

## HIDROGEOLOGIA DE LA UNIDAD DE SANTA EUFEMIA-EREÑOZAR (VIZCAYA): EL SISTEMA KARSTICO DE OLALDE

Morales, T. (\*\*) y Cruz-Sanjulián, J. J. (\*\*)

### RESUMEN

La unidad de Santa Eufemia-Ereñozar, situada entre Markina, Lekeitio y Guernica, al NE de Bilbao, está constituida por un extenso afloramiento de calizas urgonianas, acompañadas en algunos puntos por calizas wealdenses y jurásicas. La superficie de afloramiento de estos materiales es del orden de 70 km<sup>2</sup> y la recarga media próxima a 56 Hm<sup>3</sup>/año; la regulación natural es muy deficiente y las perspectivas de regulación artificial son limitadas debido a las peculiares características de la karstificación. Un claro ejemplo de ello lo constituye la subunidad de San Miguel de Ereñozar, cuya principal surgencia es el manantial de Olalde; este manantial tiene un caudal medio de 240 l/seg., aunque con fuertes oscilaciones (entre más de 11.000 l/seg. y 15-20 l/seg.), y drena no sólo la superficie de afloramiento de las calizas, sino también cuencas endorreicas, ocupadas por materiales impermeables, cuya escorrentía superficial recarga el sistema kárstico a través de sumideros espectaculares; sin embargo, esta karstificación intensa parece estar restringida a determinados niveles y estructuras. Este modelo es coherente con los resultados del análisis de las curvas de decrecida del manantial de Olalde y con el análisis de correlación y espectral de dichos datos de caudal y de Precipitación, presentados en otros trabajos.

**Palabras clave:** *Hidrogeología kárstica, Unidad Santa Eufemia-Ereñozar, calizas urgonianas, recursos hídricos, manantial de Olalde.*

### ABSTRACT

The Santa Eufemia-Ereñozar unit, placed between Markina, Lekeitio and Guernica in the northeastern part of Biscay, is mainly composed of urgonian limestone and locally of wealdian and Jurassic limestone. The outcropping area of these materials is about 70 km<sup>2</sup> and the average recharge approximately 56 Hm<sup>3</sup>/year; the natural regulation is very poor and the prospects of artificial regulation are limited owing to the special features of the karst system. A good example about this is the San Miguel de Ereñozar sub-unit of which the Olalde spring is the main drain; the mean flow of this spring is 240 l/sec, with a very high variability (ranging from more than 11.000 l/sec to 15-20 l/sec); the Olalde spring may be considered as receiving water not only from the area of limestone outcrops, but also from drained closed basins, partially occupied by impermeable materials, of which the surface runoff recharges the karstic system through impressive sinks (ponors); however, this intense karstification seem to be restricted to certain layers and structures. This model is reinforced by the results obtained from the analysis of the recession curve of the Olalde spring and from the autocorrelation (and cross-correlation) and spectral (and cross-spectral) analysis of the above mentioned flow and Precipitation data, presented elsewhere.

**Key words:** *Karstic Hydrogeology, Santa Eufemia-Ereñozar unit, Urganian limestone, Olalde spring.*

### Introducción: el marco geológico

En la zona septentrional de Vizcaya la unidad hidrogeológica más importante es la constituida por

los afloramientos calizos que se extienden entre Markina, Lekeitio y Guernica, al NE de Bilbao (fig. 1).

Estos afloramientos dan lugar a una nítida alineación entre Markina y la playa de Laida, en la que se

(\*\*) Departamento de Geomorfología y Geotectónica. Facultad de Ciencias (Lejona). Universidad del País Vasco. Apartado 644, 48080 Bilbao.

sucedan, de SE a NW, los vértices de Santa Eufemia (691 m), Bedartzandi (701 m), Nabárniz (729 m), Bustarrigan (564 m), Againdi (386 m) y San Pedro (310 m). Desde la parte central de esta alineación (Nabárniz-Bustarrigan) la masa caliza se extiende hacia el NE y desciende suavemente hasta el mar en Lekeitio.

Además de esta masa principal existen otros afloramientos calizos de menor extensión en Cabo Ogoño, Arbina, San Miguel de Ereñozar y Forúa-Pedernales, estos últimos en la orilla occidental de la ría de Guernica, no representados en el mapa de la figura 1.

La mayor parte de los materiales calizos de esta unidad pertenecen al Complejo urgoniano, de edad Aptiense-Albiense medio; la potencia máxima esti-

mada para el paquete calizo, tanto en Aulestia como en Ereñozar, es del orden de 500 metros; este paquete descansa sobre materiales detríticos y margosos del Wealdense o de la base del Complejo urgoniano; únicamente en las proximidades de la ría de Guernica, y a lo largo del valle que se extiende entre Bollar y Aulestia, se identifican niveles calizos, comparativamente mucho menos potentes, atribuibles al Jurásico y al Wealdense.

Sobre las calizas afloran generalmente materiales detríticos y margosos del Complejo supraurgoniano; en otros casos sobre las calizas aparecen términos arcillosos, areniscosos y margosos urgonianos, que también pueden estar intercalados en el paquete calizo; existen, además, tránsitos laterales de éste (extremo SE de Ereñozar, al N de Aulestia) a mate-

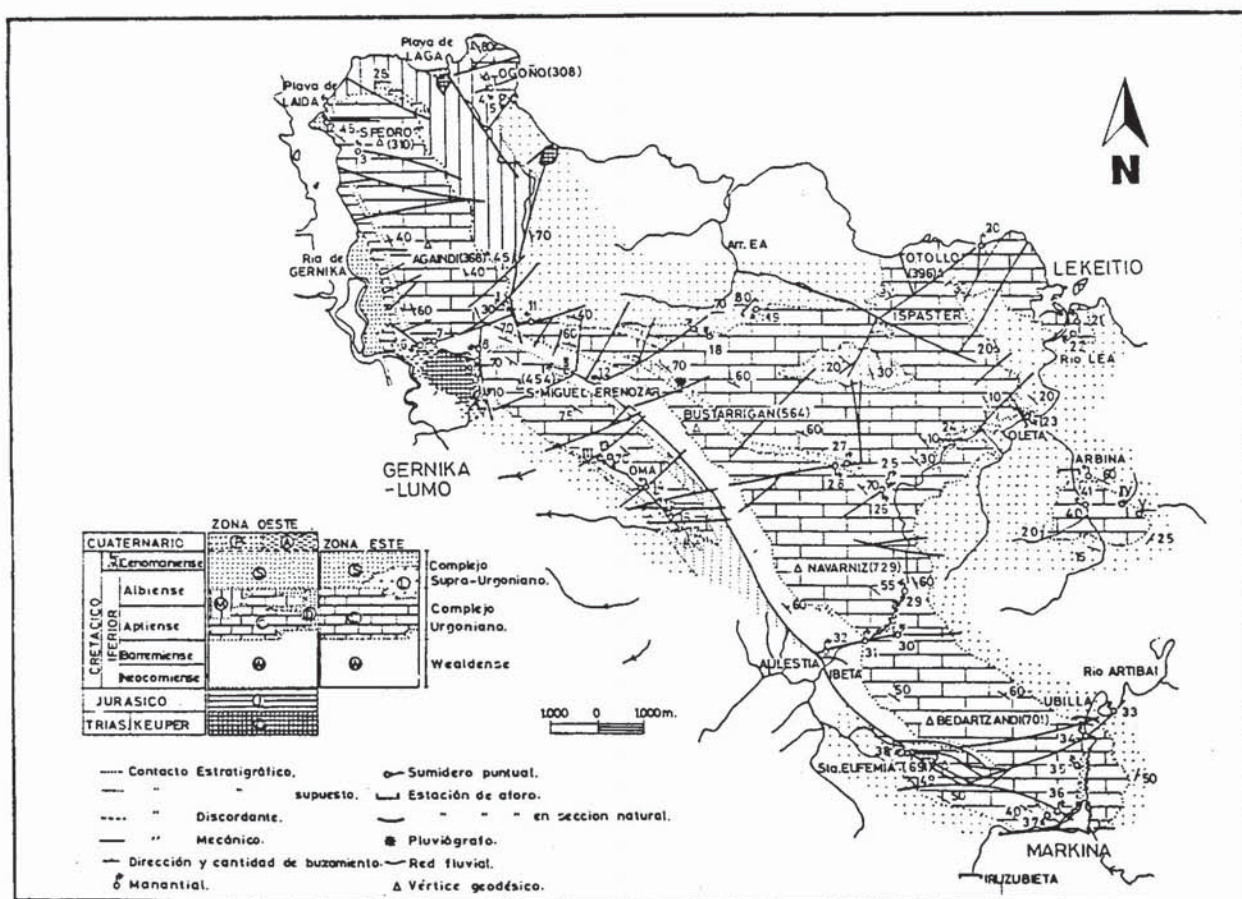


Fig. 1.—Mapa geológico de la Unidad Santa Eufemia-Ereñozar.

**Materiales:** P: Arenas de playa. A: Arcillas, arenas y gravas aluviales. S: Argilitas y areniscas. L: Argilitas, areniscas y margas. M: Margas, argilolitas y localmente calizas. C: Calizas. Localmente calizas margosas. D: Argilitas, areniscas y margas. W: Argilitas, margas y areniscas con niveles calizos. J: Calizas margosas y margas. O: Ofitas y arcillas.—**Manantiales:** 1: Cantera. 2: Laida. 3: Arketas. 4: Oleta. 5: Matxikale. 6: Argatxas. 7: Argatxa-Portuas. 8: Ikoakone II. 9: Ikoakone I. 10: Olalde. 11: Osina. 12: Bollar. 13: Boluntzate. 14: Goikolea. 15: Labalintxaurreta III. 16: Labalintxaurreta II. 17: Labalintxaurreta I. 18: Ulla. 19: Argin. 20: Atalaia. 21: Loibegoikoa. 22: Loibeberka. 23: Trakamaill. 24: Urgitxi. 25: Kobaue. 26: Iturrizarra. 27: Tellerille II. 28: Tellerille I. 29: Iturriandutxa. 30: Alperdo. 31: Lesate. 32: Iturri-gone. 33: Urberuaga de Ubilla. 34: Idiondo (C. Auzmendi). 35: Ibazeta. 36: Sumerrak. 37: Abeletxe. 38: Arteaga. 40: Atxurra. 41: Okabitzo.—**Sumideros puntuales:** I: Osina. II: Bollarko Errota. III: Boluntzate. IV: Ibarreta II. V: Ibarreta I.

Tabla 1.—Precipitación, caudal medio de Olalde y aportaciones totales del manantial en el año hidrológico 1984-1985

	Oct. 84	Nov. 84	Dic. 84	Ene. 85	Feb. 85	Mar. 85	Abr. 85	May. 85	Jun. 85	Jul. 85	Ago. 85	Set. 85
P (mm) .....	115,7	236,2	220,3	119,4	68,8	199,0	83,6	229,7	36,0	36,0	58,8	1,2
Q <sub>medio</sub> (l/seg.) .....	167,4	420,5	486,0	539,0	113,0	589,0	88,5	542,2	30,0	20,0	30,0	19,0
Aportación (Hm <sup>3</sup> ) .....	0,45	1,09	1,30	1,44	0,27	1,58	0,23	1,45	0,08	0,05	0,08	0,05

riales detríticos; finalmente, se han podido diferenciar, en la parte alta del Complejo urgoniano, unos términos margosos con niveles calizos, en el extremo NW del sector estudiado.

En contacto mecánico con distintos materiales de la secuencia aparecen ofitas y arcillas triásicas, en pequeños afloramientos en el sector de Cabo Ogoño y de Santa Eufemia. Un afloramiento de tales materiales, de mayor extensión, existe en la zona de Guernica y forma parte de una estructura diapírica de dirección aproximada NNW-SSE de cierta envergadura.

Desde el punto de vista hidrogeológico tiene mayor interés la estructura anticlinal, con núcleo en los materiales wealdenses que se extienden desde el valle de Bollar hasta Santa Eufemia (figs. 1 y 2). En el núcleo de esta misma estructura afloran los materiales triásicos de este último sector, en clara relación con una estructura de cabalgamiento vergente hacia el SW (fig. 1). En el flanco septentrional las capas se hunden hacia el NE con buzamientos que se atenúan progresivamente en dicha dirección, hasta disponerse subhorizontalmente. En el otro flanco, los buzamientos, al SW, son algo más fuertes; en el sector de Santa Eufemia la estructura es más compleja y parece resolverse en una serie de fracturas; en Markina la estructura cierra periclinalmente.

**Funcionamiento hidrogeológico de la unidad de Santa Eufemia-Ereñozar**

La superficie ocupada por la masa caliza principal de esta unidad es de 60 km<sup>2</sup>; los restantes afloramientos calizos tienen las siguientes dimensiones: calizas de San Miguel de Ereñozar, 6,5 km<sup>2</sup>; Cabo Ogoño, 1 km<sup>2</sup>; Arbina, 2 km<sup>2</sup>. A ello cabría añadir las superficies de afloramiento de materiales impermeables cuyas aportaciones superficiales recargan el sistema kárstico. De este modo, con los datos procedentes del pluviógrafo de Ereño —instalado en el marco de nuestro Estudio— y de la estación meteorológica de Etxebarria, los recursos totales de la unidad pueden estimarse en 56 Hm<sup>3</sup>/año, aproximadamente. No obstante, en la mayor parte de las subunidades, la regulación natural es muy escasa y las posibilidades de una regulación artificial limitadas.

La recarga del sistema corresponde a la precipitación sobre los afloramientos de calizas, además de la ya mencionada escorrentía superficial procedente de materiales impermeables que se infiltra a través de sumideros (figs. 1 y 3). En cuanto a los ríos que atraviesan el afloramiento calizo en la mitad meridional de la unidad, representan, en todos los casos, áreas de descarga, si bien no se puede descartar definitivamente que en estiaje se comporten, al menos localmente, como fuentes de recarga adicional.

Por lo que se refiere al drenaje subterráneo, es posible diferenciar varias subunidades, que se mencionan a continuación.

En el afloramiento calizo de San Pedro-Againdi, la descarga se realiza por los manantiales de Portuas y Argatxas, verosíblemente conectados al sumidero de Osiña, los de la playa de Laida y el de Arketas. Es, además, probable que exista una descarga adicional a los depósitos cuaternarios costeros y directamente a la ría.

Entre Osiña e Ispáster el drenaje subterráneo se realiza por varios manantiales situados en el borde de la masa caliza. Los más importantes son los de Argin, controlado en vertedero de lámina delgada triangular con limnógrafo; el de Ulla y el de Osiña, cuya aportación recarga la subunidad anterior a través del sumidero del mismo nombre.

Entre el vértice Otollo y Lekeitio la descarga se realiza directamente al mar. De hecho, en el sector de Lekeitio, las formas kársticas en la línea de costa

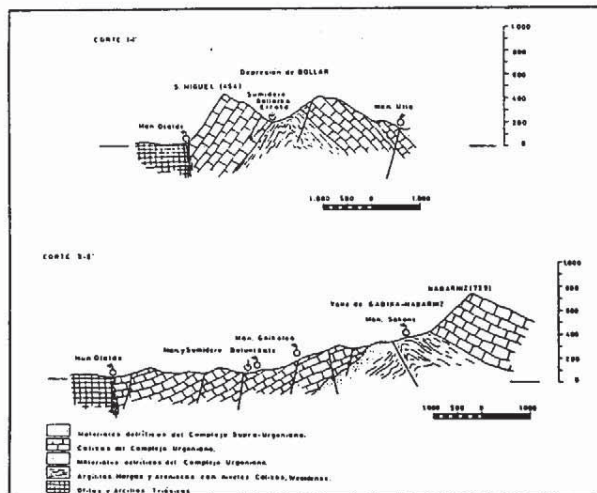


Fig. 2.—Cortes geológicos de la subunidad de San Miguel de Ereñozar.

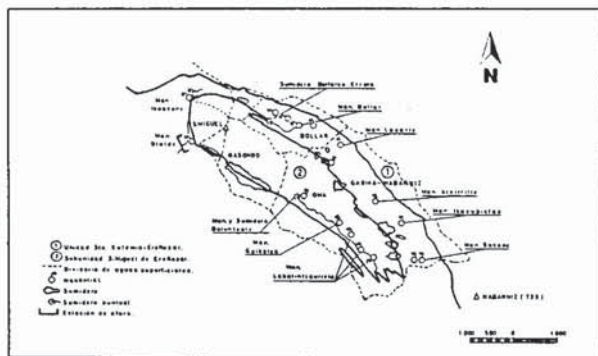


Fig. 3.—Esquema hidrogeológico de la subunidad de San Miguel de Ereñozar (sistema de Olalde).

están muy desarrolladas y se conocen muy pocos manantiales.

Buena parte de la superficie ocupada por las calizas de Arbina es de carácter endorreico. La escorrentía superficial procedente de los materiales detríticos del Complejo urgoniano recarga el sistema a través de sendos sumideros situados en las proximidades del contacto con los materiales calizos. La descarga se realiza por varios manantiales, de los que el más importante es el de la Cueva de Atxurra. La descarga total es controlada en la estación de aforo de Arbina (fig. 1).

En la zona meridional de la unidad, los ríos Artibai y Lea representan importantes líneas de drenaje.

El río Artibai atraviesa el afloramiento calizo en su extremo suroriental. Las principales surgencias son las de Abeletxe, en el contacto con materiales detríticos urgonianos; las de Sumerrak, Ibazeta e Idiondo y las de Urberuaga, estas últimas con carácter termal (27°C) (Cruz-Sanjulián y Morales, 1985). La descarga total en este sector, salvo la aportación de Urberuaga, es controlada por diferencia entre el aforo de las dos estaciones de Iruñubieta y Ubilla, la primera de doble canal y la segunda en sección natural (fig. 1).

En las inmediaciones del río Lea surge un elevado número de manantiales: Lesate, Alperdo, Atxurizarra, Kobaue, Urgitxi, Trakamaill, etc. Es digno de resaltar, por su importancia, el manantial de Urgitxi, también sometido a control continuo, con caudales punta de varios metros cúbicos por segundo y que parece drenar una subunidad con una comparativamente mayor regulación natural; en ella se incluyen extensas zonas endorreicas situadas al oeste y al norte del manantial. En todo caso, las aportaciones totales al río Lea se controlan también por diferencia entre los aforos de la estación de Ibeta (sección natural) y la de Oleta (doble canal) (fig. 1). Los recursos estimados para esta subunidad son del orden de 30 Hm<sup>3</sup>/año.

Finalmente, el manantial de Olalde representa el drenaje principal de las calizas de San Miguel de Ereñozar. Indudablemente, este manantial recibe tam-

bién las aportaciones superficiales del Valle de Oma, que recargan el acuífero a través del sumidero de Boluntzate (ver fig. 1). Todo ello configura un sistema complejo, con unos recursos estimados en 8,9 Hm<sup>3</sup>/año, que merece una descripción más detallada que se aborda en el siguiente capítulo.

### La subunidad de las calizas de San Miguel de Ereñozar: el sistema de Olalde

La subunidad de las calizas de San Miguel de Ereñozar es drenada por manantiales que surgen en el extremo noroccidental del afloramiento (fig. 3); el grupo de manantiales de Ikoakone, en la base de la secuencia carbonatada, con un caudal medio del orden de la decena de l/seg. y, cerca de los anteriores, en los niveles correspondientes al techo de la formación caliza, el manantial de Olalde (a 25 y 10 m de cota SNM, respectivamente).

Este manantial es uno de los más caudalosos de Vizcaya; en él se ha instalado una estación de aforo de control continuo mediante lámina delgada rectangular con contracción lateral. El caudal medio calculado para el período octubre de 1983 a septiembre de 1985 es de 240 l/seg. (224 en el año hidrológico 1893-84 y 256 en el 1984-85). El caudal máximo en dicho período ha sido de 9.532 l/seg., el 24 de mayo de 1984; es necesario hacer constar que, en las inundaciones de agosto de 1983, el caudal superó holgadamente los 11.000 l/seg., sin que dicho valor pueda precisarse por haber excedido la capacidad de medida de la estación. El caudal mínimo puede estimarse en 15-20 l/seg., cifra que tampoco puede precisarse en atención al bombeo periódico que se efectúa en la presa en la que está instalada la estación de aforo y al drenaje de un pequeño canal que capta aguas en la cola del reducido embalse generado por aquélla. Estas cifras dan una primera idea de la considerable variabilidad del caudal emitido por el manantial de Olalde (Cruz-Sanjulián y Morales, in litt.).

Los datos anteriormente expuestos evidencian que este manantial debe drenar la mayor parte de la superficie ocupada por las calizas de Ereñozar (6,5 km<sup>2</sup>), salvo una pequeña área en el extremo norte, que debe alimentar las surgencias de Ikoakone. Se puede adelantar que esta superficie resulta insuficiente para justificar el caudal medio de Olalde, habida cuenta que la lluvia útil es en el área del orden de 760 mm/año (en el año hidrológico 1984-1985, utilizado para el balance que se presenta en las próximas páginas).

En este sentido es necesario señalar que existen importantes zonas endorreicas, en parte ocupadas por materiales impermeables: las de Gunzarre, Bollar y Gabika-Nabárniz, al norte del afloramiento calizo, y las de Santimamiñe, Basondo y Oma, al sur del mismo (fig. 3).

La depresión de Bollar (2,0 km<sup>2</sup>) está ocupada,

además de por calizas urgonianas, por materiales wealdenses del núcleo de la estructura anticlinal descrita en un apartado anterior; en ella surgen algunos pequeños manantiales ligados a niveles calizos wealdenses; el único destacable es el de Bollar. El arroyo que recoge el agua de estos manantiales recorre el fondo de la depresión y se infiltra en las calizas en el sumidero de Bollarko-Errota (188 m S.N.M.); todo sugiere que este sumidero alimenta los manantiales de Ikoakone. El mismo destino parecen tener las aguas sumidas en la pequeña depresión de Gunzarre (0,4 km<sup>2</sup>), con una cota mínima de 207 m, situada al NW de la anterior.

En la prolongación hacia el sur del mencionado núcleo anticlinal se encuentra la depresión de Gabika-Nabárniz, que, en realidad, está constituida por una sucesión de cuencas endorreicas (a cotas entre 263 m y 309 m). Toda esta área es drenada por una serie de manantiales situados a lo largo del arroyo que recorre el valle de Oma: Boluntzate, Goikolea y Labalintxaurreta (cotas entre 95 y 160 m), que surgen en su mayoría en formas kársticas muy desarrolladas (cuevas de varios metros de diámetro, etc.).

La aportación de estos manantiales es conducida por el arroyo de Oma hacia el espectacular sumidero de Boluntzate, que drena, de este modo, una cuenca de 8,8 km<sup>2</sup> y está situado a una cota de 62 m, cerca del techo de las calizas, en los términos que muestran una karstificación más intensa. Es digno de señalar que el alargamiento de las formas kársticas más llamativas, entre ellas el mencionado sumidero, es coincidente con la dirección de la estratificación y con el de la alineación de zonas endorreicas. Esta dirección coincide con la de la situación del manantial de Olalde, que surge precisamente en idénticos niveles de la secuencia.

En efecto, entre el sumidero de Oma y el manantial de Olalde se encuentran otras dos zonas endorreicas que también deben alimentar a éste: Basondo (2,1 km<sup>2</sup>; cota 50 m) y Santimamiñe (0,3 km<sup>2</sup>; cota 40 m); debe señalarse que en este último sector, y a considerable altura sobre la red activa actualmente, se encuentran las Cuevas de Santimamiñe, de gran extensión y con famosas pinturas rupestres (cota de la entrada, 115 m).

Todo ello supone que el manantial de Olalde drena una superficie total de aproximadamente 11,7 km<sup>2</sup>, cifra sensiblemente superior a la del afloramiento calizo correspondiente (6,5 km<sup>2</sup>).

Dicha hipótesis resulta coherente con las aportaciones medidas en Olalde y con las cifras de lluvia útil calculadas a partir del pluviógrafo instalado en Ereño. En efecto, para establecer el balance se puede utilizar el período correspondiente al año hidrológico 1984-1985, cuya precipitación (1.405 mm) es próxima a la media del área; por otra parte, la práctica coincidencia en el caudal de Olalde al principio y final del

período (57 l/seg. el 1 de octubre de 1984 y 20 l/seg. el 30 de septiembre de 1985) autoriza a considerar irrelevante el cambio en el volumen de agua almacenada en el ciclo; de este modo se puede aceptar que toda la lluvia caída en el período y no evapotranspirada ha debido de ser descargada por Olalde.

Con los datos de Precipitación del pluviógrafo instalado en las proximidades del área de recarga (tabla 1) y con la temperatura media anual (12,8°C) de la estación termométrica de Echevarría (al este de Markina) se calcula una evapotranspiración real comprendida entre 643 mm (Coutagne) y 651 mm (Turc). Estas cifras permiten retener un valor aproximado de 760 mm para la lluvia útil.

La recarga pluviométrica calculada a partir de este resultado es de 8,9 Hm<sup>3</sup>/año para el período considerado (año hidrológico 1984-85). Las aportaciones medidas en la estación de Olalde (tabla 1), en el mismo período, totalizan 8,1 Hm<sup>3</sup>/año. La diferencia de 0,8 Hm<sup>3</sup>/año equivale a un caudal del orden de 26 l/seg., cifra que coincide razonablemente con el caudal medio drenado por el canal anteriormente citado, que capta aguas del embalse producido por la estación y, por tanto, no registrada por ésta. Es necesario aclarar que los efectos de bombeo se corrigen en el limnigrama siempre que ello es posible, de modo que, salvo en estiajes excepcionalmente prolongados, su efecto se obvia de hecho en los cálculos de caudal realizados a partir del registro limnigráfico de la estación.

Los datos anteriormente expuestos de la subunidad de San Miguel de Ereño zar ponen de manifiesto un sistema kárstico de muy deficiente regulación y de respuesta muy rápida. El estudio de las curvas de decrecida y el análisis de correlación y espectral de datos del caudal de Olalde y de Precipitación no hacen sino confirmar dicho modelo conceptual. Tales datos son presentados en otros trabajos de los autores (Cruz-Sanjulián y Morales, in litt.).

## Conclusiones

La unidad hidrogeológica más importante del norte de Vizcaya es el sistema kárstico desarrollado en las calizas urgonianas (localmente acompañadas de calizas wealdenses y jurásicas), que se extiende entre Markina, Lekeitio y Guernica, con una superficie total de recarga de 70 km<sup>2</sup>.

La mayor parte de la superficie de la unidad corresponde al flanco norte de una estructura anticlinal, compleja en el detalle, con núcleo en materiales wealdenses. En el flanco sur de dicha estructura las calizas urgonianas están representadas en el relieve de San Miguel de Ereño zar. Existen además otros afloramientos calizos aislados de menor interés hidrogeológico.

En esta unidad se han diferenciado varias subunidades, algunas claramente independientes, en virtud del dispositivo geológico, con unos recursos totales estimados en 56 Hm<sup>3</sup>/año. El drenaje subterráneo de la unidad, en su parte central y meridional, se realiza hacia los ríos Lea y Artibai, fundamentalmente por manantiales situados en las inmediaciones de los respectivos cauces y directamente a éstos. En la parte norte, el drenaje se realiza directamente al mar y por manantiales situados en el borde del afloramiento calizo.

Un sistema de especial interés lo constituye el de las calizas de San Miguel de Ereñozar, en el flanco sur de la estructura. Este sistema es drenado principalmente por el manantial de Olalde; su caudal medio es de 240 l/seg., si bien muestra variaciones muy acusadas (desde más de 11.000 l/seg. a 15-20 l/seg.); en efecto, el manantial parece representar la salida de una red kárstica muy evolucionada, desarrollada sobre todo en los niveles más altos de la secuencia carbonatada, en cuyos afloramientos se alinean, además del mencionado manantial, una serie de zonas endorreicas que recargan el sistema. Es probable que las características de la karstificación, muy intensa pero restringida a ciertos niveles, introduzca

dificultades en los trabajos de regulación artificial del manantial.

### Referencias

- Cruz-Sanjulián, J. y Morales, T. (1985): Termometría geoquímica de las aguas termales del País Vasco. *Bol. Geol. Min.*, 36: 50-57.
- Cruz-Sanjulián, J. y Morales, T.: Caracterización del sistema de Olalde (Guernica, Vizcaya) a partir del análisis del hidrograma del manantial. *Estudios Geológicos* (en prensa).
- Rat, P. (1959): Les Pays Crétacés Basco-Cantabriques (Espagne). Pub. de l'Université de Dijon, 28, Presses Univer. de France, 525 pp.
- Soler y José, R. (1972): Las series jurásicas y el «purbec-kiense» neocomiense de Guernica. *Bol. Geol. Min.*, 83: 221-230.

Recibido el 3 de abril de 1986  
Aceptado el 24 de noviembre de 1986

(\*) Este trabajo forma parte del «Estudio Hidrogeológico de Vizcaya», realizado en este Departamento por la Diputación Foral del Señorío a través de la Fundación Euskoiker. Agradecemos a la excma. Diputación su colaboración y la autorización para publicar los presentes datos.