

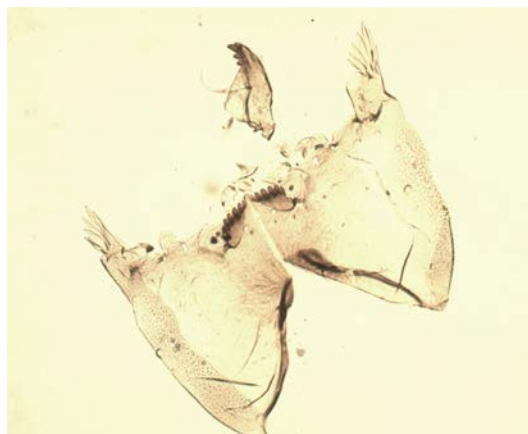
Comunitat actual i subfòssil recent dels quironòmids a llacs càrstics de la Península Ibèrica

Treball experimental i d'anàlisi de dades
Màster Oficial en Ecologia, Gestió i Restauració del Medi Natural
Especialitat en Ecologia Fonamental
Curs 2012/2013

CARACTERITZACIÓ DE LA COMUNITAT ACTUAL I REPRESENTATIVITAT EN EL SUBFÒSSIL RECENT DELS QUIRONÒMIDS (INSECTA: DIPTERA) A LLACS CÀRSTICS DE LA PENÍNSULA IBÉRICA

Laura Madrid Baró
Departament d'Ecologia, Universitat de Barcelona
Directora: Maria Rieradevall Sant

Barcelona, 9 de setembre 2013



UNIVERSITAT DE BARCELONA



ABSTRACT

The aim of this study is to characterize the aquatic macroinvertebrate community, with special emphasis on the family Chironomidae, of karstic lakes situated to the northeast of the Iberian Peninsula. These lakes are Lake Banyoles, Lake Montcortès, Lake Estanya and the four permanent small lakes in La Cañada del Hoyo Torcas area, that are La Llana, La Parra, El Tejo and La Cruz.

We identified 41 macroinvertebrate taxa, 40 of them in the littoral zone. The most abundant and frequent groups are Ephemeroptera, Odonata, Hemiptera and specially, Diptera. Only one taxon was found exclusively in the deep zone of the lakes. This is Chaoborus flavicans and it's indicator of anoxia conditions and permanent meromixi throughout the year. The Non-Metric Multidimensional Scaling shows a priori significant differences among localities although the substrate explains over 50 per cent of the observed variability between systems.

A total of 34 Chironomidae taxa were identified. We found 29 gener in the littoral zone and 16 gener in the deep area. This group represents the 10 to 90 per cent of the macroinvertebrate community. The representative taxa are Procladius, Ablabesmyia, Cricotopus, Corynoneura, Dricrotendipes, Glyptotendipes, Chironomus, Stictochironomus, Paratanytarsus, Stempellina and Tanytarsus. In the deep zone, these taxa indicate the low concentration of dissolved oxygen and tropic state of lake.

Subfossil assemblages of Chironomidae appeared as representative of the living assemblages, showing that the lake sediment preserves both taxa of the littoral and the deep zone. So the fossil record is suitable for paleoenvironmental reconstruction.

ÍNDIX

1. INTRODUCCIÓ	
1.1. Paleoecologia, Canvi Global i representativitat en el subfòssil recent..	1
1.2. Els llacs càrstics.....	2
1.3. Els quironòmids.....	4
Biologia i ecologia.....	4
Indicadors de canvi ambiental.....	6
2. OBJECTIUS.....	7
3. ÀREES D'ESTUDI.....	8
3.1. Llac de Banyoles, Catalunya.....	8
Geografia, Geologia i Geomorfologia.....	8
Clima, Hidrogeologia i hidrologia.....	9
Flora i fauna.....	9
Limnologia de l'estany.....	10
3.2. Llac de Montcortès, Catalunya.....	11
Geografia, Geologia i Geomorfologia.....	11
Clima, Hidrogeologia i hidrologia.....	11
Flora i fauna.....	11
Limnologia de l'estany.....	12
3.3. Estany d'Estanya, Aragó.....	12
Geografia, Geologia i Geomorfologia.....	12
Clima, Hidrogeologia i hidrologia.....	12
Flora i fauna.....	13
Limnologia de l'estany.....	13
3.4. Llacunes de la Cañada del Hoyo, Cuenca.....	13
Geografia, Geologia i Geomorfologia.....	13
Clima, Hidrologia i Hidrogeologia.....	14
Flora i fauna de la regió.....	14
Morfologia i limnologia de les llacunes.....	14
4. MATERIALS I MÈTODES.....	16
4.1. Obtenció de les mostres.....	16
Mostres de litoral.....	16
Mostres de la zona profunda.....	16

1. INTRODUCCIÓ

1.1 Paleoecologia, Canvi Global i representativitat en el subfòssil recent

La paleoecologia o ecologia del passat és la ciència que estudia la distribució i abundància dels individus, poblacions i comunitats d'organismes que varen viure en el passat (en diferents escales temporals), així com les seves interaccions i resposta dinàmica a ambients canviants (Delcourt & Delcourt, 1991).

La paleoecologia recull els canvis produïts en intervals de temps relativament llargs i se n'encarrega, entre d'altres aspectes, de la reconstrucció de les condicions ambientals passades i dels paleoambients. Alhora permet entendre la dinàmica, estructura i funció dels ecosistemes moderns. El període geològic més estudiat és el quaternari que compren els últims 2.8 milions d'anys, període únic per les seves oscil·lacions climàtiques (glacials i interglacials) i perquè l'home hi ha evolucionat.

Un dels principals reptes actuals de la comunitat científica és l'estudi del Canvi Global (IPPC, 2007; Hannah, 2010). Una de les línies de treball més recents és combinar les dades paleoecològiques amb les procedents de sèries instrumentals i d'altres mesures ecològiques utilitzades en l'estudi de les condicions actuals dels ecosistemes (Peng et al., 2011). Aquest nou enfocament és necessari ja que per una banda, la paleoecologia és imprescindible per mesurar els canvis i la variabilitat de les comunitats biològiques al llarg del temps. Però, d'altra banda, la interpretació d'aquests canvis i la reconstrucció de les condicions ambientals mitjançant el registre fòssil s'ha de fer amb un bon coneixement de l'ecologia actual dels ecosistemes, així com de l'autoecologia de les espècies que són bons indicadors paleoecològics.

La paleoecologia combina diverses tècniques (sedimentològiques, palinologia, indicadors biològics ...) per a fer possible les reconstruccions paleoambientals, entendre el clima i conèixer les respostes dels organismes davant de canvis ambientals. Per això, utilitza diferents tipus d'arxius i registres, com els sediments lacustres.

Els sediments dels llacs emmagatzemen nombrosos registres que mostren una visió integrada del funcionament i evolució del llac, preserven gran nombre de restes fòssils d'organismes sensibles als canvis ambientals locals i/o regionals. Un dels indicadors o proxys biològics més usats en paleolimnologia són els quironòmids, que és el principal objecte d'estudi d'aquest treball.

L'estudi d'aquests insectes aquàtics necessita del coneixement de la seva ecologia per aconseguir una correcta interpretació dels canvis haguts en el passat, reduir la possible distorsió del registre fòssil en els processos de transport, diagènesi i redeposició, i obtenir projeccions futures.

Aquest origen explica fàcilment les fluctuacions de nivell dels estanys, oscil·lacions estretament lligades amb les condicions climàtiques del moment i/o l'activitat humana (Rieradevall, 1995).

L'aigua dels sistemes càrstics té un elevat contingut de carbonats i sulfats dissolts que li atorguen un color blau característic. L'acció fotosintètica de les algues en fa precipitar (Dasí i Miracle, 1991) formant travertí.

En els estanys càrstics, per la seva morfologia de cubetes fondes i estretes, és freqüent que es donin condicions de meromixi. Això, juntament amb l'elevat contingut de sulfats de l'aigua (es donen processos de sulfato-reducció a causa de la baixa disponibilitat d'oxigen) propicia que les condicions d'anòxia al fons siguin habituals i recurrents. La toxicitat del H₂S, producte d'aquests processos de sulfato-reducció, afecta substancialment als organismes, els quals s'hi han d'adaptar. També és important tenir en compte la resuspensió de material (Prat et al., 1992). En el cas de les comunitats fitoplanctòniques, implica una important segregació vertical d'aquestes (Dasí i Miracle, 1991). La qüestió de l'oxigen és un aspecte molt important en tots els estanys càrstics i, és el que els fa més vulnerables a qualsevol acció humana que comporti una disminució de l'oxigen dissolt en l'aigua, com la contaminació per excés de matèria orgànica molt sovint en forma d'adobs i fertilitzants (Rieradevall, 1995).

La fauna bentònica del litoral és la més desconeguda d'aquests sistemes aquàtics i, les dades de què es disposen són incompletes i fragmentàries (Confederación Hidrogràfica del Ebro, 2011). En canvi de la fauna bentònica sublitoral i profunda se'n té més informació (Prat i Rieradevall, 1995).

La zona bentònica d'aquests ecosistemes lacustres es diferencia en tres zones:

- La **zona litoral** compren els 3-5 primers metres de profunditat. El substrat acostuma a tenir una textura més grollera però també s'hi pot trobar sediments fins, detritus i molta matèria orgànica. En aquesta zona predominen les macròfites aquàtiques (*Miryophylum*, *Sparganium*, ...) amb gran presència de vegetació helofítica (*Phragmites spp.*, *Thypha spp.*)
- La **zona sublitoral** té una amplada variable en funció del nivell de l'aigua del llac (10 metres aprox.). La presència de vegetació en aquesta zona està associada a aquestes fluctuacions. En els llacs càrstics és una zona o bé inexistent o bé molt erosionada i amb molt pendent.
- La **zona profunda** compren tot el fons del llac. El substrat és bàsicament sediments fins, i no hi ha vegetació (a excepció de les cubetes someres).

de larva aquàtica, sobre tot en el quart estadi (Armitage et al., 1995). El primer estadi acostuma a ser planctònic mentre que la resta són bentònics en sistemes lenítics. La duració dels diferents estadis depèn de la temperatura de l'aigua (Vallenduuk & Moller-Pilot, 2007). La fase de pupa, en què es produeix la metamorfosis, és curta i sovint planctònica. Per permetre que l'adult emergeixi, les pupes emigren cap a la superfície (Armitage et al., 1995).

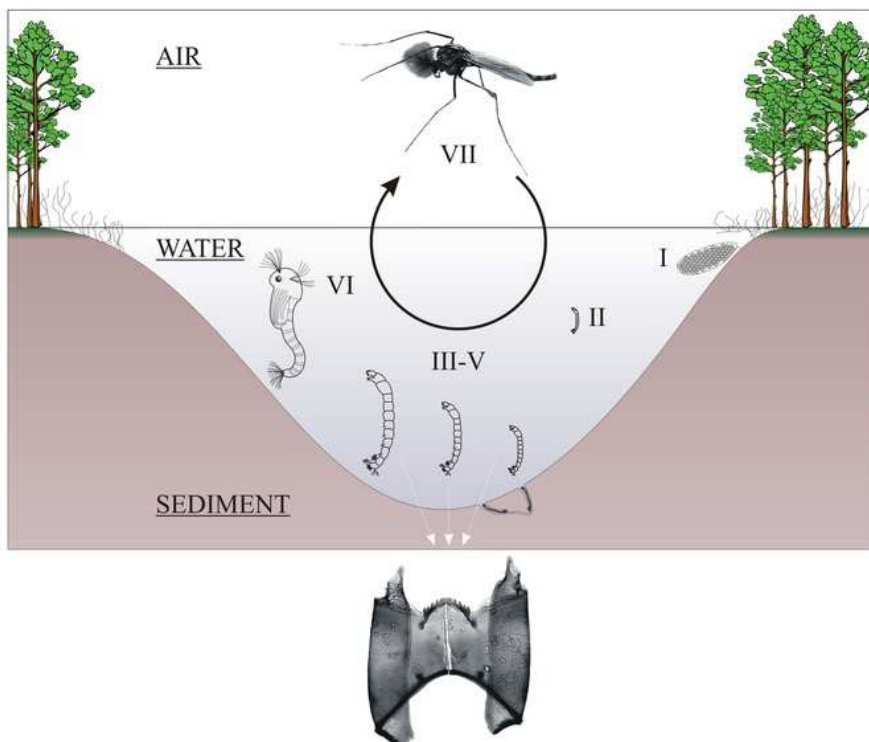


Figura 1. Esquema d'un cicle de vida típic d'una espècie aquàtica lacustre de *Chironomidae*, on s'observen les 4 fases de desenvolupament i el destí de les restes de les càpsules cefàliques de les mudes que queden en els sediments lacustres (Font: Larocque, I., 2011).

La duració del cicle vital dels quironòmids varia en funció de les espècies i de les condicions ambientals, sobre tot de la temperatura. Moltes de les espècies són multivoltines (completen varies generacions en un any, la gran majoria de les espècies tropicals), mentre que la resta són uni- o bivoltines (una o dues generacions cada any, la majoria de taxons temperats) (Vallenduuk & Moller-Pilot, 2007).

Els quironòmids són principalment omnívors oportunistes; s'alimenten d'algues, detritus, macròfites, restes de fusta i larves d'altres dípters (inclosos els quironòmids) o invertebrats aquàtics. Canvien la seva dieta en funció de l'edat, l'estació de l'any o el menjar disponible (Armitage et al., 1995).

2. OBJECTIUS

El principal objectiu d'aquest estudi és caracteritzar la comunitat actual de macroinvertebrats, fent especial esment dels dípters quironòmids, i comprovar-ne la seva representativitat en el material subfòssil recent, a 7 estanys càrstics de la Península Ibèrica: l'estany de Banyoles, el de Montcortès, el d'Estanya, i les llacunes de La Parra, La Llana, El Tejo i La Cruz.

Els objectius específics que es pretenen assolir són els següents:

- Caracteritzar la comunitat actual de macroinvertebrats, amb un èmfasi especial amb els Chironomidae, tant de la zona litoral com la profunda de 7 estanys càrstics de la Península Ibèrica.
- Analitzar les diferències entre estanys per tal de comprovar si mostren una composició faunística característica pel fet de ser tots càrstics.
- Analitzar la importància dels diferents hàbitats (canyissars, sediments litorals i profunds...) en la composició de la comunitat actual de Chironomidae.
- Analitzar la comunitat del subfòssil recent de Chironomidae dels estanys i comprovar si és representativa de la comunitat actual d'aquesta taxa.
- En cas que en el punt anterior s'observés que no existeix tal representativitat, aportar possibles explicacions al respecte dels processos que estan actuant en les diferències trobades.

de l'estany de Banyoles es troba representada per dues unitats morfològiques, el Pla d'Usall i la cubeta lacustre de Banyoles (Domingo, 2010).

Clima, hidrologia i hidrogeologia

El clima d'aquesta zona és típicament mediterrani però amb tendència a l'atlàntic. La precipitació anual oscil·la entre els 700 mm als 900 mm de mitjana. Els estius són calorosos, 24°C de mitjana, i els hiverns freds, 7°C en promig, de manera que l'amplitud tèrmica és de caràcter moderat (Rieradevall-García-Soler, dades no publicades).

L'estany de Banyoles es troba dins la conca hidrogràfica del riu Ter i és un sistema obert. La conca de recepció de l'estany és d'uns 11,4 Km² aportant menys d'un 10% del total de l'aigua de l'estany que hi arriba per precipitació directa i per escorrentia superficial a través de 7 rieres naturals d'entrada.

L'aigua de la pluja que s'infiltra a la zona de l'Alta Garrotxa alimenta l'aquífer circulant subterràniament vers el sud pels materials calcaris que són permeables. Aquesta aigua subterrània sorgeix a la superfície per pressió del sistema, ascendint a través d'esclètxes i fissures dels materials geològics fins a sortir a la superfície en forma de surgències, en concret per 13 (Moreno-Amich i García-Berthou, 1989) constituint el 92% del total de l'aigua que entra en el llac (Rieradevall, 1995); el cabal d'entrada d'aigua és de 600 litres/segon (ConSORCI de l'estany, 2013). El funcionament del sistema hidrogeològic del llac no només s'explica per l'origen càrstic del mateix, sinó també per un origen tectònic. La falla d'Albanyà que circula pel costat est de la conca lacustre delimita un canvi de materials geològics, de manera que la capa de calcàries per on circula l'aquífer no té continuïtat més enllà de Banyoles ja que es troba amb una capa de margues (materials impermeables) que provoquen un augment de pressió al sistema obligant a l'aigua a sortir per les surgències alimentant l'estany, els estanyols i les fonts (ConSORCI de l'Estany, 2013).

La pèrdua d'aigua és principalment per evaporació, a través de dos col·lectors subterranis, per extracció d'aigua de l'estany per consum humà o bé per cinc recs de sortida artificials intermitents que desemboquen al riu Terri (Rieradevall, 1995).

Flora i fauna

La vegetació de la comarca actualment està composta per pinedes de pi blanc (*Pinus halepensis*) i alzinars (*Quercus ilex*) litorals amb marfulls. En algunes zones apareix el bosc mixt d'alzines i roures (*Quercus humilis*). Al voltant de l'estany es recupera el bosc de ribera configurat principalment per vernedes i freixenedes.

3.2. Llac de Montcortès, Catalunya

Geografia, Geologia i Geomorfologia

Geogràficament l'estany de Montcortès està situat a 42°19'N, 0°59'E a 1027 metres d'altitud. Esta emplaçat en el terme municipal de Baix Pallars, a la comarca del Pallars Sobirà, dins del territori de l'antic terme de Montcortès de Pallars. Juntament amb els estanys de Basturs i el de Banyoles, són els únics llacs naturals d'origen no glacial amb aigües permanents de tot Catalunya. Té una extensió de 46 hectàrees. L'estany està inclòs dins el Pla d'Espais d'Interès Natural (PEIN).

A nivell geomorfològic, aquest llac es troba al límit nord de la Unitat Tectònica Central del Sud dels Pirineus. Geològicament és una zona dominada per roques carbonatades del Mesozoic i Terciari i per una sèrie de làmines desplaçades que afecten a les formacions dels Paleozoic. La conca del llac està composta per materials del Triàsic tals com els carbonats (fàcies Muschelkalk), lutites i evaporites (Rosell, 1994). La presència de les calcàries i dolomies del Muschelkalk, els conglomerats carbonatats de l'Oligocè i els materials rics en guixos del Triàsic han propiciat la formació d'aquest sistema càrstic (Corella et al., 2011).

Clima, Hidrogeologia i hidrologia

La regió té un clima Mediterrani Continental Alpí. La precipitació i temperatura mitjana anual és de 860 mm i 10.6°C, respectivament.

L'estany de Montcortès es troba a la conca hidrogràfica del riu Flamisell. És un estany circular, de 525 metres de longitud, 450 metres d'amplada i 1320 metres de perímetre. La profunditat màxima és de 30 metres. Només té una cubeta i els talussos són molt inclinats. No hi ha cap entrada permanent però sí alguns efímers rierols que drenen l'àrea sud de la conca proporcionant aigua i sediments clàstics a l'estany. Al nord de la cubeta hi ha un petit emissari que només està actiu en períodes humits regulant el nivell de l'estany (Corella et al., 2011), (**Figura 2, Annex III**).

La hidrologia d'aquest sistema és governada principalment per l'entrada d'aigua subterrània provinent de l'aqüífer a nivell de les capes de guixos que queden per sobre la fondària màxima (Corella et al., 2011). Les sortides són principalment per evaporació i eventualment pel petit emissari anteriorment comentat. Les característiques fisicoquímiques de l'aigua s'exposen a la **Taula 2**.

Flora i fauna

La vegetació regional és submediterrània i esta dominada per comunitats de *Buxo-Quercetum pubescentis* (rouredes submediterrànies). Les formacions forestals reflecteixen la transició entre ecosistemes de la plana europea i els típicament mediterranis (dominis de *Quercus* i *Pinus*). Actualment, les vores del llac estan

marges escarpats, de 12 i 20 metres de profunditat màxima, separades per un llindar de substrat que estaria 2-3 metres per sota del nivell de l'aigua (**Figura 3, Annex III**).

No existeix cap entrada ni sortida natural, si artificial, tot i que es formen petits emissaris efímers de drenatge de la conca (López-Vicente et al., 2009). L'entrada principal d'aigua és via subterrània a partir de la dissolució de la capes de calcàries i dolomies circumdants de l'aquífer. La sortida principal és per evaporació, al voltant del 300 mm·any⁻¹ (Morellón et al., 2011).

Flora

La comunitat mediterrània està constituïda per formacions d'esclerofil·les dominades per *Quercus ilex*; mentre que la comunitat submediterrània està dominada per roures resistent a la sequera (Peinado Lorca i Rivas-Martínez, 1987).

Limnologia de l'estany

Les aigües de l'estany són **oligotròfiques i salobres**, dominades per sulfat i calci (**Taula 2**). L'alta conductivitat elèctrica de l'epilímnion suggereix un temps elevat de residència de l'aigua i una forta influència de l'evaporació en el sistema (Villa i Gracia, 2004). Les cubetes de l'estany són monomíctiques; presenten estratificació tèrmica durant tot l'estiu i condicions d'anòxia hipolimnètica Març a Setembre (Morellón et al., 2009).

3.4. Llacunes de la Cañada del Hoyo, Castilla-La Mancha

Els treballs realitzats en aquestes llacunes (Dasí i Miracle, 1991; López-Blanco et al., 2012) posen de manifest les seves peculiaritats i el seu gran valor biològic i limnològic. Especialment interessant és la comunitat de zooplàncton (espècies endèmiques), els fenòmens d'estratificació microbiana, la distribució espacial del fitoplàncton i la precipitació de carbonats particularment rellevant durant l'estiu (D.O.C.M, 2007).

Geografia, Geologia i Geomorfologia

Denominades les "Torcas de la Cañada del Hoyo" es localitzen en el paratge càrstic denominat Los Oteros, en la zona centro-oriental de la província de Conca a una altitud de 960 – 1000 metres d'altitud. En total hi ha 10 dolines però 4 d'elles són d'aigües temporals (Cirujano, 1995). Actualment el complex lacunar està constituït per 7 dolines de perímetre circular, d'aigües permanents i profunditats compreses entre els 4.3 i 28 metres: la llacuna del Tejo, La Parra, La Cruz, de Las Tortugas, de La Cardenilla i el Lagunillo del Tejo (López-Blanco et al., 2012; Cirujano 1995).

Aquesta agrupació de torques estan emplaçades en un sector d'evolució càrstica molt complexa i lligada al conjunt de poljes de Los Oteros-Cañada del Hoyo al

pobres en sediments no permeten el desenvolupament de macròfites aquàtiques. És oligotròfica i meromíctica.

La Parra

Aquesta llacuna té un diàmetre de 105 metres i una profunditat màxima de 17 metres. És oligotròfica i monomíctica. Presenta estratificació tèrmica estacional (Figura 5, Annex III).

La Llana

De les 4 llacunes aquesta és la més somera, amb només 6.6 metres de profunditat i 120 metres de diàmetre. Hi ha un bon desenvolupament de la comunitat de macròfites helòfites i caràcies.

Taula 2. Síntesis dels paràmetres fisicoquímics dels estanys i llacunes càrstiques. ↑: dada qualitativa. (*): no hi ha dades. SD= Disc de Secchi (Font: elaboració pròpia a partir de dades bibliogràfiques).

Estany	Conductivitat $\mu\text{S} \cdot \text{cm}^{-1}$	pH	SD m	Alcalinitat meq/l	SO_4^{2-} $\text{mg} \cdot \text{l}^{-1}$	Ca^{2+} $\text{mg} \cdot \text{l}^{-1}$	Mg^{2+} $\text{mg} \cdot \text{l}^{-1}$	Na^+ $\text{mg} \cdot \text{l}^{-1}$	K^+ $\text{mg} \cdot \text{l}^{-1}$
Banyoles	1200 - 1400	6.8- 8.3	6	2,25-5,6	300- 1170	212-250 mmols/l	212-250 mmols/l	2 ppm	2 ppm
Montcortès	278 - 1420	7-8.5	4 -10	2.5 3.5	↑	↑↑↑	↑↑↑	↑	↑
Estanya	630 -3200	6.9	5.40	108.5	1851.8	533.5	164	200	20.8
La Cruz	541	8.6	*	5.28	30.7	20.8	56.4	2.5	1.0
La Llana	474	8.5	*	4.7	23.6	36.4	43.3	1.5	0.5
La Parra	489	8.2	*	4.86	25.3	34.4	41.3	2.0	1.5
El Tejo	561	9.4	*	5.95	43.4	8.0	80.7	3.5	0.5

4.2. Tractament de les mostres al laboratori

Macroinvertebrats

La mostra, tant de la zona litoral com la profunda, primer es neteja per eliminar el fixador amb aigua destil·lada. Es tamisa amb una xarxa de 250 µm per eliminar qualsevol resta de sediment i/o resta orgànica i, alhora s'eliminen les restes de fixador. El material es diposita en una safata blanca i/o placa de petri amb una mica d'aigua i se separen els organismes. Els més grans s'agafen directament amb les pinces i, els més petits se separen sota la lupa binocular a 40 augments (Olympus SZX7). Les mostres amb molts individus es fraccionen en submostres però, s'han de separar i identificar un mínim de 300 individus. Una vegada separats, s'ha de revisar la resta de la mostra per comprovar que no apareixen noves famílies de macroinvertebrats. En aquest cas, es compten tots els individus novament trobats. Els organismes es guarden en vials amb etanol al 70% després de ser identificats. El nivell taxonòmic d'identificació és el de família en la majoria dels casos, excepte pels oligoquets, hirudinis, nematodes i hidràcars, en què la resolució és menor.

Protocol de laboratori per a larves de la família Chironomidae

Per tal d'observar els caràcters morfològics requerits per a una correcta identificació dels individus pertanyents a la família Chironomidae és necessari fer preparacions dels individus per tal de poder observar-los al microscopi. El protocol de laboratori per a la preparació microscòpica de larves de Chironomidae seguit és l'estàndard i consisteix en els següents passos (Hofmann, 1986):

- a) Separació de les larves a nivell de subfamília, gènere o morfotip a la lupa binocular. Anotar les característiques morfològiques necessàries de cada grup.
- b) Tractament de les larves de quironòmid amb hidròxid de potassi (KOH) al 10%, a una temperatura de 85°C, durant 20 minuts aproximadament en funció de la mida de les larves. Aquest pas és indispensable per tal d'eliminar els teixits tous i la massa muscular de les larves que poden dificultar l'observació dels caràcters morfològics emprats en la identificació.
- c) Deshidratació de les larves. Les larves es deixen 3 minuts amb etanol al 70% i, després 3 minuts més amb etanol al 96%. Quan els individus ja estan deshidratats ja es poden preparar per a l'observació microscòpica.
- d) Preparació microscòpica. Per facilitar l'observació de caràcters morfològics emprats en la identificació taxonòmica (tipologia de la mandíbula, ...), és necessari separar les càpsules cefàliques de la resta del cos de la larva:

El protocol de laboratori seguit per a l'eliminació de les restes orgàniques és l'estàndard (Hofmann, 1986). Degut a què les mostres pertanyen a sistemes càrstics, l'elevada presència de carbonats pot dificultar la recol·lecció de càpsules cefàliques. Per això cal un tractament previ de les mostres amb àcid clorhídric per eliminar el carbonat càlcic (CaCO_3) present en elles. El protocol de laboratori emprat és el següent:

1. Pesar el sediment fresc que s'usarà. S'ha processat des de 0.998 a 10.011 g de sediment fresc/mostra en funció de la riquesa en material subfòsil.
2. Tractament amb àcid clorhídric (HCL):
 - Diluir la mostra en aigua destil·lada. Agitar a 300 rpm i afegir 1 ml d'àcid clorhídric i esperar a la reacció, i.e., formació d'escuma.
 - En cas de no desaparèixer tota l'escuma, es repeteix el pas anterior fins que no se'n formi més.
 - La mostra es renta amb aigua destil·lada i es passa per un tamís de 90 μm per tal d'eliminar les restes d'àcid clorhídric i sediment fi.
 - La fracció de mostra > 90 μm es reserva per ser tractada amb hidròxid de potassi.
3. Tractament amb hidròxid de potassi (KOH):
 - Defloculació de la mostra en solució d'hidròxid de potassi (KOH) al 10% per tal d'eliminar les restes orgàniques (àcids húmics, ...). La solució s'escalfa a 70°C i s'agita a 300 rpm durant 20 – 25 minuts.
 - Transcorregut aquest temps, es deixa refredar la mostra, es renta amb aigua destil·lada i es passa pel tamís de 90 μm per tal d'eliminar les restes de KOH.
 - La fracció de mostra > 90 μm es reserva en un petit recipient.
4. Recol·lecció de les càpsules cefàliques. El contingut de mostra tractada es diposita en forma de petites alíquotes i mitjançant micropipeta en la safata de comptatge Bolgorov. S'examina la mostra sota un microscopi estereoscopi (Olympus SZX7) a un augment de 40x. Les càpsules cefàliques es recullen manualment mitjançant pinces de dissecció, es compten i es deshidraten amb etanol al 96%.
5. Muntatge de les càpsules cefàliques (rutina de la col·lecció de M. Rieradevall). Aquestes són transferides a un portaobjectes en el qual es diposita una petita gota del medi de muntatge apropiat, en aquest Euparal®. Per cada gota hi ha 4 càpsules cefàliques disposades ventralment; que es cobreixen amb un cobreobjectes rodó de 6 mm de

5. RESULTATS

5.1 Els macroinvertebrats

En total, en aquest estudi, s'ha separat i identificat 8198 individus macroinvertebrats. La fauna de macroinvertebrats dels llacs càrstics estudiats la conformen 41 taxons de macroinvertebrats aquàtics, 40 taxons a la zona bentònica del litoral i 9 en la zona bentònica del fons (**Taules 5 i 6**). La riquesa de taxons per mostra a la zona litoral és de 16 de mitjana, 24 com a màxim (La Llana) i 8 com a mínim (El Tejo); mentre que en la zona profunda la mitjana és de 3 taxes, però en algun estany o llacuna, com Montcortès o La Cruz, no s'hi ha trobat organismes (**Taules 3 i 4**). La família Chaoboridae (Insecta: Diptera) és l'única família que apareix exclusivament en la zona profunda i està inversament relacionada amb la diversitat de taxons (**Taula 6**).

En la zona litoral s'han identificat 2 taxons d'anèl·lids, 3 de mol·luscs, nematodes, hidràcars, 1 de crustacis, 1 de briozou, i dins de la classe Insecta, 3 d'efemeròpters, 4 d'odonats, 3 d'hemípters, 1 de megalòpter, 1 de lepidòpter, 5 de tricòpters, 4 de coleòpters i 11 de dípters. En la zona profunda s'han identificat majoritàriament oligoquets, nematodes i 3 taxes de dípters. Només en una cubeta de l'estany de Banyoles a la zona profunda s'hi ha trobat la mateixa espècie de crustaci que a la zona litoral, mentre que a La Parra, s'han capturat 2 taxes d'efemeròpters i 1 d'odonat (**Taules 1 i 3, Annex I**).

La família Chironomidae en la zona litoral representa del 10% al 90% del total de la comunitat de macroinvertebrats aquàtics. Sembla ser que l'abundància de quironòmids està inversament relacionada amb la diversitat de taxons.

Taula 3. Riquesa de taxons (S), número d'individus per mostra (N), Índex de Shannon-Wiener (H') i Índex de Dominància Simpson dels Macroinvertebrats de la zona bentònica del litoral.

ESTANY	S	N	(H')	D
Banyoles	23	541,25	2,54	0,25
Montcortès	15	127,75	1,54	0,51
Estanya	12	232,25	0,76	0,81
La Cruz	12	350	2,55	0,23
La Llana	24	334	3,42	0,13
La Parra	19	706	2,11	0,32
El Tejo	8	124,25	1,45	0,50

Taula 4. Riquesa de taxons (S), número d'individus per mostra (N), Índex de Shannon-Wiener (H') i Índex de Dominància Simpson dels Macroinvertebrats de la zona bentònica de la zona profunda.

ESTANY	S	N	(H')	D
Banyoles_C1	6	15895	0,73	0,77
Banyoles_C3	1	3565	0	1
Montcortès	0	0	0	0
Estanya	2	25,64	1	0,5
La Parra	7	6012,82	0,87	0,70
El Tejo	2	141,03	0,68	0,70

5.2 La fauna de quironòmids

Pel que fa a l'estudi de detall de la biodiversitat de quironòmids (Diptera: Chironomidae) en els llacs càrstics de la Península Ibèrica, l'anàlisi de 3040 individus han donat com a resultat un total de 34 gèneres, 29 a la zona bentònica del litoral i 9 en la zona profunda (**Taula 7 i 8**). La riquesa de taxons en la zona litoral és de 12 taxons de mitjana, 18 com a màxim (La Parra) i 8 com a mínim (La Llana); mentre que en la zona profunda, en la majoria de les localitats no s'ha trobat cap tàxon a excepció d'una de les cubetes de l'estany de Banyoles en què el nombre de taxes identificats és relativament elevat (**Taula 9**). Ressaltar que en la llacuna de La Llana, mentre la diversitat de taxes de macroinvertebrats aquàtics és la més elevada de tots aquestes sistemes, té la riquesa de Chironomidae més baixa respecte la resta de localitats. D'altra banda, la diversitat de gèneres d'aquesta família de dípters és molt similar entre tots els llacs presentant els valors més elevats a les llacunes de la zona de la Cañada del Hoyo.

Dels 29 gèneres identificats a la zona litoral, 6 pertanyen a la subfamília Tanypodinae, 1 a la Diamesidae, 7 a l'Orthocladinae i 15 a la Chironominae, dels quals, 11 pertanyen a la tribu Chironomini i 4 a la Tanytarsinii (**Taula 2, Annex I**). De tots aquests gèneres, 18 només s'han trobat al litoral; la resta s'han trobat també a la zona del fons; són els gèneres *Ablabesmyia*, *Procladius*, *Corynoneura*, *Cricotopus*, *Psectrocladius* i *Tanytarsus*. Juntament amb els gèneres anteriors, *Dricotendipes*, *Glyptotendipes* i *Paratanytarsus* són els taxons més abundants i freqüents del bentos del litoral. Dels 16 gèneres identificats a la zona profunda, 3 pertanyen a la subfamília Tanypodinae, 2 a l'Orthocladinae i 11 a la Chironominae, dels quals, 8 pertanyen a la tribu Chironomini i 3 a la Tanytarsinii. A l'estany de Banyoles és on se n'han trobat la majoria de gèneres (15) 5 dels quals (*Tanypus*, *Cladopelma*, *Cryptochironomus*, *Harnischia* i *Microchironomus*) només apareixen en aquesta zona.

Taula 7. Riquesa d'espècies (S), número d'individus per mostra (N), Índex de Shannon-Wiener (H') i Índex de Dominància Simpson dels Chironomidae de la zona bentònica del litoral.

ESTANY	S	N	H'	D
Banyoles	10	153,22	1,86	0,42
Montcortès	12	86,25	2,07	0,39
Estanya	10	207,25	1,47	0,55
La Cruz	14	142,00	2,88	0,18
La Llana	8	25,50	2,43	0,30
La Parra	18	212,50	2,66	0,26
El Tejo	12	83,88	2,65	0,22

Taula 9. Llistat dels gèneres de Chironomidae del bentos de la zona de fondària en nombre d'individus per m².

Tàxon	Ban_C1	Ban_C3	Montcortès	Estanya	La Parra	El Tejo
<i>Ablabesmyia</i>	0,6					
<i>Procladius</i>	534			12,82	76,92	
<i>Tanypus</i>	0,6					
<i>Cricotopus</i>	1,8					
<i>Paracladius</i>					12,82	
<i>Chironomus</i>	34,4				128,21	12,82
<i>Cladopelma</i>	14				25,64	
<i>Cryptochironomus</i>	1,2					
<i>Harnischia</i>	0,6					
<i>Microchironomus</i>	28					
<i>Microtendipes</i>	0,6					
<i>Paratendipes</i>	0,6					
<i>Stictochironomus</i>	11				525,64	12,82
<i>Cladotanytarsus</i>	0,6					
<i>Stempellina</i>	0,6					
<i>Tanytarsus</i>	9					

5.3. El registre subfòssil dels dípters

En el registre fòssil s'han identificat un total de 41 gèneres de la família Chironomidae. A més a més també s'han identificat dues altres famílies de dípters, Ceratopogonidae i Chaoboridae (**Taula 5, Annex I**). Dels 41 gèneres identificats a la zona litoral, 8 pertanyen a la subfamília Tanypodinae, 1 a la Diamesinae, 9 a la Orthocladinae i 23 a la Chironominae, dels quals, 18 pertanyen a la tribu Chironomini i 5 a la Tanytarsinii (**Taula 5, Annex I**). En funció de la freqüència d'aparició dels taxons de la comunitat actual en el registre fòssil, els diferents gèneres identificats, excloent els gèneres poc freqüents i abundants (presentes en una o dues mostres) s'agrupen segons el següent criteri:

- Taxons de la fauna actual amb bona representació (com a molt, absents en una sola mostra). Inclou els gèneres *Procladius*, *Chironomus*, *Glyptotendipes*, *Dicrotendipes*, *Microtendipes*, *Phaenospectra*, *Stempellina* i *Tanytarsus*.
- Taxons de la fauna actual amb representació parcial en el registre fòssil (Absents en 2 o 3 mostres). Inclou els gèneres *Cricotopus*, *Corynoneura*, *Psectrocladius* i *Paratanytarsus*
- Taxons més presents en el registre fòssil que no pas en la fauna actual. Són únicament els gèneres. *Stictochironomus* i *Microspectra*.

formacions més o menys denses de *Chara spp.* (Cirujano, 1995). En el cas d'Estanya, la connexió entre la massa d'aigua i el cinyell de vegetació sembla estar interrompuda més temps de l'habitual. Aquesta circumstància de causes per ara desconegudes sembla impedir el desenvolupament òptim de la comunitat de macroinvertebrats ja que les abundàncies observades són relativament baixes. Un descens en el nivell de l'aigua que alhora suposa unes concentracions de sals majors, podria tenir importants impactes sobre la composició i abundància dels Chironomidae tal i com mostra el registre subfòssil (Morellón et al., 2011).

La riquesa de macroinvertebrats aquàtics en la zona profunda està directament relacionada amb la concentració d'oxigen dissolt en l'aigua al llarg de l'any. En algunes localitats, la comunitat de macroinvertebrats està composta exclusivament per caobòrids, en concret per l'espècie *Chaoborus flavicans* ja que aquests dípters poden migrar al llarg de la columna d'aigua i alhora emmagatzema petites quantitats d'oxigen en vesícules hidrostàtiques. La part fonda de la cubeta C-I de l'estany de Banyoles només està en condicions d'anòxia 1 mes en tot l'any el que permet l'establiment de macroinvertebrats però amb adaptacions per sobreviure durant aquest període de temps (Real et al., 2000). En canvi, en la cubeta C-III del mateix estany, la part fonda està permanentment en condicions de meromixi i presenta un alt contingut de sulfats que en aquestes condicions reductores formen àcid sulfhídric, altament tòxic, impedit totalment la presència de macroinvertebrats; només aquells que poden migrar com els caobòrids s'hi troben (Rieradevall i Prat, 1991).

Biodiversitat de Chironomidae en els llacs càrstics

Els sistemes lacustres càrstics presenten una biodiversitat de Chironomidae elevada tenint en compte que apareixen gran part dels 60 gèneres identificats en l'àrea mediterrània de la Península Ibèrica (Puntí et al., 2009).

La riquesa i abundància dels membres de la família Chironomidae està inversament relacionada amb la diversitat de macroinvertebrats aquàtics.

El tipus de substrat en la zona litoral determina la composició de la comunitat dels Chironomidae. Aquests sistemes lacustres són generalment molt pobres en nutrients però reben importants aportos de material al·lòcton que són font principal d'aliment per a detritívors en la zona litoral (Corella et al., 2011); a la zona profunda són causa d'eutrofització de les capes profundes (Prat et al., 1992). Per això, en substrats de sediment fi i/o amb detritus hi predominen gèneres com *Procladius* o *Tanytarsus* (Taula .9), microcarnívor i detritívor, respectivament (Prat i Rieradevall, 1995). A l'estany d'Estanya són dels gèneres més freqüents donat que el substrat predominant és sediment fi i hi ha molt detritus. On hi predomina la vegetació, els

afavoreixen la preservació de restes biològiques. Alhora la deposició de carbonats i sediment dificulta aquesta preservació com a resultat de la degradació mecànica que pateixen les restes biològiques (Rieradevall et al., 1990). No obstant, s'observa com a la cubeta C-III de l'estany de Banyoles, tot i que és meromíctica, es preserven restes identificables de Chironomidae, en gran part típiques de taxons de la zona litoral (**Taula 9**). Al igual que en d'altres llacs no càrstics, el registre fòssil dels Chironomidae enregistra les condicions ambientals d'escenaris passats (Hardenbroek et al., 2011; Pérez-Sanz et al., 2013).

D'altra banda, tal i com mostren els treballs de Morellón et al., 2011 a Estanya i Rieradevall i García-Soler, dades no publicades, a Banyoles la composició de la comunitat actual dels Chironomidae és similar a la del seu registre subfòssil, el que mostra l'estabilitat de la comunitat en el temps i valida el seu ús en reconstruccions paleoambientals (Jackson & Erwin, 2006).

El registre subfòssil en aquests sistemes és bon indicador de la composició de la comunitat de Chironomidae alhora de l'estat tròfic (Luoto & Raunio, 2011;) i el nivell de l'aigua del llac (Morellón et al., 2011). Al registre subfòssil del sediment lacustre de Montcortès i Estanya s'ha trobat el gènere *Micropsectra* però no en la comunitat actual. L'absència d'aquest gènere ha enregistrat un canvi en les condicions ambientals de la zona o el resultat de l'impacte de l'activitat agrícola per part de l'home durant les últimes dècades tant a l'estany de Montcortès (Corella et al., 2011) com d'Estanya (Morellón et al., 2011).

En el registre subfòssil hi ha gèneres com *Corynoneura* o *Cricotopus*, de mida petita o molt associats a la vegetació litoral, respectivament, que són poc freqüents tot i que són molt abundants en la comunitat actual. Segons Heggen et al., 2012 és donen problemes de tafonomia en aquest i d'altres grups d'organismes i suggereix quin ha de ser el punt de mostreig que s'ha de considerar en aquestes circumstàncies. Heiri & Lotter (2010) proposen que hi ha un problema de resolució taxonòmica, en què per falta de d'estudis no s'arriben a identificar tots els tàxons realment recuperats del sediment.; i Velle et al, 2010, que és necessari treballar per obtenir accurats *training sets*. D'altra banda, el gènere *Stictochironomus* apareix sobrerrepresentat en el registre subfòssil. En aquest cas, podria ser resultat d'un biaix de la presa de mostres (hi ha més mostres de la comunitat actual amb vegetació que únicament amb sediment) o, també un problema de tafonomia o de preservació diferencial segons la fondària d'on es treu el sediment superficial tal i com mostra l'estudi de Cwynar et al., 2012.

8. AGRAÏMENTS

A Maria Rieradevall, directora d'aquest treball, qui des d'un principi m'ha ofert la seva ajuda incondicional, i a Narcís Prat, per la seva col·laboració, amb els quals he descobert gratament el petit però inacabable món dels quironòmids.

A tots els membres del Grup de Recerca F.E.M (*Freshwater Ecology and Management*) del Departament d'Ecologia de la Universitat de Barcelona. Destacar la col·laboració de Pau Fortuño i Raul Acosta en la identificació dels macroinvertebrats, a Pablo Rodríguez i Miguel Cañedo en l'estadística i, en especial a Núria Sánchez i Laura García en les tasques de laboratori en la preparació de les larves i càpsules cefàliques dels quironòmids i, Pol Tarrats per la seva col·laboració en la campanya de camp i d'altres tasques.

Al projecte finançat pel Plan Nacional de I+D GLOBALKARST (*Hydrological and geochemical response of karstic lakes to anthropogenic and climate forcing for the last 4000 years in the Iberian Peninsula based on annually laminated (varved) sequences* (CGL2009-08415)) gràcies al qual ha estat possible aquest treball.

I finalment, a totes aquelles terceres persones, família, amics i companys que han estat al meu costat de forma incondicional al llarg de tot aquest temps.

- Heiri, O. & Lotter, A.F., 2010. How does taxonomic resolution affect chironomid-based temperature reconstruction? *Journal of Paleolimnology*. 44:589–601
- Heiri, O. Birks, H.J.B., Brooks, S.J., Velle, G. & Willassen, E., 2003. Effects of within lake variability on fossil assemblages on quantitative chironomid-inferred temperature reconstruction. *Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology*, 199, pp95-106
- Heggen, M.P., Birks, H.H., Heiri, O., Grytnes, J.A. & Birks, H.J.B., 2011. Are fossil assemblages in a single sediment core from a small lake representative of total deposition of mite, chironomid, and plant macrofossil remains?. *Journal of Paleolimnology*. 48: 669-691
- Hofmann, W. (1986): Chironomid analysis. In: Berglund, B.E. (ed.), *Handbook of Holocene paleoecology and paleohydrology*, 715-727, Wiley & Sons; Chichester.
- IPPC. 2007. Climate Change 2007.- The Physical Science basis Working group 1. Contribution to the Fourth Assessment report of the Intergovernmental Panel on Climate Change. Cambridge University Press.
- Jackson, J.B.C., & Erwin, D.H., 2006. What can we learn about ecology and evolution from the fossil record?. *Trends in Ecology and Evolution*. Vol. 21. No6.
- Larocque, I. (2001): How many chironomid headcapsules are enough? A statistical approach to determine sample size for palaeoclimatic reconstructions. *Paleogeography, Paleoclimatology, Paleoecology*, 172: 133-142
- Larocque, I., Hall, R.I. i Grahn, E. (2001): Chironomids as indicators of climate change: a 100-lake training set from a subarctic region of northern Sweden (Lapland). *Journal of Paleolimnology*, 26: 307-322.
- López-Vicente M, Navas A, Machín J., 2009. Geomorphic mapping in endorheic catchments in the Spanish Pyrenees: an integrated GIS analysis of karstic features. *Geomorphology*.
- López-Blanco, C., Vicente, E. & Miracle, M.R., 2012. Cladocera sub-fossils and plant macrofossils as indicators of droughts in Lagunillo del Tejo (Spain) – implications for climatic studies. *Fundamental and Applied Limnology*, Vol. 180/3, 207 – 220.
- Luoto, T.P. & Raunio, J., 2011. A comparison of chironomid-based training sets developed from pupal exuviae and larval head capsules to infer lake trophic history. *Fundamental and Applied Limnology*. Vol. 179, 2: 93-102
- Morellón M, Valero-Garcés B.L, Anselmetti, F., Ariztegui, D., Schnellmann, M., Moreno, A., Mata, P., Rico M., Corella, J.P. 2009. Late Quaternary deposition and facies model for karstic Lake Estanya (NE Spain). *Sedimentology*.
- Morellón, M., Valero-Garcés, B., González-Sampériz, P., Vegas-Vilarrúbia, T., Rubio, E., Rieradevall, M., Delgado-Huertas, A., Mata, P., Romero, O., Engstrom, D.R., López-Vicente, M., Navas, A., & Soto, J., 2011. Climate changes and human activities recorded in the sediments of Lake Estanya (NE Spain) during the Medieval Warm Period and Little Ice Age. *Journal of Paleolimnology* Vol. 46, 426 – 452.
- Moreno-Amich, R. i Garcia-Berthou, E. (1989): A new bathymetric map based on echo-sounding and morphometrical characterization of the Lake Banyoles (NE-Spain). *Hydrobiologia*, 185: 83-90.
- Moreno, A., Valero-Garcés, B.L., Jiménez-Sánchez, M., Domínguez-Cuesta, M.J., Mata, M.P., Navas, A., González-Sampériz, P., Stoll, H., Farias, P., Morellón, M., Corella, J.P. i Rico, M., 2010. The last deglaciation in the Picos de Europa National Park (Cantabrian Mountains, northern Spain). *Journal of Quaternary Science*, Vol 25, Issue 7, p1076-1091
- Peinado Lorca M, Rivas-Martínez S (1987) *La vegetación de España*, 544 pp
- Peng, C.; Guiot, J.; Wu H.; Jiang H. & Lu Y. 2011. Integrating models with data in ecology and palaeoecology: advances towards a model–data fusion approach. *Ecology Letters* 14 (5): 522–536.

mass wasting deposit at Lake Ohrid (Macedonia/Albania). *Climate of Past*. Volume 8, Issue 6, Pages 2069-2078

- Valero-Garcés, B. I Moreno, A., 2011. Iberian lacustrine records: Response to past and recent global changes in the Mediterranean region. *Journal of Paleolimnology* 46 (3) , pp. 319-325
- Valero-Garcés B.; Moreno, A.; González-Sampériz P.; Morellón M.; Rico, M.; Corella, P.; Jiménez-Sánchez, M.; Domínguez-Cuesta, MJ.; Farias, P.; Stoll, H.; López-Merino, L.; López-Sáez, JA.; Leira, M.; Santos, L.; Mata P.; Rieradevall M.; Rubio E.; Navas A.; Delgado A.; Marco-Barba, J.; Sigró, J. 2010. Evolución climática y ambiental del parque nacional de Picos de Europa desde el último máximo glaciar. Ramírez, L. & Asensio, B. (eds.) *Proyectos de investigación en parques nacionales: 2006-2009*: 55-71. Organismo Autónomo de Parques Nacionales. Ministerio de Medio Ambiente y Medio Rural y Marino.
- Vallenduuk & Moller-Pilot, 2007. Chironomidae Larvae. General ecology and Tanypodinae. KNNV Publishing, Zeist, The Netherlands.
- Vallenduuk & Moller-Pilot, 2009. Chironomidae Larvae. Biology and ecology of the Chiromini. KNNV Publishing, Zeist, The Netherlands.
- Walker, I.R., 1987. Chironomidae (Diptera) in paleoecology. *Quaternary Science Reviews*, 6: 29-40.
- Velle, G., Brodersen, K.P., Birks, H.J.B. & Willassen, E., 2010. Midges as quantitative temperature indicator species: Lessons for palaeoecology. *The Holocene* 20: 989
- Villa I., Gracia M.L., 2004. Estudio hidrogeológico del sinclinal de Estopiñan (Huesca). Confederación Hidrográfica del Ebro, Zaragoza.

Comunitat actual i subfòssil recent dels quironòmids a llacs càrstics de la Península Ibèrica

Taula 1. Taxons dels macroinvertebrats aquàtics identificats en cadascuna de les mostres per a cada estany i llacuna càrstica de la zona litoral. El nombre de taxons total inclou als membres de filum Vertebrata; S: Riquesa de tàxons de macroinvertebrats; Nombre d'individus de macroinvertebrats per mostra. Per a cada punt de mostreig s'informa de la zona, localitat, mostra, data i fracció de la mostra revisada.

Grups Taxonòmics			Litoral BANYOLES				Litoral MONTCORTÈS				Litoral LAGUNA GRANDE DE ARRIBA, ESTANYA				Litoral LA CRUZ		Litoral LA LLANA		Litoral LA PARRA				Litoral EL TEJO	
			Lit 1 12/05/2011 100%	Lit 2 12/05/2011 1/2	Lit 3 12/05/2011 100%	Lit 4 12/05/2011 100%	Lit 1 18/04/2010 100%	Lit 2 18/04/2010 100%	Lit 3 18/04/2010 100%	Lit 4 18/04/2010 100%	Lit 1 VEG 17/06/2013 100%	Lit 2 VEG 17/06/2013 100%	Lit 3 VEG 17/06/2013 100%	Lit 4 SED 17/06/2013 100%	Lit 1 24/05/2010 100%	Lit 2 23/05/2010 100%	Lit 1 24/05/2010 100%	Lit 2 24/05/2010 100%	Lit 1 24/05/2010 100%	Lit 2 24/05/2010 100%	Lit 3 24/05/2010 100%	Lit 4 24/05/2010 100%	Lit 1 23/05/2010 100%	Lit 2 23/05/2010 100%
Filum	Ordre	Família																						
ANNELIDA		Oligochaeta	17	70	109	46	2		18	8					2	12	9	15	22	19	3	2		
		Hirudinea																10						
MOLLUSCA	Basommatophora	Lymnaeidae		4													6	3						1
		Physidae																						
		Planorbidae					4			2														
NEMATODA		Nematoda		6	2	2									1	16	1	2						1
	Chelicerata	Hydracarina	2	18		3	1								68	26	43	8	27	46	13		4,5	1
	Amphipoda	Gammaridae	7	22	12	2																		1
		Baetidae	8	276	211	297	2	4		5	5	1	6		5	7	162	6	888	167	90	63	13	7
	Ephemeroptera	Caenidae	6	36	19	26		1		2		18	3	2	16	37	4	9	55	30	108	6	2	3
		Leptophlebiidae	1																	3				
		Aeshnidae										1						2						3
	Odonata	Coenagrionidae	3	18	2	11		5			7	4	1	1	5	88	75	12	6	24	6	14		
		Lestidae											5				17	29	1					
		Platycnemididae	1															3						
		Corixidae		2				1			6	9	1	7	20	78			32	3	89		32	16
	Heteroptera	Naucoridae															4	1		5				
		Pleidae															3							
	Megaloptera	Sialidae	1														9	84	1	4	13	2		
	Lepidoptera	Crambidae																1						
		Ecnomidae	1							1					1	1						1		
		Hydroptilidae		13	13	3						1												
	Trichoptera	Limnephilidae	3	1	6					1					1									
		Psychomyiidae			2	1																		
		Dryopidae															1							
	Coleoptera	Dysticidae															21	2	6	3	11	1	0,5	
		Elmidae			1	4													1					
		Hydraenidae							1						1									
		Chironomidae	124	266	233	57	187	54	5	108	32	65	161	576	106	183	35	22	328	150	221	326	100,5	67
		Ceratopogonidae	11	40	54	37	1	1		6	6	2	1	1	10	16	50	3	7	1		3		1
		Chaoboridae																						
		Dixidae	1	16	11	1											1							
		Dolichopodidae		5		6								5										
	Diptera	Empididae	1																					
		Ephydriidae															1		2					
		Limoniidae	3	10		1																		
		Psychodidae										2												
		Stratiomyidae															9	1						
		Tipulidae								1														
BRYOZOA		Hydridae					2	88									3	1						
VERTEBRATA		Amphibia						10		40							3							
		Pisiciformes									19	1					3							
	Nº Taxa Total		16	16	13	15	7	8	3	10	6	10	7	6	12	10	20	19	13	13	10	11	3	7
	Nº Taxa Macroinvertebrats (S)		16	16	13	15	7	7	3	9	5	9	7	6	12	10	19	19	13	13	10	11	6	7
	Nº d'Individus Macroinvertebrats		190	803	675	497	199	154	24	134	56	103	178	592	236	464	454	214	1376	471	555	422	152,5	96

Taula 3. Taxons dels macroinvertebrats aquàtics identificats en cadascuna de les mostres per a cada estany i llacuna càrstica de la zona profunda. S: Riquesa de tàxons de macroinvertebrats; Nombre d'individus de macroinvertebrats per m². Per a cada punt de mostreig s'informa del tipus de draga, localitat, mostra, data i profunditat d'extracció de la mostra revisada.

Grups Taxonòmics					Ekman		MONTCORTÈS	Van Veen			Van Veen			Van Veen				
					BANYOLES			*	Laguna Grande de Arriba, ESTANYA			LA PARRA			EL TEJO			
Filum	SubFilum	Classe	Ordre	Familia	C1	C3	*		VV1	VV2	VV3	VV1	VV2	VV3	VV1	VV2	VV3	
ANNELIDA				Oligochaeta	1303						6769	3308	4808					
NEMATODA				Nematoda	13853								38					
ARTHROPODA	Crustacea	Malacostraca	Amphipoda	Gammaridae	61													
	Hexapoda	Insecta	Ephemeroptera	Baetidae							38							
				Caenidae							77							
			Odonata	Coenagrionidae								38						
			Diptera	Chironomidae		438			38		385	1769	154	77				
				Ceratopogonidae	1													
			Chaoboridae	239	3565			38		192	346	115	77	38		231		
Nºtaxon Macroinvertebrats (S)					6	1	0	2	0	0	6	3	4	2	1	1		
Nº d'individus Macroinvertebrats · m ²					15895	3565	0	77	0	0	7500	5423	5115	154	38	231		

Taula 4. Taxons dels Chironomidae (Díptera: Insecta) identificats en cadascuna de les mostres per a cada estany i llacuna càrstica. S: Riquesa de taxons de Chironomidae; Nombre d'individus de Chironomidae per m². Cada columna pertany al punt de mostreig de la **Taula 3**.

Chironomidae																		
SubFamilia	Tribu	Gènere																
Tanypodinae		<i>Ablabesmyia</i>	0,6															
		<i>Procladius</i>	534		38				77	154								
		<i>Tanypus</i>	0,6															
Orthocladinae		<i>Cricotopus</i>	1,8															
		<i>Paracladius</i>							38									
Chironominae	Chironomini	<i>Chironomus</i>	34,4						154	154	77	38						
		<i>Cladopelma</i>	14							77								
		<i>Cryptochironomus</i>	1,2															
		<i>Harnischia</i>	0,6															
		<i>Microchironomus</i>	28															
		<i>Microtendipes</i>	0,6															
		<i>Paratendipes</i>	0,6															
		<i>Stictochironomus</i>	11															
		<i>Cladotanytarsus</i>	0,6							115	1385	77	38					
		<i>Stempellina</i>	0,6															
Tanytarsini		<i>Tanytarsus</i>	9															
Individus · m ²			638	0	0	38	0	0	385	1769	154	77	0	0				
S taxa			15	0	0	1	0	0	4	4	2	2	0	0				

Taula 6. Representativitat en el registre del subfòssil de Chironomidae. Taxons dels Chironomidae (Díptera: Insecta), identificats en cadascuna de les mostres de la zona litoral i profunda i en el sediment lacustre per a cada estany i llacuna càrstica. Dades qualitatives de presència/absència.

	Banyoles		Montcortes		Estanya		La Cruz		La Llana		La Parra		El Tejo	
	Actual	Fòssil	Actual	Fòssil	Actual	Fòssil	Actual	Fòssil	Actual	Fòssil	Actual	Fòssil	Actual	Fòssil
<i>Ablabesmyia</i>	Actual									Fòssil				
<i>Conchapelopia</i>														
<i>Labrundinia</i>														
<i>Paramerina</i>														
<i>Procladius</i>	Actual				Actual						Actual			
<i>Tanypus</i>	Actual													
<i>Thienemannimyia</i>												Fòssil		
<i>Zavrelimyia</i>														
<i>Corynoneura</i>														
<i>Cricotopus</i>	Actual													
<i>Limnophyes</i>														
<i>Metricnemus</i>														
<i>Orthocladius</i>														
<i>Paracladius</i>														
<i>Parakiefferiella</i>														
<i>Psectrocladius</i>														
<i>Reocricotopus</i>														
<i>Orthoclaudiinae indet</i>														
<i>Potthastia type I</i>														
<i>Chironomus</i>	Actual									Fòssil				
<i>Cladopelma</i>	Actual										Actual			
<i>Cryptochironomus</i>	Actual									Actual				
<i>Dicrotendipes</i>														
<i>Einfeldia</i>														
<i>Endochironomus</i>														
<i>Glyptotendipes</i>														
<i>Harnischia</i>														
<i>Lauterborniella agrata</i>														
<i>Microchironomus</i>														
<i>Microtendipes</i>	Actual													
<i>Parachironomus</i>														
<i>Paracladopelma</i>														
<i>Paratendipes</i>														
<i>Phaenopsectra</i>	Actual													
<i>Polypedilum</i>														
<i>Stictochironomus</i>	Actual										Actual			
<i>Xenochironomus</i>														
<i>Cladotanytarsus</i>	Actual													
<i>Micropsectra</i>														
<i>Paratanytarsus</i>														
<i>Stempellina</i>	Actual													
<i>Tanytarsus</i>	Actual													
<i>Tanytarsinii indet</i>														

■ : Trobat en mostres de Profund
■ : Trobat en mostres de Litoral
■ : Trobat en mostres de Paleo
 : Trobat en mostres de Litoral i Profund
 : Sp rara (pocs individus trobats; ~ 1 o 2)

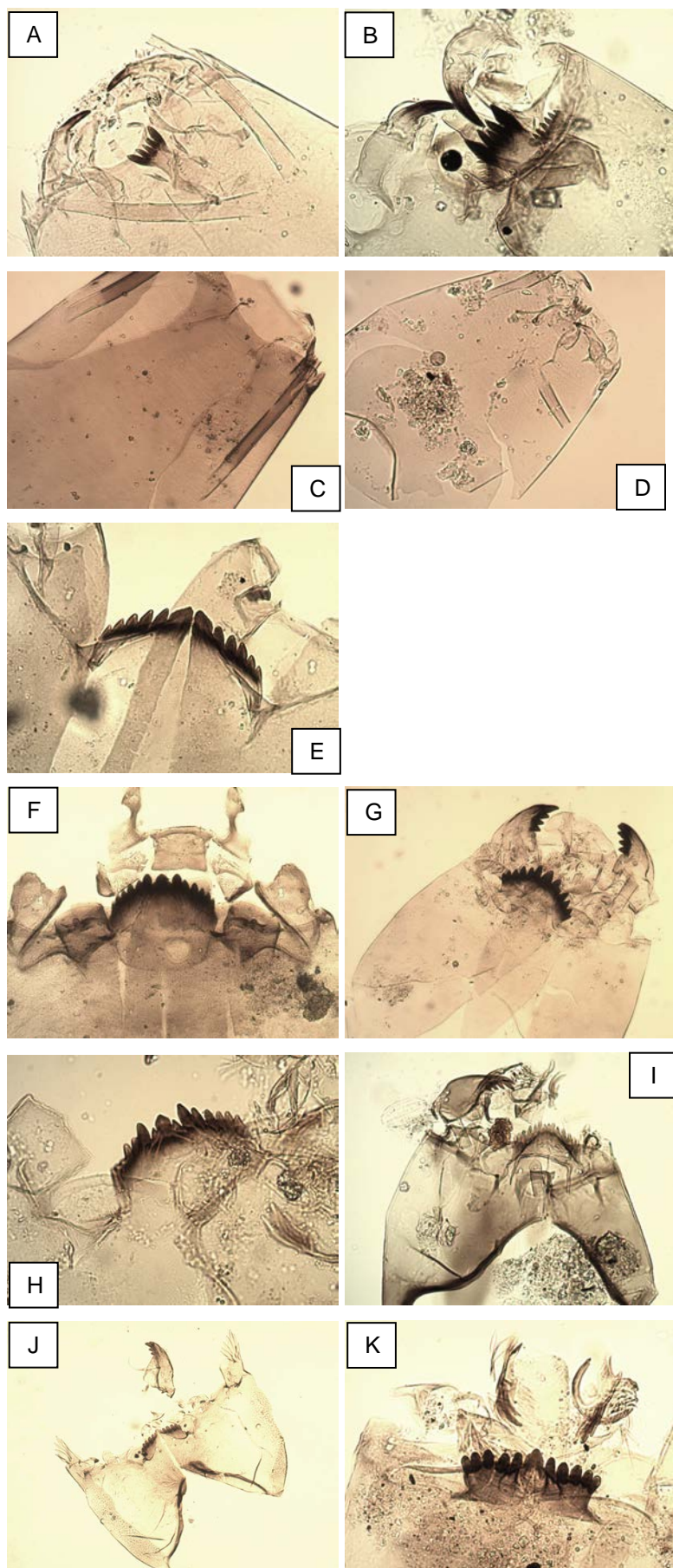


Figura 1. Imatges de Chironomidae subfòssils. Subfamília Tanypodinae: **A)** *Ablabesmyia*, **B)** *Procladius*, **C)** *Paramerina* i **D)** *Thienemannimyia*; Subfamília Orthocladinae: **E)** *Psectrocladius*; Subfamília Chironominae, tribu Chironomini: **F)** *Glyptotendipes*, **G)** *Dicrotendipes*, **H)** *Chironomus* i **I)** *Stictochironomus*; tribu Tanytarsini: **J)** *Stempellina* i **K)** *Tanytarsus*.

ANNEX III

MAPES BATIMÈTRICS DELS SISTEMES CÀRSTICS

Figura 1. Mapa batimètric del llac de Banyoles, Catalunya

Figura 2. Mapa batimètric del llac de Montcortès, Catalunya

Figura 3. Mapa batimètric de la Laguna Grande de Arriba de Estanya, Aragó

Figura 4. Mapa batimètric de la llacuna de la Cruz, Castilla – La Mancha

Figura 5. Mapa batimètric de la llacuna de la Parra, Castilla – La Mancha

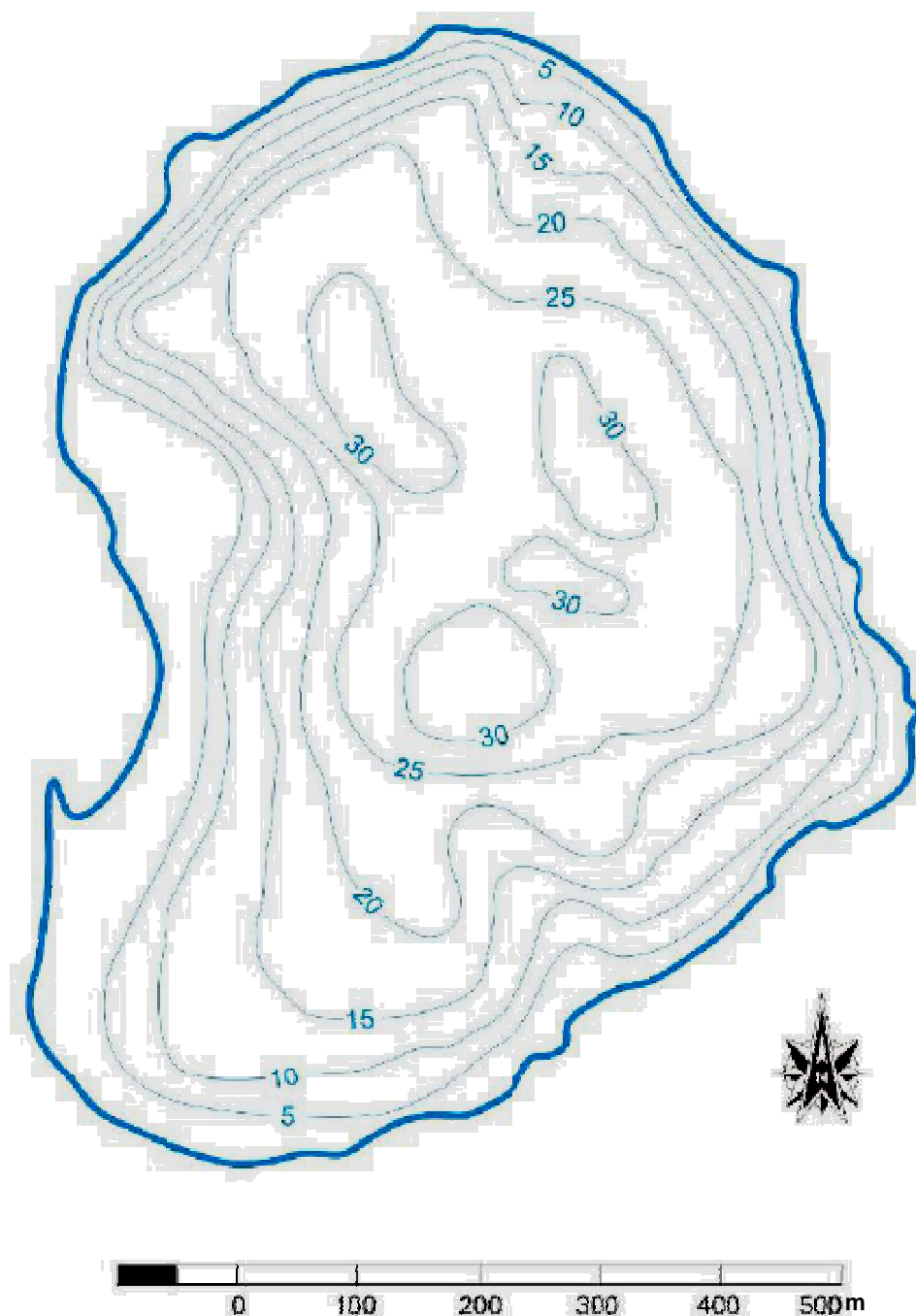


Figura 2. Mapa batimètric del llac de Montcortès. Font: Gemosclera. Formación y Difusión del conocimiento, 2013.

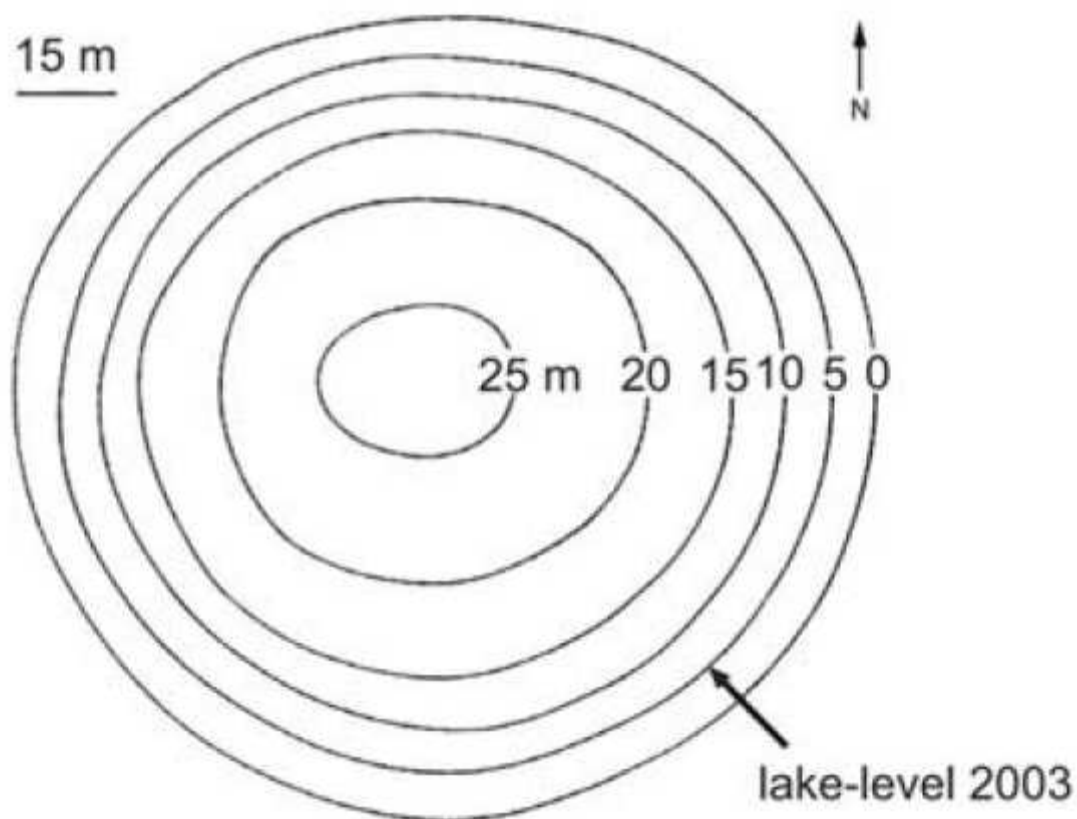


Figura 4. Mapa batimètric de la llacuna de La Cruz. Font: Vicente & Miracle, 1988.

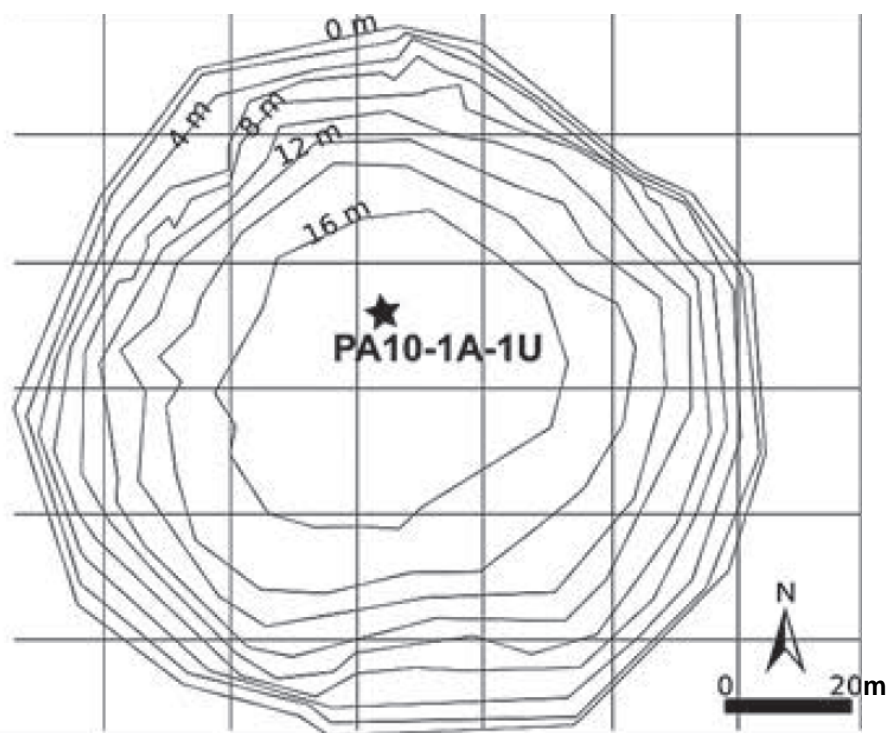


Figura 5. Mapa batimètric de la llacuna de La Parra. Font: Barreiro – Lostres et al., 2013.