

L'ESTANY DES CIBOLLAR

J. MARCH, G. MOYÀ, G. QUETGLES & B. REVIRIEGO*

MARCH, J., MOYÀ, G., QUETGLES, G., REVIRIEGO, B. (1995): "L'Estany des Cibollar". *S'Albufera de Mallorca*. (Monografies de la Soc. Hist. Nat. Balears, 4). Pp. 207-214. ISBN: 84-273-6506-3. Ed. Moll, Palma de Mallorca.

Des que l'any 1983 es va detectar una situació meromíctica a l'Estany des Cibollar, s'han succeït diversos estudis que han permès conèixer el seu funcionament. Aquí es presenta breument la informació que en l'actualitat es té d'aquesta llacuna costanera, de la seva dinàmica i de les comunitats planctòniques que s'hi desenvolupen.

La meromixi ectogènica de l'Estany des Cibollar determina les seves principals característiques. L'estratificació de la columna d'aigua dificulta la mescla vertical provocant una anòxia permanent en el monimolimnion, una inversió tèrmica durant l'hivern i un màxim d'oxigen dissolt en el metalimnion. **Paraules clau:** S'Albufera d'Alcúdia, Estany des Cibollar, meromixi, llacuna costanera, plàncton.

Since 1983, when a meromictic situation was detected at the "Estany des Cibollar", several studies have been carried out in order to understand its dynamics. The information available on its functioning and planktonic communities is briefly reviewed.

The ectogenic meromixis present in the "Estany des Cibollar" conditions the main characteristics of the lagoon. Water column stratification interferes with vertical mixing provoking permanent anoxia in the monimolimnion there is a community of photometalimnion. An outstanding component of this community is the mixo and metalimnion. An outstanding component of this community is the blue-green *Synechococcus*, with maximum densities in the metalimnion. The zooplanktonic community is dominated by copepods and rotifers, and it encompasses the myxo and metalimnion.

Keywords: "Albufera d'Alcúdia", "Estany des Cibollar", meromixis, coastal lagoon, plankton.

INTRODUCCIÓ

Hom pot dir que unes de les zones humides més interessants des del punt de vista limnològic són les albuferes. Constitueixen ecosistemes de transició entre ambients aquàtics continentals i el medi marí, amb característiques pròpies de fluctuació, temporalitat i una certa imprevisibilitat.

Si se centra l'atenció en una part concreta del conjunt, es poden trobar patrons de funcionament diferents al model general, cosa que en definitiva contribueix a diversificar el sistema i augmentar el seu interès.

S'Albufera d'Alcúdia, en el seu conjunt de canals, estanys i llacunes, presenta les característiques esmentades. De manera general, es pot establir un gradient de

* Departament de Biologia Ambiental. Laboratori de Limnologia. Universitat de les Illes Balears. Campus Universitari 07071. Palma de Mallorca.

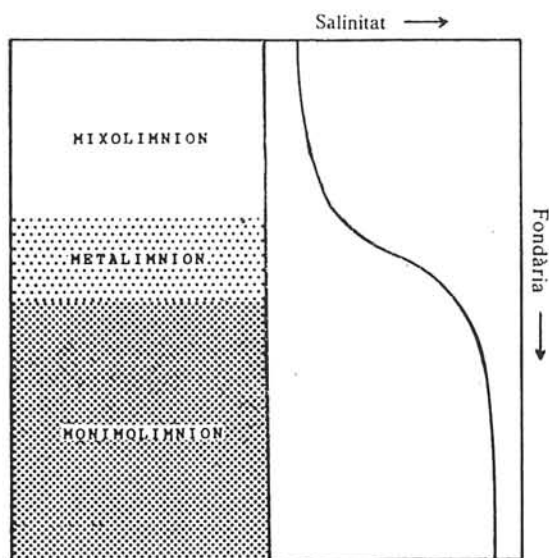
continentalitat decreixent (d'influència marina creixent) des de les zones interiors de S'Albufera cap a les costaneres. Aquest gradient es manifesta en una sèrie de paràmetres senzills com són la salinitat, l'alcalinitat, i el transport. La salinitat lògicament augmenta amb la proximitat a la mar, al contrari que l'alcalinitat que experimenta una dilució per aigua marina (MARTÍNEZ TABERNER *et al.*, 1990); i el transport, considerant el conjunt de S'Albufera, és predominantment horitzontal.

Si es considera el funcionament d'una llacuna de les que constitueixen S'Albufera, coneguda com l'Estany des Cibollar, es troba un model diferent. En primer lloc, el transport horitzontal minva per deixar lloc a un transport vertical a favor de la gravetat (MARGALEF, 1983). També el gradient de continentalitat presenta un gir de noranta graus, ja que la salinitat augmenta de la superfície cap al fons, mentre que l'alcalinitat disminueix al llarg d'aquest eix en els primers metres, per tornar a augmentar cap al fons. La mescla vertical de l'aigua és molt menys important, i la característica principal que defineix el funcionament de la llacuna és la dinàmica meromíctica que presenta.

El terme meromixi s'empra per a definir aquells llacs en els quals existeix una estratificació permanent de la columna d'aigua, a causa de la presència d'un gradient de densitat o pycnoclina, originat per una distribució deferencial de la concentració salina (WETZEL, 1981). D'aquesta manera, l'estructura del llac queda formada per tres capes d'aigua que són: el mixolimnion o capa superior, amb aigua salobrosa; el monimolimnion o capa inferior, amb aigua salada; i com a separació entre elles i construint la pycnoclina, el metalimnion (Figura 1).

ÀREA D'ESTUDI

L'Estany des Cibollar (o bé Estany d'En Mama) està situat a uns 750 m de la mar, a la part nord de S'Albufera. Les seves coordenades UTM són EE-095071. Aquesta situació correspon a una petita llacuna que va ésser modificada, ampliada i dragada, per



dedicar-la a activitats recreatives (MARTÍNEZ TABERNER *et al.*, 1989).

Els actuals paràmetres morfomètrics d'Es Cibollar són els següents:

- Fondària màxima 8'25 m
 - Longitud màxima 356 m
 - Amplària màxima 168 m
 - Superfície màxima 3,99 Ha
 - Volum màxim 131,91 Dm³
 - Amplària mitjana 112, 14 m
 - Fondària mitjana 3,30 m
- (MARTÍNEZ TABERNER *et al.*, 1989).

La primera cita sobre meromixi en Es Cibollar correspon a un estudi realitzat durant l'any 1983 (MARTÍNEZ TABERNER *et al.*, 1987). En aquest treball les mesures de conductivitat i de concentració de clorur, preses en superfície i en fondària, indicaven una estratificació de la columna d'aigua, amb influència continental i marina respectivament.

A causa del dragat esmentat es produí un increment de la intrusió marina a través del fons de la llacuna, que en entrar en contacte amb les aigües salobroses pròpies de S'Albufera condicionà la formació de la pycnoclina.

Posteriorment s'han realitzat altres estudis mitjançant els quals s'ha constatat la permanència de la meromixi al llarg del temps.

Entre 1984 i 1986 es va realitzar un seguiment estacional per a determinar l'estat tròfic d'Es Cibollar (MARTÍNEZ TABERNER *et al.*, 1986). Es confirmà la continuïtat de l'estratificació pels valors de conductivitat i també de temperatura. Per manca de mescla vertical, el metalímnion i el monimolímnion acumulaven calor durant la primavera i l'estiu, mantenint temperatures superiors a les del mixolímnion durant la tardor i l'hivern. Els valors alts en la concentració de nutrients (composts de nitrogen i fòsfor), el dèficit d'oxigen registrat al monimolímnion, i les elevades concentracions de clorofil·les observades durant tot l'any, indicaven un marcat estat d'eutrofització.

Les condicions anòxiques del monimolímnion, degudes a l'oxidació de la matèria orgànica produïda a les capes superiors, permeten l'existència de concentracions elevades de sulfur d'hidrogen. Aquest compost resulta de la reducció bacteriana dels sulfats i, juntament amb una il·luminació suficient, possibilita l'establiment de poblacions de bactèries fototròfiques del sofre, amb densitats màximes a la part inferior del metalímnion (PICÓ i ROSSELLÓ, 1988).

Durant l'estiu la picnoclina existent en Es Cibollar es desplaça cap a dalt, i fins i tot pot arribar a la superfície en anys extremadament secs. Aquest fenomen, que s'observà a l'estiu de 1984 (MOYÀ *et al.*, 1987), pot provocar l'extensió de l'anòxia a pràcticament tota la columna d'aigua, amb les consegüents emanacions de gasos d'olor desagradable (bàsicament sulfídric i metà) i mort d'organismes aquàtics.

Durant l'any 1989 es varen realitzar una sèrie d'actuacions destinades a sanejar l'Estany des Cibollar i evitar els problemes esmentats. Es pretenia produir una circulació forçada de l'aigua a través del perfil de l'estany, que rompés l'estratificació, permetent l'oxigenació de tota la columna d'aigua, i la sortida dels nutrients acumulats (SEARSA, 1989).

Finalment, el gener de 1991 es va començar un programa de seguiment mensual encaminat a l'estudi limnològic d'Es Cibollar. Aquest programa continua realitzant-se en l'actualitat i els seus resultats més rellevants s'exposen a continuació.

SITUACIÓ ACTUAL

L'estudi de les característiques limnològiques d'un ambient aquàtic lenític requereix la presa de mesures i mostres al llarg de la columna d'aigua ja que, com s'ha dit, en aquest tipus de sistemes el més important és l'eix vertical.

En aquest sentit, els mostreigs que s'estan realitzant mensualment en Es Cibollar es fan en el punt de màxima fondària de la llacuna i sempre sobre les 12:00 hores (horari solar), i consisteixen en mesures i presa de mostres, realitzades des d'una embarcació pneumàtica, cada mig metre en sentit vertical. En els primers metres, si les condicions particulars del mostreig ho fan aconsellable, les mostres es prenen cada 25 centímetres.

L'avaluació de certs paràmetres com salinitat, temperatura, concentració i saturació d'oxigen dissolt, es realitza *in situ* mitjançant aparells electrònics, davallant els respectius sensors a cada una de les fondàries. L'estimació de la transparència de l'aigua s'efectua mitjançant un disc de Secchi.

Les mostres d'aigua emprades per a valorar l'alcalinitat, les concentracions de l'ió sulfur, pigments i nutrients, així com les recollides per a estudiar les distintes comunitats planctòniques, són obtingudes mitjançant una bomba peristàtica. Les anàlisis d'aquests paràmetres es realitzen emprant els mètodes habituals en limnologia (MARGALEF, 1983).

CARACTERÍSTIQUES FÍSICO-QUÍMIQUES

La permanència de la meromixi ha estat confirmada, i s'ha estudiat l'evolució de la picnoclina al llarg dels cicles anuals.

El gradient de salinitat es manté estable durant l'hivern i la primavera. Al començament de l'estiu, a causa de la disminució dels aports continentals d'aigua i l'increment de l'evaporació, es produeix un augment de la salinitat en les capes superiors. Això fa que la picnoclina se situï més a prop de la superfície (entre 0,5 i 1 m). Aquest procés continua avançant fins a final d'estiu, moment en què la salinitat en superfície pot

arribar a ser tan elevada que la picnoclina es pot rompre cap a dalt i tenir lloc una mescla de les capes superiors. Durant la tardor es produeix un descens gradual de la picnoclina a causa de les pluges, que incrementen els aports d'aigua dolça procedent de S'Albufera.

El procés comentat està evidentment subjecte a les característiques pluviomètriques i tèrmiques de cada any, però en termes generals es repeteix cíclicament.

En les llacunes meromíctiques es troben freqüentment condicions dicotèrmiques, on la temperatura del monimolímni sol ser superior a la del mixolímni (WETZEL, 1981). Aquest fenomen té lloc en Es Cibollar, i és degut al fet que les diferències de salinitat, i per tant de densitat, que es troben al llarg de la columna d'aigua impossibiliten l'homogeneïtzació de la temperatura, de manera que el metalímni i el monimolímni acumulen calor durant l'estiu i el conserven a l'hivern, mentre que en el mixolímni la fluctuació tèrmica es correspon bastant bé amb les variacions atmosfèriques. L'augment de temperatura observat al metalímni i a la part superior del monimolímni durant la tardor es pot explicar per l'absorció de radiació solar per part de la densa població de bacterioplàncton existent en aquest nivell.

De tots els gasos dissolts a l'aigua, l'oxigen és el més important. La raó és que intervé en els dos processos més transcendents per a la vida, la respiració i la fotosíntesi. La presència o absència d'oxigen dissolt determinarà condicions aeròbiques o anaeròbiques del medi, i per tant serà un dels factors més determinants de la distribució dels organismes.

La concentració d'oxigen dissolt a l'aigua d'una llacuna està determinada per tres processos: la producció fotosintètica per part dels organismes vegetals, el consum per respiració i oxidació, i l'intercanvi aigua-atmosfera i aigua-sediment. En Es Cibollar, els fets més destacables quant a l'oxigen són l'existència d'un màxim al metalímni i d'anòxia al monimolímni. Aquest màxim assoleix valors superiors al 300% de saturació, i és degut a la producció per part del fitoplàncton, especialment per una població de cianofícies adaptada a baixes intensitats lluminoses, que aprofiten l'acu-

mulació de nutrients al metalímni. Els valors màxims en concentració d'oxigen es donen durant la primavera, van disminuint cap a la tardor i tornen a augmentar durant l'hivern. Aquest cicle es correspon amb l'evolució de la densitat de la població de les cianofícies.

L'anòxia del monimolímni és resultat de la despesa d'oxigen, invertit en els processos oxidatius que es produeixen en aquesta part de la llacuna. En els llacs i llacunes eutròfics com ara l'Estany des Cibollar, la gran quantitat de matèria orgànica produïda al mixolímni i metalímni gràcies a l'excés de nutrients va sedimentant i s'acumula en el monimolímni i sobre el fons. La quantitat d'aquesta matèria orgànica és prou elevada com per fer que llur descomposició esgoti tot l'oxigen dissolt, i l'estratificació impossibilita la seva reposició per mescla amb les capes superiors. L'anòxia consegüent dona lloc a condicions reductores que afavoreixen la presència d'altres gasos dissolts com el metà i el sulfídric, provinents de la mateixa descomposició de la matèria orgànica.

A la figura 2 es mostren quatre situacions representatives de l'evolució dels paràmetres salinitat, temperatura i concentració d'oxigen, al llarg de l'any. També s'hi representa la fondària de visió del disc de Secchi. És interessant observar la correlació en l'evolució dels quatre paràmetres, amb situacions extremes als mesos d'abril i setembre (figura 2).

En Es Cibollar la concentració de sulfídric va augmentant des de la part superior del monimolímni cap al fons. En aquella zona superior, on arriba suficient llum per a realitzar la fotosíntesi, es troba una població de bacteris fototròfics del sofre que consumeix el sulfídric existent com a font d'electrons, oxidant-lo a sulfat.

Els valors obtinguts de l'anàlisi de la concentració de nutrients demostren que la situació d'eutròfia citada per la bibliografia continua en l'actualitat. Es troben concentracions elevades de nitrogen en forma de nitrat en els nivells superficials, mentre que en fondària el nitrat és substituït per amoni. La concentració de fòsfor augmenta progressivament cap al fons en el monimolímni, especialment a prop del fons, on tenen

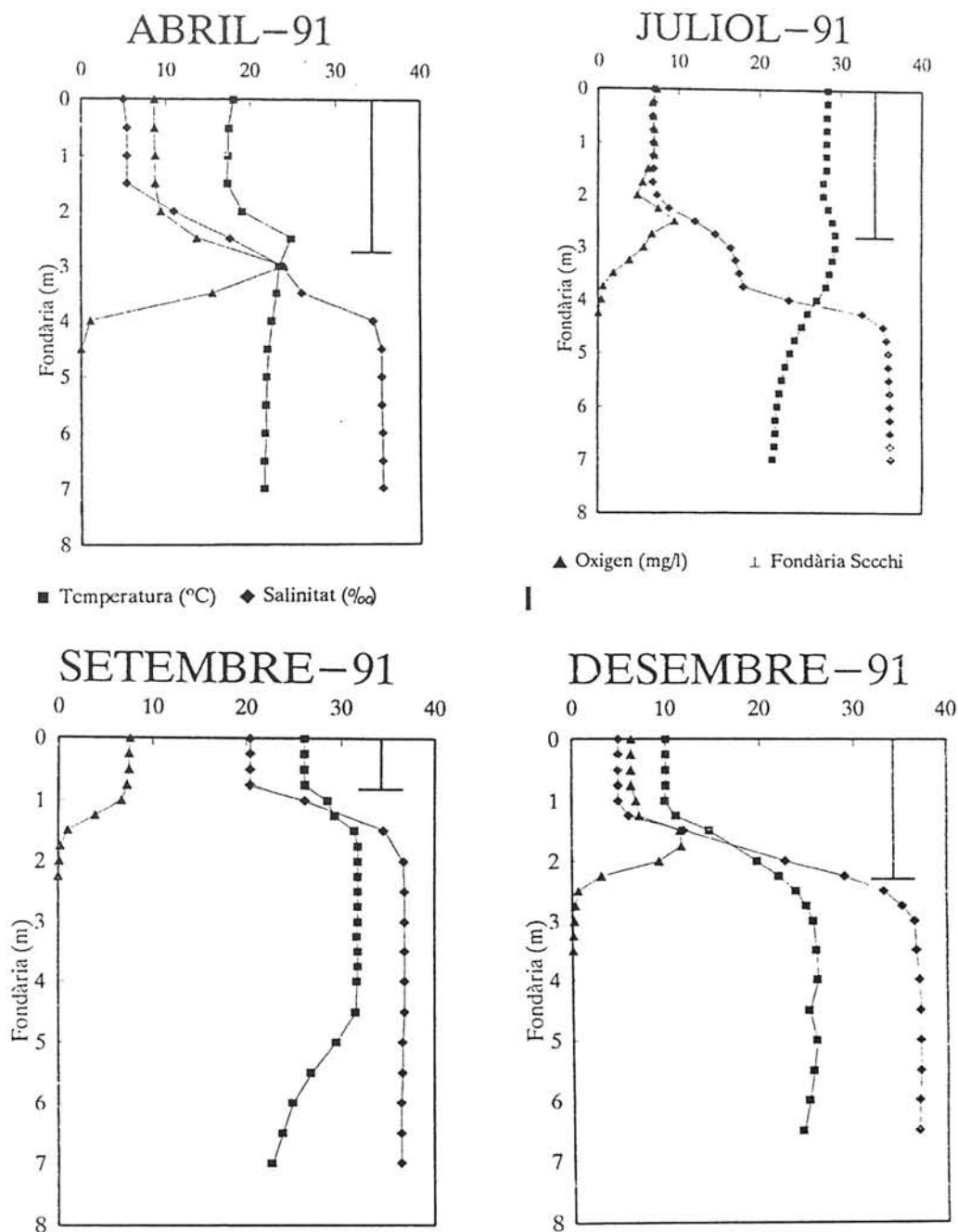


Figura 2. Distribució vertical de la temperatura la salinitat, la concentració d'oxigen i la fondària de visió del disc de Secchi en l'Estany des Cibollar, en quatre moments representatius del cicle anual.

Vegeu la relació entre la posició del màxim gradient de salinitat, la del màxim d'oxigen, i la fondària de visió del disc de Secchi. Es pot observar també la inversió tèrmica que es produeix a l'hivern.

Vertical distribution of temperature, salinity, oxygen concentration and the Secchi depth in the "Estany dels Cibollar" at four representative times of the annual cycle.

Note the relationship between the location of the maximum gradient of salinity, that of the peak of oxygen concentration and the Secchi depth. With respect to temperature, a thermal inversion in winter is observed.

lloc processos de redissolució des del sediment.

COMUNITATS

Les característiques particulars de l'Estany des Cibollar afavoreixen el desenvolupament d'una sèrie de comunitats especialment adaptades a aquest ambient. La distribució de les diferents poblacions està condicionada per l'estratificació de la llacuna i per l'evolució d'aquesta al llarg del temps.

En aquest ecosistema eutròfic la producció primària és bàsicament planctònica i està determinada per l'activitat del bacterioplàncton fototròfic i del fitoplàncton.

El límit entre el metalímnion i el monimolímnion constitueix un microambient especialment adequat per a l'establiment d'una comunitat de bacteris fototròfics del sofre. Les condicions ja esmentades de baixes concentracions d'oxigen coexistent amb sulfur d'hidrogen, i una suficient il·luminació com per dur a terme la fotosíntesi ho permeten. *Chlorobium limicola* i *C. phaeovibrioides* (PICÓ & ROSSELLÓ, 1988) són les espècies dominants d'aquesta comunitat, que presenta màximes densitats al límit superior del monimolímnion, i va minvant a mesura que augmenta la fondària. Aquesta distribució coincideix amb els valors màxims (fins a 700 mg/m³) de concentració de bacterioclorofil·la *d*. A mesura que el límit metalímnion-monomolímnion es va desplaçant durant l'any, també es desplaça aquest màxim.

Les variacions en el temps i en l'espai de la salinitat i de la disponibilitat de nutrients condicionen la successió del fitoplàncton. El tret més important del fitoplàncton present a l'Estany des Cibollar és l'exposició de població d'una cianofícia del gènere *Synechococcus*. Pot englobar-se dins l'anomenat picoplàncton, és a dir, els organismes fitoplanctònics el tamany dels quals els permet travessar una malla de 2 µm de llum, i constituït per cianofícies i també petites algues eucariotes. La població de *Synechococcus* sp. sol estar localitzada a la picnoclina (CRAIG, 1987), concentrant-se just per damunt de la comunitat de bacteris

fototròfics ja esmentats, i amb densitats que varien entre 10⁶ i 18x10⁶ cèl./ml., segons l'època de l'any que considerem. Durant l'estiu i la tardor aquesta població es va desplaçant cap a dalt, al mateix temps que ho fa la picnoclina. Les màximes concentracions d'oxigen dissolt, produït per la fotosíntesi, coincideixen també amb la distribució de *Synechococcus* i amb les màximes concentracions de clorofil·la *a* registrades.

Altres cianofícies representades en el fitoplàncton de l'Estany des Cibollar pertanyen als gèneres *Spirulina* i *Oscillatoria*, amb dues filamentoses.

Quant al fitoplàncton eucariota, a causa de la situació particular d'Es Cibollar, es troben tant espècies típicament marines com d'aigua dolça. La distribució d'ambdós tipus d'espècies depèn sobretot de la distribució espàcio-temporal de la salinitat. La seva densitat es troba entre 1.000 i 10.000 cèl./ml. El fitoplàncton eucariota es distribueix en el mixolímnion i el metalímnion, i hi són representats tots els grups d'algues. Els que presenten densitats més elevades són els Crisòfits, com *Chysochromulina* sp. i els Criptomòfits com *Chyptomonas marssonii*, *Criptomonas erosa* i *Rhodomonas* ssp. Així i tot, el grup més representat quant a nombre de espècies, encara que sense densitats elevades, és el de les Diatomees, amb gèneres com *Synedra*, *Cocconeis*, *Chaetoceros*, *Melosira*, *Navicula* i *Amphora*.

Com a contraposició al fitoplàncton, dins el grup dels productors primaris presents a les llacunes i llacs, es poden considerar els macròfits. A l'Estany des Cibollar es troben algunes espècies de macròfits, tant bentònics com pleustònics, de les quals les més importants per biomassa i més representatives són *Chaetomorpha linum* i *Rupia cirrhosa* (MOYÀ *et al.*, 1987).

Els organismes zooplanctònics que es troben en Es Cibollar són un reflex de les condicions ambientals que presenta aquest medi. Això és així perquè les característiques d'aquest tipus d'ecosistemes, especialment les fluctuacions en els fluxos d'aigua, i per tant de la salinitat, constitueixen un factor de selectivitat enfront de la colonització.

El poblament animal d'Es Cibollar abasta la quasi totalitat dels grups inclosos en el

zooplàncton limnètic, però solament alguns hi són presents en densitats significatives. Els crustacis, els rotífers i els ciliats constitueixen el gruix de l'holoplànctònica, molt menys important, que inclou larves del poliuet *Ficopomatus enigmaticus*, del moscard *Chaoborus* sp. i del peix *Gambusia affinis*.

Els altres grups d'organismes holoplànctònics citats cobreixen un ample espectre de mides i, per tant, també de tamany d'aliment que consumeixen. Així els recursos alimentaris constituïts pel fitoplàncton, els bacteris i la matèria orgànica en suspensió, són aprofitats gràcies a una diversificació de la mida dels consumidors i de les estratègies alimentàries que presenten.

Els ciliats estan representats per bastantes espècies, algunes de les quals són *Euplotes patella*, *Halteria grandinella* i *Strobilidium girans*.

Els rotífers més abundants en Es Cibollar són espècies ben adaptades a salinitats elevades, com *Brachionus plicatilis*, *Synchaeta* sp, *Notholca salina*, *Colurella adriatica*, *Lecane elasma* i *L. astata*.

Els crustacis planctònics més nombrosos són els copèpodes, dels quals hi trobam tres espècies. *Acartia latisetosa* pertany a un gènere marí, i és una espècie típica d'ambients salobrosos i salats. Es veu afavorida en condicions eutròfiques, quan tenen lloc explosions de fitoplàncton petit (PRETUS, 1991). *Calanipeda aquaedulcis* és un altre copèpode trobat en Es Cibollar. El fet de ser una espècie eurihalina pot explicar la seva abundància en un medi de salinitat fluctuant. El tercer copèpode, *Eucyclops serrulatus*, és molt menys abundant, malgrat ser una espècie molt estesa, a causa de la seva estenohalinitat. Aquestes tres espècies presenten una distribució vertical diferent. Mentre que *E. serrulatus* se situa en capes superficials, on la salinitat és més baixa, les altres dues presenten un màxim de densitat en el metalímnion.

Altres crustàcids que formen part del zooplàncton d'Es Cibollar, encara que amb densitats molt baixes, són els cladòcers *Ceriodaphnia laticaudata* i *Alona rectangularis*, i el misidaci *Mesopodopsis slabberi*.

El poblament bentònic d'Es Cibollar ha estat molt menys estudiat. S'hi poden trobar

amfípodes, ostràcodes, isòpodes (*Sphaeroma hookeri*), però cal ressaltar la presència del poliuet *Ficopomatus enigmaticus* per la gran massa de les estructures que construeix. Forma unes colònies constituïdes per tubs calcaris dins els quals viu, i que van creixent en volum fins a l'extrem d'arribar a la superfície en llocs de més d'un metre de fondària.

Les característiques esmentades fins aquí fan de l'Estany des Cibollar una llacuna interessant per a l'estudi científic. Al fet de pertànyer a una zona humida d'alt valor ecològic s'hi ha d'afegir el de presentar una estructura meromíctica, aspecte poc freqüent i únic cas constatat a les Balears. Els processos ecològics tan particulars que hi tenen lloc i la diversitat biològica existent, i a la vegada el fet de ser un exemple de la influència de l'activitat humana sobre els ambients litorals, aconsellen conservar l'Estany des Cibollar amb finalitats científiques i docents.

BIBLIOGRAFIA

- CRAIG, S.R. (1987): "The distribution and contribution of picoplankton to deep photosynthetic layers in some meromictic lakes". In: T. LINDHOLM (Ed.) *Ecology of photosynthetic prokaryotes with special reference to meromictic lakes and coastal lagoons*. Åbo Academy Press: 55-82.
- MARGALEF, R. (1983): *Limnología*. Omega, Barcelona.
- MARTÍNEZ TABERNER, A., MOYÀ, G., RAMÓN, G., FORTEZA, V., SOBERATS, M.A. & PONSSELL C. (1986): "S'Estany des Cibollar, un ejemplo de contaminación acuática en la Albufera de Alcudia (Mallorca)". In: *I Jornades sobre contaminació. Ponències i comunicacions*. Palma de Mallorca.
- MARTÍNEZ TABERNER, A., MOYÀ, G. & RAMÓN, G. (1987): "L'Estany del Cibollar: un cas de meromixia a l'Albufera de Mallorca". *Boll. Soc. Nat. Balears*, 31:145-148.
- MARTÍNEZ TABERNER, A., MARTÍNEZ, A., FORTEZA, V., MOYÀ, G., RAMÓN, G., SASTRE, A., SOBERATS, M.A., SOCIÀS, M., TÉBAR, F.J. & XAMENA, J. (1989): "Característiques

- morfomètriques dels principals estanys de l'Albufera de Mallorca". *Treballs de geografia*, 41:19-31. Palma.
- MARTÍNEZ TABERNER, A., MOYÀ, G., RAMÓN, G., & FORTEZA, V. (1990): "Chemical hydrology and macrophyte vegetation in the canals of a Mediterranean coastal marsh". *Arch. Hydrobiol.*, 120: 67-87.
- MOYÀ, G., RAMÓN, G., MARTÍNEZ TABERNER, A., FORTEZA, V., PICÓ, C., PONSELL, C., ROSSELLÓ, R. & SOBERATS, M.A. (1987): "Limnology of a meromictic coastal lagoon. L'Estany del Cibollar (Majorca, Balearic Islands)". *Limnetica*, 3(2):255-262.
- PICÓ, C. & ROSSELLÓ, R.A. (1988): "Dinámica de las bacterias fotótrofas en una laguna meromíctica (Estany des Cibollar, Albufera de Mallorca)". *Boll. Soc. Hist. Nat. Balears*, 32:7-18.
- PRETUS, J.LI., (1991): *Crustáceos epígeos e hipógeos de Baleares*. Tesis doctoral. Universitat de Barcelona (inèdit).
- S.E.A.R., S.A. (1989): *Estudio del impacto ambiental causado por el saneamiento de S'Estany des Cibollar*. Conselleria d'Obres Públiques, Govern Balear (inèdit).
- WETZEL, R.G. (1981): *Limnología*. Omega, Barcelona.