

Proliferació de l'espècie tòxica *Alexandrium minutum* Halim en el Port de Palma (Mallorca, març 1999), relació amb les característiques del medi

Margalida PUIGSERVER, Gabriel MOYÀ i Guillem RAMON

SHNB



SOCIETAT D'HISTÒRIA
NATURAL DE LES BALEARS

Puigserver, M., Moyà, G. i Ramon G. 1999. Proliferació de l'espècie tòxica *Alexandrium minutum* Halim en el Port de Palma (Mallorca, març 1999), relació amb les característiques del medi. *Boll. Soc. Hist. Nat. Balears*, 42: 47-53. ISSN 0212-260X. Palma de Mallorca.

S'estudia una proliferació de la dinoflagel·lada tòxica *Alexandrium minutum* Halim que va provocar una coloració roja de les aigües més internes del Port de Palma durant el mes de març de 1999. Es descriuen les característiques físiques, químiques i del fitoplàncton durant el seu desenvolupament i posterior dispersió. La màxima concentració cel·lular del fitoplàncton detectada fou de $29 \cdot 10^6$ cel/l, de la que un 71 % corresponia a l'espècie causant de la proliferació. La proliferació s'associa a unes concentracions extraordinàriament altes de nutrients, elevades temperatures i estabilitat de l'aigua.

Paraules clau: proliferació, *Alexandrium minutum*, fitoplàncton, fisico-química, Mallorca.

TOXIC SPECIES *ALEXANDRIUM MINUTUM* HALIM BLOOM IN PALMA HARBOUR (MAJORCA ISLAND, MARCH 1999), RELATIONSHIP WITH ENVIRONMENTAL CONDITIONS. A toxic dinoflagellate *Alexandrium minutum* Halim bloom causing a red tide in the innermost Palma Harbour on march 1999 has been studied. Physical, chemical and phytoplankton variables during its development and dispersion are shown. Maximum phytoplankton cell abundance detected was $29 \cdot 10^6$ cel/l, 71 % was duing to species causing the bloom. The bloom is related with unusual high nutrient concentration and high water temperatures and stability.

Keywords: bloom, *Alexandrium minutum*, phytoplankton, physico-chemicals, Majorca Island.

Margalida PUIGSERVER, Gabriel MOYÀ i Guillem RAMON. Dept. Biologia (Ecologia). Univ. Illes Balears, 07071 Palma (Mallorca). e-mail: dbamps4@ps.uib.es

Recepció del manuscrit: 12-ago-99; revisió acceptada: 11-oct-99.

Introducció

En els darrers anys s'ha observat, amb una freqüència cada vegada més alta, la presència de coloracions de les aigües, conegudes com a mareas roges, a distintes zones del litoral balear. Es tracta de fenòmens coneguts i ben estudiats des de fa temps a indrets com les costes gallegues però relativament recents i menys estudiats en general a les costes mediterrànies (Camp *et al.*, en premsa). En el cas de les nostres illes, algunes d'aquestes coloracions han sigut estudiades i han estat associades a proliferacions de microalgues, la major part d'elles dinoflagel·lades del gènere *Alexandrium* (Forteza *et al.*, 1998; Garcés *et al.*, en premsa). Més escassa és la informació disponible de les característiques físico-químiques de les aigües i de la composició general de la comunitat fitoplanctònica en el moment en

què s'han produït aquestes proliferacions (Moyà i Martínez-Taberner, 1993; Moyà *et al.*, en premsa) tot i que aquestes dades ens poden ajudar a entendre les causes que les provoquen. El principal interès d'estudiar aquests fenòmens es troba en la toxicitat que poden tenir i en el seu paper com a indicadors de processos d'eutrofització del medi.

Durant el mes de març de 1999 es va tenir coneixement de la presència d'una taca roja a les aigües internes del Port de Palma i que ocupava tota la zona pròxima a la desembocadura del torrent de Sa Riera (Fig. 1). Aquesta coloració havia estat observada per personal del port durant la setmana anterior i va romandre visible durant dues setmanes. La presència de marea roja és recurrent en aquesta zona del port ja que ha estat observada als anys 1995, 1996 i 1997, variant la seva durada i el període en que es va produir però sempre durant finals de l'hivern o la primavera.

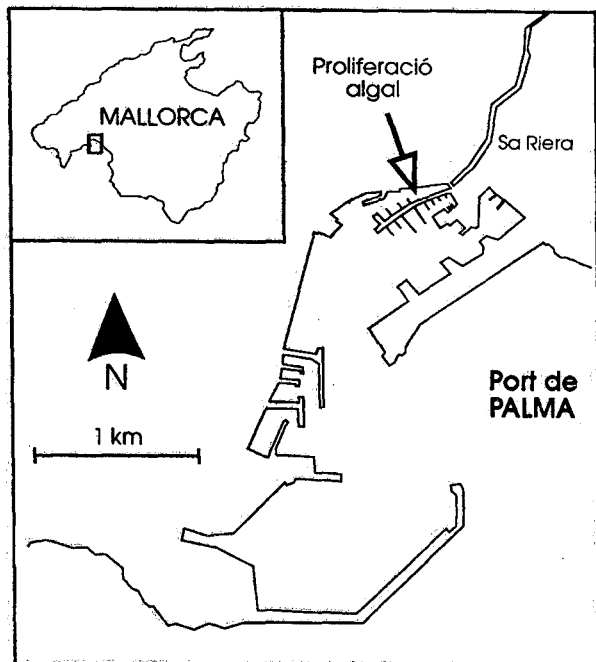


Fig. 1. Àrea d'estudi. S'assenyala el lloc de la proliferació.
Fig. 1. The study area. Bloom area is indicated.

En aquest estudi es presenten les dades relatives a les condicions físiques, químiques i les característiques del fitoplàncton de les aigües a la zona on es va produir la coloració el mes de març de 1999 en el Port de Palma, durant el seu desenvolupament i posterior dispersió. Tot plegat ens permet discutir els possibles factors causants del seu origen.

Metodologia

Els mostrejos es varen dur a terme els dies 16, 18, 19 i 24 de març de 1999. Durant els primers mostrejos la taca era clarament visible a simple vista, mentre que en el darrer mostreig ja quasi no s'observava a conseqüència de la seva dispersió.

Les mostres es varen recollir a la zona on es localitzava la màxima coloració de l'aigua (Fig. 1), en el nivell subsuperficial i a una fondària de 0,5 m utilitzant un mostrejador horitzontal. A partir d'aquestes mostres es varen fer les anàlisis de nutrients (nitrat, nitrit, fòsfor reactiu soluble i silicat reactiu solubles), les determinacions qualitatives i quantitatives del fitoplàncton i dels pigments fotosintètics. Els nutrients es varen analitzar utilitzant un Technicon Autoanalyzer II. Les determinacions del fitoplàncton i el recompte de la seva abundància es varen fer a mostres fixades amb formol i utilitzant un microscopi invertit Olympus IM seguint la tècnica d'Utermöhl (1931). La identificació de l'espècie causant de la proliferació es va confirmar fent una degradació del contingut cel·lular amb hipoclorit sòdic. La concentració de pigments es va determinar per espectrofotometria, aplicant les equacions de Jeffrey i Humphrey (1975).

També es varen obtenir perfils verticals de temperatura, salinitat i oxigen dissolt mitjançant sensors específics de la casa WTW. Els perfils de penetració de la llum es varen obtenir amb un luxòmetre de la casa Phywe.

Resultats i discussió

Quan es va realitzar el primer mostreig (dia 16 de març) la concentració de fitoplàncton era de $2 \cdot 10^6$ cèl/l de les quals un 81% corresponia a la dinoflagel·lada tòxica *Alexandrium minutum* Halim (Taula 1). Aquesta concentració no era molt elevada tractant-se d'una proliferació d'aquesta espècie. Forteza *et al.* (1998) descriuen un màxim de $45 \cdot 10^6$ cèl/l a la proliferació que va tenir lloc en aquesta mateixa zona la primavera de 1995 i Moyà *et al.* (en premsa) descriuen $7 \cdot 10^6$ cèl/l en la proliferació de març de 1997 en el Port d'Andratx. Com a espècies acompanyants es trobaven altres dinoflagel·lades com *Prorocentrum micans*, la també tòxica *P. minimum* i *Protoberidinium* sp., així com altres flagel·lades fonamentalment *Rhodomonas lacustris* i *Chrysochromulina* spp., aquestes darreres inferiors a 5 μ .

Dia 18 de març el mostreig es va realitzar a les 7 hores solar i a simple vista només s'observava una lleugera coloració taronja de l'aigua. Possiblement la causa era la migració de les algues que durant la nit es concentren en els nivells més profunds, aquest és un procés ben documentat per a diverses algues del fitoplàncton i que darrerament ha

Taula 1. Concentració total de fitoplàncton i abundància relativa d'*Alexandrium minutum* i dels altres grups d'algues. *Les cocolitoforals foren recomptades per separat però mai arribaren a representar un 1% del total.

Table 1. Phytoplankton cell abundance and contribution of *Alexandrium minutum* and other algae groups. *Coccolithophorids were counted separately but never exceed 1%.

	16/03/99	19/03/99	19/03/99	24/03/99	24/03/99
	0 m	0 m	0,5 m	0 m	0,5 m
Fitoplàncton 10^6 cèl/l	2,31	17,16	29,39	5,51	4,69
% <i>Alexandrium minutum</i>	81	73	71	1	2
Altres Dinoficees	10	4	5	11	9
Diatomees	1	3	4	17	22
Cocolitoforals*	0	0	0	0	0
Altres algues	9	20	20	71	67

Taula 2. Concentració de clorofil·la *a* (Chl *a*) i de nutrients a l'aigua.
Table 2. Chlorophyll a (Chl a) and nutrient concentrations in water.

	16/03/99	18/03/99	19/03/99	19/03/99 24/03/99	
	0 m	0 m	0,5 m	0 m	0,5 m
Chl <i>a</i> (mg/m ³)	9,17	105,80	80,88	16,06	18,15
NO ₃ ⁻ μM	200	-	-	380	370
NO ₂ ⁻ μM	11	-	-	6	5
PO ₄ ³⁻ μM	0,78	-	-	2	2
SiRS μM	340	-	-	230	150

estat també demostrat a cultius d'*A. minutum* (Delgado *et al.*, 1998). La concentració de clorofil·la *a* (Chl *a*) era de 9 mg/m³ en superfície (Taula 2), la temperatura de l'aigua de 21 °C i la seva salinitat del 30‰. Les concentracions de nutrients eren excepcionalment elevades (Taula 2), entre un i dos ordres de magnitud superiors a les concentracions normals de les aigües superficials de la Mediterrània (Cruzado, 1985) i de les detectades a zones més obertes del mateix Port de Palma. Aquestes concentracions tan altes de nutrients han d'associar-se necessàriament a aports externs al sistema.

Dia 19 de març es va realitzar un tercer mostreig, aquest cop a les 11 hora solar, la coloració roja de l'aigua era clarament visible. Els perfils de les variables físiques i químiques obtinguts presenten diferències importants en una columna d'aigua que només arribava a 65 cm de fondària (Fig. 2). El perfil de salinitat mostrava una forta influència d'aigües de menor contingut salí que l'aigua marina en els 30 cm superficials, efecte de l'abocament en aquesta zona de les aigües provinents de la planta potabilitzadora de Son Tugores (EMAYA) a través del llit del torrent de Sa Riera. La temperatura de l'aigua era al voltant dels 18 °C

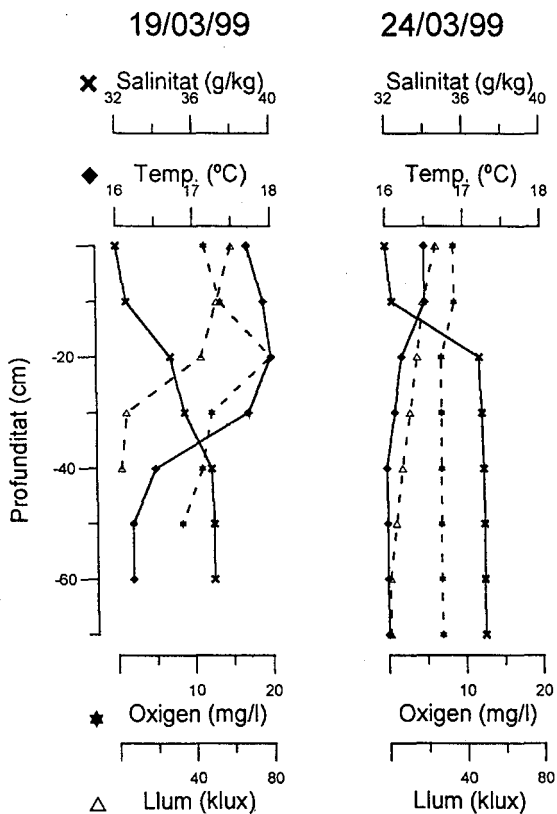


Fig. 2. Perfils fisico-químics a la zona de màxima coloració.

Fig. 2. Physico-chemical characteristics on maximum bloom.

en la capa superficial, baixant a 16,2-16,5 °C a partir dels 40 cm de fondària i mostrava també el contacte entre les dues masses d'aigua de diferents densitats. L'oxigen dissolt superava els 10 mg/l en tota la columna d'aigua amb excepció de la part més profunda i presentava un màxim de 20 mg/l a 20 cm de fondària. Aquestes concentracions d'oxigen suposaven uns percentatges de saturació de 110 a 300%. Aquests valors són superiors als considerats normals i conseqüència de la gran activitat fotosintètica del fitoplàncton. S'observava també una forta disminució de la penetració de la llum entre els 20 i 30 cm de fondària (Fig. 2) causada per l'acumulació d'una gran quantitat de biomassa fitoplànctònica.

La concentració de Chl *a* presentava un màxim en superfície de 106 mg/m³ (Taula 2), valors més alts que els descrits per Moyà i Martínez-Taberner (1993) al Port de Sóller i més d'un ordre superiors als de Moyà *et al.* (en premsa) al Port d'Andratx. L'abundància cel·lular màxima era de 29·10⁶ cèl/l i *A. minutum* representava entre el 71 i el 73 % del total amb un màxim de 21·10⁶ cèl/l (Taula 1). En aquest cas les principals espècies acompanyants eren la prasinofícia *Tetraselmis* sp. en superfície i les primnesiofícies *Chrysochromulina* spp. inferiors a 5 µ en el nivell profund. Havia disminuït molt la concentració de dinoflagel·lades del gènere *Prorocentrum* i havia augmentat la concentració d'altres dinoflagel·lats inferiors a 20 µ. Destacava l'aparició, en concentració alta (692·10³ cèl/l) d'algues euglenofícies, majorment *Eutreptiella* sp., clares indicadores de presència de matèria orgànica a l'aigua (Wetzel, 1975).

A partir de dia 20 de març la coloració de l'aigua es va fer més difusa a conseqüència de la dispersió de la taca possiblement per un canvi de les condicions meteorològiques amb un increment del vent i la baixada de les temperatures. En el mostreig de dia 24 de març, realitzat a les 11 hora solar, la taca ja no era visible. El perfil de salinitat mostrà que la influència de les aigües

de menor contingut salí es restringia als 10 cm superficials i que per davall d'aquest nivell es produïa un canvi bruscat de la salinitat de l'aigua que dificultava la mescla i l'intercanvi entre el nivell superficial i el profund (Fig. 2). Els perfils de temperatura, oxigen i lluminositat presentaven una major homogeneïtat a la columna d'aigua (Fig. 2). La temperatura de l'aigua (16-16,5 °C) era quasi dos graus més baixa en el nivell superficial respecte a l'anterior mostreig. L'oxigen dissolt (6,9-8,8 mg/l) també era molt inferior respecte al mostreig anterior i representava uns percentatges de saturació de 110 % en els 10 cm superficials i de només un 89-92 % a la part més profunda. La baixada en la concentració d'oxigen i lleuger dèficit és deu per una banda a la menor activitat fotosintètica del fitoplàncton i per una altra al seu consum en els processos oxidatius de la gran quantitat de biomassa produïda durant els dies anteriors. La reducció de la llum es realitzava de manera més paulatina que en el mostreig anterior i no s'observava cap disminució brusca (Fig. 2).

La concentració de Chl *a* era encara alta però havia disminuït considerablement (Taula 2). Així mateix havien baixat la concentració cel·lular total de fitoplàncton i de manera molt important la d'*A. minutum*, que amb 62-81·10³ cèl/l representava només un 1-2 % del total (Taula 1). El fitoplàncton estava dominat per *Tetraselmis* sp. que representava un 35-44 %, mentre que les principals espècies acompanyants eren *Chrysochromulina* spp. inferiors a 5 µ. D'altra banda s'observava un augment en l'abundància d'algues del grup de les diatomees com *Navicula* spp. i *Amphiprora* sp.

Pel que fa a les concentracions de nutrients continuaven essent molt elevades (Taula 2). S'ha de destacar la disminució en la concentració de silicat reactiu soluble, la qual cosa associam al seu consum per part de les diatomees que com hem esmentat havien experimentat un creixement significatiu, aquestes algues necessiten aquest nutrient per a la formació de les seves teques.

El desenvolupament de proliferacions algals està condicionat per la conjunció de diversos factors. Margalef *et al.* (1979) situen la formació d'aquests fenòmens en el context del model sobre la dinàmica del fitoplàncton (Margalef, 1978; Reynolds i Smayda, 1998), en relació a una alta disponibilitat de nutrients i a una baixa turbulència. En el nostre cas, l'extraordinària concentració de nutrients a les aigües i la seva elevada estabilitat, afavorida per la presència de dos tipus d'aigua de diferents característiques i pel seu confinament a causa dels successius espigons del port, acompanyats per unes altes temperatures, provoquen el creixement explosiu que causa la coloració de l'aigua.

Hem d'associar el final de la proliferació a la mescla de la columna d'aigua que provocà una baixada de les temperatures, ja que les concentracions de nutrients continuaven essent molt altes.

A. minutum és una dinoflagel·lada potencialment tòxica per la seva capacitat de produir toxines PSP (Paralytic Shellfish Poisoning) les quals actuen a través de la cadena tròfica, però també nociva per la seva capacitat de producció d'una alta concentració de biomassa que pot provocar problemes per manca d'oxigen durant les fases finals i fins i tot una vegada acabada la proliferació. *A. minutum* no és un cas aïllat sinó una més de les espècies que poden causar aquest tipus de creixement explosiu, és per això que es fa necessària la comprensió d'aquests fenòmens i de les causes del seu desenvolupament per a poder influir en aquestes darreres i reduir els seus efectes.

La recurrència d'aquests fenòmens en indrets concrets ve condicionada per la capacitat de formació de quists per part d'aquestes espècies i en definitiva va lligada a un deteriorament progressiu del medi resultat d'un procés d'eutrofització.

Agraïments

Hem d'agrair a J.M^a. Valencia haver-nos informat de la presència de la coloració i haver-nos portat la primera mostra d'aigua; a C.M. Moyà el seu ajut en els mostrejos; a B. Amengual en les determinacions dels nutrients; i a S. Puigserver pel disseny de les figures.

Bibliografia

- Camp, J., de Torres, M., Masó, M. i Garcés, E. En premsa. Nuevas problemáticas asociadas a proliferaciones fitoplanctónicas en la costa mediterránea. *Actas VI Reunión Ibérica sobre fitoplancton tóxico y biotoxinas. Sevilla, 1999.*
- Cruzado, A. 1985. Chemistry of Mediterranean waters. In: Margalef, R. ed. *Western Mediterranean*: 126-147. Pergamon Press. Oxford.
- Delgado, M., Garcés, E., Vila, M. i Camp, J. 1998. Control of diel vertical migration of *Alexandrium minutum* Halim (Dinophyceae) by light and dark cycles. In: Reguera, B., Blanco, J., Fernández, M.L. and Wyatt, T. eds. *Harmful Algae*: 160-162. Xunta de Galicia, Intergovernmental Oceanographic Commission of UNESCO. Santiago de Compostela.
- Forteza, V., Quetglas, G., Delgado, M., Reyero, M.I., Fraga, C., Franco, J.M. i Cacho, E. 1998. Toxic *Alexandrium minutum* bloom in Palma de Mallorca harbour (Balearic Islands, Western Mediterranean). In: Reguera, B., Blanco, J., Fernández, M.L. and Wyatt, T. eds. *Harmful Algae*: 58-59. Xunta de Galicia, Intergovernmental Oceanographic Commission of UNESCO. Santiago de Compostela.
- Garcés, E., Masó, M., Delgado, M., Vila, M. i Camp, J. En premsa. Actualización de los resultados de las proliferaciones del dinoflagelado *Alexandrium taylori* (Balech). *Actas VI Reunión Ibérica sobre fitoplancton tóxico y biotoxinas. Sevilla, 1999.*
- Jeffrey, S.W. i Humphrey, G.F. 1975. New spectrophotometric equations for determining chlorophyll *a*, *b*, *c* and *c*, in higher plants, algae and natural phytoplankton. *Biochem. Physiol. Pflanzen.*, 167: 191-194.

- Margalef, R. 1978. Life-forms of phytoplankton as survival alternatives in an unstable environment. *Oceanol. Acta*, 1: 493-509.
- Margalef, R., Estrada, M. i Blasco, D. 1979. In: Taylor, D.L. i Seliger, H.H. eds. *Toxic Dinoflagellate Blooms*: 89-94. Elsevier. Amsterdam.
- Moyà, G. i Martínez-Taberner, A. 1993. Una proliferació de fitoplàncton al Port de Sóller (Mallorca, estiu 1991). *Boll. Soc. Hist. Nat. Balears*, 36: 121-127.
- Moyà, G., Puigserver, M., Sintes, E., Ramon, G. i Martínez-Taberner, A. En premsa. Prolifera-
ción de *Alexandrium minutum* en el Port
d'Andratx (Mallorca, Illes Balears) relación
con las variables físicas, químicas y biológi-
cas. *Actas VI Reunión Ibérica sobre
fitoplancton tóxico y biotoxinas. Sevilla, 1999.*
- Reynolds, C.S. i Smayda, T.J. 1998. Principles of species selection and community assembly in the phytoplankton: further explorations of the Mandala. In: Reguera, B., Blanco, J., Fernández, M.L. and Wyatt, T. eds. *Harmful Algae*: 8-10. Xunta de Galicia, Inter-governmental Oceanographic Commission of UNESCO. Santiago de Compostela.
- Utermöhl, H. 1931. Neue Wege in der quantitativen Erfassung des Planktons (mit besonderer Berücksichtigung des Ultraplanktons). *Verh. Int. Theor. Angew. Limno.*, 5: 567-596.
- Wetzel, R.G. 1975. *Limnology*. Saunders. Philadelphia. 743 pp.