

INTRODUCCIÓ A L'ESTUDI LIMNOLÒGIC DE LA LLACUNA DEL TER VELL (BAIX EMPORDÀ)

Xavier Quintana * i Francisco A. Comín **

Rebut: gener de 1988

SUMMARY

Introduction to the limnology of Ter Vell lagoon (Baix Empordà, Catalonia, Spain)

Ter Vell is a small (0.8 Ha) and shallow (usually less than 1 m deep) lagoon located in one of the ancient Ter River mouths. A one year (biweekly samples) study was carried out in 1984 to describe some limnological characteristics of the lagoon.

Conductivity varied between 1 and 39 mS/cm. It was 1-3 mS/cm higher in the South basin (closer to the sea) than in the North one. Maximum values were observed in autumn-winter and minimum ones in summer. Phosphorus concentrations were most of the year over $4 \mu\text{g-at P-PO}_4^{3-}/\text{l}$. The highest concentrations ($50 \mu\text{g-at/l}$) were observed in summer. Phosphorus concentrations from October to May were positively correlated to conductivity, while those from May to September were not. Oxidized dissolved inorganic nitrogen was very low all the year round (less than $4 \mu\text{g-at/l}$).

Phytoplankton assemblages were between 10^4 and $4 \cdot 10^5$ cells per ml mostly because *Nannochloris* sp., which was overwhelming during all the year. Accompanying species were *Monoraphidium* sp. pl., *Actinastrum hantzschii*, *Dictyosphaerium pulchellum*, *Cyclotella kutzingiana*, *Lepocinclis ovum* and *Ochromonas* sp. pl. during summer, and *Dunaliella* sp., *Hemiselmis rufescens*, *Pseudopedinella pyriformis*, *Katodinium rotundatum* and *Oxyrrhis marina* during winter. The amount of chlorophyll *a* per cell was always very low (between 0,1 and 2 pg per cell). During summer the most abundant zooplankters were *Brachionus* sp. pl., *Moina micrura*, and *Acanthocyclops g. vernalis*. During the cold months *Notholca squamula*, *Synchaeta* sp., and *Epiphanes brachionus* were the most abundant. Maximum abundances changed from 2,000 individuals/l in summer to 600 individuals/l in winter.

Ter Vell is an eutrophic lagoon with marked differences between chemical and biological characteristics of different periods of the year. Two main periods can be distinguished related to temperature. External factors, mainly freshwater and sea water inflows, also control the differences observed.

* Servei de Control de Mosquits de la Badia de Roses i del Baix Ter. c/. Sant Ramon, 40. 17257 Torroella de Montgrí. Girona.

** Departament d'Ecologia. Facultat de Biologia. Universitat de Barcelona. Av. Diagonal, 645. 08028 Barcelona.

INTRODUCCIÓ

Els estudis de les llacunes costaneres de les costes de la Mediterrània occidental han evidenciat la intensa influència cultural a la qual són sotmeses. Es pot afirmar que el procés d'eutrofització és comú —encara que en diferents graus— a totes elles. La causa fonamental d'aquesta eutrofització ha estat l'alteració i la regulació dels fluxos d'aigua que entren i surten de la llacuna. En alguns casos ha estat l'aportació de residus agrícoles i industrials (albuferes d'Adra, València, Alcúdia, llacunes del delta de l'Ebre); en d'altres, la regulació dels fluxos marins, amb l'obertura o tancament de canals de comunicació (Mar Menor, s'Albufera des Grau) (LÓPEZ, 1983; COMÍN, 1984; MIRACLE, 1984; PRETUS, 1985; ROS, 1987).

La llacuna del Ter Vell no ha escapat a aquest procés generalitzat de transformació. Representa un exemple d'eutrofització provocada per l'abocament d'aigües continentals a una llacuna en avançat estat de rebliment. Es tracta d'un ecosis-

tema sotmès a pressions externes i resulta illustratiu en comparació amb altres llacunes costaneres de la Mediterrània.

AREA D'ESTUDI

El Ter Vell és una llacuna costanera d'origen fluvial situada al sud de l'Estartit, al terme municipal de Torroella de Montgrí (Baix Empordà). Antigament era la desembocadura del riu Ter. Aquest fou desviat segons un projecte de l'any 1792 cap a la seva actual desembocadura, més al sud, i el Ter Vell va quedar com un residu de l'antic curs del riu (PELLA, 1883; CAMPS, 1976).

El conjunt de la llacuna i els seus voltants inundables (fig. 1) ocupa una extensió de 23 ha, encloses entre les urbanitzacions dels Salancs, al nord, i dels Griells, al sud. Té forma triangular, amb el seu eix major paral·lel a la línia de costa, de la qual està separada per una duna litoral molt baixa, de 100 m d'amplària, que permet l'entrada d'aigua quan es produeix un

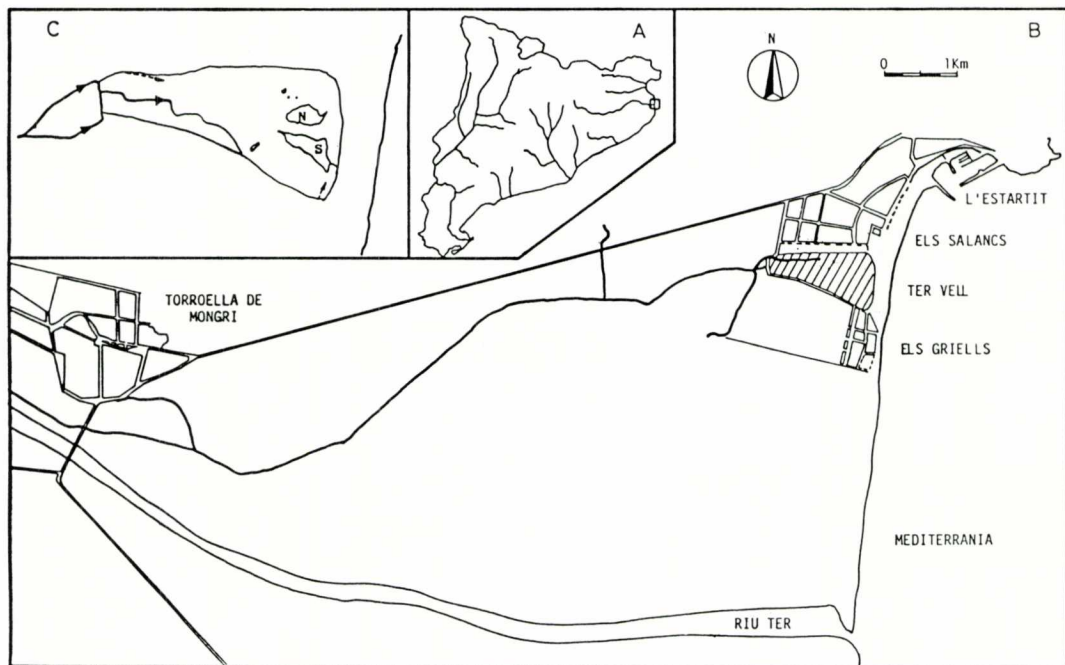


FIG. 1. Plànol de situació (A, B) i entrades d'aigua dolça al Ter Vell (C) amb els dos punts de mostreig, N a la cubeta nord i B a la cubeta sud. Fletxes de traç continu, aigües de regadiu o pluvials; fletxes de traç discontinu, aigües residuals.

temporal de llevant. Pel vèrtex oest des-
emboquen els canals provinents de la pla-
na torroellenca, que hi aporten l'aigua
dolça (fig. 1).

La vegetació helofítica és composta ma-
joritàriament per *Phragmites australis* ssp.
australis amb algunes taques de *P. australis*
ssp. *isiacus*, que destaquen del conjunt
per la seva major alçària.

El mantell de *P. australis* ha guanyat
terreny durant els darrers anys i actual-
ment arriba a ocupar el 85 % de la super-
fície d'aigua lliure que hi havia l'any 1960
(fig. 2; taula I). Actualment, només resten
dues cubetes, de 0,8 ha de superfície d'aig-
ua lliure, connectades entre si per zones
menys profundes i inundades intermitent-
ment, cobertes de vegetació.

El fons de les dues cubetes, constituït
per una capa gruixuda de sediment límic,
és uniforme i sense relleus. El nivell més
alt d'aigua s'assoleix a la cubeta sud, a la
part més propera al mar, i no arriba als
2 m; a la cubeta nord els nivells màxims
són de 70 cm.

MATERIAL I MÈTODES

Es varen prendre mostres d'aigua (dues
mensuals) entre febrer de 1984 i gener de
1985, a uns 15-20 cm de profunditat, a dos
punts de la llacuna corresponents a les
dues cubetes, nord i sud (fig. 1). Se sepa-
raren parts alíquotes de les mostres per
determinar-ne la conductivitat, l'alcalinitat,
les concentracions de nitrogen inorgànic
dissolt (nitrits i nitrats), de fòsfor
reactiu soluble (fosfats) i de pigments del

TAULA I. Canvis en la superfície d'aigua lliure
del Ter Vell des de 1960, segons mesures de ma-
pes i fotografia aèria.

Any	Superfície (ha) d'aigua lliure	% d'aigua lliure respecte a 1960
1960	5,3	100
1968	3,2	60
1973	3,3	62
1980	1,2	22
1987	0,8	15

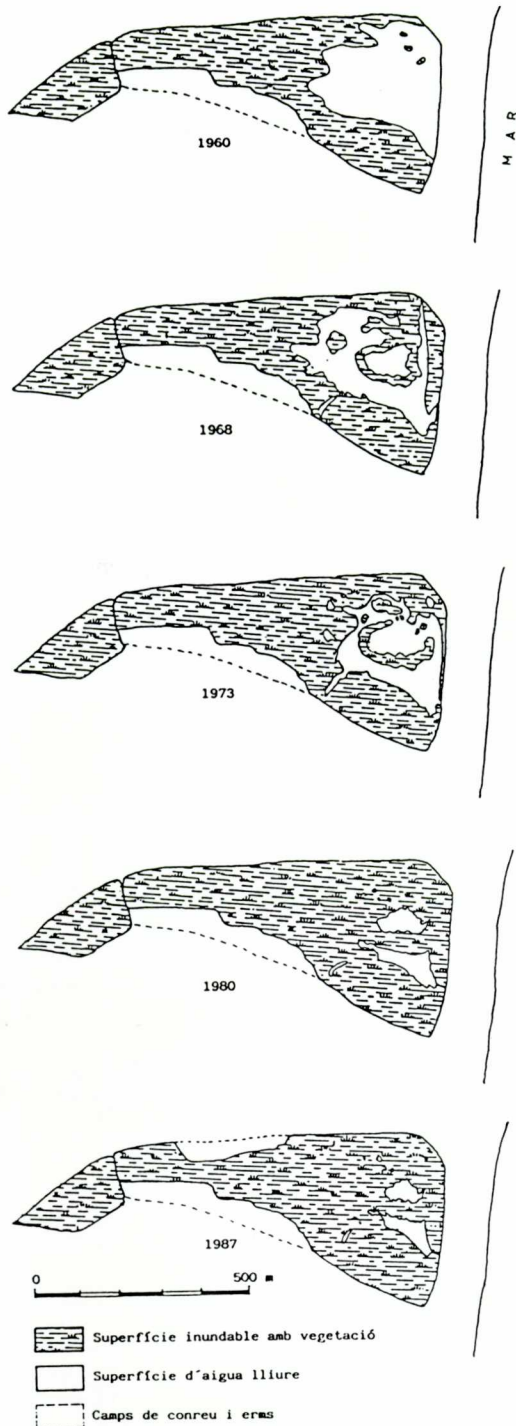


FIG. 2. Evolució de la superfície d'aigua lliure al
Ter Vell els darrers 27 anys, obtinguda a partir
de fotografies aèries.

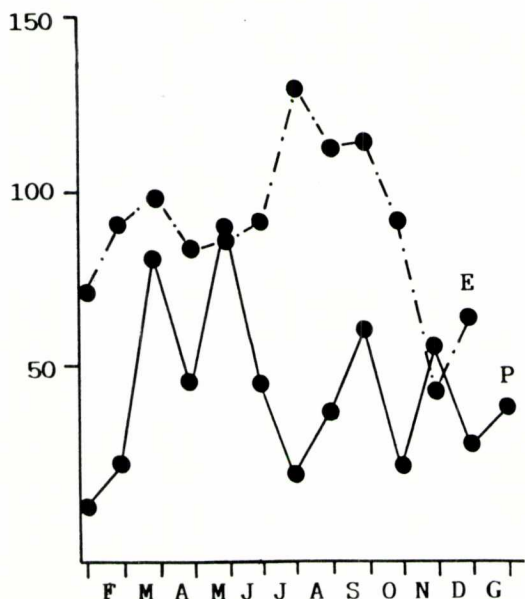


FIG. 3. Variació de l'evaporació potencial total (E) i de la precipitació (P) mensuals, en mm, a l'Estartit durant l'època de mostreig (segons J. Pascual).

fitoplàncton. Els mètodes de fixació i de conservació de les mostres i de les anàlisis dels diferents paràmetres esmentats figuren a MARGALEF *et al.* (1977).

S'estimaren quantitativament les poblacions planctòniques, mitjançant el microscopi invertit, després de la seva sedimentació (10 ml de mostra per al fitoplàncton; filtrat de 10 l de mostra a través d'una malla de 50 μ m per al zooplàncton).

RESULTATS

1. Règim hidrològic

A la figura 3 es presenten els valors mensuals de pluja i evaporació potencial mesurats a l'estació meteorològica de l'Estartit durant l'època de mostreig. El balanç anual és negatiu (550 mm), i més ho ha de ser a la llacuna si es té en compte que l'evaporació potencial és un valor teòric que està per sota de l'evapotranspiració real de llocs rics en plantes helofítiques, que arriben a evaporar fins a 4 l/m² en dies de forta insolació.

Al Ter Vell hi ha, en primer lloc, una aportació contínua d'aigua dolça que pro-

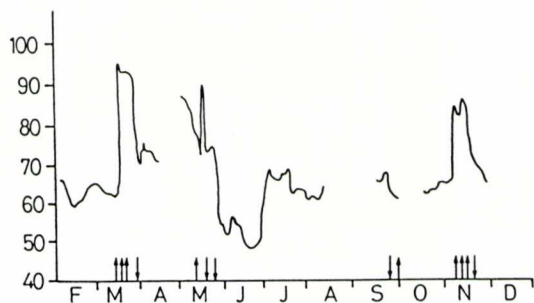


FIG. 4. Variació del nivell de la llacuna, en cm, respecte al nivell mitjà del mar a l'Estartit. Les fletxes cap a dalt indiquen entrada d'aigua de mar; les fletxes cap a baix indiquen els dies que la llacuna es va buidar artificialment (dades no publicades de M. Martinoy).

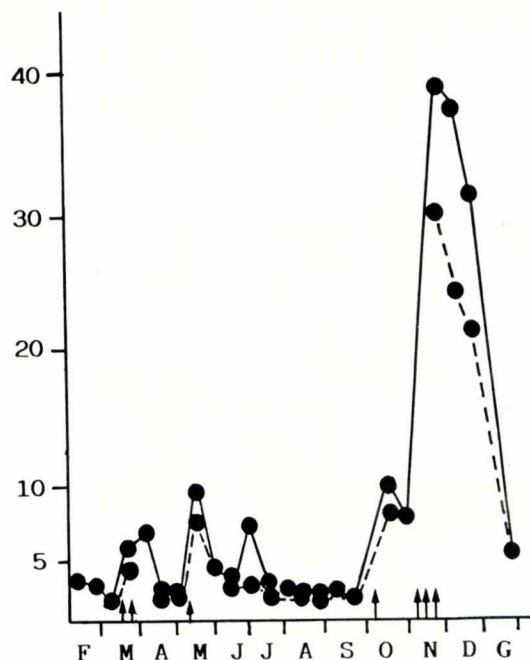


FIG. 5. Variació de la conductivitat, en mS/cm, durant l'època de mostreig; les fletxes indiquen els dies que hi hagué temporal de llevant. Línia contínua, cubeta nord; línia discontinua, cubeta sud.

vé del conjunt de canals de regadiu que hi desemboquen pel vèrtex oest (fig. 1). A l'hivern, a més, hi entra aigua de mar superficial quan hi ha temporals de llevant (l'any 1984 foren especialment intensos els temporals dels dies 5, 9 i 11 de novembre; figs. 4 i 5). Als mesos d'estiu, dos

canals abocaven a la llacuna aigües residuals (fig. 1). També hi hagueren durant aquest any abocaments aïllats d'aigua residual quan es produïen pèrdues a la depuradora de l'Estartit, situada al costat de la llacuna, que afectaven sobretot la cuberta nord, més interior i més propera a la depuradora.

En les condicions més habituals no hi ha flux de la llacuna cap al mar, per la qual cosa les pèrdues d'aigua es poden produir només per la filtració subterrània i per evapotranspiració; aquesta és lògicament més important a l'estiu, quan hi ha major radiació solar junt amb una intensa activitat biològica, i a l'hivern, quan bufa fort la tramuntana. Ocasionalment i de forma artificial es produeix un flux d'aigua de la llacuna cap al mar, quan les pluges i els temporals de llevant inunden el tros de platja que separa el Ter Vell del mar. Aleshores s'obre una rasa a la línia de costa que buida la platja inundada. D'aquesta manera es buida també una mica la llacuna (fig. 4), però la sortida es tanca de seguida de forma natural per dipòsit de sorres. El mateix succeeix de forma natural quan la llacuna és massa plena i sobreix.

Durant el període d'estudi succeí un fet molt poc comú: els primers dies de gener de 1985, a causa de les temperatures extremament baixes, la superfície de la llacuna va quedar totalment glaçada.

2. Paràmetres físics i químics

Els increments de la conductivitat (figura 5) reflecteixen les intrusions marines que es donaren al llarg de l'any. En èpoques de calma, la conductivitat disminuïa progressivament a causa de l'aportació d'aigua dolça pels canals d'alimentació. La conductivitat va ser sempre inferior a la cubeta nord (entre 1 i 30 mS/cm), més allunyada del mar, que a la cubeta sud (entre 1,35 i 39 mS/cm), encara que tendia a igualar-se sobretot a l'estiu.

Els valors d'alcalinitat (fig. 6) eren sempre molt elevats als dos punts de mostreig, normalment propers a 4-5 meq/l, amb màxims de més de 7 meq/l (7,7 meq/l, el 25-1-85, a la cubeta sud). A la cubeta sud l'alcalinitat s'apropava als valors normals a l'aigua de mar quan hi havia hagut recentment una intrusió marina important (7-10-84, 10-12-84).

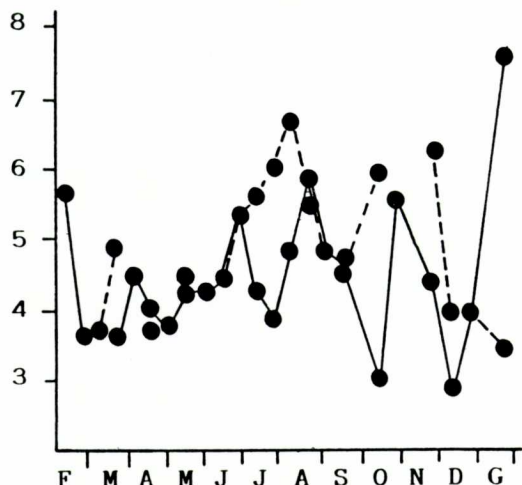


FIG. 6. Variació anual de l'alcalinitat, en meq/l. Línia contínua, cubeta nord; línia discontinua, cubeta sud.

La concentració de fòsfor reactiu soluble era molt alta, sempre superior a 1 $\mu\text{g-at P-PO}_4/\text{l}$ i normalment es trobaven valors per sobre de 4 $\mu\text{g-at/l}$. No hi havia diferències significatives entre les dues cubetes, però generalment es trobaven valors més alts a la cubeta nord. Sí que s'observava, en canvi, un comportament diferent del fòsfor segons l'època de l'any. A l'estiu, s'observaren els valors més alts (el valor més baix registrat va ser de 12,16 $\mu\text{g-at/l}$ a la cubeta sud, el 23-6-84; el màxim fou de 48,3 $\mu\text{g-at/l}$ a la cubeta nord, el 18-8-84). L'augment es va iniciar el juny i el màxim va ser el juliol i agost, quan hi hagué una aportació important d'aigua pels canals d'aigües residuals. A l'hivern la concentració de fòsfor era molt inferior (entre 2 i 9 $\mu\text{g-at/l}$) i només va augmentar quan varen esdevenir-se els temporals de llevant (fins a 14,66 $\mu\text{g-at/l}$, el 24-11-84, a la cubeta sud). A la cubeta sud les concentracions de fòsfor estan correlacionades positivament i significativa amb la conductivitat durant el període de tardor i hivern, la qual cosa no succeeix amb les dades dels mesos de primavera i estiu (fig. 8).

Les concentracions de nitrogen inorgànic oxidat dissolt (fig. 9) eren molt baixes durant tot l'any (màxim de N-NO_3 : 1,35 $\mu\text{g-at/l}$, el 12-5-84; màxim de N-NO_2 : 1,53 $\mu\text{g-at/l}$, el 3-3-84, ambdós a la cubeta sud), principalment a l'estiu (sempre per sota

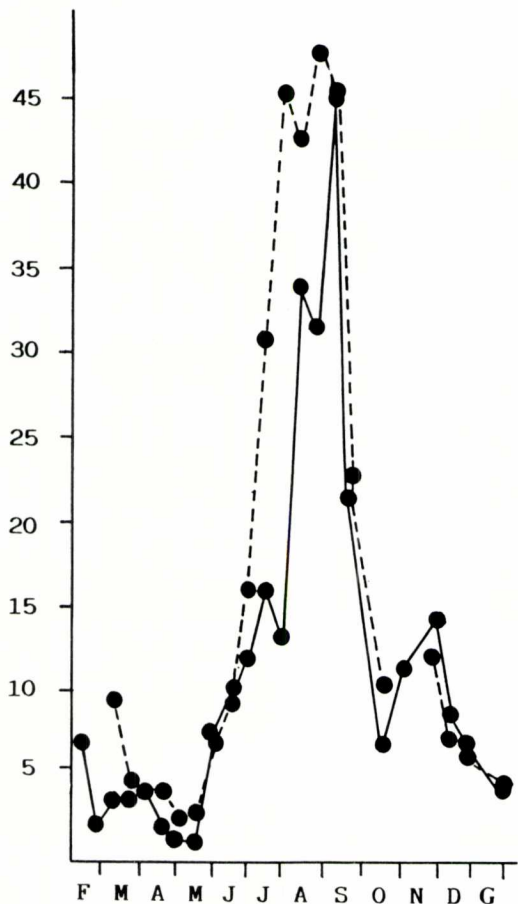


Fig. 7. Variació anual de la concentració de fòsfor reactiu soluble en $\mu\text{g-at P-PO/l}$. Línia contínua, cubeta nord; línia discontinua, cubeta sud.

de $0,5 \mu\text{g-at/l}$, tant de NO_2 com de NO_3). No es varen fer anàlisis sistemàtics d'amoni durant l'època de mostreig, però les anàlisis fetes en èpoques posteriors indiquen que la concentració d'amoni és superior ($13,29 \mu\text{g-at N-NH}_4/\text{l}$ a la cubeta sud i $33,29 \mu\text{g-at/l}$ a la nord, el juliol de 1986; $10,76 \mu\text{g-at/l}$ a la cubeta sud i $17,125 \mu\text{g-at/l}$ a la nord, el setembre del mateix any).

3. Fitoplàncton

A la figura 10 és representada la variació anual de la concentració de fitoplàncton. El nombre de cèl·lules per mil·límetre

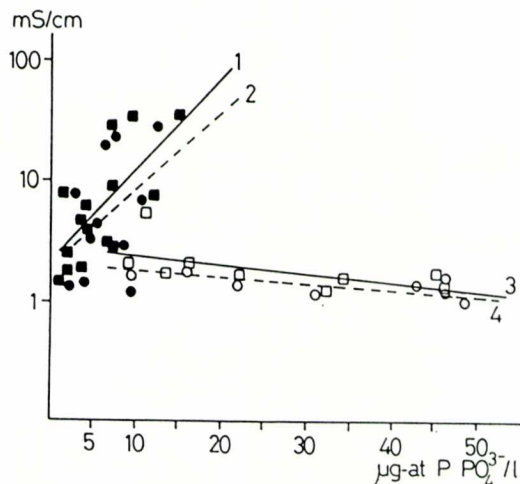


Fig. 8. Relació entre la conductivitat i la concentració de fòsfor reactiu soluble segons l'època de l'any. Quadrats: cubeta nord; cercles: cubeta sud; en negre, mostres entre octubre i maig; en blanc, entre juny i setembre. Rectes: 1, correlació ($r=0,65$, $p \leq .01$) a la cubeta sud a l'hivern; 2, correlació ($r=0,40$, no significativa) a la cubeta nord a l'hivern; 3, correlació ($r=-0,50$, no significativa) a la cubeta sud a l'estiu; 4, correlació ($r=-0,64$, $p \leq .01$) a la cubeta nord a l'estiu.

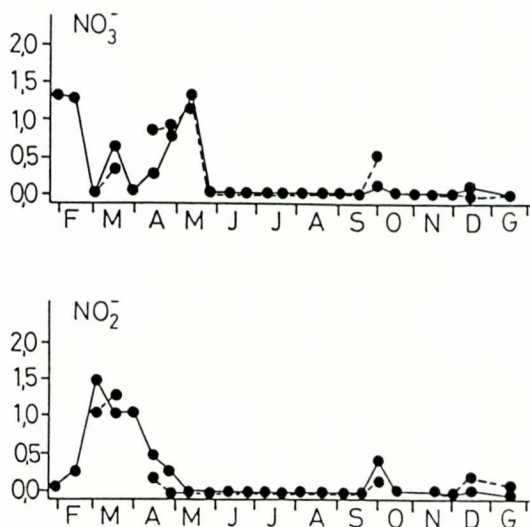


Fig. 9. Variació anual de la concentració de nitrats i nitrits en $\mu\text{g-at N/l}$. Línia contínua, cubeta nord; línia discontinua, cubeta sud.

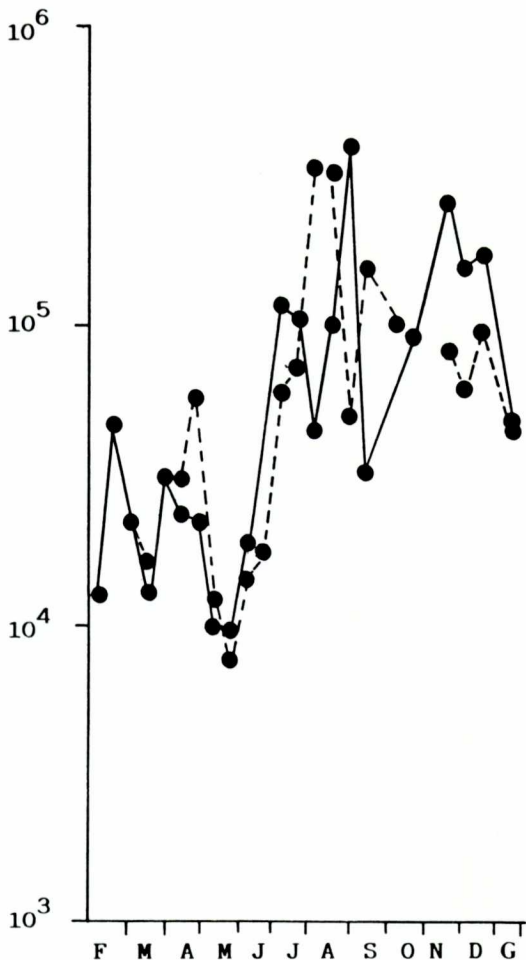


FIG. 10. Variació anual de la concentració de fitoplàncton, en cèl./ml. Línia contínua, cubeta nord; línia discontinua, cubeta sud.

era molt més alt a l'estiu, amb màxims de $4,1 \times 10^5$ cèl./ml a la cubeta sud, l'1-9-84, i de $3,4 \times 10^5$ cèl./ml a la nord, el 4-8-84. A l'hivern el nombre de cèlules era molt menor (entre 1 i 6×10^4 cèl./ml), però les poblacions augmentaven notablement quan es produïen forts temporals de llevant (entre 6 i 8×10^4 cèl./ml, el novembre i desembre, època en què els temporals foren especialment forts). Les tres fases distingibles —estiu, hivern, temporals— es corresponen amb les que apareixen a la gràfica de les variacions estacionals de la concentració de fòsfor reactiu soluble (fig. 7).

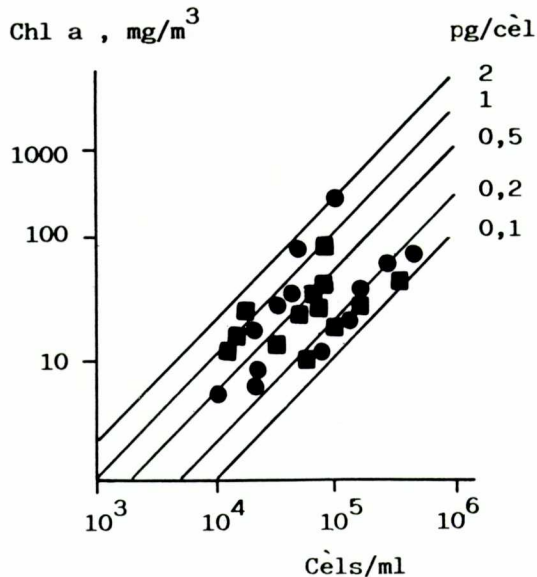


FIG. 11. Relació entre les concentracions de clorofilla *a* i de fitoplàncton durant l'època de mostreig. Cercles, cubeta sud; quadrats, cubeta nord.

La quantitat de clorofilla *a* per cèlula, quocient entre les concentracions de clorofilla *a* i de cèlules, oscil·lava entre 0,1 i 2 pg/cèl. (fig. 11). Aquests valors, relativament baixos, són normals si hom té en compte la grandària de les espècies de fitoplàncton que poblen la llacuna (més del 60% de les cèlules tenen la dimensió major inferior a $5 \mu\text{m}$). L'índex de pigments D_{430}/D_{665} era sempre baix, oscil·lava poc (entre 1,40 i 2,75 durant tot l'any als dos punts de mostreig) i les seves variacions no mostren correlació amb la concentració de clorofilla *a*.

Poblen la llacuna espècies eurihalines, típiques d'aigües salobres, amb fluctuacions freqüents de salinitat i eutròfiques. A la figura 13 es representa l'abundància relativa dels diferents grups taxonòmics majors. En total s'identificaren 159 espècies; els grups més representats quant a nombre d'espècies varen ser les clorofícies (53 espècies) i les diatomees (40 espècies). Les clorofícies també varen ser durant gairebé tot l'any la classe més abundant als dos punts de mostreig. L'espècie més característica per la seva abundància i per la seva presència al llarg de tot l'any va ser una clorococcal del gènere *Nannochloris*, que desenvolupà poblacions

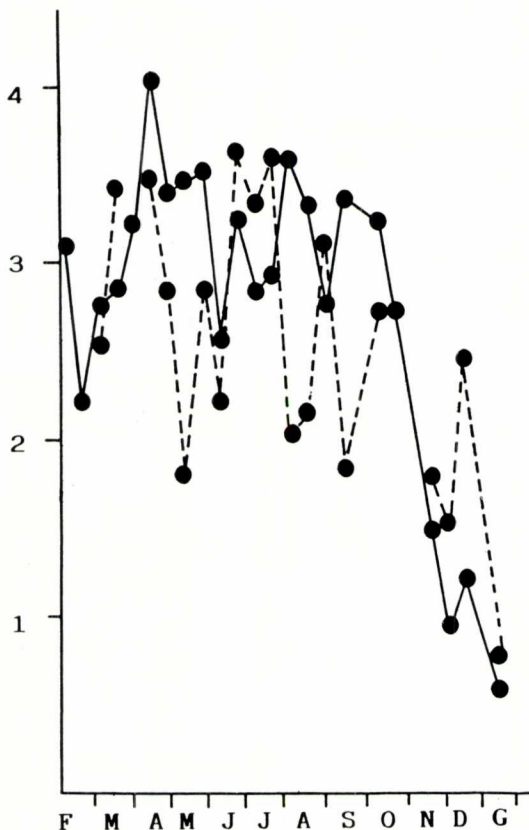


FIG. 12. Variació anual de l'índex de diversitat del fitoplàncton en bits per individu. Línia contínua, cubeta nord; línia discontinua, cubeta sud.

molt denses durant tot l'any. Els màxims foren a l'estiu ($1,5 \times 10^5$ cèl./ml a la cubeta sud, l'1-9-84) i a l'hivern, quan els temporals de llevant augmentaven la salinitat i la concentració de nutrients mitjançant la barreja del sediment ($1,4 \times 10^5$ cèl./ml a la cubeta sud, els dies 10-12-84 i 27-12-84).

Les espècies acompanyants eren diferents segons l'època de l'any i es poden distingir dues èpoques ben marcades: d'aigües càlides (entre maig i setembre) i d'aigües fredes (entre octubre i maig).

Als mesos càlids eren nombroses altres espècies de clorococals, principalment *Monoraphidium minutum* que arribava a ser l'espècie més abundant quan la salinitat era mínima ($1,6-1,8 \times 10^5$ cèl./ml a la cubeta nord, entre agost i setembre). També *M. griffithii*, *M. contortum*, *Actinastrum hantzschii*, *Dictyosphaerium pulchellum*,

Crucigenia tetrapedia, *Didymocystis planctonica* i *D. inermis* desenvolupaven poblacions nombroses durant aquesta època.

Diferents euglenals, encara que escasses, representaven per la seva grandària una part important de la biomassa del fitoplàncton. Les espècies més comunes en aquesta època eren *Lepocinclis ovum*, *L. playfairiana*, *Cryptoglena pigra*, *Trachelomonas volvocina* i *Euglena variabilis*. Algunes espècies de diatomees (*Cyclotella kützingiana*, *Fragilaria construens* var. *venter*, *Synedra affinis*, *Navicula cincta*, *Bacillaria paradoxa* i *Nitzschia palea*) eren també molt abundants a l'estiu. A la cubeta nord, a causa de la seva menor profunditat, hi apareixien més diatomees bentòniques.

Altres espècies comunes a l'estiu eren *Spermatozopsis exultans*, *Cryptomonas ovata*, *C. erosa*, *Chroomonas nordstedtii* i diverses espècies del gènere *Ochromonas*. Les xantofícies apareixien sempre en escàs nombre i només a la primavera i a l'estiu. Les espècies principals eren *Ophioctyum capitatum*, *Centritractus ellipsoideus* i *Tetraplektron acutum*.

A finals de l'estiu es desenvolupaven cianofícies, principalment de les espècies *Merismopedia minima* i *Chroococcus minor*.

Als mesos freds rarejaven totes les espècies de clorococals exceptuant *Nannochloris* sp., i apareixien moltes volvocals, com *Dunaliella* sp., *Pedinomonas minutissima*, *Carteria* sp. pl. i *Chlamydomonas* sp. pl. Altres espècies comunes a l'hivern eren *Hemiselmis rufescens*, *Pseudopedinella pyriforme*, *Ochromonas* sp. pl., *Euglena proxima*, *Thalassiosira fluviatilis*, *Navicula incerta* i *Amphiprora alata*.

A finals d'any, l'entrada d'aigua de mar va causar canvis notables en la composició específica. En aquests temps apareixien noves espècies d'aigües més salades i marines. Els dinoflagel·lats es varen convertir en la classe més abundant i eren representats principalment per l'espècie *Katodinium rotundatum*, amb més del 90 % del total d'algues presents ($4,5 \times 10^4$ cèl./ml a la cubeta sud, el 25-1-85). Hi apareixien també altres dinoflagel·lats com *Oxyrrhis marina*, *Glenodinium* sp. i *Peridinium* sp.

També són típiques d'aquesta època *Navicula spicula*, *Pyramimonas orientalis* i les altres espècies d'hivern ja citades.

Les diatomees eren molt nombroses a

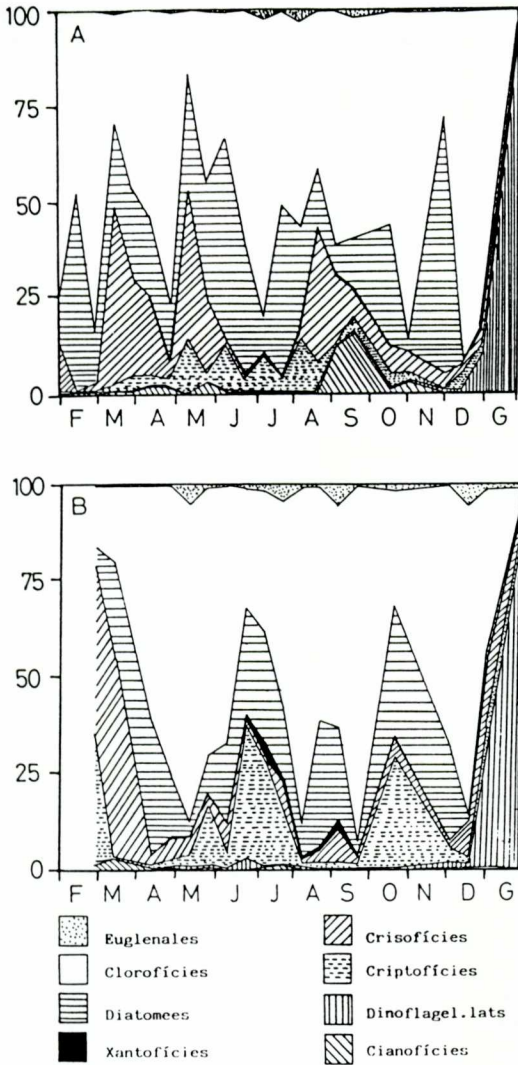


FIG. 13. Variació anual de la composició (percentual) del fitoplàncton del Ter Vell.

la primavera i a la tardor a causa del creixement massiu de *Thalassiosira nana* ($1,8 \times 10^4$ cèl./ml a la cubeta sud, el 24-11-84) i d'algunes diatomees bentòniques com *Navicula cryptocephala* i la seva varietat *veneta*, *N. gregaria*, *N. salinarium*, *N. pygmaea* i *Nitzschia frustulum*.

L'índex de diversitat de Shannon-Weaver (fig. 12) variava estacionalment i disminuïa quan hi havia canvis en les característiques de l'aigua. Generalment, que-

dava entre 2 i 4 bits per individu, però arribava a ser inferior a 1 durant el període dels temporals.

4. Zooplàncton

Les comunitats de zooplàncton retinudes a la malla de $50 \mu\text{m}$ es componien bàsicament de rotífers i crustacis. Hi havia una clara diferència en la composició específica entre les poblacions que colonitzaven la llacuna a l'època estival (maig-setembre) i les que l'ocupaven a l'època freda (octubre-maig).

A l'estiu predominaven els rotífers del gènere *Brachionus*: *B. calyciflorus* f. *amphiceros* (màxim de 626 en 10 l a la cubeta sud, el 15-9-84), *B. plicatilis* (15.440 en 10 l a la cubeta sud, el 23-6-84), *B. angularis* (2.053 en 10 l a la cubeta nord, el 23-6-84) i *B. quadridentatus* (45 en 10 l a la cubeta sud, el 26-5-84), junt amb el depredador *Asplanchna intermedia* (64 en 10 l a la cubeta sud, el 15-9-84).

Els crustacis hi eren presents en menor quantitat d'individus i d'espècies. *Moina micrura* i *Ceriodaphnia* sp. eren les espècies de cladòcers que apareixien a l'estiu. *Acanthocyclops* g. *vernalis* representava els copèpodes encara que generalment eren formes juvenils (nàuplius i copepodets) i hi havia molt pocs individus adults (màxim de 34 en 10 l a la cubeta sud, el 23-6-84; els altres dies no més de 2 adults en 10 l). Els ostràcodes eren molt escassos i durant l'estiu només es trobaren formes juvenils.

Els rotífers abundants a l'hivern eren espècies dels gèneres *Colurella* —*C. colorus* (115 en 10 l a la cubeta nord, el 18-3-84) i *C. adriatica* (344 en 10 l a la cubeta nord, el 25-1-85)— i *Testudinella* —*T. patina* (88 en 10 l) i *T. clypeata* (776 en 10 l, ambdós a la cubeta sud, el 3-3-84). També *Notholca squamula* (6.568 en 10 l a la cubeta nord, el 27-12-84), *Synchaeta* sp. (4.747 en 10 l a la cubeta sud, el 4-2-84), *Epiphanes brachionus* (388 en 10 l, el 10-12-84) i *Brachionus calyciflorus*.

Acompanyaven aquests rotífers els cladòcers *Chydorus sphaericus* (100 individus en 10 l, el 18-3-84, a la cubeta nord) i *Simocephalus exspinosus*, el copèpode *Diacyclops bicuspidatus* i la seva subespècie *odessanus* —també, com a l'estiu, hi predominaven les formes juvenils— i, ocasionalment, l'ostràcode *Strandesia* sp.

Alguns rotífers com *Keratella quadrata*, *K. cochlearis*, *Lepadella ovalis*, i *Platyas quadricornis* apareixien a la primavera i a la tardor, sempre en molt baixa concentració.

A l'època dels temporals es va observar la presència d'algunes espècies de copèpodes típiques d'aigües més salades, com el calanoide *Acartia clausii* i algun copepodet d'harpacticoides.

L'índex de diversitat del zooplàncton va variar entre 0,56 i 3,95 bits per individu. Les variacions de la diversitat eren menys freqüents però més amples que les que s'observaven en el fitoplàncton.

DISCUSSIÓ

Les característiques de les aigües d'alimentació del Ter Vell, l'escassa circulació de l'aigua i la poca profunditat de la llacuna han causat un augment del seu grau d'eutròfia, afavorint l'acumulació de sediment orgànic i anaerobi en el fons i accelerant el procés de reblliment de la llacuna. L'expansió del canyissar (fig. 2) coincideix amb l'inici dels abocaments d'aigües residuals a la llacuna, provinents de les urbanitzacions dels voltants —iniciades l'any 1965—; de l'antiga depuradora de l'Estartit —construïda l'any 1965 i que abocava directament a la llacuna— i, posteriorment, de les pèrdues de la nova depuradora —en funcionament des de l'any 1975. L'expansió del canyissar s'ha alenit els darrers anys (1980-1987, fig. 2) possiblement a causa de la reducció dels abocaments d'aigües residuals i de la major profunditat de les zones d'aigua lliure que encara resten.

Les diferències en el règim hídric determinen l'existència de dues èpoques clarament diferenciades, l'estival (maig-setembre) i la hivernal (octubre-maig).

A l'estiu falten completament els temporals i s'incrementen les aportacions d'aigües residuals, amb la qual cosa augmenta la concentració de fòsfor reactiu soluble (fig. 7) i desapareixen els compostos oxidats de nitrogen (fig. 8). Les condicions ambientals són aptes perquè hi hagi una important desnitrificació, que no ha estat comprovada en aquest cas, però que es produeix en ambients similars (VALIELLA, 1984). Durant aquesta època hi ha un

procés d'acumulació de matèria orgànica i de nutrients no mineralitzats al sediment.

A l'hivern, les aportacions de nutrients pels canals d'alimentació són molt menors encara que els valors de fòsfor continuen essent alts. Els temporals aporten aigua marina i per turbulència es remena el sediment de la llacuna. S'afavoreix així el pas de materials dipositats en el fons anòxic a l'aigua lliure, on poden ser oxidats i, probablement, afavoreixen també la difusió del sediment a l'aigua lliure, ja que l'aigua que entra és marina i, per tant, amb baixa concentració d'elements nutritius comparada amb l'aigua intersticial del sediment. Per això, la concentració de fòsfor a les aigües superficials té una correlació positiva amb la conductivitat durant els mesos freds. La correlació inversa entre ambdós paràmetres durant els mesos càlids, encara que sigui de més baixa significació, podria tenir explicació en el procés de remineralització de matèria orgànica dipositada en sediments reductors que és freqüent a l'estiu en aquest tipus d'ambients (NIXON, 1982).

Tant l'entrada d'aigua residual, a l'estiu, com l'entrada brusca d'aigua de mar, que remena el fons, a l'hivern, creen una situació de característiques distròfiques i un ambient fortament reductor a profunditats mínimes, com ho demostra la falta de compostos oxidats de nitrogen i el fet que la relació NO_3/PO_4 és sempre inferior a 1. El caràcter puntual dels temporals i, per tant, dels canvis de salinitat és un factor més d'inestabilitat que afavoreix les espècies oportunistes. Aquests canvis es reflecteixen en descensos dels índexs de diversitat del zooplàncton i del fitoplàncton, en aquest últim de forma més acusada per la resposta més immediata de les seves poblacions als canvis dels factors ambientals físics i químics. L'espècie predominant del fitoplàncton, *Nannochloris* sp., s'ha citat com a espècie típica d'aigües distròfiques, amb abundant matèria orgànica, i riques en compostos reduïts de nitrogen, com amoni i urea, els quals utilitza com a font de nitrogen (BOUTIÈRE *et al.*, 1982), i resisteix també valors alts de salinitat.

La concentració tan baixa de compostos oxidats de nitrogen dissolt contribuiria a atorgar-li el paper d'element limitant del creixement del fitoplàncton. Falten, però, cianofícies fixadores de nitrogen gasós,

TAULA II. Comparació de diferents paràmetres indicatius del grau d'eutròfia a diferents llacunes costaneres de la Mediterrània.

	$\frac{\mu\text{g-at}}{\text{P-PO}_4^3\text{-/l}}$	$\frac{\mu\text{g-at}}{\text{N-NO}_3\text{-/l}}$	$\frac{\mu\text{g-at}}{\text{N-NH}_4\text{/l}}$	Fitopl. cèl/ml	mg chl a/m ³
Ter Vell	1,07 - 48,33	0 - 1,35		$7,69 \times 10^3$ - $4,15 \times 10^5$	5 - 89
Albuf. València (1)	1 - 50	0 - 1,5		$2,0 \times 10^5$ - $2,5 \times 10^6$	200 - 800
Salses (2) *	0,05 - 1,2	0,1 - 1,5		$1,0 \times 10^5$ - $2,0 \times 10^5$	3 - 10
Encanyissada (2)	0,25 - 4	0 - 27	2,5 - 68	$1,3 \times 10^4$ - $2,7 \times 10^6$	6,9 - 164
Tancada (3)	0,05 - 1,2	0 - 16	0,5 - 50	$6,64 \times 10^2$ - $1,3 \times 10^5$	2,2 - 43
Buda (3)	0,01 - 2	0 - 11		$4,0 \times 10^2$ - $2,5 \times 10^5$	1,5 - 24
Adra (4)	0,01 - 0,33	0,25 - 2,42		$4,7 \times 10^4$ - $1,24 \times 10^5$	—
Sant Llorenç (4)	0,05 - 0,52	0,1 - 60		$2,0 \times 10^3$ - $6,6 \times 10^4$	—
Es Grau (5)	0,05 - 11	0,4 - 2,45		$5,0 \times 10^3$ - $3,5 \times 10^6$	8,7 - 241

(1) MIRACLE (1984); (2) BOUTIÈRE *et al.* (1982); (3) COMÍN (1984); (4) Dades personals inèdites i de LÓPEZ (1983); (5) PRETUS (1985). * Només dades de juny a novembre de 1980.

molt abundants a altres llacunes costaneres (COMÍN, 1984; MIRACLE *et al.*, 1984) que es veurien afavorides per la falta de nitrogen inorgànic dissolt combinat.

L'existència de dues èpoques ben diferents des del punt de vista hidrològic es reflecteix en les comunitats planctòniques, principalment en el zooplàncton, que per la seva major inèrcia és indiferent als canvis petits. Les espècies dominants —sempre característiques d'aigües molt eutròfiques— són diferents a les dues èpoques (a l'estiu, *Monoraphidium minutum* i *Fragilaria construens* var. *venter* al fitoplàncton, *Brachionus angularis* i *B. plicatilis* al zooplàncton; a l'hivern, *Katodinium rotundatum*, *Hemiselmis rufescens* i *Thalassiosira nana* al fitoplàncton, *Notolca squamula* i *Synchaeta* sp. al zooplàncton. Només *Nannochloris* sp. és abundant durant tot l'any.

Al fitoplàncton, darrera aquestes espècies més abundants, s'hi observa com emmascarat el que podria ser el seu cicle anual en condicions més estables, amb la presència d'algunes espècies predominants en altres llacunes costaneres (CALJON, 1983; COMÍN, 1984) que aquí passen a segon terme: a la primavera i la tardor proliferen les diatomees, que són substituïdes a l'estiu per diferents espècies de clorococals (*Monoraphidium contortum*, *Dictyosphaerium pulchellum*). A finals d'estiu apareixen les cianofícies (*Meris-*

mopedia minima) abans del boom tardorenc de diatomees. A l'hivern són abundants algunes volvocals (*Dunaliella* sp., *Chlamydomonas* sp.) i, si la salinitat és molt alta, dominen els dinoflagel·lats (*Glenodinium* sp.), alguns dels quals són característics d'aigües riques en matèria orgànica (*Oxyrrhis marina*). Hi faltin, en canvi, algunes espècies típiques en altres llacunes costaneres, com les cianofícies fixadores de nitrogen atmosfèric o, entre el zooplàncton, el copèpode *Calanipeda aquae-dulcis*, tot i que els nivells de salinitat són els adequats per a aquestes espècies. L'explicació de la falta d'aquestes espècies requeriria un estudi detallat.

Els valors comparats de diferents paràmetres indiquen un avançat procés d'eutrofització al Ter Vell, únicament superat per l'albufera de València (taula II). El petit volum d'aigua del Ter Vell i la limitació de l'intercanvi amb el mar accentuen el caire d'ecosistema desviat per accions alienes a les característiques d'un ecosistema aquàtic costaner.

AGRAÏMENTS

A M. Martinoy per la col·laboració en la recollida de mostres i l'elaboració de dades. A J. Pascual per permetre disposar de les dades climatològiques. A la CICYT (programa 16/84.C02.02).

BIBLIOGRAFIA

- BOUTIÈRE, H. 1982. Effet d'une crise dystrophique dans l'étang de Salses-Leucate. *Oceanologica Acta*, 4 (suppl.): 231-242.
- CALJON, A. G. 1983. Brackish-water phytoplankton of the Flemish lowland. *Developments in Hydrobiologie*, 18: 272 pp.
- CAMPS, J. 1976. *El Ter*. Destino. Barcelona.
- COMÍN, F. A. 1984. Características físicas, químicas y fitoplancton de las lagunas costeras Encañizada, Tancada y Buda (Delta del Ebro). *Oecologia aquatica*, 7: 79-157.
- LÓPEZ, P. 1983. *Aguas salinas epicontinentales próximas a la costa mediterránea española. Estudio del medio*. Tesis doctoral. Universidad de Barcelona.
- MARGALEF, R. 1977. *Limnología de los embalses españoles*. Ministerio de Obras Públicas. Madrid.
- MIRACLE, M. R. 1984. Heterogeneidad espacial de las comunidades fitoplanctónicas de la Albufera de Valencia. *Limnetica*, 1: 20-31.
- NIXON, S. W. 1982. Nutrient dynamics, primary production and fisheries yields of lagoons. *Oceanologica Acta*, 4 (suppl.): 357-371.
- PELLA, J. 1883. *Historia del Ampurdán*. Tasso y Serra. Barcelona.
- PRETUS, J. 1985. *Limnología de l'Albufera d'Es Grau (Menorca). Aportacions a l'estudi del cicle anual*. Tesis de Llicenciatura. Universitat de Barcelona.
- ROS, J. D. 1987. El Mar Menor: fisiografía y biota acuática de una laguna hipersalina y su evolución reciente. En: *Bases científicas para la protección de los humedales en España* 237-256. Real. Acad. Cienc. Exactas, Físicas y Naturales. Madrid.
- VALIELA, I. 1984. *Marine ecological processes*. Springer. New York.