un paso bajo y estrecho a una amplia sala (Sala D), formada por un hundimiento, desarrollado sobre una diaclasa N-S. Es una sala en pendiente hacia el W. El suelo está ocupado por una colada estalagmítica con "gours" todo muy seco. En el extremo E., camino normal del agua, hay un techo bajo con "lapiaz invertido", muy claro.

En la parte W. hay la gran diaclasa N-S que ha originado el hundimiento, por infiltración y decalcificación; en la zona N. hay una gran colada estalagmítica que, con toda probabilidad, recubre un caos de bloques. Al otro lado de la colada, prosigue todavía la caverna a lo largo de la diaclasa, por una colada con "gours" que obstruye la continuidad hacia el N. Esta zona es la de mayor estalagmitización de la caverna por ser

la de mayor infiltración. Como siempre, a la infiltración, decalcificación y hundimiento, sigue el proceso reconstructivo.

La morfología dominante en esta caverna es, pues, la de erosión; tanto en los corredores superiores de la entrada, como en las diaclasas intermedias, cómo aún en la gran sala final, encontramos siempre huellas de erosión a presión hidrostática que se manifiesta en las marmitas invertidas cenitales, el lapiaz invertido y los restos de tubos de erosión turbillonar en los techos; no cabe duda, pues, que esta caverna funciona como un órgano conductor a presión hidrostática, aunque no es de descartar una cierta actividad de tipo fluvial en los últimos momentos de su evolución hidrogeológica.

Esta morfología tan desarrollada y su situación con relación a la estructura de Andarto, revela que Txemén-koba es un sumidero muerto, de aguas que procedían de las areniscas albias de Arbelgaizto en las vertientes orientales de Aumategi y que discurrían hacia el N.; hacia el interior del macizo calizo, antes de que la erosión ascendente de la cebecera del Araoz hubiera excavado las vertientes orientales de Aumategi. Pruebas de esta antigua dirección de las aguas en esta zona, las tenemos claras en el desarrollo de la hidrología superficial, en la cabecera del barranco del Arbe, que se desarrolla entre los cerros de Andarto-ko-aitza y Andarto-txiki; allí aparece un valle muerto carstificado sobre el que se desarrollan dos antiguas dolinas; este valle se prolongó en otro tiempo hacia el SE. sobre el flysch de Araoz, hasta el cerro cota 846, como aún puede verse hoy en la topografía; la cabecera del valle de Arbe llegaba, pues, por lo menos, hasta dicho cerro cota 846, hasta el momento en que fué capturado por la cabecera del Araoz que erosionaba, sin duda, condicionado por un nivel de base muy bajo.

Estas circunstancias nos obligan a pensar que en el cuaternario, sin más precisiones, las vertientes de Aumategi tendrían características hidrogeológicas análogas a las actuales de Saiturri

y que Txemen-koba era un sumidero análogo a los actuales de Gaztelu o de Saiturri, tal vez uno de los antecesores cuaternarios de Gaztelu.

Las formas subterráneas de Txemen-koba y su evolución, nos ilustran, pues, ampliamente acerca de las características que actualmente deben tener las formas de conducción de los ríos hipogeos de Urbaltza y de Saratxo.

La evolución hidrogeológica de Txemen-koba, puede resumirse en las siguientes frases:

1.^a Fase de sumidero. Absorción y conducción a través de las formas de erosión ya descritas. La circulación comenzó en en piso superior, excavando los tubos de erosión turbillonar de los techos de los corredores.

2.^a Fase fluvial, poco desarrollada que representa la última etapa de la actividad hidrológica de Txemen-koba.

3.^a Fase de senilidad y muerte por excavación de la cabecera del Araoz; captura del Arbe y captura de las aguas que absorbía Txemen-koba.

4.^a Fase clástica. Infiltración y hundimiento en el Gran Salón.

5. Estalagmitación y pavimentación de suelos por coladas estalagmíticas.

c) *Las antiguas formas de emisión.*

No conocemos ninguna forma de emisión cuaternaria que pueda ilustrarnos acerca de las características de emergencia de las aguas de Andarto durante el cuaternario. Únicamente la cueva hemifósil de Urbaltza, de la que ya hemos hablado; pero esta caverna, corta y reducida, es poco expresiva a este respecto. En cambio, en el balle del Araoz, hemos tenido ocasión de visitar la cueva de los Osos, descrita recientemente por Arcaute y San Martín (16), que, aunque formando parte de otro sistema cárstico,—el sistema de Geraltza—nos ilustra amplia-

mente acerca de las características de los órganos emisores cuaternarios de esta región. Por otra parte, son especialmente interesantes los sedimentos que rellenan buena parte de esta caverna, puesto que nos permiten deducir algunos episodios climáticos cuaternarios, estrechamente relacionados con la paleohidrología de esta región.

La cueva de los Osos y sus sedimentos.

1. Características geológicas.

La Cueva de los Osos está excavada en las calizas de Santa Cruz, en la vertiente E. del pantano de Jaturabe, y a unos 40 m. por encima del nivel normal de dicho pantano. La topografía, descrita ya por Ruiz de Arcaute (16), está condicionada totalmente por la estructura; los planos de estratificación horizontales de las calizas aptienses dirigen el trazado de la mayor parte de las galerías; las diaclasas desempeñan un papel secundario aunque localmente influyen la morfología como en las galerías transversales de la rama meridional de la caverna que se hallan excavadas sobre un sistema de diaclasas W. 20°-30° N.; la pared S. de la galería principal de acceso, es también una diaclasa de este sistema; en las galerías septentrionales se observa menos influencia de los elementos tectónicos, lo que determina el carácter sinuoso, meandriforme, del trazado, ya que los planos de estratificación horizontales, faltos de rigidez, permiten una mayor influencia del nivel de base, sobre el camino del agua.

2. Las formas subterráneas.

La morfología dominante en esta caverna, es de erosión. Ya Arcaute y San Martín (16) indicaron el papel de antigua sur-

gencia que esta caverna desempeñó durante la evolución intracuaternaria del sistema Gesaltza-Arikruz.

En todos los techos hay huellas de erosión a presión hidros-

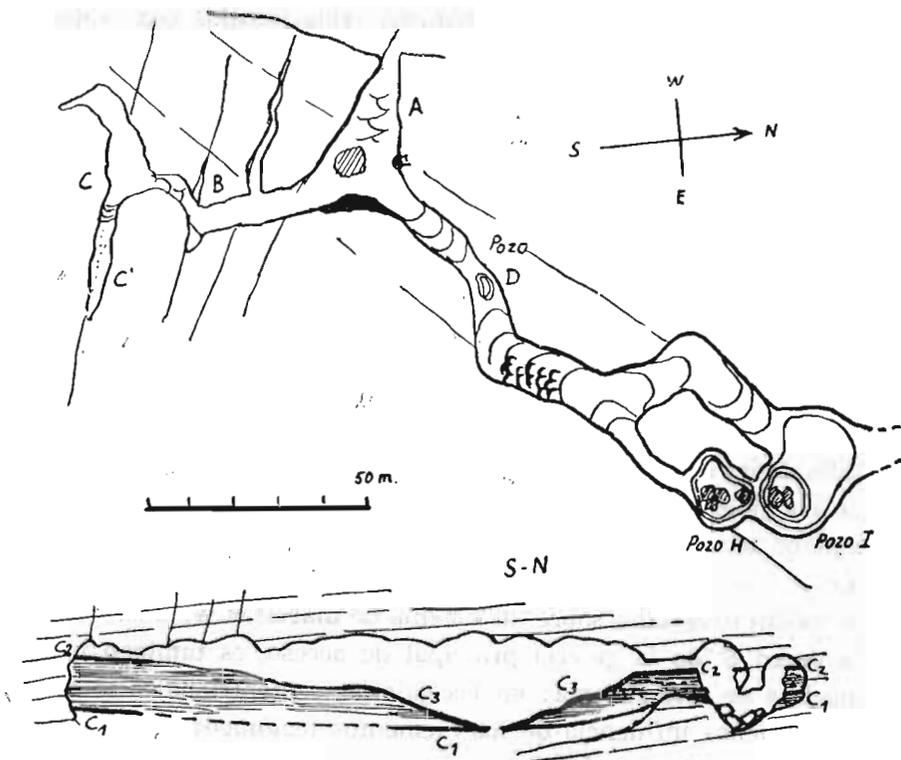


Fig. 9.—Planta y sección de las zonas de entrada de la Cueva de los Osos y relación teórica entre los sedimentos.

C₁. Corteza de calcita blanca inferior. Riss?—C₂. Corteza de calcita blanca superior. Wurm? (Ver detalle en fig. 10).

tática, lo que indica que la Cueva de los Osos funcionó durante el cuaternario como funciona hoy Urbaltza, aunque la importancia de esta última está proporcionada a las dimensiones más reducidas de la zona de alimentación de Andarto, en relación a la de la Cueva de los Osos situada en el Aitzgorri. Las anolo-

gías con Urbaltza son tanto más acusadas cuanto que la Cueva de los Osos fué como aquélla, una resurgencia múltiple, como lo acreditan las galerías accesorias de la rama meridional, que, aunque cegadas en la actualidad, fueron otros tantos manaderos durante el cuaternario.

La Cueva de los Osos pasó luego por una fase fluvial, seguida de un largo período en que debió funcionar como trop-plein, de otra resurgencia más baja, tal vez ya, la de Jaturabe. Esta segunda y última fase de la actividad hidrológica de la Cueva de los Osos, está acreditada por los sedimentos que rellenan en buena parte, transformándola en caverna hemifósil.

Posteriormente a estos rellenos, se han producido todavía intentos de rejuvenecimiento acreditados por la "perforación" de los sedimentos, que Arcaute (16) atribuye a las infiltraciones del río Araoz. Se trata de verdaderas formas de erosión excavadas, tal vez, de abajo a arriba durante los últimos momentos de funcionamiento de la caverna como trop-plein. Aún hoy los pozos se inundan a tenor de las oscilaciones naturales o artificiales del nivel del pantano de Jaturabe.

3. *Los sedimentos.*

Durante la fase fluvial de la Cueva de los Osos, se produjo un relleno típico de "nivel de base" (7). En los cortes naturales de los pozos excavados por erosión, así como en la gatera de la sala terminal de las galerías meridionales, pueden obtenerse varios cortes. En este último punto la sucesión, de arriba a abajo, es la siguiente:

0,1-0,2 m. Corteza estalagmítica actual.

4-4,5 m. Arcilla gris con cantos de caliza y restos de *Ursus spelaeus* B.

2 m. Arcillas rojas con "varvas".

Muro no visible.

En el primer pozo, el más meridional (Pozo H del plano), la sucesión de sedimentos es la siguiente de arriba a abajo.

0,1-0,2 m. Corteza estalagmítica.

1,4 m. Arcilla gris con cantos grandes de caliza.

0,2 m. Capa de cantos de arenisca.

1,5 m. Arcilla con algunos cantos y numerosos restos de *Ursus spelaeus* B.

0,2 m. Costra de calcita blanca.

0,5 m. Acilla roja con "varvas".

Muro: Caliza aptiense.

La capa de calcita blanca de 0,2 aumenta considerablemente de potencia llegando a tener (Pozo I del plano), aparece el siguiente corte de arriba a abajo:

0,4 m. Corteza estalagmítica.

1,8 m. Zona de capitas de caliza blanca entre la arcilla.

4 m. Arcilla con cantos de arenisca de 0,1 de diámetro.

2,5 m. Capa de cantos de caliza poco rodados.

Muro de caliza aptiense.

Cuando se intenta ligar estos cortes, se echan de ver en seguida en ellos, las variaciones locales de un mismo proceso de sedimentación, gracias a las cortezas estalagmíticas que actúan de capas guías y que permiten relacionar unos y otros cortes. En efecto, la corteza estalagmíticas inferior del pozo H, aparece también en el pozo D del corredor que da acceso a las galerías septentrionales, lo que permite establecer el carácter general de esta corteza, aunque, no aparezca en los otros cortes. Ello indica, por lo tanto, que la sedimentación se realizó en dos etapas separadas por la corteza estalagmítica inferior que marca una interrupción importante en la litogénesis.

4. La litogénesis y las fases climáticas.

Los sedimentos de la Cueva de los Osos, como sedimentos correlativos al desarrollo hidrológico de la caverna, no sólo nos

revelan las características hidrológicas intracuaternarias, sino también las condiciones climáticas que presidieron la litogénesis.

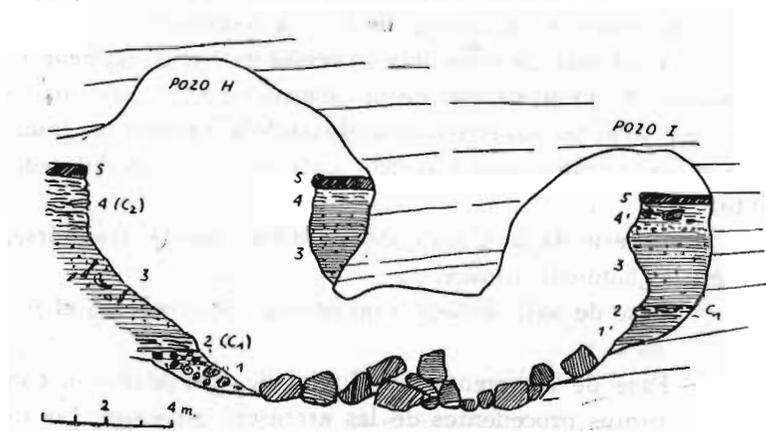


Fig. 10.—Detalle de los pozos H e I de la Cueva de los Osos.

1. Capa de cantos de caliza poco rodados con cemento arcilloso.—1'. Arcilla roja con «varvas».—2. Costra de calcita blanca (C_1).—3. Arcillas con algunos cantos de restos de *Ursus spaleaus*.—4. Zona de capitas de calcita blanca entre arcilla (C_2).—4'. Arcilla gris con cantos de caliza.—5. Corteza estalagmítica.

La serie de sedimentos más completa la encontramos en el pozo I. La base la constituye una capa de cantos de carácter local y probablemente autóctonos, procedentes del arrastre de bloques de un proceso clástico no lejano. La segunda capa formada por arcillas con cantos de areniscas, es, por el contrario, un sedimento alóctono de tipo fluvial; 4 m. de este depósito revelan una larga sedimentación que no debió ser continua si se tiene en cuenta que en las capas equivalentes del pozo H, entre estas arcillas se intercala una costra de calcita cuyo espesor varía de 0,2 a 1 m. Esta corteza como ya hemos dicho, encontramos a todo lo largo del corredor, revela la existencia de un momento de clima seco y frío, probablemente de una glaciación, intercalada entre la sedimentación fluvial, denunciadora de un clima húmedo y templado con precipitaciones abundantes. El segun-

do período fluvial, termina ante otra corteza de calcita blanca, recubierta por un proceso estalagmítico reciente.

Que la sedimentación fluvial no fué continua, no sólo lo revela la existencia de la corteza de calcita intercalada en el depósito, sino, además, la presencia de restos de *Ursus spelaeus* B. Este animal debió de habitar en la caverna en los momentos de reflujo del nivel piezométrico, abandonándola durante las inundaciones; sus restos constituyeron un elemento más del sedimento.

La litogénesis de la Cueva de los Osos puede resumirse, pues, en las siguientes fases:

- 1^a Fase de sedimentación autóctona, localizada en el pozo I.
- 2^a Fase de sedimentación fluvial de tipo alóctono, con cantos procedentes de las areniscas albienses. Localmente (zona meridional). depósito de arcilla con "varvas". Momento de clima templado y húmedo de tipo centroeuropeo.
- 3^a Fase litoquímica, correspondiente a una interrupción importante en la sedimentación fluvial. Momento de clima seco y frío, de tipo glacial.
- 4^a Segunda fase de sedimentación fluvial, de condiciones litogénéticas y climáticas análogas a la anterior.
- 5^a Segunda fase fría, subactual, correspondiente al depósito de la corteza estalagmítica superior.

Es necesario indicar la presencia de otra fase litoquímica mucho más reciente, posterior a las últimas transgresiones importantes del nivel piezométrico, que recubre las "formas de erosión" modeladas sobre los sedimentos; se trata de una fase de estalagmitización actual.

5. *Espeleogénesis y edad.*

En la evolución hidrogeológica de la Cueva de los Osos, pueden considerarse, pues, provisionalmente, las etapas que se enunciarán a continuación. Las conclusiones definitivas no pueden hacerse hasta que se haya hecho un reconocimiento más completo de la caverna, desde el punto de vista hidrogeológico.

- 1.^a Fase de resurgencia múltiple. Erosión a presión hidrostática. La caverna funcionaba como hoy lo hace Urbaltza.
- 2.^a Fase fluvial con depósito de los sedimentos inferiores. Esta fase tuvo etapas lacustres, en las que se depositaron arcillas con “varvas” que acreditan la existencia de ciclos estacionales de cierta persistencia.
- 3.^a Desecación temporal de la caverna por disminución de las precipitaciones. (Fase climática fría con depósitos litoquímicos).
- 4.^a Segunda fase fluvial desarrollada en varias etapas. Se trata seguramente de una fase torrencial en la que debió actuar ya como “trop-plein”. Período de invasión de la caverna por el oso.
- 5.^a Segunda interrupción y segundo proceso litoquímico.
- 6.^a Fase de trop-plein. Transgresiones del nivel piezométrico con rotura y hundimiento de los sedimentos. Intento de rejuvenecimiento de la caverna, que llega hasta la actualidad.
- 7.^a Fase litoquímica actual. Depósito de coladas fosilizando las formas anteriores.

Más difícil resulta decidirse acerca de precisiones sobre la edad de estas fases hidrológicas de la Cueva de los Osos: las primeras han de ser forzosamente bastante antiguas, puesto que la fosilización de “nivel de base” implica la existencia de un talweg el nivel de la entrada; durante las fases 2, 3, 4, el

valle de Araoz, estaba por lo menos, a 40 m. por encima del nivel normal de aguas de pantano, es decir, a cerca de 60 m. del talweg actual. Una fase de erosión importante ha mediado, pues, entre las fases 4 y 6.

La fauna, reducida al *Ursus Spelaeus* B., es poco explícita, pues este plantígrado tiene una distribución vertical muy grande. No obstante, su máxima dispersión horizontal corresponde al musterriense, es decir, al interglaciar Riss-Würm. En este caso, la corteza estalagmítica inferior sería Würm I y la superior Würm II. No obstante, esta cronología no puede pasar de ser hipotética, mientras no se aporten pruebas decisivas.

Parece, sin embargo, probable, que la evolución hidrogeológica de la Cueva de los Osos haya tenido lugar durante el paleolítico medio y superior, sin más precisiones.

III.—PALEOHIDROLOGIA

A) HIDROLOGIA COMPARADA URBARTLZA-GESALTZA

Las observaciones de la Cueva de los Osos, aunque perteneciente a una red cárstica distinta de la de Andarto, su proximidad y similitud de características, permiten remitir sin reparos para ambas, una evolución hidrogeológica similar. Las analogías entre ambas redes cársticas son muy grandes, mientras que las diferencias son pocas y de escaso valor:

1. Ambas redes están excavadas en las calizas aptien-ses y en ambas aparece una marcada tendencia a desarrollarse a lo largo de la estratificación. En ambas son estos planos y no las diaclasas las que determinan el trazado de las formas de conducción.
2. La estructura geológica en la que se excavan, es la misma, puesto que el macizo Aitzgorri es la continuación hacia el E., del de Andarto.
3. Las aguas absorbidas proceden en ambas, en parte, de

sumideros y en parte son aguas autóctonas. Se trata, por lo tanto, de sistemas mixtos de alimentación pluvio-nivel.

4. La evolución intracuaternaria se ha realizado bajo idénticas condiciones climatológicas. No obstante los caudales absorbidos y circulantes han sido superiores en Gesaltza y siguen siendolo todavía, por lo cual el desarrollo de las formas subterráneas es mucho mayor en esta que en Urbaltza. En el macizo de Andarto la carstificación nunca pasó de ser incipiente, como lo acreditan las dimensiones mediocres de las formas de conducción, absorción y emisión.

B) LA EVOLUCIÓN HIDROLOGICA INTRACUATERNARIA

El estudio de las formas de absorción del aparato cárstico de Andarto, nos ilustra acerca de la existencia de una red cárstica antecesora de la actual, que debió funcionar durante el cuaternario. La correspondencia casi perfecta entre las formas muertas de absorción y emisión y las respectivas formas activas actuales, nos permiten conocer que durante el cuaternario el apartado cárstico de Andarto funcionó de manera análoga a la actual, es decir, que la circulación actual y la cuaternaria son *concordantes*.

La historia cárstica de Andarto es, no obstante, mucho más antigua, puesto que debió comenzar poco después de la peneplanización de 1.000-1.200 m. Pero no nos ha llegado ninguna huella susceptible de interpretación de aquella primitiva carstificación; el punto de partida de todo razonamiento encaminado a indagar la compleja evolución hidrogeológica de Andarto, debe ser forzosamente la red de valles fluviales muertos y degenerados por la carstificación que se desarrollan, como ya hemos indicado, en la zona de alimentación del río subterráneo de Urbaltza.

Estos valles son los testigos de una fase fluvial que precedió a la carstificación actual y funcionaron con un nivel de base mucho más alto que el actual. Tal vez el correspondiente a la penillanura N1 (690-720 m) si se tiene en cuenta que estos valles se desarrollan entre 780 y 800m. La carstificación es posterior a este momento y por lo tanto debió comenzar en el plioceno sin más presiones, aunque su mayor desarrollo corresponde al cuaternario.

En efecto, la resurgencia de la Cueva de los Osos es muy probable que funcionara en relación con la penillanura N3 (350-360 m.), pues la altura de la fosilización es de 380-390 m., ya que si nos atenemos a la atribución cronológica clásica de las terrazas, N3, situada a 60-65 m. sobre el río Deva, tendría edad mindeliense. Si se sitúa, pues, este N3 en el interglaciar Mindel-Riss, la fosilización de la Caverna de los Osos, puede haber comenzado en esta época y por lo tanto, puede haberse interrumpido durante la glaciación rissienne depositándose entonces la corteza estalagmítica inferior. Esto es tanto más probable cuanto que el aparato cárstico de Gesaltza ha necesitado para su evolución un lapso de tiempo importante que comprende probablemente todo el cuaternario. No cabe duda, pues, que el momento en que comenzó la carstificación de los valles fluviales de Andarto, hasta la fosilización de la Cueva de los Osos, ha mediado un período considerable, con toda probabilidad plioceno superior-rissienne. En el siguiente cuadro se pretende dar un avance de carácter provisional de la evolución hidrogeológica Andarto-Aitzgorri durante el cuaternario. (Fig. 11).

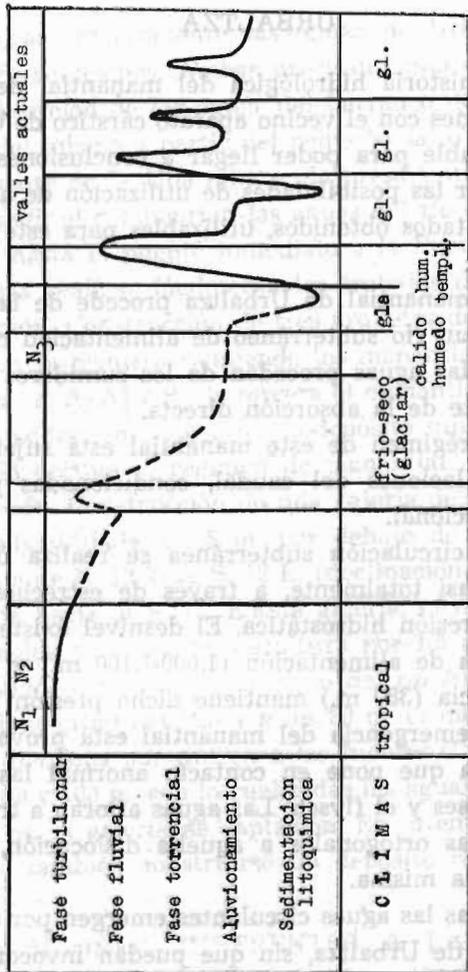


Fig. 11.—Desarrollo del Karst en relación con las fases climáticas plio cuaternarias.

IV.—HIDROTECNIA

A) LAS CARACTERISTICAS DEL MANANTIAL DE
URBALTZA

La larga historia hidrológica del manantial de Urbaltza y de sus relaciones con el vecino aparato cárstico de Gesaltza, nos era indispensable para poder llegar a conclusiones que permitieran estudiar las posibilidades de utilización de aquel manantial. Los resultados obtenidos, utilizables para este estudio, son los siguientes:

1. El manantial de Urbaltza procede de la emergencia de un río subterráneo de alimentación mixta; parte de las aguas proceden de los sumideros de Saiturri, parte de la absorción directa.
2. El régimen de este manantial está sujeto a fuentes oscilaciones del caudal, condicionadas por el ciclo estacional.
3. La circulación subterránea se realiza íntegramente o casi totalmente, a través de estrechos conductos, a presión hidrostática. El desnivel existente entre la zona de alimentación (1.000-1.100 m.) y la de emergencia (380 m.) mantiene dicha presión permanente.
4. La emergencia del manantial está provocada por la falla que pone en contacto anormal las calizas aptienses y el flysch. Las aguas afloran a través de diaclasas ortogonales a aquella dislocación, a 70-80 m. de la misma.
5. Todas las aguas circulantes emergen por este manantial de Urbaltza, sin que puedan invocarse pérdidas subterráneas, cuya captación podría aumentar el caudal de Urbaltza. En su consecuencia las únicas aguas susceptibles de captación son las que actualmente afloran.

B) PROYECTO DE CAPTACION TOTAL DEL MANANTIAL DE URBALTZA

Para utilizar íntegramente las aguas de Urbaltza pueden estudiarse dos soluciones. Ambas precisan como operación preliminar la absorción de las aguas del barranco de Arbe, por el margen W. del mismo a partir del pequeño salto natural inmediato a la fuente de D. Una minúscula presa y un canal de 100 metros de longitud conducirían las aguas del río de Arbe desde aquel punto hasta el puente inmediato a la Fuente del Río, lo que permitiría realizar fácilmente los trabajos de captación.

1.^o *Solución.* Construcción de tres arquetas de captación independientes; la primera reuniendo los manantiales C y D; la segunda para a, A, A' y B; la tercera el manantial del Río. (E). Esta última podría ser una arqueta-depósito que sirviera para regular en lo posible el régimen de manantial.

2.^a *Solución.* Construcción de una galería de 90 a 100 m. de longitud, emboquillada a 1,5 m. por debajo de la Fuente del Río y dirigida de N. 12 W. a S. 12 E. (declinación 7°), ligeramente ascendente hacia el S. 12° E. Esta galería, cuyas dimensiones mínimas pueden ser de 2 m. de altura por 1,5 m. de anchura, se dirigirá algo oblicuamente al curso del río Arbe, cortando a los 6 m. el manantial del Río y a los 80 m. el manantial a, A y A' y B' las diaclasas que nutren a las fuentes C y D serán cortadas entre 90 y 100 m. con lo cual todas las aguas del manantial se reunirán en la galería de captación. En la entrada de la galería, podría también construirse un depósito regulador.

C) CONDICIONES INHERENTES A LA CAPTACION

Para realizar cualquiera de estos proyectos u otros más convenientes que pudieran sugerirse, para la utilización de las aguas de Urbaltza para usos domésticos, serían condiciones indispensables:

1.ª Cerrar con reja los tres sumideros de Saiturri, con objeto de evitar que sean arrastrados al río subterráneo, animales muertos, puesto que ello podría ocasionar el desarrollo de bacterias en dichas aguas con el consiguiente peligro de infección.

2.ª. Dotar a la conducción de un tubo de diámetro suficiente para que haga posible el transporte de los 100-120 l/seg. que en las épocas ópticas pueden calcularse al conjunto de manantiales de Urbaltza.

RÉSUMÉ

Le massif d'Andarto-Kurtzebarri (Arechavaleta-Guipuzcoa) est constitué par une série isoclinale crétacée, probablement aptienne-albienne, en contact par une faille avec le flysch d'Arechavaleta que l'on a provisoirement placé dans le crétacé inférieur (wealdien-aptien). Sur ce massif se sont modelés plusieurs cycles d'érosion; le plus ancien est une «gipfelflur» à 1100-1150 m. où s'encaissent d'autres niveaux à 690-720 m.; 450-550 m, et 350-360 m. L'érosion actuelle tend à effacer les traces cycliques en créant des formes structurales, en particulier sur le calcaire. Mais les formes les plus développées sont les formes karstiques. Il s'agit d'un kars d'alimentation mixte, par des puisards à leurs sources et par des dolines et des «poljés» longeant les artères collectrices souterraines. Dans les zones hautes d'alimentation nivale se développent des dolines de type «jou», dans les zones moyennes, des uvalas et des poljés normaux. Les réurgences apparaissent sur la périphérie et les plus importantes sont les sources d'Urbaltza et de Saratxo. La première a fait l'objet d'une étude spéciale pour déterminer les possibilités de captation afin d'approvisionner d'eau Arechavaleta et Mondragon.

Le karst actuel est un karst juvénile dont les conduits fonctionnent presque tous sous pression hydrostatique; mais il existe une

antécédence quaternaire dont les formes mortes ou hémifossiles (en particulier celles de la grotte des Ours) permettent de déduire le développement du kars quaternaire qui a évolué durant deux périodes de climat type centre-européen, séparées par une phase froide et terminant par une autre phase également froide; les deux premières sont probablement les interglaciaires Riss-Wurm I et Wurm I-II.

SUMMARY

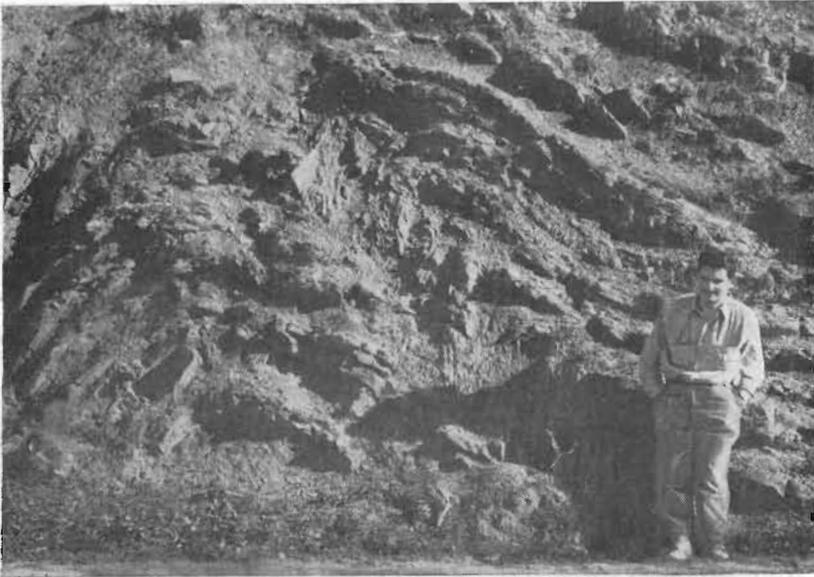
The massif of Andarito-Kurtzebarri (Arechavaleta-Guipuzcoa) is constituted of an isoclinal cretacic series, probably aptiense-albiense, in contact, owing to slide, with the flysch of Arechavaleta which has been placed provisionally in the lower cretacic (wealdense-aptiense). Above this massif various cycles of erosion have been modelled; the oldest is a «gilpelflur» at 1100-1150 m. in which other levels fit in at 690-720 m., 450-550 and 350-360 m. The actual erosion tends to erode the cyclic traces creating structural forms especially above the limestone. But the most developed forms are the carstic ones. It is a Karst of a mixed nourishment, by sumps in its upper ends and dolinas and «poljés» levelling the underground collective arteries. In the high zones of nival nourishment dolinas of the «Jou» type are developed; in the medium ones normal uvalas and poljés. The resurgences appear on the periphery being the most important the spring of Urbaltza and Saratxo. The first has been the object of a special study to determine the possibilities of concentration for supplying water to Arechavaleta and Mondragón.

The actual Karst is a young Karst with conducts working at a hydrostatic pressure mostly; but a quaternary antecedent does exist, whose dead or hemifossil forms, especially those of the Cueva de los Osos allow to infer the development of the quaternary Kars which evolved during two periods of the central European type of climate, separated by a cold phase and ending in another cold one, too; the two first are probably the interglaciers Riss-Wurm I and Wurm I-II.

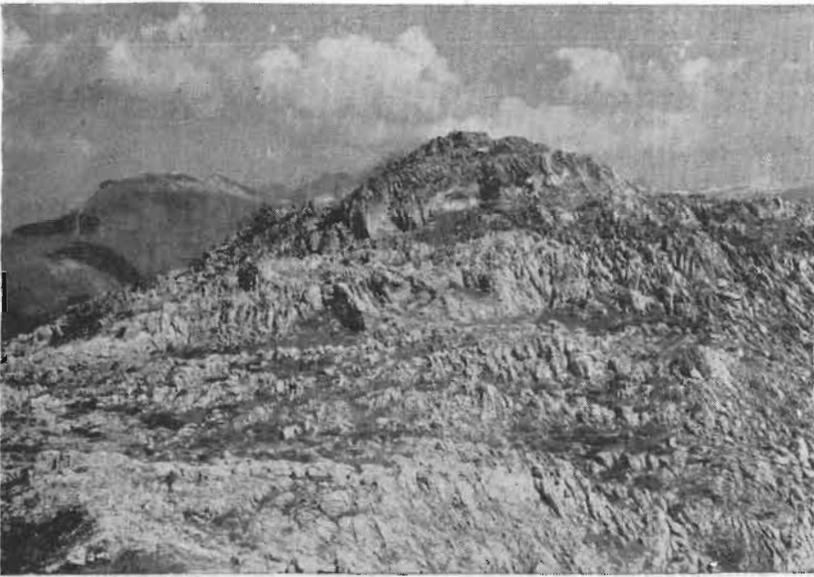
BIBLIOGRAFIA

1. *Adan de Yarza, (R.):* Descripción física y geológica de la provincia de Guipúzcoa. Mem. Com. Map. Geol. Esp., 175 pgs., 12 figs., 9 láms., Madrid, 1884.
2. *Adan de Yarza, (R.):* Descripción física y geológica de la provincia de Alava. Mem. Com. Map. Geol. Esp., 176 págs., 23 figs., 2 láms., Madrid 1885.
3. *Lamare, (P.):* Reunión extraordinaire de la S.G.F. dans les Pyrénées basques d'Espagne. Com. R. Soc. Géol. France, núm., 17, 1934.
4. *Lamare, (P.):* Recherches géologiques dans les Pyrénées basques d'Espagne. Mem. Soc. Géol. France, T. XII, núm. 27, 462, pág., 304 figs., VII láms., 2 map., París 1936.
5. *Llopis Lladó, (N.):* El relieve de la región central de Asturias. Est. Geográficos, Año XV, núm. 57, pág. 501-550, 10 figs., 8 láms., Madrid 1954.
6. *Llopis Lladó (N.):* Sobre algunos principios fundamentales de Morfología e Hidrología cárstica. Speleon, vol. III, n. 12, págs. 39-69, 7 figs., 2 láms., Oviedo 1952.
7. *Llopis Lladó (N.):* Karst holofossile et merofossile. Public. du Ist. Congr. Intern. Speleol., Tomo II, section I, 10 pgs., 5 figs., París 1953.
8. *Llopis Lladó, (N.):* Sobre las características hidrogeológicas de la red hipogea de la Sima de la Piedra de San Martín (Navarra), Speleon, t. V, n. 1-2, págs. 11-53, 10 figs., 4 láms., Oviedo 1954.
9. *Llopis Lladó, (N.):* Glaciarismo y carstificación de la región de la Piedra de San Martín. Geographica, n. 5-6, págs. 21-42, 14 figs., 1 mapa, Zaragoza, 1955.
10. *Llopis Lladó, (N.):* Quelques donées géologiques sur le gouffre de la Pierre Saint Martin et quelques observations sur le reseau souterraine Larra-Sainte Engrace. Ann. de Spéléol., t. X, fasc. 1, páginas 37-48, 5 figs., París 1955.
11. *Mallada, (L.):* Explicación del Mapa Geológico de España. Tomos del I al XI 1896 a 1911 de las Memorias y Comunicaciones Mapa Geológico (tom. III, pág 144), Madrid 1896 a 1911.

12. *Rat, (P.):* L'albien superieur marin dans le serie schisto- gréseuse du sud-ouest de la Biscaye. C.R.A. Scienc., t. 232, París, 1951.
13. *Rat, (P.):* Structure de la Chaine basco-cantabrique entre le Massif de Gorbea et la plaine de Durango (Espagne). C.R. Ac. Sc., París, 1954.
14. *Rat, (P.):* Note preliminaire sur la structure de la Chaine basco-cantabrique au sud-ouest de Saint-Sebastien (Espagne). C.R. Ac. Scienc., t. 242, págs. 1634-1636, París, 1956.
15. *Rios, (J. M.):* Bosquejo geológico de parte del pais Vasco-cántabro. Pirineos, pág. 7-32, 3 láms., 1 map., Zaragoza 1956.
16. *Ruiz de Arcaure, F. y San Martín, (J.):* Conjunto de los fenómenos espeleológicos de Gesaltza, Arrikutz, Jaturabe y Cueva de los Osos. Speleon, vol. VI, n. 3, págs. 103-126, 10 figs., 4 láms., Oviedo 1955.
17. *San Miguel de la Camara, (M.):* Las rocas erupticas de España. Mem. Ac. Cien. Art. Madrid, t. VI, 660 págs., 101 láms., 33 figs., Madrid 1937.
18. *Teran, M., Sole, L., y Llopis, (N.):* Geografía de España. T. I.—El lieve. 1 vol., 499 págs., 186 figs., 46 láms., Barcelona 1952.
19. *Ciry, (R.):* Etude géologique d'une partie des provinces de Burgos, Palencia, León et Santander. Bull. Soc. Hist. Nat. Toulouse. volúmen 74, 4 trim., págs. 1-528, Toulouse 1939.
20. *Ciry, R. et Mendizabal, (J.):* Contribución a l'étude du Cenomanien et du Turonien des confins septentrionaux des provinces de Burgos, d'Alava et de la Navarre occidentale. Ann. Herbert et Haug, tomo VII, París, 1949.
21. *Ciry, (R.):* L'evolution paleogeographique de l'Espagne septentrionale au Cretacé inferieur. Inst. Geol. Min. España., Libro Jubilar, 1951.
22. *Corbel, (J.):* Une région Karstique du Haute Laponie, Naunlösfjell. Rev. de Geogr. de Lyon, vol. XXVII, n. 4, pag. 329-334, 8 figs.,
23. *Corbel, (J.):* Note sur les Karst tropicaux, Rev. de Geogr. de Lyon, vol XXX, n. 1, págs. 49-54, 2 figs., láms., Lyon 1955.
24. *Gèze, (B.):* Influence de la tectonique dans la localisation des sources vauclusiennes I. congr. Nat. Sp. 12 págs., 6 figs., Nimes 1959.



Charnela compleja en el flysch de la carretera de Arechavaleta a Mendicutxa.
Fot. Llopis



Cumbre de Kurtzabarri. Calizas aptienses carstificadas. Campo de lapiaz de diaclasa.

Fot. Llopis



Poljé de Decurrixako-zelaya en pleno macizo de Andarito, excavado en las calizas aptienses.

Fot. Llopis

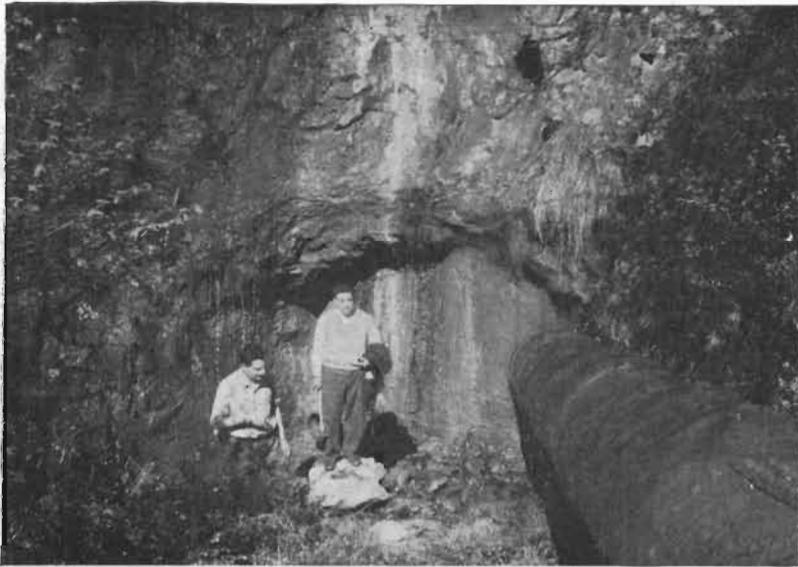


Pantano de Jaturabe (Guipúzcoa)
Umbral de calizas aptienses, vaso de margas aptienses. Nivel de base epigeo del sistema cárstico de Gesaliza.

Fot. Llopis



Manantial del río (E). Contacto por falta de la caliza gris aptiense en el flysch.
Fot. Llopis



Manantial de Saratxo captado por la Unión Cerrajera de Mondragón.
Fot. Llopis



Entrada a Txemen-Koba. Tubo de erosión a presión hidrostática, en las calizas aptienses.

Fot. Llopis



Caverna de San Elías. Posible resurgencia muerta, cuaternaria de la fuente de Saratxo.

Fot. Llopis