

M.G. GIACOBBE, M. VILA<sup>1</sup>, M. MASÒ<sup>1</sup>, E. GARCÉS<sup>1</sup>, A. LUGLIÉ<sup>2</sup>, N. SECHI<sup>2</sup>, E. GANGEMI,  
M. GALLETTA, V. GRASSO, O. GOTSIS-SKRETAS<sup>3</sup>, L. IGNATIADES<sup>3</sup>

Istituto per l'Ambiente Marino Costiero, IAMC-CNR,  
Via San Raineri, 86 - 98122 Messina, Italia.  
mariagrazia.giacobbe@iamc.cnr.it

<sup>1</sup>Institut de Ciències del Mar, ICM-CSIC, Barcelona, Spagna.

<sup>2</sup>Dipartimento di Botanica ed Ecologia Vegetale, Università di Sassari, Italia.

<sup>3</sup>National Centre for Marine Research, Atene, Grecia.

## LA DIFFUSIONE DEL GENERE *ALEXANDRIUM* (DINOPHYCEAE) NELLE ACQUE COSTIERE MEDITERRANEE È CORRELATA ALLE ATTIVITÀ UMANE?

### *IS THE SPREADING OF THE GENUS ALEXANDRIUM (DINOPHYCEAE) IN MEDITERRANEAN COASTAL WATERS RELATED TO HUMAN ACTIVITIES?*

#### **Abstract**

*The spreading of the dinoflagellates Alexandrium spp. in Mediterranean coastal waters, as well as the possible relationships with water trophic status and anthropic influence, were studied in the framework of a recent European project. Extensive monitoring, carried out along the coast of Spain (Catalonia and Balearic Islands), Greece (Aegean regions) and Italy (Sardinia and Sicily), indicated that the major HAB (Harmful Algal Blooms) problems are in the Catalan area which is characterized by the highest nutrient load and marked human intervention along the coast.*

**Key-words:** Harmful Algal Blooms, Dinoflagellates, Alexandrium, Mediterranean Sea, anthropogenic factors.

#### **Introduzione**

Negli ultimi anni, l'espansione di fioriture di fitoplancton dannose e le loro conseguenze negative sono diventate un problema chiave in tutto il mondo. Se prima solo poche regioni erano colpite in località sparse, adesso numerose aree costiere sono a rischio. Le fioriture di fitoplancton nocivo (*Harmful Algal Blooms*, HAB) hanno richiamato un notevole interesse scientifico e pubblico per diverse ragioni, fra le quali la consapevolezza del loro impatto negativo sulle attività economiche legate al mare (maricoltura, pesca, turismo), ma anche sulla biodiversità, e sulla salute dell'ecosistema marino. Il numero di fioriture tossiche, le conseguenti perdite economiche, le risorse colpite e il numero di tossine e di specie tossiche sono aumentate notevolmente. Le possibili spiegazioni per tale espansione includono: 1) la dispersione di specie attraverso meccanismi naturali; 2) l'arricchimento delle acque costiere in nutrienti attraverso attività dell'uomo, e la conseguente proliferazione di fitoplancton nocivo; 3) le incrementate attività d'acquacoltura; 4) il trasporto e la dispersione di specie esotiche attraverso acque di zavorra delle navi o mediante il trasferimento di stock di molluschi bivalvi; 5) i cambiamenti climatici; 6) le perfezionate capacità analitiche, che portano alla scoperta di nuove tossine ed eventi tossici (per es. Hallegraeff, 1993).

In questo studio, è stata esaminata la diffusione di diverse specie di *Alexandrium* in aree costiere Mediterranee in relazione allo stato trofico delle acque e all'influenza antropica.

## Materiali e metodi

Nel contesto del progetto europeo STRATEGY (EVK3-CT-2001-00046) sono state esaminate problematiche concernenti il fitoplancton nocivo in diverse località Mediterranee: Spagna (Catalonia e Baleari), Grecia (regioni Egee) e Italia (Sardegna e Sicilia), negli anni 2002 e 2003. Lo studio ha previsto il campionamento di un certo numero di stazioni nelle diverse aree mediterranee - porti, baie e lagune (Tab. 1). I campionamenti sono stati effettuati da due a più volte al mese (marzo-settembre) in aree portuali e a maggiore frequenza estiva in zone soggette ad alta pressione turistica.

Tab. 1 - Distribuzione di *Alexandrium* spp. nelle aree Mediterranee target. + Presenza; ++ Fioritura; +++ Fioritura ad elevata biomassa e colorazione delle acque.  
*Distribution of Alexandrium spp. in target Mediterranean areas. + Presence; ++ Bloom; +++ High-biomass bloom and water discoloration.*

Porti											
SPAGNA			GRECIA			ITALIA					
<i>Catalonia</i>	Specie		<i>Aree Egee</i>	Specie		<i>Sardegna</i>	Specie				
	Ac	Am	At	Ac	Am	At	Ac	Am	At		
Arenys		+++		Chalkis <sup>3</sup>		+	Olbia		+	+	
Ampuriabrava		+		Drapetsona <sup>1</sup>		+	Oristano		+	+	
Barcelona	+	+		Elefsis <sup>1</sup>		+	Porto Torres		+		
Blanes		++		Kalochori <sup>2</sup>		+	<i>Sicilia</i>				
Cambriils	+	++		Kavala <sup>5</sup>		+	Augusta			+	
Estartit	+	++	+	Perama <sup>1</sup>		+	Milazzo			+	
L'Ametlla	+++	+		Skala Oropos <sup>3</sup>		+	Portorosa			++	
L'Ampolla	+	+		Thessaloniki <sup>2</sup>		+	Siracusa, P. Piccolo			++	
Olimpic	+	++		Volos <sup>4</sup>		++	Siracusa, P. Grande			++	
Palamós		+		<b>Lagune/Aree salmastre</b>							
Premià		+		Asopos <sup>3</sup>		+	<i>Sardegna</i>				
Roses		+		Calastra <sup>2</sup>		+	Santa Giusta			+	
S. Carles	+	++		Karla <sup>4</sup>		+	<i>Sicilia</i>				
Torredembarra	+	++		Stadium <sup>1</sup>		+	Oliveri, S. Mergolo			+	
Tarragona	+++	+					Oliveri, S. Vecchio			+	
Vilanova	+	++					Oliveri, S. Verde			++	
<i>Maiorca</i>											
Porto Petro		++									
Andratx		+									
Baie											
SPAGNA			GRECIA			ITALIA					
<i>Catalonia</i>	Specie		<i>Costa Egea</i>	Specie		<i>Sicilia</i>	Specie				
	Ac	Am	At	Ac	Am	At	Ac	Am	At		
Castell			++	Aghialos <sup>4</sup>		+	Isolabella, Taormina				
Castelldefels		+		Alimos <sup>1</sup>		+	Lipari				
Fosca			+++	Gefiri <sup>4</sup>		+	Santa Panagia				
Grau			+	Kavouri <sup>1</sup>		+	Vulcano, Ponente				
Llafranc			+	Loutropyrgos <sup>1</sup>		+					
Montgó			++	N. Irakleitsa <sup>3</sup>		+					
Pals			++	Nea Peramos <sup>1</sup>		+					
Platja Estartit			++	Perraia <sup>2</sup>		+	+				
Sa Riera			+	Styra <sup>3</sup>		+					
St. Pol			+++								
<i>Ibiza</i>											
Cala Tarida			++								
Calò des Moro			+								
Talamanca			+								
<i>Maiorca</i>											
Paguera			+++								
Santa Ponça		+	+								

Ac = *A. catenella*, Am = *A. minutum*, At = *A. taylori*.

Golfi della Grecia: <sup>1</sup>Saronikos, <sup>2</sup>Thermaikos, <sup>3</sup>Evoikos, <sup>4</sup>Pagazitikos, <sup>5</sup>Kavala.

In primavera ed estate sono stati inoltre condotti monitoraggi estensivi lungo le coste allo scopo di conoscere la distribuzione di tre specie target di *Alexandrium* (*A. minutum*, *A. catenella*, *A. taylori*).

Le metodiche utilizzate per le analisi del fitoplancton, rilevamento di specie HAB e determinazione dei principali nutrienti sono riportate in dettaglio in Vila *et al.* (2005).

## Risultati

Le aree costiere Mediterranee interessate dalla presenza di specie di *Alexandrium* sono riportate in Tab. 1. Le maggiori fioriture ( $10^6$ - $10^7$  cellule/l) sono state rilevate in diverse aree spagnole (Catalonia e Maiorca) e italiane (Sicilia), mentre le località greche hanno mostrato in quasi tutti i casi basse densità di *Alexandrium*.

Le concentrazioni e i rapporti di nutrienti mostrati in Tab. 2 si riferiscono ai valori medi rilevati durante le fioriture/presenza di *Alexandrium* in aree portuali e baie. Questi siti, e in particolar modo i porti, sono apparsi in generale sufficientemente ricchi in nutrienti, specialmente la regione Catalana – interessata pesantemente da HAB (Tabb. 1 e 2). Lì, un elevato carico di nutrienti può essere trovato in aree semichiusate soggette all'influenza d'acqua dolce. Questo è il caso del Porto di Arenys, con marcate fioriture di *Alexandrium minutum* e quantità di azoto inorganico disciolto occasionalmente sino a 900  $\mu\text{M}$ . Ad Arenys, i tempi di residenza dell'acqua e dei nutrienti sono elevati, in relazione ad una scarsa circolazione dovuta alle peculiari caratteristiche topografiche.

Tab. 2 - Concentrazioni di nutrienti, espresse in  $\mu\text{M}$ , durante la presenza o fioritura di *Alexandrium* spp. nelle regioni esaminate. M=Media, Ds=Deviazione standard.

*Nutrient concentrations, expressed as  $\mu\text{M}$ , during the occurrence or blooms of Alexandrium spp. in the regions examined. M=Mean, Ds=Standard deviation.*

Nutrienti	SPAGNA				GRECIA		ITALIA			
	Catalonia		Baleari		Regioni Egee		Sardegna	Sicilia		
	Porti	Baie	Porti	Baie	Porti	Baie	Porti	Porti	Baie	
1117 dati totali	402	147	9	213	45	40	54	75	132	
DIN	M	36,8	3,23	0,49	1,65	6,08	8,63	7,41	13,2	4,15
	Ds	78,4	2,70	0,33	1,74	7,70	8,15	13,1	9,54	4,44
N-NO <sub>3</sub>	M	33,0	1,93	18,3	0,57	4,65	7,30	4,76	10,1	2,81
	Ds	76,2	2,11	53,2	0,96	7,07	7,73	12,2	8,49	4,01
N-NH <sub>4</sub>	M	3,5	1,10	0,22	0,99	0,61	1,04	2,39	2,98	1,19
	Ds	8,17	1,08	0,12	1,23	0,19	0,75	4,93	3,96	1,93
P-PO <sub>4</sub>	M	0,43	0,31	0,14	0,13	0,12	0,09	0,26	0,75	0,85
	Ds	0,59	0,37	0,18	0,12	0,07	0,04	0,48	0,72	1,64
Si-SiO <sub>4</sub>	M	14,9	3,85		1,86	6,99	9,60	12,80	8,74	7,31
	Ds	21,5	4,12		1,88	12,8	13,4	30,6	10,5	3,94
DIN:P	M	127	18,1	33,3	16,4	24,4	42,1	112	13,2	26,4
	Ds	297	25,5	12,5	20,3	29,3	41,3	310	9,54	73,5
Si:DIN	M	0,98	1,68		1,34	0,57	1,02	3,18	42,7	3,74
	Ds	1,57	2,28		0,85	1,22	0,77	5,56	56,3	5,47

Simili condizioni sono state osservate anche in zone portuali della Sicilia (Porto di Siracusa) - ubicate lungo il litorale Ionico e soggette a fioriture della stessa specie, con un'elevata disponibilità di azoto ammoniacale e fosfati di origine urbana. Le acque costiere della regione Catalana - dove negli ultimi 50 anni c'è stato un notevole incremento dell'intervento umano lungo le coste, soprattutto a scopi turistici - e di quella Siciliana, hanno dunque mostrato sia il più alto carico di N e P, che le maggiori fioriture di *Alexandrium*.

Anche la presenza di *A. catenella* in Spagna, per es. a Tarragona e L'Ametlla (Catalonia) ed Italia, Olbia (Sardegna), sembra essere correlata ad attività umane, come la costruzione di nuovi porti - con una localizzazione della specie esclusivamente all'interno di aree portuali (Tab. 1). Queste aree sono soggette ad un numero di stress indotti dall'uomo: attività urbane, turistiche, industriali e di maricoltura (Lugliè *et al.*, 2004).

Infine, in alcune baie soggette a prolungate fioriture ad elevata biomassa di *A. taylori* (Giacobbe *et al.*, 2004; Garcés *et al.*, 2005), l'orientamento dei rapporti di nutrienti verso una limitazione da silicati è coinciso con il marcato successo dei dinoflagellati - in particolar modo nel caso di Paguera (Cala Palmira, Maiorca) e La Fosca ( $\text{SiO}_4/\text{DIN}=0,73$ , 69% dei casi di limitazione di  $\text{SiO}_4$ ). Allo stesso modo, le fioriture di *A. minutum* ad Arenys e Siracusa coincidevano con rapporti Si:DIN <1, suggerendo un possibile vantaggio dei dinoflagellati sulle diatomee.

## Conclusioni

L'area costiera Mediterranea, specialmente il settore nord-occidentale, sembra essere soggetta ad una crescente eutrofizzazione antropogenica che, insieme a diversi altri fattori, può portare ad importanti eventi di fioriture algali nocive. Nelle acque costiere, infatti, l'input eccessivo di nutrienti, soprattutto azoto, può risultare in una sovrabbondanza di fitoplancton e specie tossiche, come nel caso di *A. minutum* in alcune delle aree esaminate. Questa specie è stata descritta da Smayda e Reynolds (2001) come *life-form* tipo 1, presente in ecosistemi di basso fondale, altamente arricchiti in nutrienti. L'input di nutrienti provenienti da attività umane può anche arrivare in proporzioni che differiscono dai rapporti presenti usualmente in natura, cosicché la composizione del fitoplancton può essere alterata, a favore di certi gruppi (per es. gruppi HAB). Inoltre, il confinamento verosimilmente gioca un ruolo chiave negli eventi di fioritura di dinoflagellati tossici, evitando la dispersione di cellule e consentendo il mantenimento di uno stock di cisti di resistenza nei sedimenti (Vila *et al.*, 2005).

Dunque, oltre agli input di nutrienti che sembrano favorire eventi HAB, altri importanti aspetti dovranno essere considerati in futuri studi, come per es. le caratteristiche idrodinamiche delle aree di studio, la presenza di cisti nei sedimenti, la valutazione degli interventi effettuati sulla costa, per es. in relazione al suo uso ricreativo, e le modifiche alla morfologia costiera che incrementano il numero di aree soggette a stress indotto dall'uomo.

## Bibliografia

GARCÉS E., VILA M., MASÓ M., SAMPEDRO N., GIACOBBE M.G., PENNA A. (2005) - Taxon-specific analysis of growth and mortality rates of harmful dinoflagellates estimated by dilution techniques. *Marine Ecology Progress Series*, **301**: 67-79.

- GIACOBBE, M.G., PENNA, A., GANGEMI, E., MASÓ M., GARCÉS E., FRAGA, S., BRAVO, I., AZZARO, F., PENNA, N. (2004) - Recurrent high-biomass blooms of *Alexandrium taylorii* (Dinophyceae), a HAB species expanding in the Mediterranean Sea. *Biol. Mar. Medit.*, **11** (3): 98.
- HALLEGRAEF G.M. (1993) - A review of harmful algal blooms and their apparent global increase. *Phycologia*, **32**: 79-99.
- LUGLIÉ A., GIACOBBE M.G., FIOCCA F., SANNIO A., SECHI N. (2004) - The geographical distribution of *Alexandrium catenella* is extending to Italy! First evidence from the Tyrrhenian Sea. In: Steidinger K.A., Landsberg J.H., Tomas C.R. & Vargo G.A. (eds), *Harmful Algae 2002*. Florida Fish and Wildlife Conservation Commission & IOC of UNESCO: 329-331.
- SMAYDA T.J., REYNOLDS C.S. (2001) - Community assembly in marine phytoplankton: application of recent models to harmful dinoflagellate blooms. *J. Plankton Res.*, **1**: 447-461.
- VILA M., GIACOBBE M.G., MASÓ M., GANGEMI E., PENNA A., SAMPEDRO A., AZZARO F., CAMP J., GALLUZZI L. (2005) - A comparative study on recurrent blooms of *Alexandrium minutum* in two Mediterranean harbours. *Harmful Algae*, **4**: 673-695.