



Meccanismi di controllo della salute degli ambienti lagunari

Alberto Basset, Domenica Carlucci, Annita Fiocca, Maurizio Pinna, Franca Sangiorgio, Fabio Vignes

Dipartimento di Biologia, Università degli Studi di Lecce - 73100 Lecce

Riassunto

Le lagune sono ecosistemi di grande interesse e valore naturalistico. Molte componenti strutturali degli ecosistemi salmastri sono spesso ben studiate e conosciute, ma il funzionamento di questi ecosistemi è complesso e molto meno conosciuto e prevedibile. Tuttavia, i servizi degli ecosistemi lagunari ed i rischi che da essi derivano, come possibili oggetti e fonti di inquinamento, dipendono dallo stato di salute dell'ecosistema come unità ecologica e non sono riconducibili a sue singole parti. E' quindi evidente la necessità di un approccio olistico allo studio degli ambienti lagunari. In tale approccio, i nutrienti costituiscono il componente unificante principale, la cui dinamica dipende dalla interazione tra numerosi processi di assorbimento, trasferimento e rilascio. E' compito della ricerca di base individuare nei singoli ecosistemi lagunari quale sia il meccanismo, o i meccanismi, chiave per il controllo della dinamica dei nutrienti e, conseguentemente, quali siano le scale spaziali e temporali più idonee per il monitoraggio. La finalità è fornire uno strumento predittivo controllato ad amministratori e gestori ed indicazioni importanti ai legislatori per l'implementazione della recente normativa in materia di tutela delle acque.

Parole chiavi: Lago Alimini Grande; ambienti salmastri; dinamica dei nutrienti; seston; processi di assorbimento di fosforo; salute degli ecosistemi salmastri; esperimenti con *enclosure*.

Introduzione

Lo stato di salute è una caratteristica degli ecosistemi che ha stimolato un acceso dibattito (per esempio, Calow, 1992, Rapport *et al.*, 1999, Calow, 2000), perché se da un lato il concetto di salute di un ecosistema è operativamente utile, dall'altro non sembra che la salute possa essere una proprietà *a priori* degli ecosistemi, controllata ed



attivamente difesa così come è controllata e difesa a livello di individuo. Sembra più appropriato ricondurre il concetto di salute di un ecosistema a termini specie-specifici, misurando lo stato di salute dai servizi che l'ecosistema fornisce alla specie e che da questa possono essere effettivamente controllati ed attivamente difesi (Calow, 2000).

Nei paesi industrializzati, le attività umane costituiscono un importante fattore perturbativo della salute degli ecosistemi. Gli ecosistemi acquatici sono in tal senso particolarmente esposti poiché ricevono gran parte dei metaboliti derivanti dalle attività che si realizzano nel loro bacino imbrifero. Il governo italiano, recependo questo rischio e considerando debitamente i vantaggi anche economici derivanti dalla conservazione degli ecosistemi, ha introdotto una serie di disposizioni legislative per la tutela delle acque, che sono innovative a livello europeo. La legge si propone di attivare i controlli e gli interventi necessari a conservare e migliorare lo stato di salute degli ecosistemi acquatici italiani, sulla base di priorità legate all'importanza naturalistica e socio-economica dei singoli ecosistemi. Diviene quindi cruciale definire sia le relazioni fini tra caratteristiche strutturali e funzionali e stato di salute degli ecosistemi acquatici, sia le scale spaziali e temporali più idonee per il controllo. Nel presente contributo questi due punti verranno discussi in riferimento agli ecosistemi salmastri di transizione.

Gli habitat salmastri costieri, che comprendono le lagune e i laghi salmastri, sono degli habitat acquatici tipicamente poco profondi, ricchi in nutrienti e con acque poco trasparenti, per l'alta densità di particelle sospese (i.e., seston). La trasparenza dell'acqua rappresenta una caratteristica utile per una discussione sui contrasti ecologici riassunti nel concetto di salute ecosistemica. Infatti, se da un lato una riduzione della trasparenza riduce la fruizione a fini ricreativi degli ecosistemi acquatici dall'altro, può influenzare positivamente o indicare altri servizi ecosistemici, poiché la materia particolata sospesa è anche coinvolta nei processi di produzione primaria e di dinamica dei nutrienti, e nel destino delle sostanze chimiche all'interno degli habitat acquatici (Garnier, Martin & Turetta, 2000). Quindi, è ragionevole ritenere che, almeno per un certo intervallo di valori, variazioni nella trasparenza dell'acqua negli ambienti salmastri costieri possono avere influenze contrastanti su diversi servizi che gli ecosistemi forniscono alle popolazioni umane.

L'influenza che il seston esercita sui processi ecosistemici e sulla loro stabilità, è analizzata utilizzando come esempio il caso di studio sui laghi Alimini (Otranto, LE). I dati qui riportati derivano da osservazioni in natura ed esperimenti in aree confinate (i.e., *enclosures*) condotti nel lago Alimini Grande con le seguenti finalità: 1) analizzare il ruolo di seston e sedimenti come sede di accumulo e rilascio del fosforo; 2) confrontare l'importanza del seston eterotrofo con quella del plancton autotrofo; 3) valutare le scale temporali più idonee per una analisi della dinamica del fosforo. L'attenzione sul fosforo è giustificata dal fatto che in Alimini Grande la produttività primaria sembra essere controllata dalla limitazione di fosforo (Basset, dati non pubblicati).



Area di studio

Il caso di studio da cui sono stati tratti gli esempi discussi nel presente lavoro è stato condotto nel lago Alimini Grande, un lago salmastro costiero dell'Italia meridionale. Il lago Alimini è relativamente piccolo (sup.= 1.375 km²; volume = 2.067*10⁶*m³) e poco profondo (profondità max =3.5m, profondità media =1.5m). Il lago ha una forma allungata, con l'asse maggiore parallelo alla costa, ed è completamente esposto ai venti dominanti, che nell'area soffiano sia da NW-N-NE sia da S-SE. La salinità media del lago varia stagionalmente da 33.58 ‰ ± 1.06 ‰ , durante l'estate, a 21.96 ‰ ± 1.45‰, durante l'inverno che è il periodo di più intensa piovosità nell'area studiata. Il lago riceve entrate di acque dolci dal Lago Alimini Piccolo, attraverso un canale chiamato Lo Strittu, dal Canale dello Zuddeo nella parte nord-ovest del lago e da un certo numero di canali minori nell'area nord della palude di Traugnano e scambia acqua con il Mare Adriatico attraverso la foce. Uno studio recente sulla chimica dell'acqua e sullo stato trofico del lago ha mostrato che i rapporti tra N_{TOT}/P_{TOT} sono sempre sbilanciati verso un eccesso di azoto ($N_{TOT}/P_{TOT} = 134.4$; Basset, Fiocca & il Negro, non pubbl.) suggerendo la presenza di una forte limitazione del fosforo nel lago.

Materiali e metodi

I dati analizzati in questo lavoro sono stati raccolti nell'ambito del progetto "Elaborazione del Master Plan degli Alimini (LE) con particolare riferimento al ripristino ambientale ed ai primi interventi di recupero ai fini dell'istituzione dell'area protetta regionale" finanziato dal Ministero dell'Ambiente. I dati utilizzati fanno riferimento alla osservazione in natura della distribuzione spaziale e temporale di alcune caratteristiche strutturali dell'ecosistema lacustre (profondità, trasparenza, particolato sospeso e biomassa autotrofa) e alcune serie sperimentali di manipolazione effettuate in diverse aree del lago (Canale dello Strittu ed area antistante la foce del Canale dello Zuddeo). Le manipolazioni erano effettuate con l'uso di *enclosures* al fine di valutare le vie di assorbimento del fosforo disciolto, attraverso esperimenti di arricchimento (Fig.1), e la dinamica a breve termine del processo di assorbimento. Le tecniche utilizzate sono descritte in dettaglio altrove (Basset, Carlucci, Fiocca e Vignes, 2000; Basset e Sangiorgio, 2000).

Risultati e Discussione

In figura 1 sono riportate le distribuzioni spaziali di profondità e trasparenza nel lago di Alimini Grande. Nella maggior parte del lago la trasparenza dell'acqua, misurata come profondità di scomparsa del disco di Secchi, è bassa, inferiore alla profondità. La



trasparenza risulta inversamente correlata alla massa organica del seston (Analisi della regressione, $y = -0.014x + 1.454$, d.f.=190, $r = 0.181$, $P < 0.05$), che in media corrisponde a 13.88 ± 0.81 mg/l. La densità media della materia totale sospesa nel Lago Alimini Grande durante il periodo di studio è infatti pari a 45.17 ± 2.64 mg/l di cui il $30.72\% \pm 0.83\%$ riconducibile alla frazione organica. In accordo con i dati di altri sistemi salmastri italiani, la biomassa fitoplanctonica contribuisce solo per l' $1.17 \pm 0.42\%$ al seston che risulta dominato quantitativamente dalla materia organica morta di origine sedimentaria. Dati simili sono stati osservati nella laguna di Santa Gilla (Cagliari, Sardegna), dove il fitoplancton costituisce meno del 5% della massa organica del seston per la maggior parte dell'anno (Masala Tagliasacchi, *et al.*, 1992).

Un aspetto principale dei dati raccolti è che il seston organico derivante dalla risospensione dei sedimenti sembra avere in Alimini Grande un ruolo più rilevante del fitoplancton e dei sedimenti stessi sulla dinamica del fosforo. Ciò è sostenuto dalle seguenti evidenze: (i) negli esperimenti di arricchimento la concentrazione di fosforo ritorna in pochi giorni ai valori pre-arricchimento anche nelle condizioni in cui fitoplancton e sedimento non sono influenti (*enclosure* opaca con fondo); (ii) il contatto con i sedimenti non influenza la dinamica del fosforo in modo significativo, suggerendo che nelle condizioni sperimentali utilizzate per lo studio condotto in Alimini Grande, i sedimenti non costituiscono né sorgente né deposito di fosforo per la colonna d'acqua; e (iii) la variazione temporale della concentrazione di fosforo sulle suddette condizioni sperimentali è dello stesso ordine di grandezza nelle condizioni in cui si osserva crescita di fitoplancton ed in quelle in cui la densità di fitoplancton si riduce nel tempo.

In termini quantitativi, i dati raccolti nel progetto di studio sui laghi Alimini mostrano in tutte le condizioni sperimentali un modello di variazione esponenziale negativo della concentrazione di PO_4^{3-} solubile nel tempo dall'arricchimento con un tempo di turnover, calcolato dalla pendenza dell'equazione esponenziale come $1/k$, uguale a 58.8 ore (Fig.3). In media solo il 70.5% del PO_4^{3-} aggiunto rimane nella colonna d'acqua dopo 12h dall'aggiunta e solo il 2.0% dopo 8 giorni, con una oscillazione compresa tra 0.7% e 3.8% nelle diverse condizioni sperimentali. Coerentemente all'atteso, la presenza di luce è risultata una fonte significativa di variazione sia della concentrazione di fosforo (Tab.1), sia della biomassa autotrofa (Fig.4). Tuttavia, il fatto che la variazione temporale della concentrazione di fosforo nelle *enclosures* opache sia estremamente ampia e dello stesso ordine di grandezza di quella osservata nelle *enclosures* trasparenti indica nel seston organico il principale fattore di controllo della dinamica dei nutrienti nella colonna d'acqua..

Esperimenti di laboratorio con traccianti radioattivi (^{32}P) suggeriscono che la rimozione di fosforo dalla colonna d'acqua nel lago Alimini Grande sia principalmente dovuta all'assorbimento attivo sulle particelle del seston. Il processo di assorbimento sul seston di Alimini risulta infatti estremamente più rapido e quantitativamente rilevante dei processi di adsorbimento (Basset, dati non pubblicati). Il tasso di assorbimento di fosforo



da parte del seston organico derivante da risospensione risulta anche comparabile con dati già pubblicati (Lean, 1973). Considerando che la concentrazione di fosforo inorganico solubile all'interno delle *enclosures* è stata aumentata di 45 volte con l'arricchimento, il normale tasso di turnover del fosforo nel lago Alimini Grande sembra essere vicino a 1.3 ore. Ciò suggerisce che: (1) nel lago Alimini Grande la materia organica morta sospesa può regolare la disponibilità dei nutrienti per il fitoplancton, riducendo la concentrazione del fosforo nell'acqua e prevenendo l'eccessiva crescita del fitoplancton che rappresenta un fattore di rischio per tutti i servizi che un ecosistema salmastro fornisce e (2) fenomeni di dinamica a breve e brevissimo termine dovrebbero regolare i valori di concentrazione dei fosfati solubili nella colonna d'acqua.

Questo secondo punto è effettivamente sostenuto dai dati raccolti nelle serie di manipolazioni in Alimini Grande dove campionamenti ad intervalli di 30-60 minuti in aree confinate (i.e., *enclosures*) hanno evidenziato: (a) variazioni giornaliere dello stesso ordine di grandezza delle variazioni stagionali e (b) modelli di variazioni simili in condizioni sperimentali differenti, che sembrano indicare una periodicità deterministica nelle oscillazioni osservate (Fig.5). Sulla base dei dati raccolti non è possibile fare speculazioni sui fattori deterministici alla base del fenomeno descritto, tuttavia le dinamiche ospite-parassita innescate dalle componenti virali e recentemente evidenziate in ambiente marino potrebbe probabilmente avere un ruolo importante (Fuhrman, 1999).

Il caso di studio di Alimini Grande indica in definitiva che negli ambienti salmastri il seston, può influenzare lo stato di salute dell'ecosistema in modi diversi e contrastanti. Riducendo la trasparenza dell'acqua, esso fa diminuire il valore attrattivo di un ecosistema, cioè, la disponibilità di un habitat pulito e attraente per scopi ricreativi e turistici. Riducendo la concentrazione dei nutrienti e limitando la crescita del fitoplancton, il seston contribuisce a mantenere quei servizi dell'ecosistema che sarebbero disturbati dalla eccessiva crescita del fitoplancton e dal fenomeno dell'eutrofizzazione. È importante che le agenzie e le amministrazioni coinvolte nella gestione degli ecosistemi costieri prendano in considerazione questo secondo, meno apparente effetto del seston, quando progettano la gestione e la fruizione di un ecosistema salmastro. Così come è importante che le agenzie e le amministrazioni prendano in considerazione le scale spazio-temporali a cui i processi si verificano (e.g., assorbimento-rilascio di fosforo nella colonna d'acqua) nel lago Alimini Grande che possono essere molto diverse da quelle normalmente in uso per il controllo di altri tipi di ecosistemi acquatici.

Ringraziamenti



I dati utilizzati per il presente contributo sono stati raccolti in uno studio finanziato dal ministero dell'Ambiente/Provincia di Lecce: progetto “ Elaborazione del Master Plan per L'area Alimini (LE).....”

Ringraziamo A. Alessi, A. Marra, O. Negro e P. Pintozzi, per la loro collaborazione nelle lavoro in campo e nella raccolta dei dati. Ringraziamo anche Romeo e Stefano Capraro per la loro cortese collaborazione.

Bibliografia

Basset A., Carlucci D., Fiocca A., Vignes F., 2000. Water transparency and health of coastal salt marshes: simple enclosures experiments on nutrient dynamics. *Aquatic Conservation* (submitted).

Basset A., Sangiorgio F., 2000. Studio dello stato di salute attuale dei laghi Alimini e dei primi interventi di ripristino ambientale. Università di Lecce/ Provincia di Lecce.

Calow, P. 1992. Can ecosystem be healthy? Critical considerations of concepts. *Journal of Aquatic Ecosystem Health* 1, 1-5.

Calow, P. 2000. Critics of Ecosystem Health Misrepresented. *Ecosystem Health* 6, 3-4.

Fuhrman Jed A., 1999. Marine viruses and their biogeochemical and ecological effects. *Nature* 399, 541-548.

Garnier, J.M., Martin, J.M. and Turetta, C. 2000. Surface reactivity of suspended matter and sediments. In: The Venice Lagoon Ecosystem Input and Interactions Between Land and Sea. Ed. Lasserre P. and Marsollo A.. Man and the biosphere series, 25, 73-80.

Lean, D.R.S. 1973. Phosphorous dynamics in lake water. *Science* 179, 678-680.

Masala Tagliasacchi, M.L., Cottiglia, C. Fabiano, M. 1992. Seston e accrescimento di mitili in ambiente lagunare. *Oebalia suppl.*XVII 187-194.

Rapport, D.J., Böhm, G., Buckingham, D., Cairns, J., Costanza, R., Karr, J., de Kruijf, H.A.M., Levins, R., McMichael, A. J., Nielsen, N.O., Whitford, W.G. 1999. Ecosystem health: The concept, the ISEH, and the important tasks ahead. *Ecosystem Health* 5, 82-92.



Didascalia delle figure

Figura 1. – Distribuzione spaziale di profondità (a) e trasparenza dell'acqua (b) nel lago Alimini Grande. I punti (λ) indicano le stazioni di campionamento.

Figura 2. – Schema delle *enclosures* utilizzate, differenti per la presenza o assenza di luce (trasparente vs opaco) e per la presenza o assenza di comunicazione con i sedimenti di fondo (con fondo vs senza fondo). Negli esperimenti di arricchimento i campionamenti sono stati effettuati dopo 12 ore e nei 10 giorni successivi all'arricchimento.

Figura 3. – Analisi della regressione tra concentrazione di fosfati disciolti ($\square M$) ed intervallo di tempo dall'arricchimento con PO_4^{3-} . I simboli sul grafico indicano: ν *enclosure* trasparente con fondo; o *enclosure* trasparente senza fondo; σ *enclosure* opaca con fondo; Δ *enclosure* opaca senza fondo.

Figura 4. – Variazione temporale della biomassa fitoplanctonica dopo l'arricchimento. I simboli indicano: o *enclosure* trasparente senza fondo; Δ *enclosure* opaca senza fondo; λ controllo esterno alle *enclosures*.

Figura 5. – Variazione su scala temporale breve della concentrazione sub-superficiale di ortofosfato disciolto, nelle diverse condizioni sperimentali: (a) *enclosure* opaca con fondo; (b) *enclosure* trasparente con fondo; (c) *enclosure* trasparente senza fondo.

Tabella 1: Analisi della varianza a quattro vie della concentrazione media di fosforo inorganico disciolto all'interno delle *enclosures*. Presenza o assenza di luce (luce), presenza o assenza di sedimenti (sedimento), tempo dall'aggiunta di fosforo (tempo) e profondità della colonna d'acqua (profondità) sono state le potenziali fonti di variazione considerate. * = $P < 0.05$.



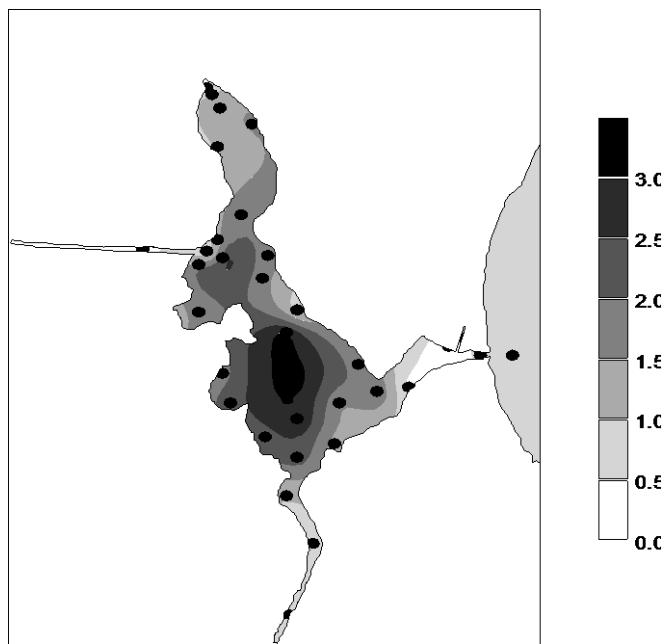
Fonti di variazione	Devianza g.l.		Varianza F		
Luce	0.956	1	0.956	9.264	*
Sedimento	0.221	1	0.221	2.141	
Profondità	0.308	1	0.308	2.984	
Tempo dall'addizione	12.420	6	2.070	20.058	*
Luce * Sedimento	0.002	1	0.002	0.019	
Luce * Profondità	0.100	1	0.100	0.969	
Luce * Tempo	0.955	6	0.159	1.541	
Sedimento * Profondità	0.094	1	0.094	0.911	
Sedimento * Tempo	1.254	6	0.209	2.025	
Profondità * Tempo	0.473	6	0.079	0.766	
Errore	2.580	25	0.103		
Totale	19.363	55	0.352		

MAREAMIC

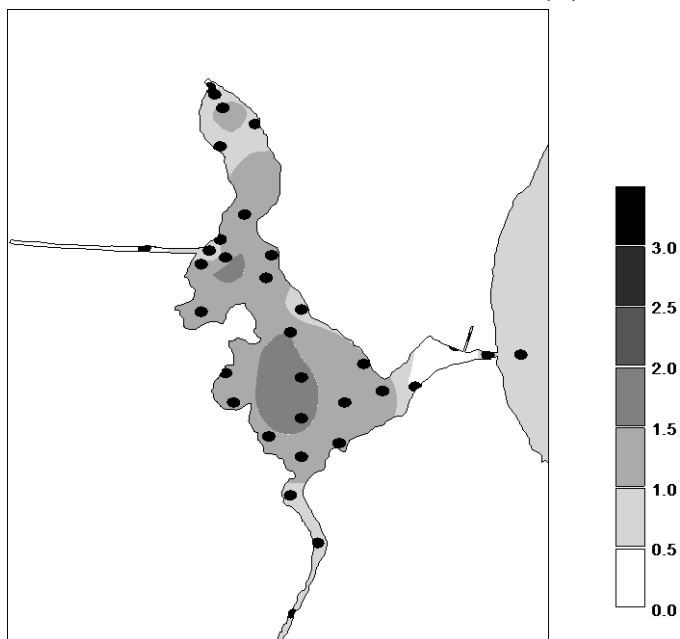
**XI RASSEGNA DEL MARE
LECCE - HOTEL TIZIANO
2/4 - GIUGNO 2000**



(a)



(b)



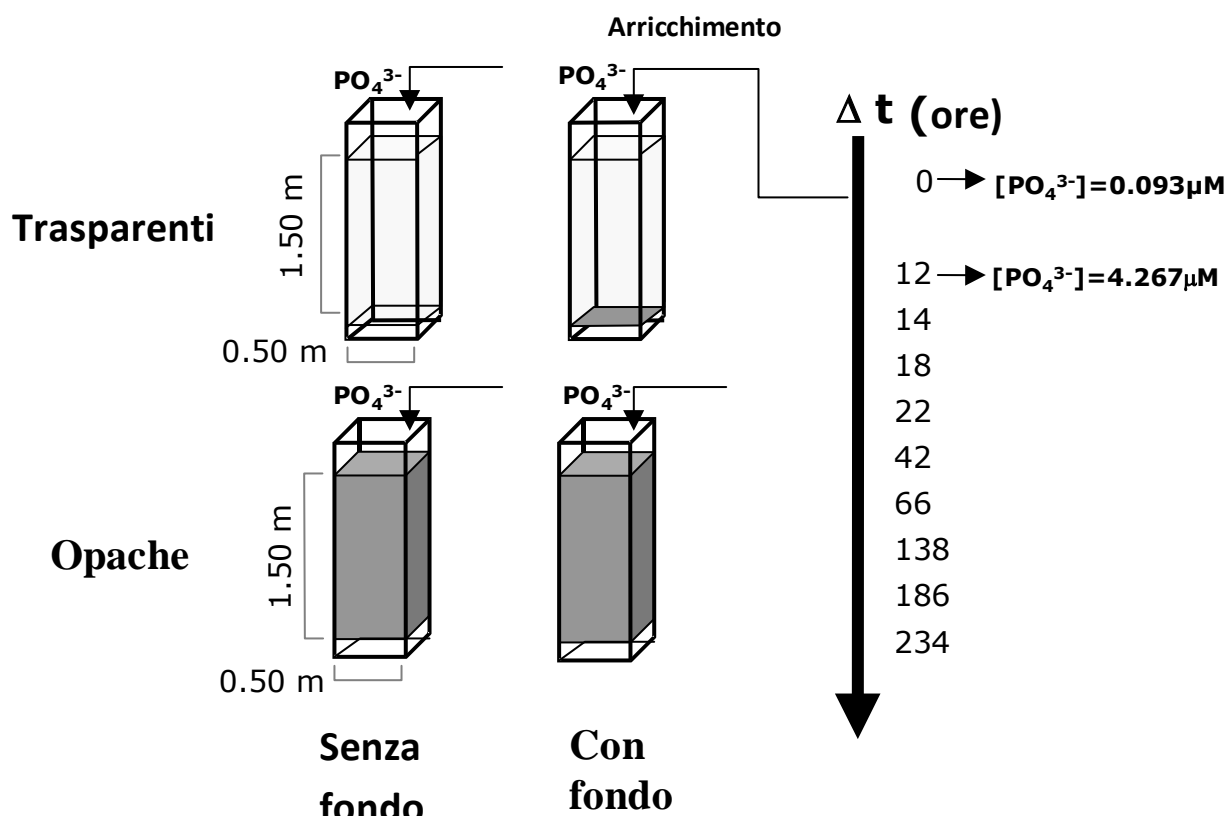


Figura 2

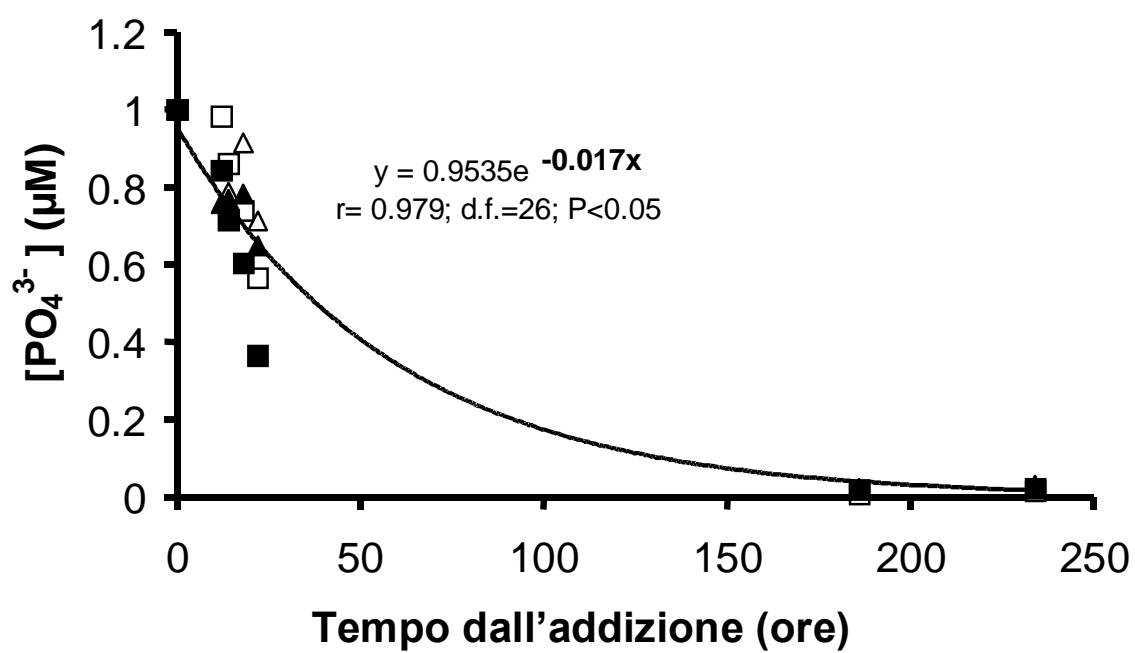


Figura 3

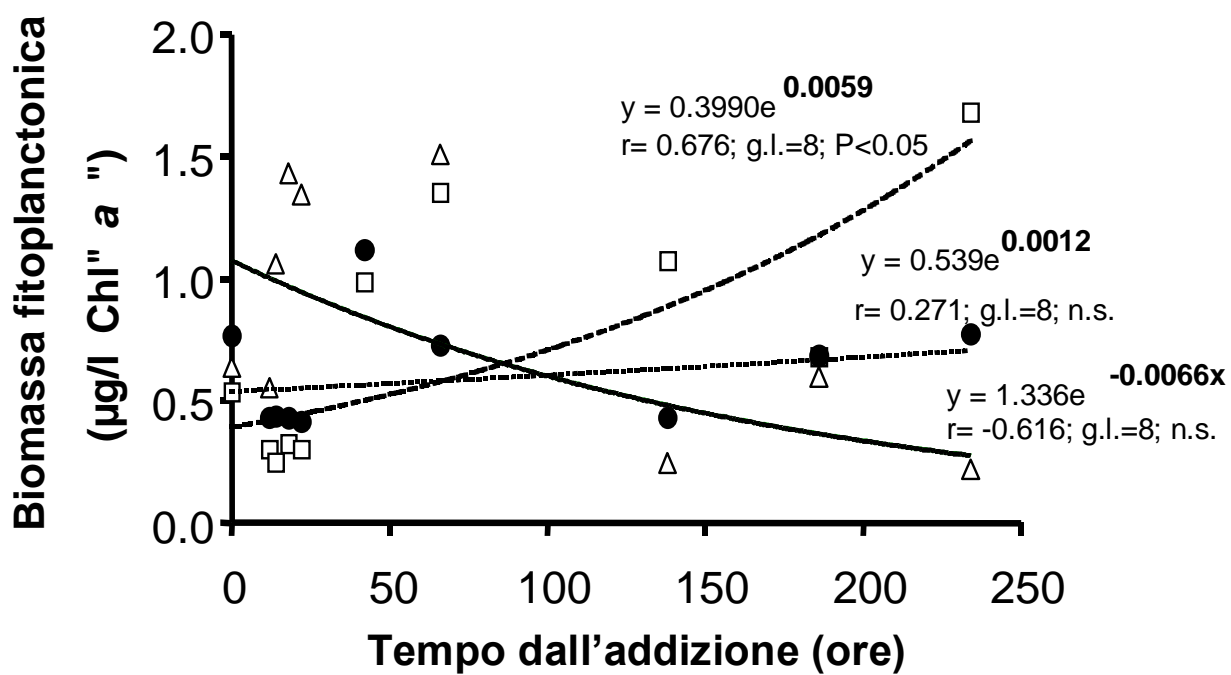


Figura 4

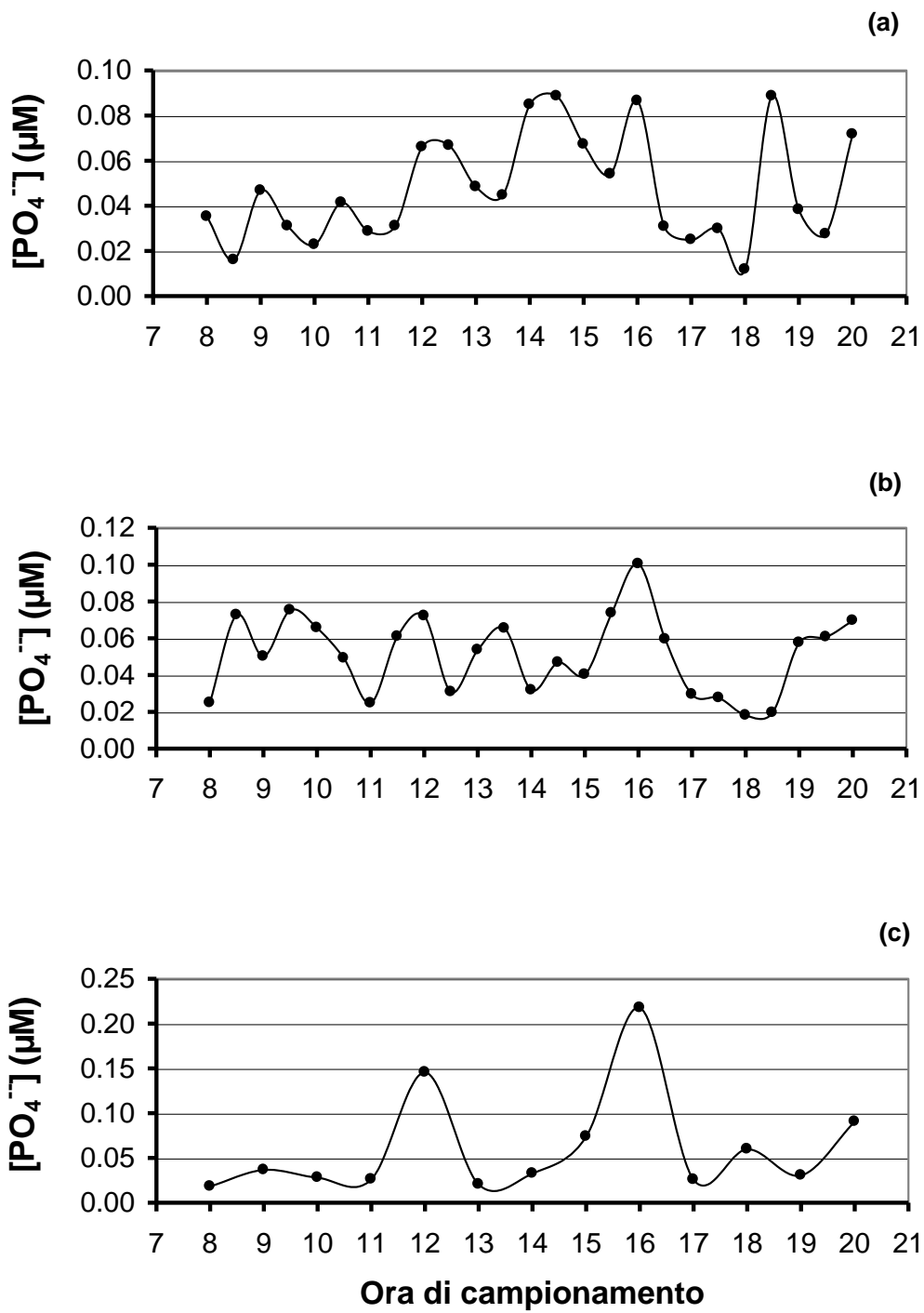


Figura 5