

ESTUDI COMPARATIU DE L'EVOLUCIÓ DE LA MORFOMETRIA DELS ESTANYOLS DE LA RIERA CASTELLANA (BANYOLES): ESTANYOL NOU, SISÓ I BROLLADOR

J. García-Gil, R.C. Brunet, E. Montesinos i C.A. Abella

Departament de Genètica i Microbiologia i Institut d'Ecologia Aquàtica. Col·legi Universitari de Girona (U.A.B.). Hospital, 6. 17071 Girona.

RESUM

En aquest treball es presenta un estudi comparat de l'evolució dels paràmetres morfològics més importants de dos estanyols situats a uns cent metres a l'oest de l'Estany de Banyoles, al costat de la Riera Castellana. Aquesta evolució està relacionada amb les característiques geològiques de la zona i amb les activitats humanes. També es fa la primera caracterització d'un estanyol-brollador situat prop dels altres dos. Les característiques físico-químiques de les aigües sorgents són analitzades i comparades amb les de l'aigua que alimenta l'Estany. Finalment s'interpreten conjuntament els canvis soferts en els darrers anys per els tres estanyols.

SUMMARY

In this work a comparative study on the evolution of morphometry in two water bodies next to Banyoles lake and near Riera Castellana is presented. Their evolution is related both with the geological characteristics of the Banyoles karstic area and with human activity. The first characterization of a flowing-water body is also carried on. Analysis of the physicochemical characteristics of flowing waters were performed and results compared with those waters feeding Banyoles lake. Finally, overall changes that took place in last years are interpreted.

Key words: Karstic, bathimetry, limnology, Banyoles, lagoon.

INTRODUCCIÓ

En els darrers anys l'Estany de Banyoles i les zones adjacents (inclosa la Vall de Sant Miquel de Campmajor), s'han mostrat com una àrea geològicament molt activa (Julià 1980) registrant-se enfonsaments amb certa freqüència. Les causes d'aquests enfonsaments cal cercar-les en la pròpia complexitat del sistema càrstic que caracteritza tota la zona lacustre

de Banyoles i rodalies. Aquest fet determina una dinàmica de constant remodelatge del sistema a través de la creació de nous estanyols per enfonsaments o per modificació dels ja existents. Això fa que sigui relativament freqüent detectar-hi canvis. La zona d'estudi correspon a un triangle amb els tres estanyols en els seus vèrtex, situats a menys de 50 metres i a la banda oest de l'estany de Banyoles, just al costat de la Riera Castellana.

En la zona càrstica de Banyoles hi ha una sèrie d'estanyols en contínua evolució. Aquests canvis es produeixen espontàniament i sobtada en alguns casos, però també en ocasions de forma gradual com a conseqüència de les activitats humanes a la zona. Els canvis produïts en els elements d'un sistema d'estanyols poden alterar les característiques limnològiques dels mateixos fins el punt d'influenciar en les poblacions de fitoplancton, zooplancton i bacterioplancton que s'hi poden desenvolupar.

En el present treball es presenten les batimetries actuals de dos estanyols ja coneguts (Estanyol d'en Sisó i Estanyol Nou) i es comparen amb els seus paràmetres morfològics de fa uns anys, després dels canvis experimentats per ambdós. Es pot veure com variacions de diferent naturalesa poden determinar diferents evolucions en les morfologies.

També es presenta en aquest estudi la primera caracterització d'un estanyol sorgent a prop de la Riera Castellana. Les especials característiques del sistema hidrogeològic de Banyoles (Sanz 1985) i la gran proximitat existent entre les tres masses d'aigua citades anteriorment (Fig. 1) ajuden per una part a explicar el gran dinamisme d'aquests estanyols i per l'altra a realitzar prediccions de com pot continuar evolucionant en un futur.

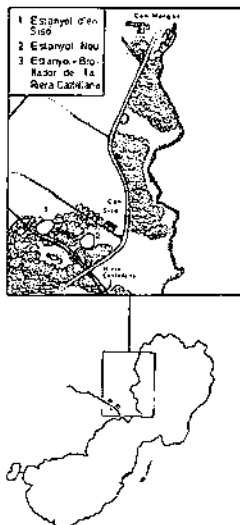


Figura 1. Situació dels tres estanyols en relació a l'Estany de Banyoles.

MATERIAL I MÈTODES

Les batimetries han estat realitzades amb ecosondador FURUNO FE-450 de 50 KHz de freqüència alimentat per un generador elèctric Kawasaki KG 2900 amb una potència de 7 HP. Els perfils externs dels estanyols estan basats en fotografies aèries realitzades a baixa altura. La conductivitat fou mesurada amb un conductímetre YSI model 33 i la concentració d'oxigen amb un oxímetre YSI model 57. La temperatura fou presa amb un termistor de camp CRISON, model T-637.

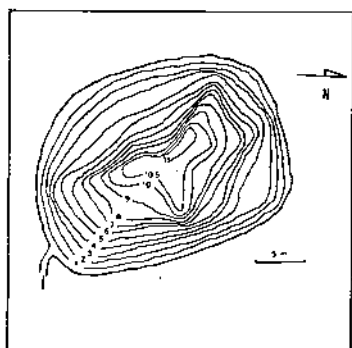


Figura 2. Batimetria de l'Estanyol d'en Sisó l'any 1980 (segons Abella, 1980).

RESULTATS

Estanyol d'en Sisó

La figura 4 mostra la batimetria actual de l'estanyol d'en Sisó la qual es compara amb aquelles realitzades amb sonda gravimètrica per Abellà al 1980 (Fig. 2) (Abellà, 1980) i per Mas al 1982 (Fig. 3) (Mas, 1982). Pot observar-se que s'ha incrementat la seva superfície i que ha disminuït la fondària al llarg del temps. Aquesta fondària ha passat dels 11 metres que tenia a l'any 1980 als 8 metres que té actualment. El diàmetre mitjà també ha variat, en aquest cas incrementant-se passant de 21 m al 1980 a 27,5 l'any 1986. També pot apreciar-se l'arrodoniment que experiment el seu perímetre.

Al febrer de l'any 1982 es produí un enfonsament en aquest Estanyol provocant un esclavissament de la banda sud que determinà el seu augment de fondària màxima i la detecció de sediment margós en suspensió des dels 8 fins als 31 m (Fig. 3). A finals de febrer de l'any 1986, i coincidint amb unes fortes pluges, s'esllavissà una altra vegada la part sud deixant l'estanyol tal i com es troba a l'actualitat. No s'ha detectat sediment en suspensió en els successius sondeigs que es realitzaren del fons de

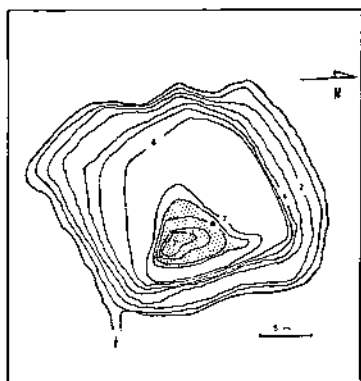


Figura 3. Batimetria de l'Estanyol d'en Sisó l'any 1982 després del primer enfonsament detectat (segons Mas 1982).

l'estanyol, degut segurament a la seva compactació per augment de densitat al disminuir el flux d'entrada.

La taula 1 mostra les dades morfomètriques referents a la variació dels paràmetres A_z (superfície en m^2 per a cada cota batimètrica) i V (volum mig en m^3 tancat entre dues fondàries), (Hutchinson, 1957). Pot observar-se, que malgrat la disminució en la fondària màxima d'aquest estanyol respecte a l'any 1982, el volum del mateix ha augmentat significativament després del darrer lliscament de terres al febrer de 1986.

Taula 1. Valors morfomètrics de l'Estanyol d'en Sisó a diferents èpoques, 1980, 1982 i 1986. (z = fondària, A_z = superfície a la fondària z , V = volum entre la fondària indicada i la següent).

1980			1982			1986		
z (m)	A_z (m^2)	V (m^3)	z (m)	A_z (m^2)	V (m^3)	z (m)	A_z (m^2)	V (m^3)
0	457	430.5	0	487	466	0	598.7	578.7
1	404	381.0	1	444	420	1	558.8	529.9
2	358	336.5	2	396	363	2	501.1	449.6
3	315	281.5	3	330	299	3	398.0	355.5
4	248	225.5	4	268	254	4	313.1	276.8
5	203	184.0	5	240	216	5	240.5	203.8
6	165	149.5	6	192	128	6	167.1	124.9
7	134	122.0	7	63	43	7	82.7	45.5
8	110	95.0	8	24	17	8	8.2	
9	80	70.0	9	10				
10	50	40.0						
11	31	18.0						
12	5							
VOLUM TOTAL		2334			2206			2564

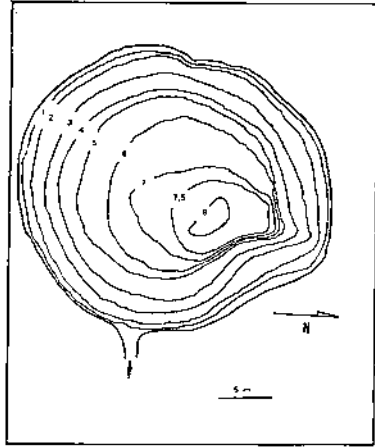


Figura 4. Batimetria actual de l'Estanyol d'en Sisó després de l'esllavissament de la part sud-oest produït el febrer de 1986.

Estanyol Nou

Aquest estanyol va aparèixer sobtadament el 16 de novembre de 1978 com a conseqüència de l'enfonsament del terreny on està situat. Des d'aleshores la seva morfologia, tant externa com batimètrica ha variat radicalment encara que en aquest cas no s'han detectat nous enfonsaments. En l'Estanyol Nou el canvi observat en comparar les figures 5 i 6 és degut quasi exclusivament a la pressió humana que s'ha exercit sobre ell. Aquesta acció antropogènica d'abocament de derrubis ha reduït la seva fondària màxima a gairebé la meitat passant de 7 m l'any 1980 als 4 m del 1986.

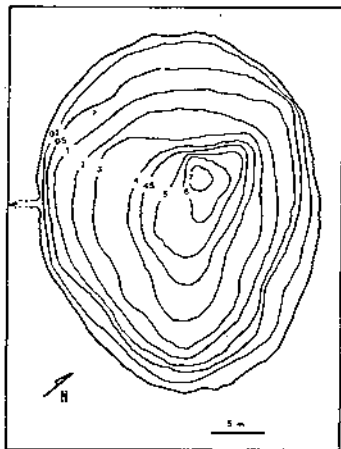


Figura 5. Batimetria de l'Estanyol Nou l'any 1980, poc després de la seva formació (segons Turet 1981).

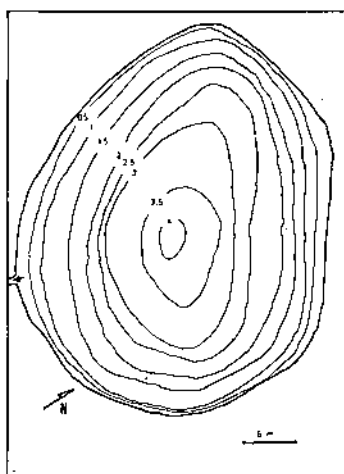


Figura 6. Batimetria actual de l'Estanyol Nou després de l'abocament continuat de derrubis durant un temps.

Taula 2. Valors morfomètrics de l'Estanyol Nou a dues èpoques diferents: 1980 i 1986. (z = fondària, A_z = superfície a la fondària z , V = volum entre dues fondàries).

1981			1986		
z (m)	A_z (m ²)	V (m ³)	z (m)	A_z (m ²)	V (m ³)
0	840	662.4	0	804	726.5
1	556	497.2	1	648.9	526.0
2	438	385.0	2	403.1	296.3
3	331	254.0	3	189.5	98.2
4	176	254.0	4	7.0	
5	64	113.7			
6	21	42.8			
7	4	12.9			
VOLUM TOTAL		1935.2			1647.0

Les dades morfomètriques de la taula 2 mostren les disminucions de fondària màxima, de superfície i de volum que ha experimentat aquest estanyol (Turet, 1981).

Estanyol-brollador de la Riera Castellana

Fins fa relativament poc temps existia un brollador a la banda sud de la Riera Castellana que emetia aigua freàtica i que inundava les terres adjacents (Fig. 1). El tamany d'aquest brollador, ha anat augmentant,

deixant al descobert un conus de 8 m de fondària i 4 m de diàmetre mig (Fig. 7) que inunda una petita porció de terra adjacent (0,4 m de fondària màxima). La resta d'aigua és recollida per un tub artificial subterrani que l'aboca a la Riera Castellana. El flux de sortida d'aigua, durant el mes de març del 1986 era de 1.470 m³/dia (17 L/s).

Les característiques físico-químiques de l'aigua d'aquest estanyol-brollador la defineixen com a aigua freàtica, de les mateixes característiques

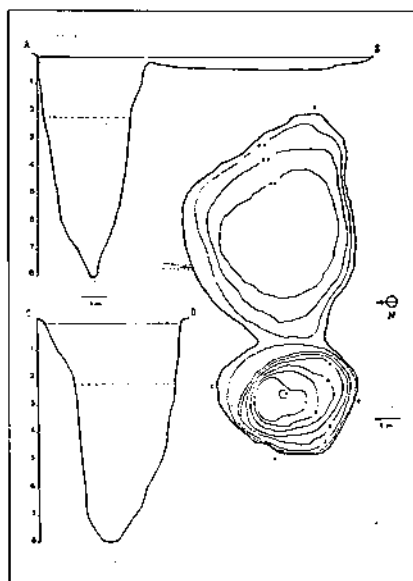


Figura 7. Batimetria i perfils verticals de l'Estanyol-brollador de la Riera Castellana. La línia de punts indica el nivell a partir del qual es troba la sorra en suspensió.

Taula 3. Paràmetres físico-químics mesurats al Estanyol-brollador de la Riera Castellana el 13 de març de 1986. La presència del material sorrenc en suspensió a partir de dos metres dificultava la mesura de l'oxigen.

Fondària (m)	Conductivitat (μcm^{-1})	Temperatura (°C)	Oxigen (ppm)
0	1750	16.5	1.5
1	1750	16.5	0.85
2	1750	16.4	0.65
3	1750	16.4	0.60
4	1750	16.4	—
5	1750	16.3	—
6	1750	16.2	—
7	1750	16.1	—
8	1750	16.1	—

químiques que aquelles que, subterràniament, alimenten l'estany de Banyoles (taula 3). Això és una evidència de la connexió directa entre aquest estanyol-brollador i el complex sistema hidrogeològic de cubetes sorgents que determina l'estany de Banyoles.

A la taula 4 se'n recullen les seves dades morfomètriques. Aquestes han estat calculades per la totalitat del conus tot i tenint en compte que a partir dels 2 m de fondària trobem material fi sorrenc mantingut en suspensió per la pressió d'entrada de l'aigua. Aquesta sorra és també conseqüència de l'intent de tapar el brollador.

Taula 4. Valors morfomètrics de l'Estanyol-brollador de la Riera Castellana. (z = fondària, A_z = superfície a la fondària z , V = volum entre la fondària indicada i la següent).

z (m)	A_z (m ²)	V (m ³)
0	54.7	17.5
0.5	15.4	7.4
1	14.2	12.5
2	10.9	10.1
3	9.4	8.5
4	7.6	6.5
5	5.4	4.5
6	3.6	2.8
7	1.9	1.0
8	0.0	1.0
VOLUM TOTAL		70.8

DISCUSSIÓ

Els tres estanyols estudiats es troben molt pròxims un de l'altre, i mentre l'estanyol-brollador, com s'ha dit anteriorment, aboca les seves aigües a la Riera Castellana, els altres dos tenen els seus canals de sortida connectats a un rec que circula paral·lel a l'esmentada riera (Fig. 1); ambdós són tributaris de l'Estany de Banyoles. Aquests estanyols estan ubicats en una àrea molt activa des d'un punt de vista geològic. Això fa que siguin relativament freqüents els canvis detectables a la zona. Així, en poc més de sis anys s'han pogut verificar dos enfonsaments a l'estanyol d'en Sisó (1982 i 1986) que han canviat marcadament la seva morfologia. També en aquest període apareix l'Estanyol Nou i finalment, l'any 1986, el brollador de la Riera Castellana, que demostrà tenir 8 m de fondària.

Un intent d'esbrinar la causa concreta d'aquesta alta activitat passa necessàriament pel coneixement de les característiques geològiques de la zona. Segons la composició proposada per Julià (1980) tindriem material margós intercalat en forma de «llenties» en els guixos. La figura 8 és un esquema que podria explicar com es produeixen aquests enfonsaments.

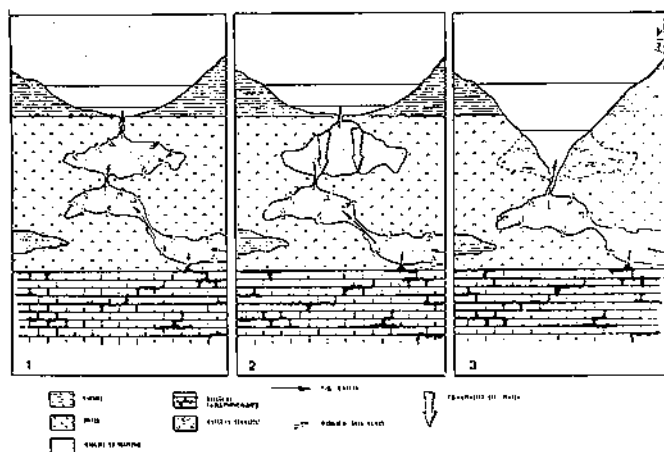


Figura 8. Esquema idealitzat del procés mitjançant el qual es produeixen els enfonsaments.

Això seria possible tenint en compte la impermeabilitat que presenta el guix hidratat (Margalef 1983). La dissolució externa dels guixos produeix altes concentracions d'ions SO_4^{2-} i Ca^{2+} en l'aigua freàtica, que expliquen (sobretot els sulfats) l'alta conductivitat que presenta. La disgregació de les «llenties» a les que ens referíem anteriorment explicaria la naturalesa margosa del sediment en suspensió.

En l'Estanyol d'en Sisó veiem que el primer canvi detectat (febrer de 1982) provocà un esclavissament de terres que determinà un augment del perímetre extern (deduïble a partir de l'àrea de l'estanyol) i una disminució de la fondària màxima, mantenint-se pràcticament constant el volum total. En aquest cas podríem pensar que solament es tractava d'un moviment de terres, mentre l'aparició del sediment en suspensió ens indica clarament que es va produir un enfonsament. Possiblement l'increment de volum degut a aquest enfonsament fou contrarestat pel lliscament de terres cap a l'interior de l'estanyol.

El segon enfonsament (febrer de 1986) fou més intens que el primer. Aquesta és la conclusió que se n'extreu si es té en compte per una banda el considerable augment de superfície (superior al 30 %) resultant de l'esclavissament d'un ample sector a la part sud-oest de l'estanyol i per l'altra el significatiu augment de volum (20 % aproximadament), malgrat la disminució de la fondària màxima. Aquests canvis comporten un increment de la relació superfície/volum que, de seguir produint-se, pot tenir clars efectes sobre la físico-química de l'aigua i, de forma relacionada, sobre les poblacions de bacteris fototròfics que en aquest estanyol s'hi desenvolupen.

La taula 5 mostra les característiques físico-químiques de l'aigua i del sediment en suspensió de Banyoles IV, una cubeta de l'Estany de Banyoles pròxima als estanyols. Si comparem amb la taula 3 veiem les clares

Taula 5. Conductivitat, temperatura i concentració d'oxigen dissolt de la columna d'aigua i sediment en suspensió de Banyoles IV, una cubeta meromíctica sorgent amb sediment en suspensió. (20 de març de 1986).

Fondària (m)	T°C	Cond. ($\mu\text{.cm}^{-1}$)	O ₂ (ppm)
0	11.3	950	9.8
5	10.6	900	9.7
10	9.4	850	8.0
16	12.8	1300	0.5
18(*)	15.9	1650	1.5
20	16.1	1700	1.5

(*) Fondària on comença el sediment en suspensió.

analogies existents entre l'aigua emesa pel brollador i l'aigua que, per dessota, entra a l'Estany de Banyoles. Sembla clar, doncs, que hi ha un sistema hidrològic comú, compartit per l'estany i pel sistema d'estanyols que l'envolten.

Ens trobem, doncs, davant un sistema d'estanyols sotmesos a una dinàmica hidrogeològica que no solament produeix el seu remodelament sinó que a la llarga, i donada la clara relació entre ells i el sistema càrstic de Banyoles, pot acabar fusionant-los en un de sol.

Agraïments

Aquest treball s'ha portat a terme amb el suport econòmic de l'Ajuntament de Banyoles.

Referències

- ABELLA, C. 1980. Dinàmica poblacional comparada de bacterias fotosintéticas planctónicas. *Tesi Doctoral*. U.A.B.
- HUTCHINSON, G.E. 1957. A treatise on limnology. I. Geography, Physics and Chemistry of lakes. *J. Wiley & sons*. New York.
- JULIÀ, R. 1980. La conca lacustre de Banyoles-Besalú. *Monografies del Centre d'Estudis Comarcals de Banyoles*.
- MARGALEF, R. 1983. Limnologia. *Ed. Omega*. Barcelona.
- MAS, J. 1982. Sucesión de bacterias planctónicas en un ecosistema anaeróbico de baja diversidad. *Tesina de Llicenciatura*. U.A.B.
- SANZ, M. 1985. Estudi hidrogeològic de la conca Banyoles-Garrotxa. *Quaderns del Centre d'Estudis Comarcals de Banyoles 1980-1984*. vol. 2: 171-250.
- TURET, J. 1981. Colonització i dinàmica poblacional de bacteris fotosintètics en un estanyol de nova formació a la zona càrstica de Banyoles. *Tesina de Llicenciatura*. U.A.B.