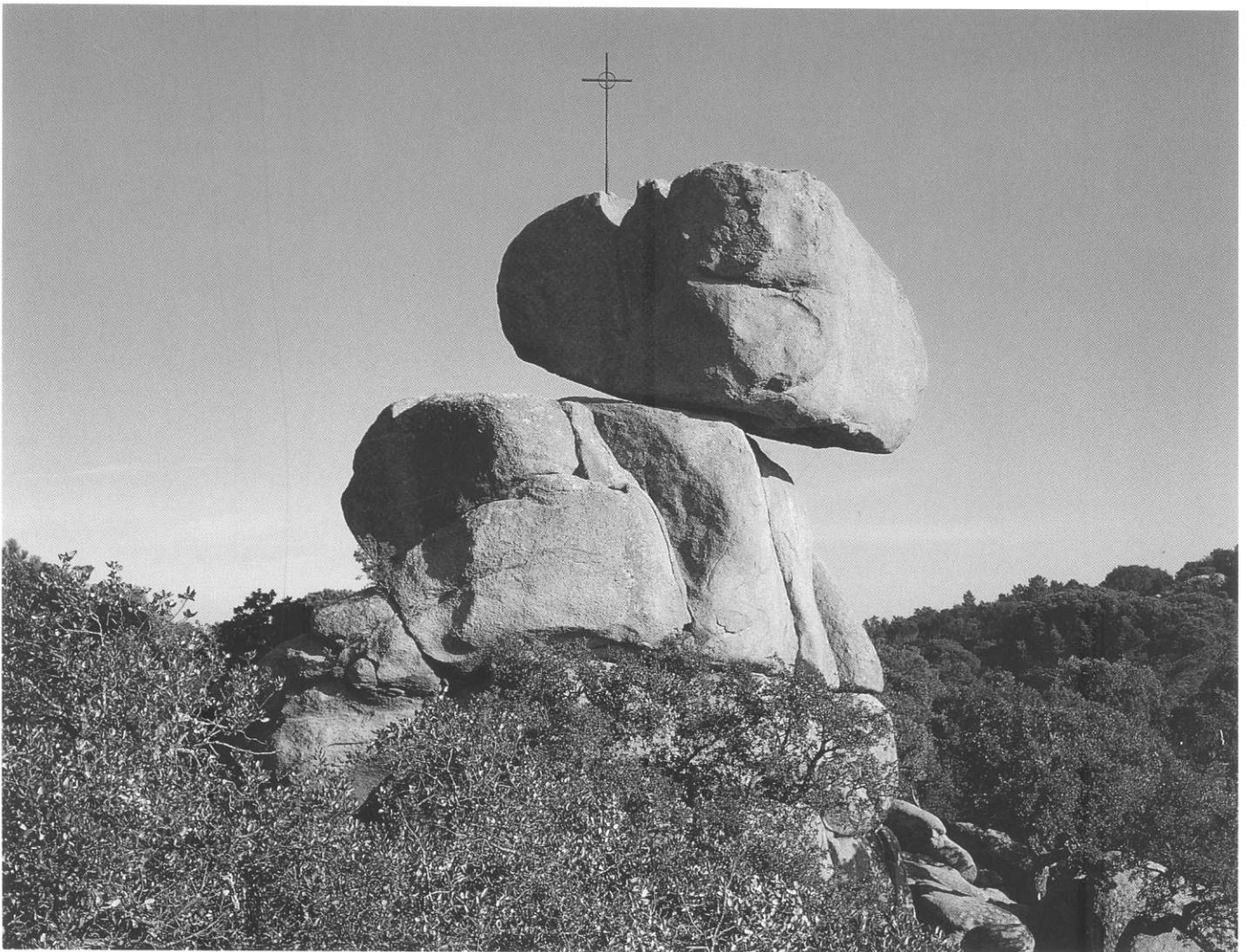


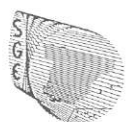
Sociedad Geológica de España - Universitat de Girona

Comunicaciones de la III Reunión Nacional de la Comisión de Patrimonio Geológico

Girona, Septiembre de 1997



Lluís Pallí - Jordi Carreras (Editores)



Zona lacustre de Banyoles

D. Brusi, L. Pallí, C. Roqué, A. Pujadas y I. Capellà

Àrea de Geodinàmica. Dept. de Ciències Ambientals. Universitat de Girona. Hospital, 6. 17071-Girona

Introducción

El Lago y las lagunas de la zona de Banyoles representan la zona surgente de más baja cota de un Sistema Hidrogeológico, situado en el Noreste de la península Ibérica, de características kársticas y cierta influencia tectónica en su ubicación y dinámica.

Los valores botánicos, zoológicos, ecológicos, arqueológicos y paisajísticos permiten calificar la zona como un paraje natural de excepcional importancia. A este reconocimiento medioambiental unánime debe añadirse la singularidad de un patrimonio geológico en el que el dinamismo actual de los procesos coexiste con los testimonios de una presencia lacustre desde el Pleistoceno inferior hasta nuestros días.

Generalidades

Situación geográfica

La zona lacustre de Banyoles se individualiza como un sector relativamente deprimido en la parte central de la provincia de Girona (Fig. 1), emplazándose en la franja de contacto entre dos unidades de relieve claramente diferenciadas: la cordillera Transversal y la depresión del Empordà.

La mayor parte de las manifestaciones surgentes se localizan en el fondo de la cuenca hidrográfica superficial del mismo Lago de Banyoles y vierten sus aguas, a través del mismo, hacia la depresión de Banyoles. Esta unidad constituye un fondo de valle orientado de NO a SE y drenado por el Terri, afluente del río Ter. Los valores altimétricos de la depresión de Banyoles disminuyen progresivamente de cota desde los 180-175 m en los alrededores del Lago hasta los 70-75 m, a la altura de Sant Andreu del Terri.

Por lo que se refiere a la vinculación político-administrativa, la zona lacustre se integra en la comarca del Pla de l'Estany. Esta unidad territorial aprobada por el parlamento catalán en 1988 reúne a once municipios que encuentran en el protagonismo de "L'Estany" (el Lago de Banyoles) un común denominador.

Es preciso indicar, sin embargo, que la zona lacustre no debe ser considerada como un humedal delimitable únicamente en superficie. Su subordinación genética a un acuífero kárstico hace necesario ampliar sus relaciones espaciales a las que delimitan el perímetro del Sistema Hidrogeológico de La Garrotxa-Banyoles que será descrito en posteriores apartados.

Situación geológica

Reduciendo nuestro esquema expositivo a una visión sintética, es posible diferenciar dos grandes conjuntos entre los materiales y estructuras geológicas que constituyen la zona. Por una parte, las formaciones geológicas más directamente implicadas en la implantación del sistema hidrogeológico y, por otra, aquellos

depósitos originados a partir de la propia presencia lacustre.

Una serie sedimentaria del Terciario inferior asume el papel de substrato precuaternal rígido sobre el que se instala la zona lacustre. Este basamento no juega un papel pasivo en la dinámica geológica de la zona. Por un lado, presenta los conjuntos acuíferos confinados que vinculan la zona surgente con las áreas de alimentación lejanas. Desde una segunda perspectiva, los tramos más altos de la serie serán los más directamente afectados por los procesos de colapso que originarán las morfologías lacustres.

Sin entrar en una descripción pormenorizada de la estratigrafía, que ya ha sido abordada por numerosos trabajos entre los que destaca la tesis doctoral de L. Pallí (1972), es posible resumir la sucesión de materiales terciarios de un modo sintético. En la vertical de la zona, y a una profundidad que suele superar los 350 m, se encuentra el techo de un conjunto de arcillas y conglomerados de facies continentales correspondientes al Paleoceno. Esta unidad actúa como base impermeable de los niveles superiores: una formación caliza de unos 100 m de potencia relacionada con materiales equivalentes del macizo de la Alta Garrotxa y un nivel de yesos y anhidritas de grosor variable, a causa del diapirismo. Sobre estos conjuntos que albergan el sistema acuífero reposa una formación margo arcillosa, coronada por una unidad areniscosa. Estas dos últimas formaciones son aflorantes y constituyen los reheves sobre los que se instala la zona lacustre.

En clara discordancia con el basamento eocénico se localizan en la zona algunas formaciones geológicas originadas directa o indirectamente por la actividad surgente y la implantación de un medio lacustre. Los depósitos más antiguos corresponden a facies travertínicas, calcareníticas y arcillosas de marcada génesis lacustre y se encuentran en el sector septentrional, aflorando en la cantera de Incarcal, en la bobila Ordis o en distintos puntos del pla de Usall. Hacia el sur, las formaciones travertínicas son más recientes y suelen presentar una base canalizada y un techo plano. Destacan los depósitos de Lió, els Tanyers, Les Estunes y la gran plataforma de coalescencia de Banyoles-Mata-Cornellà de Terri.

Funcionamiento hidrogeológico

El sistema hidrogeológico de Banyoles puede definirse como un complejo kárstico caracterizado por una zona de alimentación lejana, de marcada influencia pluviométrica, y una zona de salidas condicionada en su localización por la tectónica. Entre ambas, la diferencia de cotas es suficiente para otorgar al acuífero subterráneo la presión necesaria para ser surgente y acentuar aún más, si cabe, los procesos de carstificación.

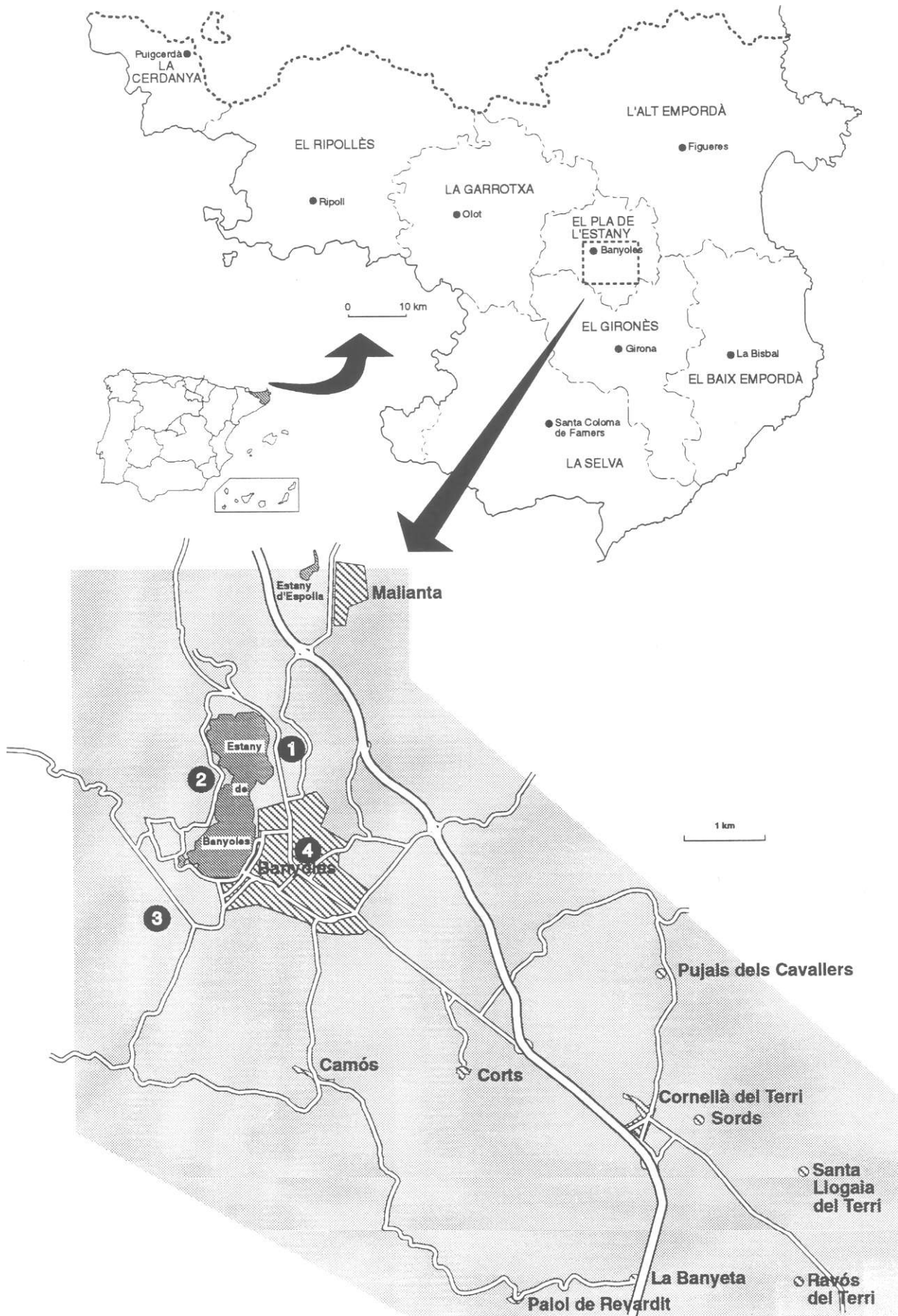


Figura 1. Esquema de situació de la zona lacustre de Banyoles en el nord-est de la península Ibèrica. En el esquema geogràfic inferior, els números indiquen la situació de les parades principals del itinerari proposat.

Antiguos ensayos realizados con fluoresceína por Vidal Pardo (1957) habían sugerido que las aguas infiltradas en el cauce del río Llierca en la zona de la Alta Garrotxa, aparecían al cabo de unos días en el Lago de Banyoles. Numerosos estudios posteriores fueron dando consistencia a esta hipótesis. Finalmente, la tesis doctoral de M. Sanz (1981) aporta los datos geológicos e hidrogeológicos, complementados por análisis isotópicos de ^{18}O y tritio, que permiten elaborar un modelo aproximado de funcionamiento del sistema (Figs. 2 y 3).

El estudio isotópico de los porcentajes de ^{18}O de las aguas surgentes del Lago de Banyoles, del pla d'Usall y de Sant Miquel de Campmajor, permite señalar que las aguas subterráneas comparten un mismo origen. La zona de alimentación queda acotada en una franja altitudinal comprendida entre los 700 y 900 m. Este autor sitúa esta zona de recarga en las formaciones calizas de edad eocénica aflorantes en el macizo de la Alta Garrotxa. Las evidencias morfológicas de carstificaciones superficiales y las manifiestas pérdidas de caudal de algunos cursos fluviales avalan este modelo.

El funcionamiento del sistema podría resumirse en una sucesión de etapas. Así, a partir de unas aguas infiltradas, sometidas a presión (más elevada cuanto mayor es el volumen de la recarga), se alimenta un acuífero que circula subterráneamente hacia el sur por la carstificación de niveles calizos. Se hace surgente cuando algún accidente tectónico le facilita una vía de salida preferente (valle del Fluvia), o sigue el flujo confinado entre materiales poco permeables hasta que, también por la influencia de fracturas, construye nuevos circuitos, a costa de la disolución en sentido ascendente de formaciones evaporíticas eocénicas. Los fenómenos de colapso gravitatorio alcanzan la superficie topográfica y se forman dolinas de hundimiento que se convierten en lagunas. Los valores de tritio indican que los tiempos medios de tránsito subterráneo del agua suelen alcanzar los 11 meses.

Actividad travertinizadora

La elevada mineralización de las aguas subterráneas surgentes en la zona ha inducido la precipitación travertínica. Bajo este origen común es posible localizar en la región formaciones carbonáticas continentales que afloran en distintos sectores, desde el N del río Fluvia hasta la zona de Banyoles y desde Serinyà hasta más allá de Cornellà de Terri. Estos materiales carbonatados continentales han sido descritos en múltiples trabajos. Entre ellos, cabe destacar los realizados por R. Julià (1980), en su tesis doctoral y en numerosas publicaciones posteriores. La fauna fósil y las dataciones absolutas han permitido atribuir al proceso de travertinizació una actividad continuada desde el Pleistoceno inferior hasta la actualidad.

La cartografía geológica de superficie y la delimitación en profundidad de las formaciones travertínicas de la depresión de Banyoles abordada en estudios recientes (Brusi, 1993; Brusi, 1996; Brusi, Trilla y Pallí, 1997) ha permitido acotar la distribución espacial de estos depósitos, definir un modelo deposicional y precisar su evolución temporal.

La labor descriptiva en los materiales carbonáticos de origen lacustre se fundamenta en las características cromáticas, texturales, estructurales, paleontológicas o diagenéticas de estos materiales. La visión sintética de algunos rasgos compartidos por numerosas columnas ha permitido definir unas morfologías deposicionales características de las facies sedimentarias de los materiales travertínicos. Entre ellas destacan:

- 1) Los travertinos detríticos (lodos carbonáticos y travertinos calcareníticos)
- 2) Los travertinos de incrustaciones de tallos y hojas.
- 3) Los travertinos estromatolíticos (planares, hemiesféricos y de cascada)
- 4) Los travertinos pisolíticos y oncolíticos.
- 5) Los travertinos brechoides.

La integración de todas las observaciones de carácter litológico, tectónico y geomorfológico de la zona, en relación a la diversidad interna de los depósitos de travertino, permite proponer un modelo deposicional. Las distintas facies travertínicas se han visto influidas por distintos factores, entre los que destacan la estabilidad del substrato, la profundidad de la lámina de agua, la pendiente deposicional y la aportación de materiales terrígenos.

El modelo sintético de la travertinizació del sector permite individualizar los ambientes deposicionales que comparten unas características hidrodinámicas comunes (Fig. 4):

- 1) Las áreas surgentes de substrato inestable (cubetas lacustres).
- 2) Las plataformas lacustres litorales (plataformas pasivas y de derrame).
- 3) El talud de derrame.
- 4) Los valles de derrame lacustre.
- 5) Los valles dominados por la sedimentación fluvial.

Es importante destacar que, desde un punto de vista geomorfológico, y bajo la perspectiva del estudio de la travertinizació, resultarían enormemente influyentes los fenómenos de hundimiento de la superficie topográfica causados por la disolución de los yesos eocénicos infrayacentes de la zona. Los procesos de inestabilidad gravitatoria, han sido descritos en trabajos anteriores (Brusi, Pallí y Sanz, 1987). Los episodios de colapso no sólo determinan la aparición de las lagunas surgentes, sino que las cubetas lacustres por ellas originadas, en relación a la geomorfología de las zonas de derrame, definen unidades morfodinámicas de sedimentación carbonática. También se hace evidente que los sucesivos hundimientos ejercen un efecto dinamizador del sistema lacustre. Por un lado influyen en la posición y caudal de las surgencias activas y, por otro, pueden modificar los materiales geológicos del substrato o removilizar los propios sedimentos de origen lacustre.

Si bien los datos paleontológicos permiten establecer una presencia lacustre en la zona desde el Pleistoceno inferior y medio (Incarcal, Ordís) la travertinizació de la depresión de Banyoles se va mucho más reciente. Para acotar los aspectos evolutivos de los procesos de travertinizació en este sector se han reali-

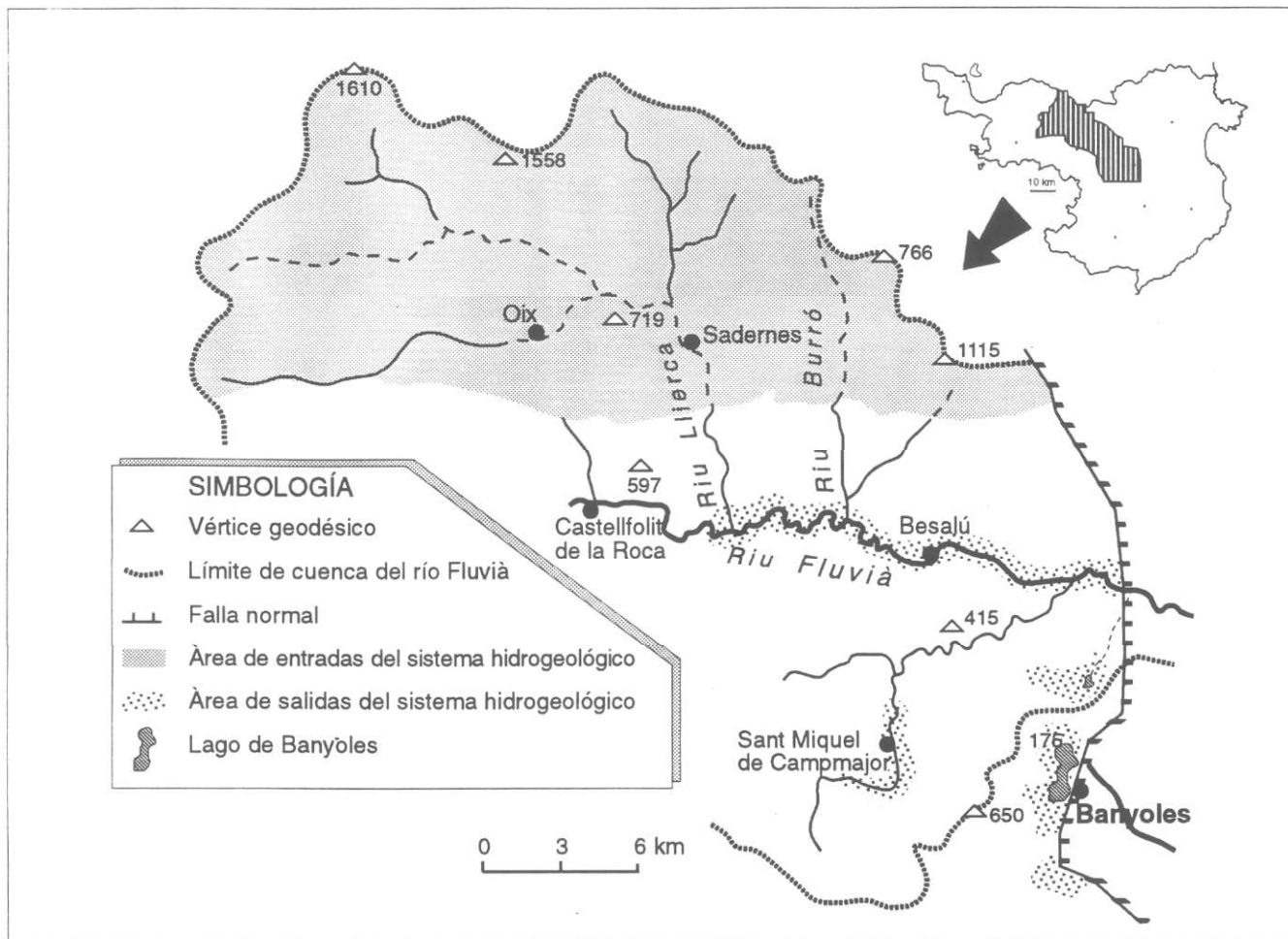


Figura 2. Sistema hidrogeológico de Banyoles. Esquema en planta de las entradas y salidas del sistema segun M. Sanz (1985).

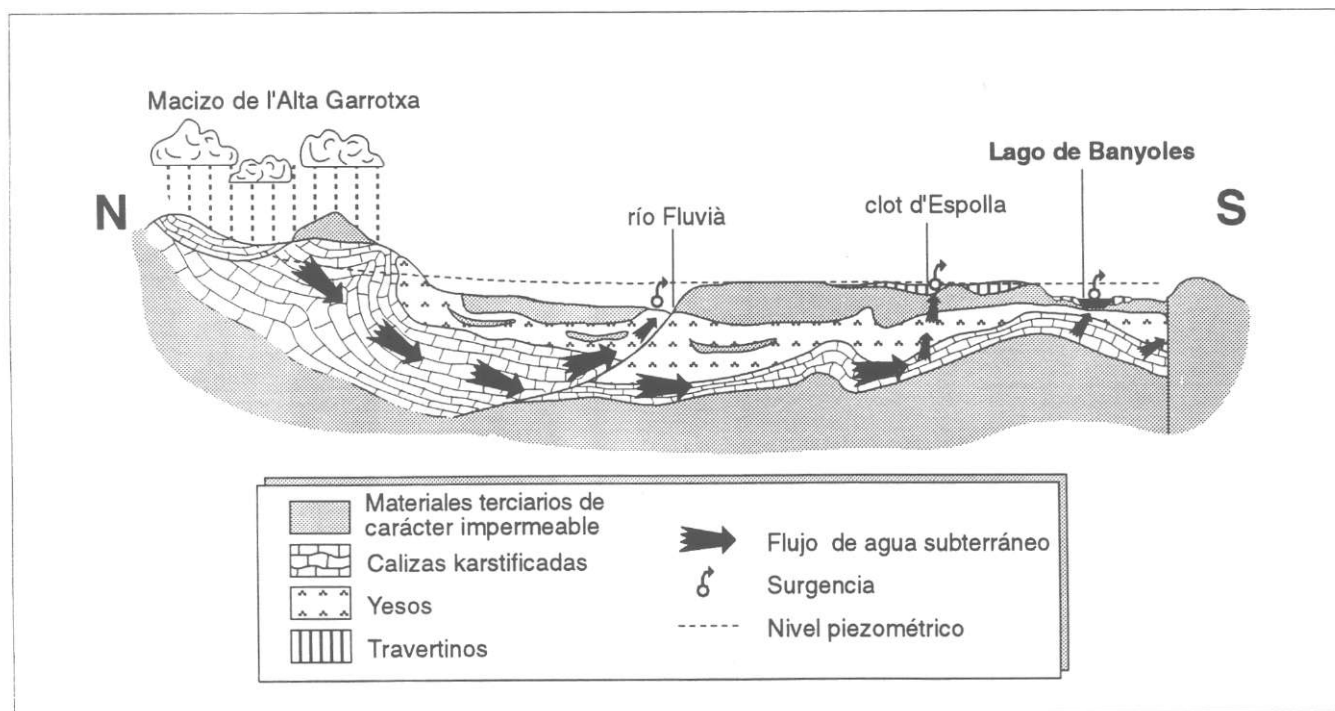


Figura 3. Sistema hidrogeológico de Banyoles. Esquema en sección del funcionamiento hidráulico del sistema segun M. Sanz (1985).

zando dataciones absolutas de numerosas muestras. Básicamente se ha empleado el método de datación del $^{230}\text{Th}/^{234}\text{U}$. Los resultados obtenidos permiten establecer una migración de la actividad travertinizadora desde una antigüedad mínima de unos 120.000 años B.P. hasta la actualidad.

La edad de los depósitos travertínicos estudiados en la depresión de Banyoles permite afirmar que éstos se han desarrollado bajo la influencia de las oscilaciones climáticas pleistocénicas y bajo el control de las características hidrodinámicas del medio. El amplio registro estratigráfico representado en la zona constituye un referente excepcional para estudios paleoclimáticos. El modelo deposicional puede ser extrapolable a otros depósitos de características parecidas.

Valores del patrimonio geológico

Al margen de las manifestaciones surgentes, que constituyen en sí mismas el valor geológico más evidente de la zona lacustre, son numerosos los puntos de especial singularidad por lo que respecta a los rasgos geomorfológicos, estratigráficos, sedimentológicos o paleontológicos.

Entre las distintas manifestaciones lagunares es posible destacar: el área surgente del Lago de Banyoles-laguna del Vilar, la zona surgente de can Ordis, las lagunas de la riera Castellana y el conjunto lagunar de la Cendra-Montalt.

Por lo que se refiere a los depósitos carbonáticos relacionados con las surgencias lacustres son numerosos los afloramientos que constituyen parajes de obligada visita y estudio. En todos ellos suelen converger los intereses científicos con los valores didácticos. Destacamos, entre otros muchos de especial relevancia sedimentológica o paleontológica: las bóvilas Ordis e Incarcàl, las formaciones travertínicas de can Po, Lió o las Estunes y las numerosas canteras del Pla de Mata. También son conocidos los distintos puntos en el lago de Banyoles en los que es posible observar estructuras estromatolíticas y oncolíticas actuales.

Desde un punto de vista paisajístico merece una especial mención la misma cuenca superficial del lago de Banyoles que con su forma de anfiteatro y con una cubierta arbórea abundante enmarca la cubeta lacustre con una cromacidad verdosa. El Puig de Sant Martírià es, en este sentido, un lugar privilegiado como mirador excepcional de la zona.

Amenazas que afectan el patrimonio geológico

El estado de conservación de la zona lacustre es satisfactorio, si bien sensiblemente antropizado. Quizás los usos urbanísticos, turísticos, deportivos y recreativos que aparecen motivados por la propia excepcionalidad del paraje constituyen, paradójicamente, los principales elementos de presión directa sobre las manifestaciones hídricas.

Sin embargo otras muchas actividades pueden representar riesgos potenciales de afectación del patrimonio geológico. Así, por ejemplo, la intervención humana, ya irreversible, ha minimizado la actividad travertinizadora del antiguo rebosadero lacustre natural. Las acequias que drenan el Lago impiden el derrame

laminar y pausado del agua que facilitaba la precipitación carbonática.

Quizás como aspecto más relevante, resulte imprescindible analizar detenidamente cualquier actividad o explotación de los recursos hídricos que pueda afectar directa o indirectamente a las aguas superficiales o subterráneas. La sobreexplotación de los acuíferos, los abonos utilizados en agricultura, los efluentes de actividades ganaderas o fosas sépticas pueden perjudicar sensiblemente a la cantidad y calidad de las aguas del Sistema.

Una larga lista de actividades antrópicas pueden afectar también a la presencia y conservación de los valores geológicos. Las actividades extractivas, la urbanización indiscriminada o la degradación y esquilma de yacimientos de interés sedimentológico o paleontológico son algunos ejemplos de posibles agresiones al medio. Las iniciativas de preservación del patrimonio geológico pasan por una catalogación precisa y una gestión medioambiental correcta.

Itinerario

Localización general

El recorrido propuesto se inicia en un punto en el que resulta cómoda una visión panorámica de la zona para facilitar una aproximación general al sistema lacustre. El resto de paradas han estado seleccionadas con el objetivo de destacar, en un itinerario breve y asequible, algunos de los elementos singulares que ilustran los rasgos geológicos y procesos más característicos (Fig. 1).

Parada 1. Puig de Sant Martírià

Localización

El Puig de Sant Martírià, al norte del Lago de Banyoles constituye un mirador excepcional. Es posible acceder al promontorio por una pista que parte del Km. 1,3 de la carretera de Banyoles a Esponellà.

Descripción

La extensa panorámica que es posible contemplar desde el Puig de Sant Martírià permite contextualizar el fenómeno lacustre. En una visión hacia el norte se distinguen los relieves subpirenaicos entre los que destaca el macizo de la Alta Garrotxa. En un primer término el Pla de Usall con su morfología llana representa un testimonio geológico de las primeras etapas de presencia lacustre en el sector. Hacia el sur, destaca la cubeta lacustre en la que se encuentra el Lago de Banyoles y las distintas lagunas surgentes.

Parada 2. Lagunas de la riera Castellana

Localización

Al oeste del Lago de Banyoles y accesibles desde la carretera de circunvalación en las inmediaciones de la masía de Can Sisó se encuentra un conjunto de tres lagunas surgentes.

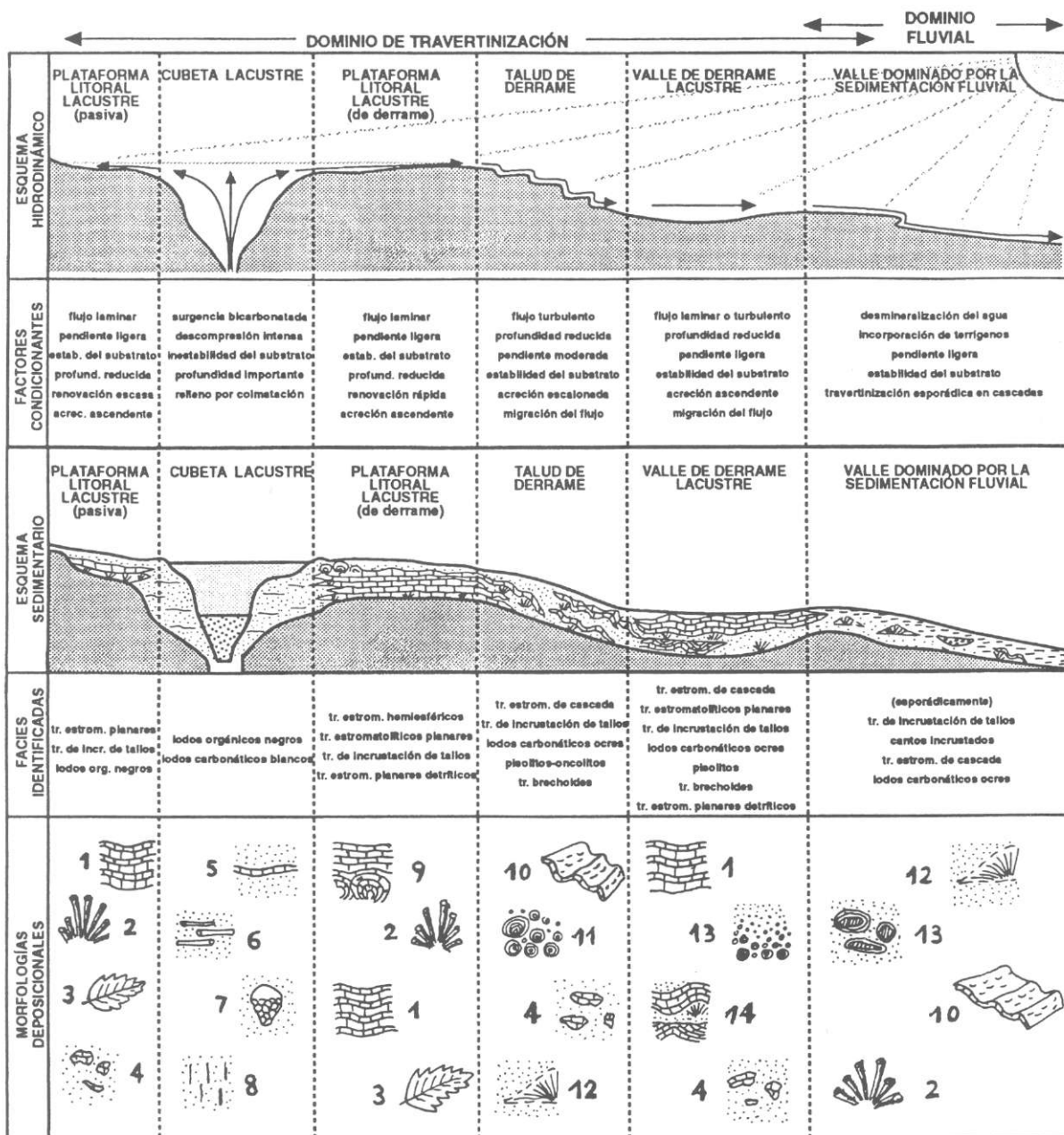


Figura 4. Modelo sedimentario-deposicional de los depósitos travertínicos de la depresión de Banyoles. 1. Láminas estromatolíticas compactas y esponjosas alternas. 2. Tallos incrustados. 3. Hojas de árboles y tífáceas incrustadas. 4. Fragmentos travertínicos incluidos en lodo carbonático. 5. Láminas estromatolíticas muy finas. 6. Niveles de acumulación de tallos incrustados. 7. Estructuras vacuolares. 8. Estructuras y tinciones de bioturbación. 9. Domos estromatolíticos. 10. Travertinos de cascada con microaterrazamientos. 11. Pisolitos y oncolitos. 12. Diques y piscinas travertínicos. 13. Carbonatos detríticos granoseleccionados. 14. Secuencias de diques estromatolíticos de represamiento y piscinas travertínicas. 15. Cantos incrustados.

Descripción

Las lagunas presentan una morfología subcircular en planta -ligeramente modificada por la antropización- y una sección típica de embudo o cubeta surgente. El estanyol d'en Sisó o de la riera Castellana sufre unas variaciones estacionales en el color de sus aguas que se asocian a la alternancia de comunidades bacterianas en superficie. El estanyol Nou, se formó tras un episodio de colapso a mediados de noviembre de 1978. Una pequeña zona surgente en la margen derecha de la riera constituye la tercera laguna. Manifestaciones lacustres parecidas se encuentran al sur del lago principal. Entre

ellas destacan el estanyol del Vilar, formado por la conjunción de dos cubetas y las lagunas de la Cendra o d'En Montalt.

Parada 3. Travertinos y grietas de las Estunes

Localización

A la izquierda de la carretera de Banyoles a Olot (por Mieras), y a unos 250 m después de la bifurcación a Pujarnol, en las proximidades de la masía del Corralot, aparece este conocido afloramiento de travertinos.

Descripción

En las Estunes es posible reconocer la presencia de un depósito de travertinos cuyo techo se sitúa unos 10 m por encima del nivel de la superficie del lago actual. En distintos cortes es posible apreciar una sucesión de facies travertínicas que permiten interpretar el conjunto como perteneciente a una antigua zona litoral de un lago en la que la precipitación carbonática se relacionaría con unas surgencias situadas hacia el este. La plataforma travertínica se halla cuarteada por numerosas grietas, ligeramente afectadas por la carstificación y transitables en algunos tramos. Su origen se relaciona con el basculamiento de los paquetes rígidos de travertino, desplazados en alguna etapa de colapsos asociados a la misma dinámica kárstica de la zona.

Parada 4. Museo Arqueológico comarcal

Localización

Situado en el edificio de la Pia Almoina, en la Plaça de la Font, dentro del casco antiguo de la ciudad de Banyoles.

Descripción

El museo arqueológico alberga, además de una rica colección de materiales de las distintas culturas que se han sucedido en la ocupación humana de la comarca, una sala dedicada a la Paleontología. Los restos fósiles expuestos y los distintos plafones informativos permiten al visitante obtener una idea muy completa de la evolución faunística de la zona desde el Plioceno superior hasta el Cuaternario reciente. La colección procede de las distintas excavaciones arqueológicas realizadas en la comarca.

Paradas Opcionales

Explotaciones travertínicas de Mata

Con una localización cambiante en el Pla de Mata es posible visitar algunas canteras en las que se extraen actualmente bloques y losas de materiales travertínicos para su explotación como piedras de cantería y rocas ornamentales. Las secciones cortadas por las sierras utilizadas para el corte de la roca permiten observar la sucesión de distintas morfologías deposicionales en los depósitos travertínicos. En una cantera del pla de

la Formiga apareció en 1908 la conocida mandíbula de Banyoles.

Travertinos en formación del Lago de Banyoles

Siguiendo el paseo peatonal que bordea el borde este del lago es posible reconocer, en algunos puntos de su litoral las típicas morfologías globosas y hemisféricas que caracterizan las construcciones oncolíticas de travertinos. Aquí, los crecimientos de láminas estromatolíticas sobre restos de vegetación o bloques ya existentes son muy aparentes.

El lago de Espolia y la cascada de Martís

El lago de Espolia es una manifestación surgente de características intermitentes situada en el Pla d'Usall. Su comportamiento ha sido interpretado como el de un rebosadero en un sistema kárstico tipo "trop plein". En momentos de máxima actividad surgente pueden llegar a brotar por su fondo unos 3.000 litros de agua por segundo que, tras un recorrido superficial de más de 2 km, tributan al río Fluvià a través de una cascada de más de 30 m de desnivel.

La cantera de Incarcàl

La cantera de Incarcàl en la que se explotan las calcarenitas formadas en una antigua zona lacustre ha puesto al descubierto los rellenos arcillosos de los antiguas cubetas kársticas. Entre los materiales lacustres ha aparecido uno de los más ricos yacimientos paleontológicos de la zona con fauna perteneciente al Pleistoceno inferior.

Referencias

- Brusi, D. (1993). Tesis doctoral, Univ. Autònoma de Barcelona. 477 p.
- Brusi, D., Trilla J. y Pallí, L. (1997). *Et. Géogr. Phys.*, Suppl. n°XXVI.
- Brusi, D., Pallí, L. y Sanz, M. (1987). *Actas de la III Reunión Nacional de Geología Ambiental y Ordenación del Territorio*, II: 1.021-1.034.
- Julià, R. (1980). *La conca lacustre de Banyoles-Besalú*, Centre d'Estudis comarcals de Banyoles, Banyoles, 187 p.
- Pallí, L. (1972). *Estratigrafía del Paleógeno del Empordà y zonas limítrofes*, Publicaciones de Geología. U.A.B., I, Barcelona, 338 p.
- Sanz-Parera, M. (1981). Tesis Doct. Univ. Autònoma de Barcelona. 306 p.
- Sanz-Parera, M. (1985). *Quaderns del Centre d'Estudis Comarcals de Banyolès*, 1980-1984: 171-250.
- Vidal-Pardal, M. (1957). *Bol Min. Obr. Publ.*, 4.