

# Estudi químic de la dinàmica de les aigües litorals del delta del Millars a l'estiu del 1989

G. MONRÓS, V. L. OLIVER,  
J. CARDA, M. A. TENA

## 1. — INTRODUCCIÓ.

La quantitat d'espècies animals que viuen a la mar és molt major que la d'espècies d'aigua dolça, ni tan sols un equinoderm viu a l'aigua dolça i els cefalòpodes són també exclusivament marins (BALDWIN, 1966 a, pp. 13-17). La raó fonamental d'aquest fet sembla estar en relació amb què en l'estat larvari (els insectes són una excepció notable) poden trobar amb facilitat aliment (les microscòpiques algues diatomees) i sobretot la facilitat d'obtenció de sals a partir de l'aigua marina; per exemple cada ou de sèpia sols conté 0'8 mg. de cendres al començament del seu desenvolupament i no menys de 3'3 mg. al final, per tant tres quartes parts del total d'aquestes cendres han estat obteses de la mar. Sols adaptacions evolutives que possibiliten eliminar aquest període larvari han permès a la vida colonitzar la terra on l'accés a les sals es torna difícil.

El manteniment d'un equilibri iònic, és a dir, un equilibri en la concentració de sals a les aigües marines és, doncs, fonamental per al manteniment dels ecosistemes marins.

La concentració de sals a les aigües de mar varia àmpliament, tanmateix podem donar una anàlisi mitjana tot comparant-la amb l'anàlisi d'una aigua potable habitual (BALDWIN, 1966 a, p. 15).

	ION	Na <sup>+</sup>	K <sup>+</sup>	Ca <sup>+2</sup>	Mg <sup>+2</sup>	Cl <sup>-</sup>	SO <sub>4</sub> <sup>-</sup>	CO <sub>3</sub> <sup>-</sup>
MAR	g/l.	10,7	0,39	0,42	1,31	19,3	2,69	0,073
POTABLE	g/l.	0,02	—	0,01	0,005	0,02	0,01	0,012

L'accés a les sals és 100 vegades més difícil en l'aigua dolça que en l'aigua marina d'acord amb les dades anteriors.

L'objectiu d'aquest treball és conèixer quines són les característiques químiques de les aigües marines a ambdues marges del delta del Millars i conèixer com evolucionen al llarg d'un període de temps determinat.

### 1.1. El delta del Millars.

La construcció de «La Plana» és obra fonamentalment del Millars que l'ha feta carregant al.luvions des de l'interior fins al seu desguàs en la Mediterrània. L'intens al.luvionament del riu camufla la forma triangular del seu delta. La forma de la costa ve influïda també per l'acció geològica de la mar; el corrent paral.lel del NE i el derivat del vent de llevant arrosseguen les arenas i determinen la forma arrodonida del delta (PERIS et al., 1985, p. 11).

La construcció del port de Castelló i d'espigons al terme d'Almassora han fet que les arenas s'acumulen al nord (Pinar de Castelló i Benicàssim) i al sud han produït un retrocés de la costa per efecte d'arrossegament. Això ha motivat la desaparició de les platges i dunes litorals des del Serrallo fins al desguàs del riu.

La geologia del delta es pot resumir amb:

a) Mantells de ramblada a ambdues parts del delta i allunyats de la costa integrats per argiles roges i còdols fluvials. Altres mantells més moderns d'aquest tipus es troben dins el buc del riu.

b) Dipòsits d'origen marí en la línia de costa.

c) Dipòsits mixtes marino-continentals. Són el ventall al.luvial del delta integrat per argiles roges i còdols de riu que es troben a ambdues marges del delta i més prop al buc que els mantells (a). Els sondejos indiquen una profunditat de 150 m. el que fa pensar en una certa subsidència a la zona i, per tant, en una costa en submersió recent per aportació fluvial que contribueix a pal.liar el retrocés que el mar produeix.

Tots els materials són quaternaris; els a i c més antics de l'holocé i els b més recents del pleistocé.

A la zona els vents predominants són el gregal (NE) i el garbí (SO). Els temporals de llevant afavoreixen, amb la seua acció d'arrossegament i dipòsit, la formació i conservació del cordó litoral on es pot observar un seriament d'esglaons produïts pels més recents temporals.

La preservació dels cordons litorals no és tan sols una demanda estètica sinó ecològica i per tant en últim terme econòmica. En efecte a través dels cordons litorals de sorra i còdols es filtra aigua salada de la mar cap les marjals interiors. En aquestes marjals es genera una disposició de capes d'aigua dolça procedent de les aportacions fluvials sobre l'aigua salada filtrada en raó de la seua densitat; més dens al fons i menys a la superfície (PERIS et al., 1985 a, p. 50). En aquesta situació la salinitat creix de baix a dalt i n'hi ha un nivell de discontinuïtat en la salinitat que s'anomena quemoclima. Si l'aportació d'aigua dolça baixa o els cordons litorals són massa permeables per una dolenta conservació o destrucció, el nivell del quemoclima puja i les marjals es salinitzen amb tot el que això comporta de negatiu per l'agricultura i l'ecologia de la zona.

A la Fig. 1 es mostra la morfologia de les platges a la zona del delta del Millars. A la figura es denota com el cordó de còdols o de sorra es fonamental per la preservació de les zones de marjal, així mateix s'observa que al nord, on el cordó és de sorra i l'erosió és menys forta, els problemes d'aiguamoll i de salinització són de menor intensitat que al sud amb platges de còdols sotmeses a una erosió marina més intensa i en franca regressió.

## 1.2. L'estiu 89: clima i pluges.

Al plànol d'incidències estiu 89 es resumeixen les dades de climatologia i pluges. En les dades de pluja s'indiquen de forma esquematitzada els dies de pluja a la zona del delta del Millars i la seua intensitat, a més a més, s'indiquen dades de pluja recollides en tres punts d'observació que envolten el delta del Millars; Borriana (dades recollides de les informacions del diari *Mediterráneo*), Castelló (dades recollides de l'article de BIOSCA et al., 1990, p. 5 al *Butlletí d'Informació Municipal de Castelló*) a ambdues marges del delta i a l'observatori de La Lloma a l'Alcora (dades recollides del butlletí d'informació local l'*Alcora Avui* de l'Institut Nacional de meteorologia) al cabdal del delta. L'estiu 89, com tot l'any, ha estat, des de la perspectiva de pluges, un estiu atípic amb un juliol sec, un agost humit encara que per sota de la mitjana dels darrers 50 anys i un setembre que amb 300 mm. de pluja té el rècord dels darrers 50 anys i possiblement del segle.

A les dades de vents és de notar el predomini del gregal tot l'estiu menys al voltant del 31 de juliol que va bufar vent del garbí i del SE.

Les temperatures al període estudiat han estat normals i tan sols és de notar una certa elevació respecte de les mitjanes de les mínimes al mes d'agost (al diari *Mediterráneo* es dia el 23 d'agost que aquestes mínimes podien estar les majors als darrers 150 anys). En aquestos dies és quan la humitat va assolir, com és normal, els valors màxims de tot l'estiu.

Altres incidències que cal constatar són una invasió a les platges de Castelló, entre altres, de les següents espècies per ordre d'abundància observada de visu:

**POSIDÒNIA OCEÀNICA:** La comunitat d'aquesta planta fanerògama és endèmica a la Mediterrània on forma extenses praderes per la superfície del llit sedimentari infralitoral. La posidònia està formada pels rizomes que s'arrelen al fons marí i d'on sorgeixen les fulles allargades. Alguns autors sostenen que les praderes de posidònia són una reliquia del quaternari i degut a la turbidesa de les aigües produïda per la contaminació generalitzada de les costes de la Mediterrània estan en regressió. Quan hi ha temporal els corrents arranquen les plantes i les deixen a les platges on els rizomes són ben visibles.

**CAULERPA PROLIFERA:** És una alga clorofita sifonal que es presenta en fons enfangats junt a la fanerògama cymodocea nodosa. Segons sembla el progressiu enfangament del nostre fons litoral es tradueix en un fort desentrotllament d'aquesta clorofita.

**PADINA PAVONIA:** És una alga feofita típica de zones abrigades de les onades i amb fàcil accés de la llum per a aquesta alga fotòfila (COSTA et al., 1984, pp. 57, 128, 135).

Junt a aquestes espècies hi havia altres menys usuals d'algues roges que no hem considerat per la seua poca abundància.



## 2. — PART EXPERIMENTAL.

A la Fig. 1 s'indiquen els indrets on es van recollir les mostres d'aigua marina: 1 al nord, a la platja del Pinar a Castelló i 2 al sud del delta davant del Grau de Borriana. Es va recollir aproximadament 1 litre d'aigua, a uns 20 m. de la costa, cada 10-15 dies durant els mesos de l'estiu 89.

La caracterització de les aigües es va fer mesurant els següents paràmetres químics:

### 1. Nitrats ( $\text{NO}_3^-$ ).

No és normal la presència d'aquest ion a les aigües marines. L'ion és el resultat de l'autodepuració de les aigües en oxidar l'amoníac ( $\text{NH}_3$ ), producte de la descomposició de residus orgànics, a nitrit ( $\text{NO}_2^-$ ), ion altament tòxic que és ràpidament oxidat a nitrat.

La presència de nitrats a les aigües litorals de la Mediterrània és el resultat de l'introducció d'aquest ion amb les aigües continentals que arrosseguen els abonaments nitrogenats dels cultius de l'horta litoral.

La determinació d'ion nitrat es va fer per colorimetria del compost de la reacció de Griess (BURRIEL, 1972 a, p. 476) reduïnt-lo prèviament a nitrit amb Zn. La Fig. 2 mostra l'evolució de la concentració d'aquest ion a les aigües estudiades.

### 2. Nitrits ( $\text{NO}_2^-$ ).

No deuen haver nitrits a les aigües marines, tanmateix a les aigües litorals poden haver-ne a causa dels abocaments d'aigües residuals de les poblacions costeres. Com ja s'ha dit abans el nitrit és un ion molt tòxic que es produeix en el procés d'oxidació de l'amoníac producte de la fermentació de la matèria orgànica al si de les aigües.

A la Taula I es donen els resultats de les anàlisis efectuades a les aigües estudiades. El mètode de determinació ha estat el de colorimetria en la reacció de Griess amb  $\alpha$ -naftil amina i àcid sulfanilic. No s'han mesurat concentracions superiors a 0,05 ppm, però el fet que la reacció siga positiva en 4 mostres és significatiu i preocupant.

### 3. Clorurs ( $\text{Cl}^-$ ).

L'ion clorur és típic de les aigües marines com es pot veure a la taula d'anàlisi mitjana d'aigua marina.

La seua concentració mesura la salinitat de les aigües marines que, quan les defenses litorals contra la seua intrusió (cordons litorals) són destruïdes, produeixen la salinització de les aigües litorals.

La salinització creix amb la profunditat a la que es troben les aigües marines per efecte de disposició densimètrica, les més denses, és a dir, les més salines, sota i les més lleugeres dalt. A més a més la salinització és major prop de la costa on l'evaporació és major que en mar oberta.

L'ion es va determinar pel mètode de Mohr (AYRES, 1947 a, 352-358) per volumetria amb nitrat de plata i cromat de potasi com a indicador. A la Fig. 3 es presenten les dades analítiques per a aquest ion a l'estiu 89 per a les aigües estudiades.

#### 4. Residu sòlid.

Amb aquest assaig es mesura la quantitat de sòlids (dissolts o col·loides) presents a les aigües. Les aigües tèrboles porten molts sòlids en suspensió que augmenten aquest paràmetre.

La determinació es va efectuar per evaporació de l'aigua, en estufa, a 110° C després es va pesar el residu obtés («B. O. E.», 9 jul. 87). A la Fig. 4 es presenten els resultats obtesos per aquest assaig a les aigües estudiades.

#### 5. Conductivitat.

Amb la conductivitat mesurem la facilitat amb la que l'aigua condueix el corrent elèctric i per tant de forma indirecta la concentració total d'ions presents.

La determinació es va efectuar amb un conductímetre que refereix les dades a 20° C («B. O. E.», 9 jul. 87). A la Fig. 4 es mostra l'evolució de la conductivitat de les aigües.

#### 6. pH.

El pH mesura el grau d'acidesa de l'aigua, valors alts, bàsics, indiquen la presència d'alcalis a l'aigua i valors baixos la de substàncies àcides. En aquest sentit, la presència de matèria orgànica a les aigües produirà un augment en l'acidesa de les aigües.

La determinació es va fer amb un aparell phmetter de 0.01 unitats de pH de sensibilitat («B. O. E.», 9 jul. 87). A la Fig. 5 es presenten les dades relatives a aquest assaig.

#### 7. Duresa.

La duresa mesura la quantitat de carbonats presents a les aigües. Els carbonats són ions usuals a les aigües marines, on cristal·litzen en forma de carbonat de magnesi i calci.

A l'igual que l'ion clorur, a les aigües litorals i fondes la concentració d'aquest ion augmenta.

La duresa es va realitzar per volumetria de  $\text{Ca}^{+2}-\text{Mg}^{+2}$  amb EDTA segons metodologia de Merck (MERCK, 1984). A la Fig. 5 es mostra l'evolució d'aquesta determinació a les aigües estudiades.

A la Taula I es resumeixen les dades de totes les anàlisis.

### 3. DISCUSSIÓ DE RESULTATS.

Comentem en primer lloc els resultats obtesos per a cada paràmetre analitzat.

L'anàlisi de nitrat (Fig. 2) mostra un increment progressiu a les aigües del sud del delta i també al nord menys a la primera quinzena de juliol en els dos casos i la primera d'agost a Castelló. És de notar el fort increment en setembre. El progressiu increment és normal en recollir-se al litoral aigües carregades de nitrats procedents de les aigües de regadiu i residuals riques en aquest ion, més quan més avança l'estiu amb un gran poblament a les zones litorals en aquesta època i amb l'intens regadiu dels cítrics que són abonats en aquests moments. L'augment inesperat de nitrats a Castelló la segona quinzena de juliol és fruit de la invasió de Posidònia, que incrementa la matèria orgànica, i l'oxidació de l'amoníac resultat de la seua putrefacció. El fort increment de setembre a Castelló es deu a les fortes pluges de setembre que arrossegueu els nitrats de l'abonament de l'estiu. El descens al sud del delta no sembla significatiu i es podria deure a una disminució prèvia a l'abonament d'estiu que en certa forma també es pot veure al nord una vegada passada la invasió de Posidònia.

A la Taula I s'indiquen els resultats analítics per a l'ion nitrit. La presència de nitrit a 4 de les mostres estudiades, 2 al nord i 2 al sud, encara que en concentracions no quantificables inferiors a 0.05 ppm indica una contaminació preocupant de les aigües litorals, segurament per abocament d'aigües residuals en tota la zona, i que són superiors a l'estiu donat l'increment de poblament a les zones litorals.

En les dades per al clorur (Fig. 3) s'observa una constància a les aigües del sud entorn als 33 g/l. Al nord es detecta una pujada que coincideix amb la invasió de Posidònia junt a aigües de l'interior i fondes de la mar arrastrades pel temporal que són més salines. També es nota una forta baixada en setembre (de 34 a 15,6 g/l.) produïda per l'entrada d'aigües de pluja. En tot cas es detecta una major salinitat al nord que al sud.

Les dades de residu sòlid (Fig. 4) indiquen una concentració constant per al contingut en sòlids al sud (entorn als 34 g/l.). Al nord la determinació és sensible a la invasió de posidònia que produeix una baixada de 52,9 a 41,4 g/l., les aigües que acompanyaren les posidònies deurien ser del fons infralitoral amb poques substàncies col·loïdals i poc tèrboles encara que més salines (aigües salades clares). El canvi de vents del garbí a gregal entorn al 31 de juliol es tradueix en una pujada de residu sòlid a les aigües del nord, el canvi de vents porta a la zona litoral aigües del fons de mar endins més tèrboles. Les pluges de setembre produeixen, com era d'esperar, una forta baixada en el residu sòlid (de 43,0 a 18,9 g/l.). Al nord el residu sòlid sempre és superior que al sud.

La conductivitat (Fig. 4) mostra una constància tant al nord com al sud (entorn als 14,6 m. al nord i 14,4 al sud), tant sols al setembre les intenses pluges produeixen una baixada moderada de conductivitat al nord (de 14,6 a 13,03 m.). Que la conductivitat es mostre continua és degut al fet que les aigües de mar són dissolucions concentrades d'ions, la ionització de les sals és la que fa conductora a les aigües, a mesura que la concentració de sals puja la mobilitat i el grau d'ionització baixa de forma que a partir d'una certa concentració la conductivitat gairebé no mostra canvis (teoria de Debye Hückel de les interaccions iòniques), així doncs,



malgrat els forts canvis de salinitat de les aigües en setembre la conductivitat canvia sols moderadament.

En tot cas, i d'acord amb les dades de contingut en clorurs, al sud la conductivitat és lleugerament inferior que al nord.

El pH (Fig. 5) mostra una evolució a les aigües del delta al llarg de l'estiu 89 en la qual és de notar la seua constància al sud (entorn a 7,5) i al nord el paràmetre és sensible a la invasió de posidònies amb una baixada de pH; aquesta invasió de matèria orgànica típicament àcida explicaria aquesta baixada. També les aigües del nord mostren una forta pujada de pH coincidint amb els dies de canvi de vent; la introducció d'aigües carbonatades dels fons marí del sud explicaria aquest fenomen. Les aigües continentals de setembre no modifiquen gairebé el pH, el fort canvi en carbonats que aquestes aigües produeixen haurien de canviar el pH a l'alça, el fet que no canvie ens fa pensar en aigües bicarbonatades alcalines que, per tant, comporten una baixada en ion  $\text{Ca}^{+2}$  que és el que determinem a l'anàlisi de duresa. En tot cas el pH és major al nord que al sud.

La duresa (Fig. 5) indica continguts d'ion  $\text{Ca}^{+2}$  lleugerament superiors al sud que al nord en la primera part de l'estiu. Al nord hi ha una certa disminució de la duresa des de 6764 ppm al principi fins a 6052 ppm al final de l'estiu, no es considera significativa l'anàlisi de l'1 de juliol a Borriana. L'eliminació de calç col.loidal pel corrent marí del NE al llarg de l'estiu pot explicar aquest fenomen. Al nord la duresa no es manifesta sensible a la invasió de posidònia (les aigües dels fons infralitorals no són més carbonatades que les del litoral). La introducció d'aigües de més endins de la mar entorn al 31 de juliol produeix una forta pujada de duresa (de 6088 a 8188 ppm), en efecte, aquestes aigües tèrboles han d'estar carregades de carbonats en suspensió col.loidal que donen reacció alcalina (veure pH). Les aigües de setembre, com calia esperar, produeixen una forta baixada de la duresa.

Comentem per acabar com afecten les incidències detectades durant el període estudiat a les aigües litorals.

a) Al sud les incidències o no es van produir (posidònies) o no semblen afectar les aigües (canvi de vents de garbí a gregal del 31 de juliol), no es van recollir mostres en setembre.

b) La invasió de posidònies a les platges del nord entorn al 8 de juliol es tradueix en una baixada de pH i residu sòlid, en canvi, el clorur, el nitrat, els nitrats, menys en la duresa, puguen. La presència de la matèria orgànica de les posidònies produeix una acidificació de les aigües i la descomposició d'aquesta matèria al si de l'aigua fa pujar el nitrit i el nitrat. Cal pensar que les posidònies van acompanyades d'aigües del seu entorn marí del fons infralitoral més salades, però sense matèries en suspensió, i això explica la pujada de clorur, la baixada de residu sòlid i la moderada pujada de duresa.

c) El canvi de vents de garbí a gregal cap al 31 de juliol es tradueix en una pujada de pH, residu sòlid i duresa; la resta de paràmetres no es veuen afectats per aquesta incidència. Cal pensar que el canvi de vents porta al litoral aigües del sud procedents del mar endins, tèrboles del fons enfangat i carregades de calç activa, però no més salades que les del litoral, això explica la variació detectada en els paràmetres.

d) Les pluges intenses de setembre introdueixen al litoral aigües continentals (per tant, lliures de sals) que llaven els nitrats procedents de l'abonament estiuenç dels cítrics. Això explica el fort augment de nitrats i la disminució de la resta de paràmetres a les aigües de setembre, el caire bicarbonatat d'aquestes aigües fa que el pH no baixi.

#### 4. — CONCLUSIONS.

A partir de les dades experimentals obteses i de la discussió de resultats realitzada, es poden traure les següents conclusions:

1. Les aigües al sud del delta del Millars presenten una constància en les dades químiques estudiades i no són sensibles aparentment als canvis de vent en la zona.

2. Les aigües del nord del delta estan més salinitzades que les del sud, menys pel que fa a la duresa en la primera part de l'estiu.

3. La invasió de posidonies acompanyades d'aigües del fons marí infralitoral produeixen una pujada de clorur, nitrat i nitrit a les aigües, per contra el pH i el residu sòlid baixen.

4. Els canvis de vent de garbí a gregal produeixen al nord una forta pujada de pH, residu sòlid i duresa en introduir aigües tèrboles marines del fons i de salinitat semblant a les litorals.

5. Les pluges intenses de setembre produeixen una baixada en tots els paràmetres químics estudiats, tret del nitrat, en introduir aigües continentals que arrossegueu els nitrats de l'abonament d'estiu dels cítrics.

6. La presència d'ion nitrit en 4 de les mostres analitzades indiquen una contaminació de les aigües litorals per abocament d'aigües residuals.

#### REFERÈNCIES

(1) Ernest BALDWIN, *Introducción a la bioquímica comparada*, València, Aguilar, 1966.

(2) R. PERIS et al., *Itinerarios Ecológicos*, Castelló, Servei de publicacions de la Diputació Provincial de Castelló, 1985.

(3) AMBIO; Royal Swedish Academy of Sciences, *El agua*, Barcelona, Blume, 1988.

(4) «B. O. E.», 9 julio 1987, *Orden por la que se aprueban los métodos oficiales de análisis físico-químicos de aguas potables*.

(5) F. BURRIEL et al., *Química analítica cualitativa (teoría y semimicrométodos)*, Madrid, Paraninfo, 1972.

(6) G. H. AYRES, *Análisis químico cuantitativo*, Madrid, Del Castillo, 1974.

(7) MERCK, *Análisis de aguas*, Darmstad, Merck, 1984.



**TAULA I**  
**RESUM DELS ANÀLISIS EFECTUATS**

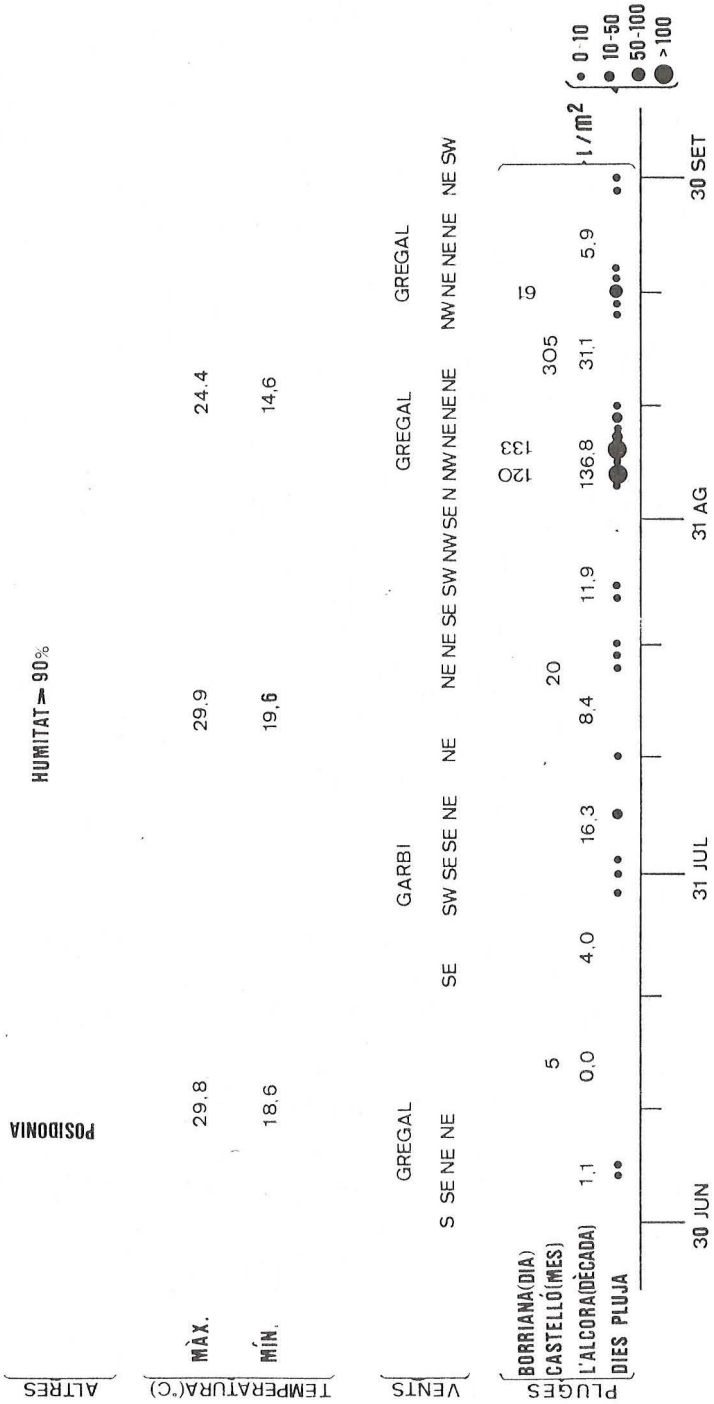
**Castelló (Platja del Pinar)**

Dia					
Anàlisi	29 Jun.	13 Jul.	7 Ago.	14 Ago.	20 Set.
R. Sòlid (g/l.)	52,9	41,4	57,1	43,0	18,9
Clorur (g/l.)	34,4	41,0	34,5	34,0	15,6
pH	7,49	7,45	7,98	7,73	7,73
Conduct. (m.)	14,58	14,64	14,66	14,61	13,03
Duresa (ppm CaCO <sub>3</sub> )	6052	6088	8188	7120	2848
Nitrit	(—)	(+)	(—)	(+)	(—)
Nitrat (ppm)	2,0	4,0	1,0	2,0	6,0

**Borriana (Grau)**

Dia				
Anàlisi	1 Jul.	15 Jul.	2 Ago.	16 Ago.
R. Sòlid (g/l.)	40,8	37,72	40,0	37,5
Clorur (g/l.)	34,4	35,0	32,3	33,3
pH	7,51	7,54	7,52	7,46
Conduct. (m.)	14,47	14,39	14,40	14,31
Duresa (ppm CaCO <sub>3</sub> )	9423	6764	6408	6052
Nitrit	(+)	(—)	(+)	(—)
Nitrat (ppm)	2,5	2,0	3,0	4,0

PLÀNOL D'INCIDÈNCIES ESTIU 89



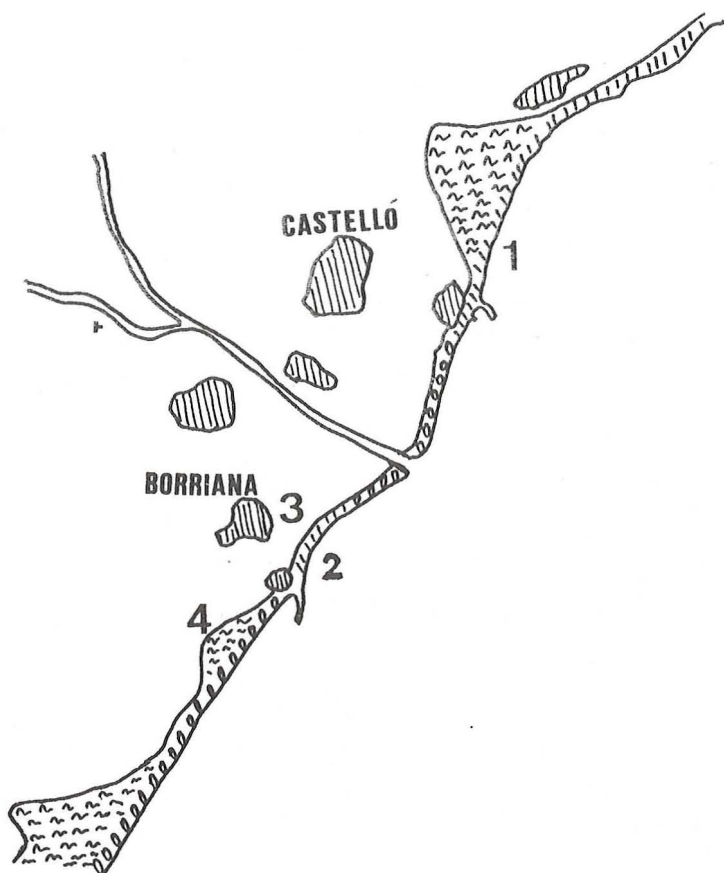


FIG.1: INDRETS DE PRESA DE MOSTRA

- ⋄⋄⋄⋄⋄ PLATJA DE CÒDOLS
- ||||| .. D'ARENA
- ~ ~ ~ ~ MARJAL



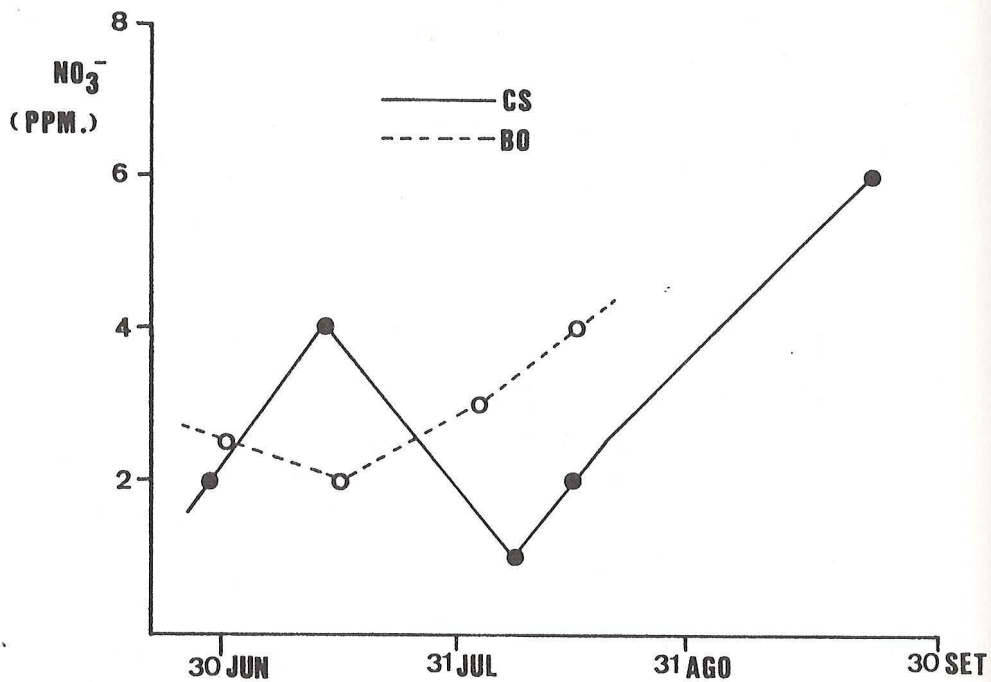


FIG.2: NITRATS

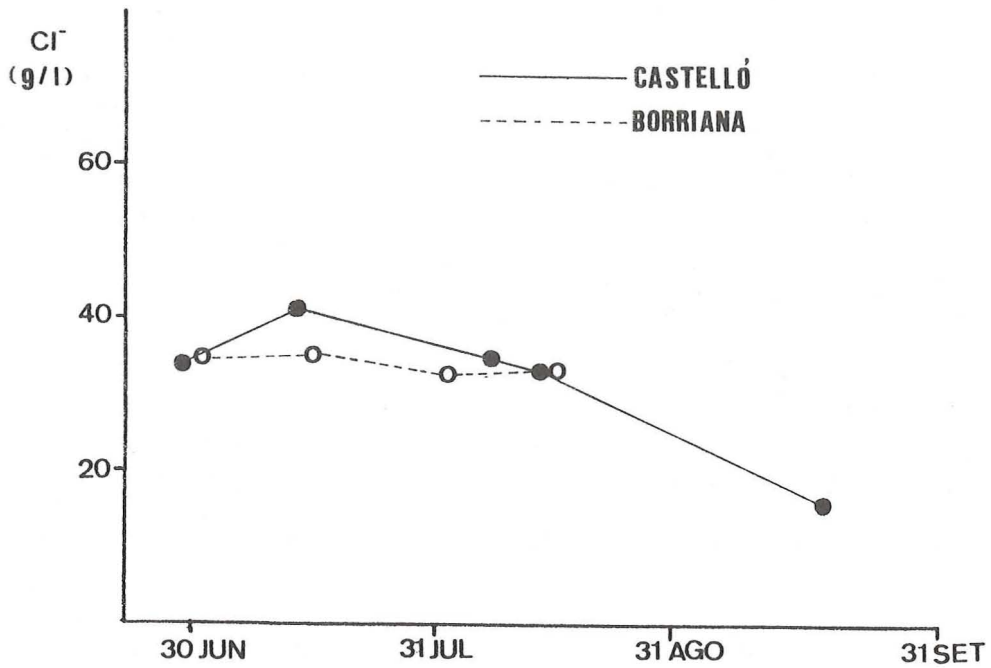


FIG.3: EVOLUCIO DELS CLORURS  
ESTIU 89

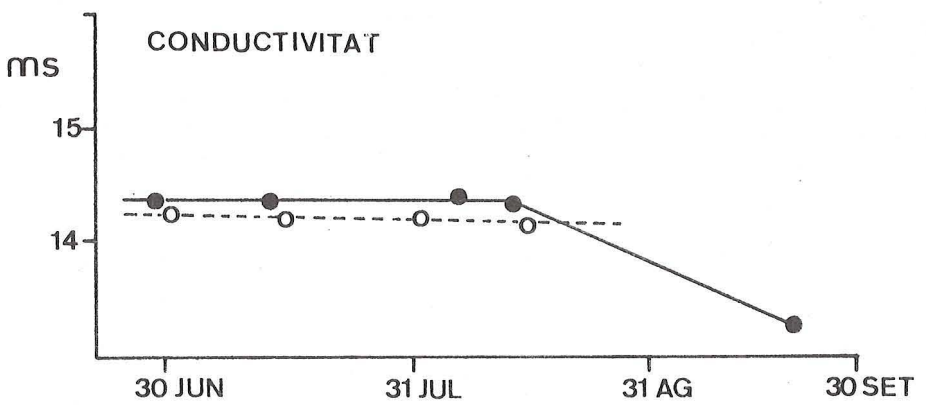
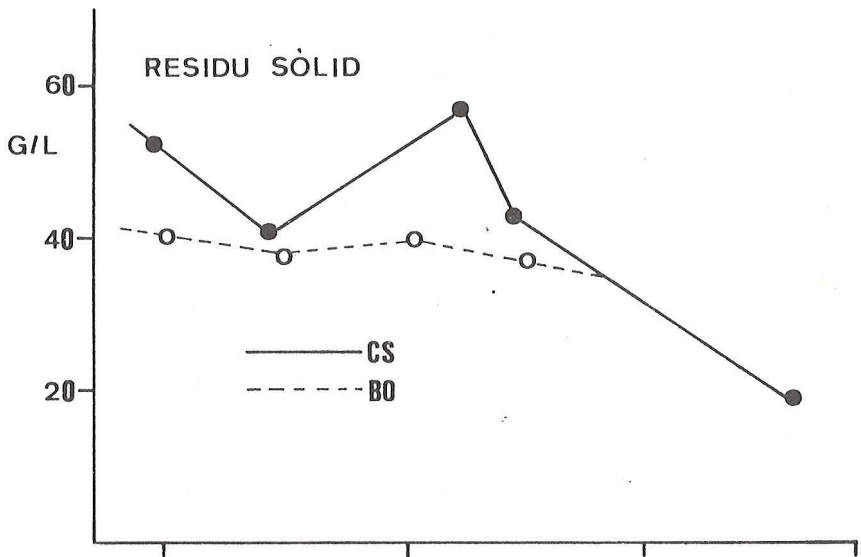


FIG. 4



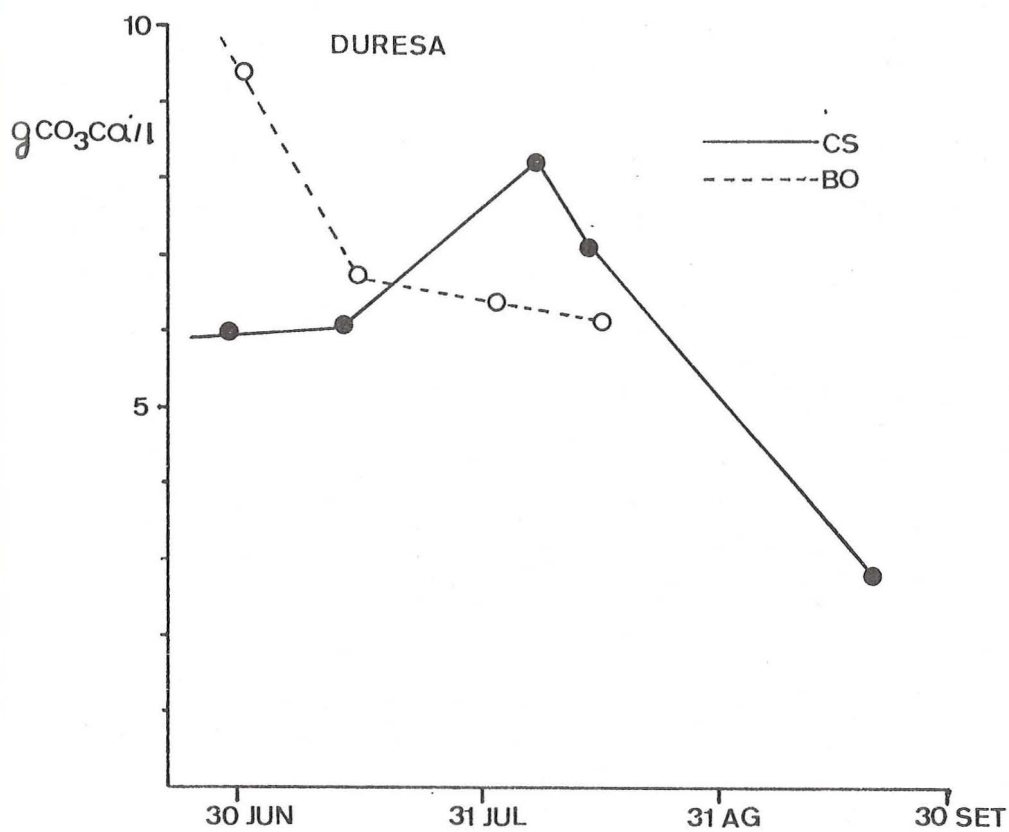
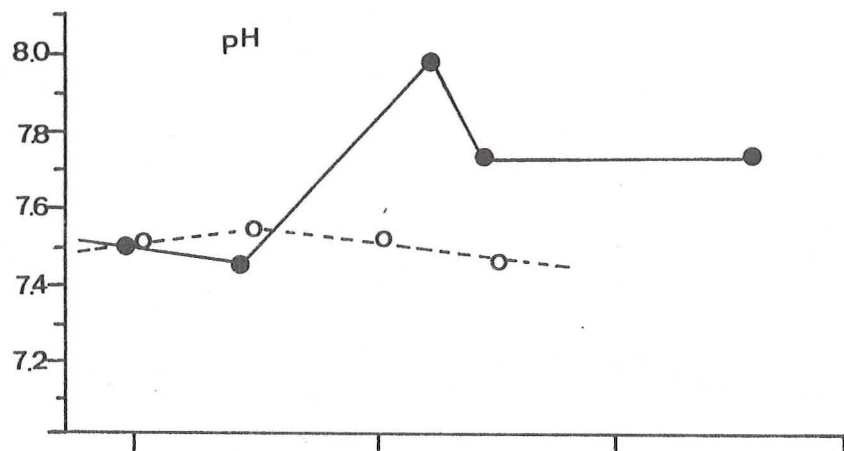


FIG. 5