

Studio stagionale dei parametri chimico-fisici e del fitoplancton del Lago Nero di Cornisello

Massimiliano TARDIO^{1*}, Maria Letizia FILIPPI¹ & Flavio CORRADINI²

¹Museo Tridentino Scienze Naturali, Via Calepina 14, 38100 Trento, Italia

²Dipartimento Risorse Naturali e Ambientali, Istituto Agrario di San Michele all'Adige, Via E. Mach 1, 38010 San Michele all'Adige (TN), Italia

*E-mail dell'Autore per la corrispondenza: tardio@mtsn.tn.it

RIASSUNTO - *Studio stagionale dei parametri chimico-fisici e del fitoplancton del Lago Nero di Cornisello* - Il Lago Nero di Cornisello (2233 m s.l.m., Parco Naturale Adamello-Brenta, Trentino) è un piccolo lago di circo glaciale su substrato siliceo, caratterizzato da bassa alcalinità e non soggetto a impatti antropici diretti. I laghi con tali caratteristiche sono importanti per valutare gli effetti che l'inquinamento diffuso esercita sull'ambiente. Nel presente lavoro vengono illustrate le particolarità chimico-fisiche del lago nelle diverse stagioni dell'anno e le dinamiche stagionali del fitoplancton. Il Lago Nero di Cornisello rimane ghiacciato per 7-8 mesi all'anno e dunque è soggetto ad accentuate variazioni di temperatura e radiazione solare. Anche se il pH si mantiene su valori compresi tra 6,0 e 6,5, il lago è molto sensibile all'acidificazione, per i bassi valori di alcalinità che lo caratterizzano (sempre <80 µeq l⁻¹), e il suo livello di trofia è basso, con contenuti di fosforo totale sempre inferiori a 12 µg l⁻¹. I dinoflagellati *Peridinium umbonatum* var. *umbonatum* e *Peridinium cinctum* dominano il popolamento fitoplanctonico del lago durante la tarda primavera e l'estate; successivamente, in concomitanza con la diminuzione del fosforo totale e della temperatura, s'incistano. L'excistamento delle due specie di dinoflagellati avviene dopo il disgelo del lago, con l'aumento della temperatura e dell'irraggiamento solare.

SUMMARY - *Seasonal study of the chemical and physical parameters and of the phytoplankton of Lago Nero di Cornisello* - Lago Nero di Cornisello (2233 m a.s.l., Adamello-Brenta Natural Park, Trentino, Italy) is a small glacial circus lake, on siliceous bedrock, with low alkalinity and no direct anthropogenic impact. Lakes like this represent useful early warning system models of the effects of diffuse airborne pollution on the environment. This paper deals with chemical and physical characteristics of Lago Nero di Cornisello in the different seasons, and seasonal phytoplankton dynamics. The lake is ice-covered for 7-8 months per year, with temperatures and solar radiation strongly changing in the different periods. Although pH values maintain around 6.0 and 6.5, the lake is highly acidification sensitive, due to alkalinity values always lower than 80 µeq l⁻¹. It's oligotrophic, with TP levels always below 12 µg l⁻¹. The dinoflagellates *Peridinium umbonatum* var. *umbonatum* and *Peridinium cinctum* dominate the phytoplankton community of Lago Nero di Cornisello during late spring and summer. Between summer and autumn dinoflagellates encysted in coincidence with a marked decrease in phosphorus concentrations and water temperature. The excystment of dinoflagellates followed the thawing of the snow and ice-cover in coincidence with higher temperatures and solar irradiation.

Parole chiave: Lago Nero di Cornisello, Parco Naturale Adamello-Brenta, laghi d'alta quota, bassa alcalinità, stagionalità del fitoplancton, dinoflagellati

Key words: Lago Nero di Cornisello, Adamello-Brenta Natural Park, high altitude mountain lakes, low alkalinity, phytoplankton seasonality, dinoflagellates

1. INTRODUZIONE

I laghi d'alta quota a bassa alcalinità sono estremamente vulnerabili e sensibili all'acidificazione, che rappresenta una delle possibili conseguenze dell'impatto antropico (Willén *et al.* 1990; Nauwerk 1994). Laghi apparentemente non soggetti agli effetti dell'uomo, possono risentire dell'inquinamento atmosferico che si distribuisce alle diverse latitudini e altitudini

sottoforma di aerosol. Il monitoraggio a medio-lungo periodo delle caratteristiche chimico-fisiche di tali bacini lacustri può dunque dare importanti informazioni sugli effetti che questa forma d'impatto antropico diffuso provoca sull'ambiente (Halac *et al.* 1997).

Il fitoplancton dei laghi d'alta quota sviluppa particolari strategie di adattamento a condizioni estreme, come l'adozione di un alto tasso metabolico e di crescita (Drakare 2002) o la capacità di compiere ampie migra-

zioni verticali tra gli strati d'acqua profondi, dove avviene l'assorbimento dei nutrienti, e quelli più superficiali, ove è presente la radiazione luminosa (Rott 1988).

Per sopravvivere ai rapidi e drastici cambiamenti indotti dalle condizioni ambientali che si alternano durante le diverse stagioni dell'anno, alcune specie proliferano notevolmente nel breve periodo favorevole (Blomqvist *et al.* 1995) e spariscono completamente dalla colonna d'acqua nel lungo periodo invernale sfavorevole (Boero *et al.* 1996). Durante quest'ultima fase tali organismi si depositano nei sedimenti in stato di quiescenza (per es., Rengefors & Anderson 1998). Per studiare in modo completo la stagionalità del fitoplancton, occorre quindi esplorare la colonna d'acqua, ma anche analizzare la componente che si deposita sul fondo durante la stagione sfavorevole, utilizzando trappole per sedimenti.

Nel presente lavoro vengono resi noti i risultati dello studio stagionale sui parametri chimico-fisici del Lago Nero di Cornisello (Parco Naturale Adamello-Brenta, Trentino) e del fitoplancton nella colonna d'acqua e in trappole per sedimenti.

2. AREA DI STUDIO

Il Lago Nero di Cornisello si trova a 2233 m s.l.m. nel bacino idrologico del Torrente Nambrone all'interno della Catena dell'Adamello (Gruppo della Presanella; 46°13'00"N, 10°43'53"E, Parco Naturale Adamello-Brenta, Trentino occidentale, NE Italia; Fig. 1).

Il substrato sul quale si è formato il lago è costituito da rocce tonalitiche del complesso della Presanella, che fanno parte del massiccio intrusivo terziario Adamello-Presanella (Callegari & Brack 2002) di età compresa tra Eocene e Oligocene. In figura 2a viene presentato lo stralcio della carta geologica della Provincia di Trento Sezione n° 042130 Laghi di Cornisello, con il dettaglio del Lago Nero di Cornisello; il colore di fondo rappresenta la "tonalite tipo Presanella-Centrale".

Il Lago Nero di Cornisello ha un'origine da circo glaciale (Tomasi 1963); il fondo è irregolare con grandi massi sparsi, specialmente nella parte più profonda, mentre le rive sono prevalentemente rocciose (Fig. 2b). Il lago è alimentato dalle precipitazioni e da piccoli immissari stagionali (scioglimento delle nevi), provenienti dalla Cresta d'Amola. L'emissario temporaneo forma una cascatella a poca distanza dal lago. La superficie del bacino imbrifero è di 0,12 km² e quello del lago è di 0,03 km² (Tab. 1). La profondità massima è di 33 m (Fig. 2c), mentre quella media è di 13 m. Il profilo verticale del lago presenta una forma conica asimmetrica. Il Lago Nero di Cornisello è oligotrofico, dimittico con superficie ghiacciata per 7-8 mesi l'anno (novembre-giugno; Cantonati *et al.* 2002). Il suo nome è legato al colore delle acque, che riflettono il paesaggio pietroso circostante (Fig. 2c).



Fig. 1 - Localizzazione del Lago Nero di Cornisello.
Fig. 1 - Localization of Lago Nero di Cornisello.

In figura 3 vengono presentate le temperature (periodo 1999-2000) e le precipitazioni medie annuali (periodo 1993-2000) registrate dalla stazione meteo più vicina e maggiormente confrontabile come altezza e posizione al sito studiato (Stazione Pradalago, 2084 m s.l.m.), raccolte dall'Ufficio Idrografico della

Area bacino imbrifero	0,12 km ²
Superficie del lago	0,03 km ²
Volume	333.700 m ³
Lunghezza	250 m
Larghezza	188 m
Profondità massima	33 m
Profondità media	13 m

Tab. 1 - Caratteristiche morfometriche del Lago Nero di Cornisello.

Tab. 1 - Morphometric characteristics of Lago Nero di Cornisello.

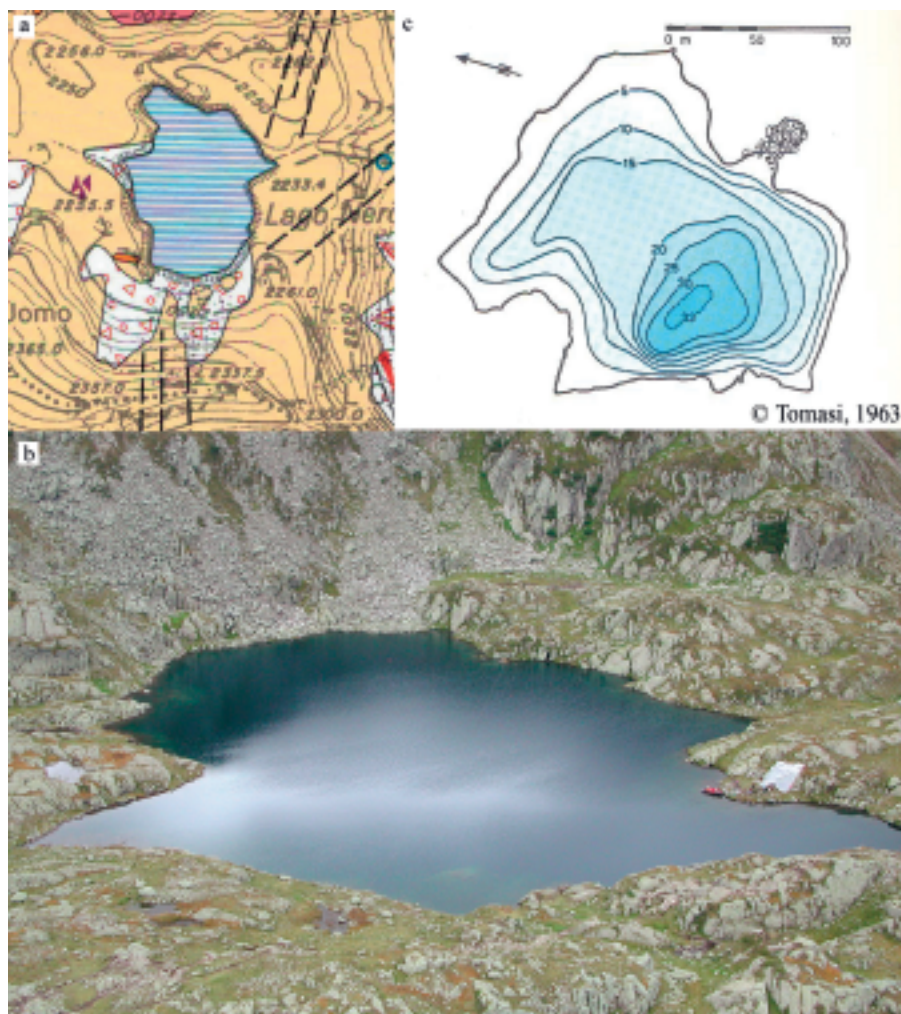


Fig. 2 - a) Stralcio della carta geologica della Provincia di Trento, Sezione Laghi di Cornisello; b) batimetria (Tomasi 1963); c) un'immagine del Lago Nero di Cornisello. Vedi testo per dettagli.

Fig. 2 - a) Extract of the geological map of the Trento Province, Lago Nero di Cornisello Section; b) bathymetric map (Tomasi 1963); c) picture of Lago Nero di Cornisello. See text for details.

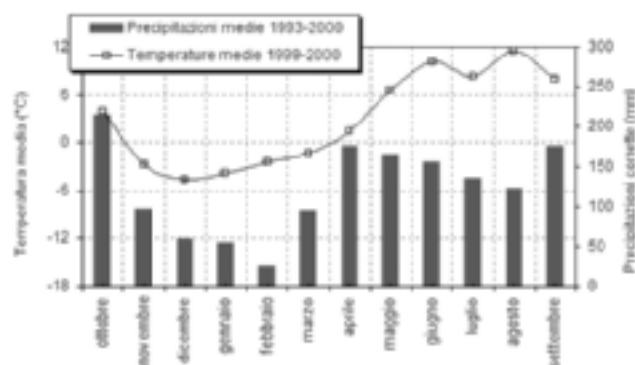


Fig. 3 - Temperature medie mensili (periodo 1999-2000) e precipitazioni corrette (periodo 1993-2000) della Stazione Pradalago (2084 m s.l.m.). Dati meteorologici dell'Ufficio Idrografico della Provincia Autonoma di Trento (figura elaborata da A. Borsato).

Fig. 3 - Mean monthly temperatures (period 1999-2000) and precipitations (period 1993-2000) of Pradalago Station (2084 m a.s.l.). Meteorological data of the Hydrographical Office of the Autonomous Province of Trento (figure elaborated by A. Borsato).

Provincia Autonoma di Trento. Per i coefficienti di correzione delle precipitazioni in funzione della velocità del vento (kv) si veda Borsato *et al.* (2000).

3. METODI

Il Lago Nero di Cornisello è stato monitorato stagionalmente dall'estate 2004 all'estate 2005 (17/08/04, 28/10/04, 15/03/05, 20/06/05 e 25/08/05). Le variabili chimico-fisiche (temperatura, pH e % di saturazione) sono state determinate a ogni metro lungo la colonna d'acqua utilizzando una sonda multiparametrica Hydrolab H20 e un misuratore di quanti LI-COR LI-1400 (per la misura dell'estinzione della radiazione luminosa). Campioni d'acqua per le analisi chimiche, della clorofilla *a* e del fitoplancton sono stati raccolti ogni 5 metri dalla superficie al fondo. Le analisi chimiche di laboratorio sono state eseguite dall'Istituto Agrario di San Michele all'Adige secondo le procedure standard (CNR - III 1997, APAT & IRSA - CNR 2004). L'analisi della clorofilla *a* è stata realizzata secondo Lorenzen (1967), la stima del biovolume fi-

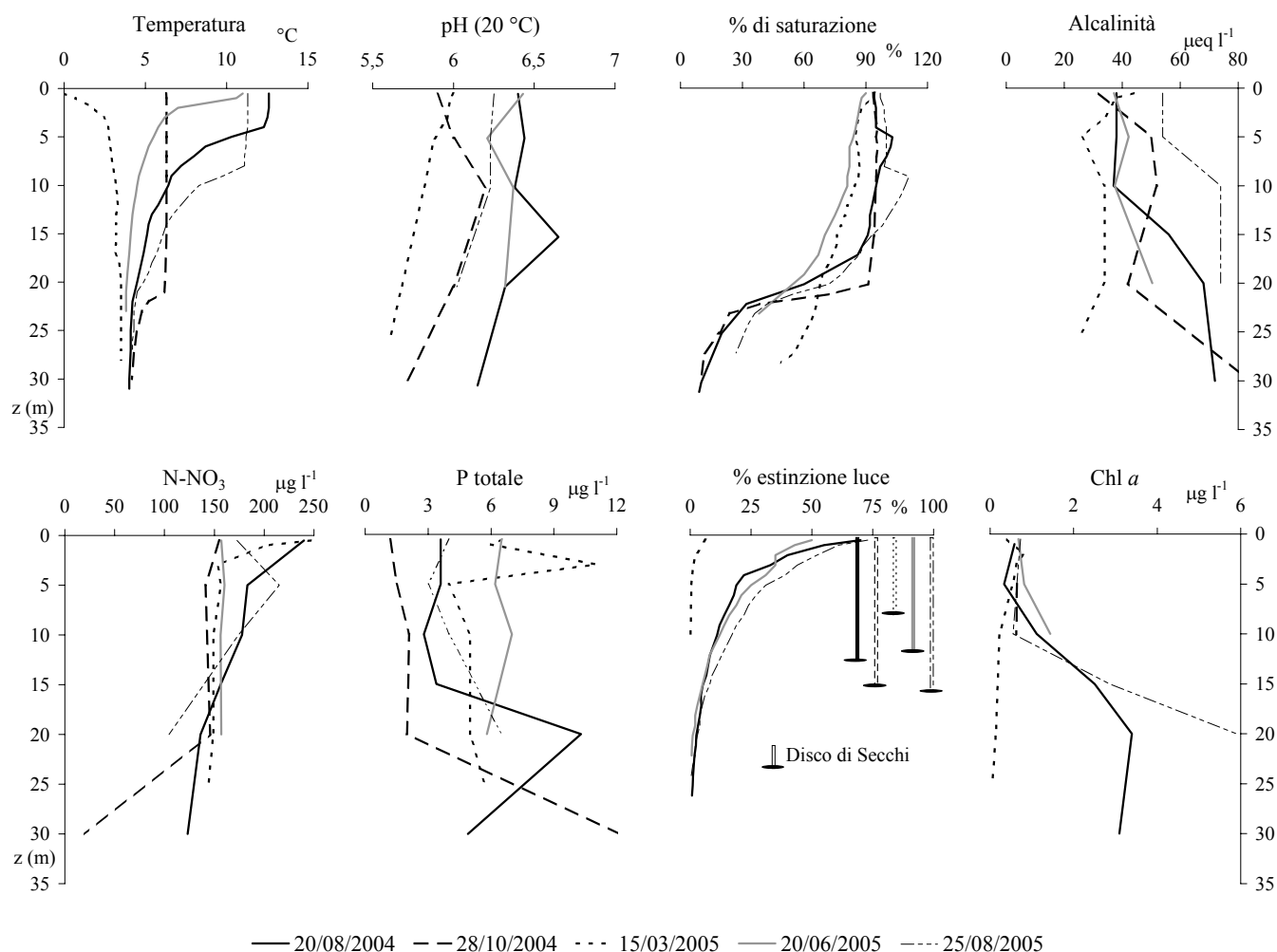


Fig. 4 - Parametri chimico-fisici registrati durante il monitoraggio stagionale del Lago Nero di Cornisello dal 20/08/2004 al 25/08/2005.

Fig. 4 - Physical and chemical parameters recorded during the seasonal monitoring of Lago Nero di Cornisello from 20/08/2004 to 25/08/2005.

toplankton secondo Utermöhl (1958), con calcolo dei biovolumi secondo Rott (1981).

Il 17 agosto 2004 tre trappole per sedimento sono state posizionate alle profondità di 5, 15 e 30 m. Le trappole per sedimento (modello UWITEC) consistono in coppie parallele di tubi in PVC, di 70 cm di lunghezza e 86 mm di diametro (rapporto di forma = 11; Bloesch & Burns 1980), montati su una struttura autoportante in plastica con, all'estremità inferiore, dei contenitori intercambiabili di plastica trasparente di 2 l di capacità. Le trappole vengono tenute in posizione verticale all'interno della colonna d'acqua grazie ad una corda, legata sul fondo ad un peso e in superficie ad una boa. Nessun conservante è stato immesso nelle trappole. Il cambio dei contenitori delle trappole è stato effettuato il 28 ottobre 2004, il 20 giugno 2005 e il 25 agosto 2005, giorno in cui l'intero sistema è stato smontato. Il materiale raccolto è stato messo in frigo per 48 h prima del subcampionamento, per per-

mettere una completa sedimentazione del particolato. Successivamente, è stata tolta l'acqua in eccesso e i $\frac{3}{4}$ del campione sono stati centrifugati ed essiccati a 40 °C in stufa; l'altro $\frac{1}{4}$ è stato in parte tenuto a 4 °C e in parte fissato in lugol per la stima del fitoplancton sedimentato. Per l'analisi del fitoplancton è stato utilizzato un microscopio rovesciato Olympus IX71 e per l'osservazione fine delle specie dominanti un microscopio elettronico a scansione (SEM) Zeiss EVO 40.

4. RISULTATI

4.1. Caratteristiche chimico-fisiche della colonna d'acqua

La temperatura dell'acqua (Fig. 4) è risultata tipica dei laghi dimittici, i quali ghiacciano in inverno e rimescolano completamente in primavera e autunno. Il pH

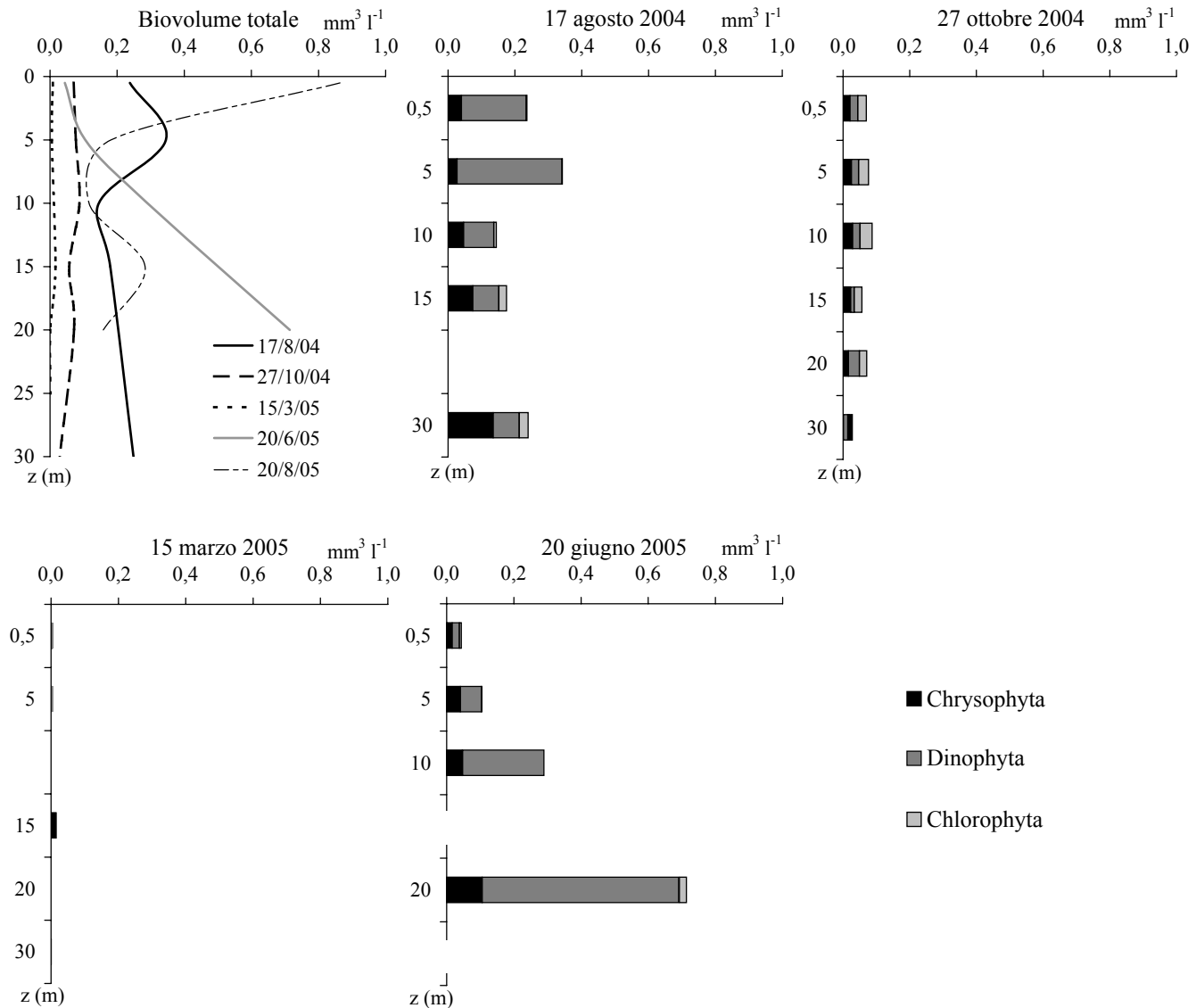


Fig. 5 - Biovolumi totali e biovolumi dei diversi gruppi fitoplanctonici proliferanti durante il monitoraggio stagionale del Lago Nero di Cornisello dal 20/08/2004 al 25/08/2005.

Fig. 5 - Total biovolumes and phytoplankton groups biovolumes observed during the seasonal monitoring of Lago Nero di Cornisello from 20/08/2004 to 25/08/2005.

mostra oscillazioni comprese tra 5,6 e 6,7, con valori maggiori durante la stagione di massima produzione algale. La saturazione dell'ossigeno varia tra 60 e 110% nei primi 20 metri. I valori di alcalinità sono compresi tra 20 e 80 $\mu\text{eq l}^{-1}$. L'azoto nitrico è sempre superiore a 120 $\mu\text{g l}^{-1}$, tranne che in autunno quando negli strati profondi si abbassa sotto i 20 $\mu\text{g l}^{-1}$ a causa del suo consumo come donatore d'ossigeno in condizioni fortemente riducenti. I contenuti di fosforo totale sono normalmente inferiori a 7 $\mu\text{g l}^{-1}$ e mai superiori a 12 $\mu\text{g l}^{-1}$. Al di sotto della zona eufotica, il cui limite coincide con il valore di estinzione della luce dell'1%, le alghe perdono la capa-

cità di effettuare la fotosintesi. La massima profondità della zona eufotica è stata registrata nell'estate 2005 a 23 m, quando il disco di Secchi indicava un valore di trasparenza di 15 m. Le concentrazioni della clorofilla *a* si mantengono sempre sotto i 6 $\mu\text{g l}^{-1}$.

4.2. Stagionalità del fitoplancton nella colonna d'acqua

I biovolumi totali del fitoplancton sono risultati minimi (Fig. 5). Le diatomee planctoniche sono sempre completamente assenti. In primavera ed estate il

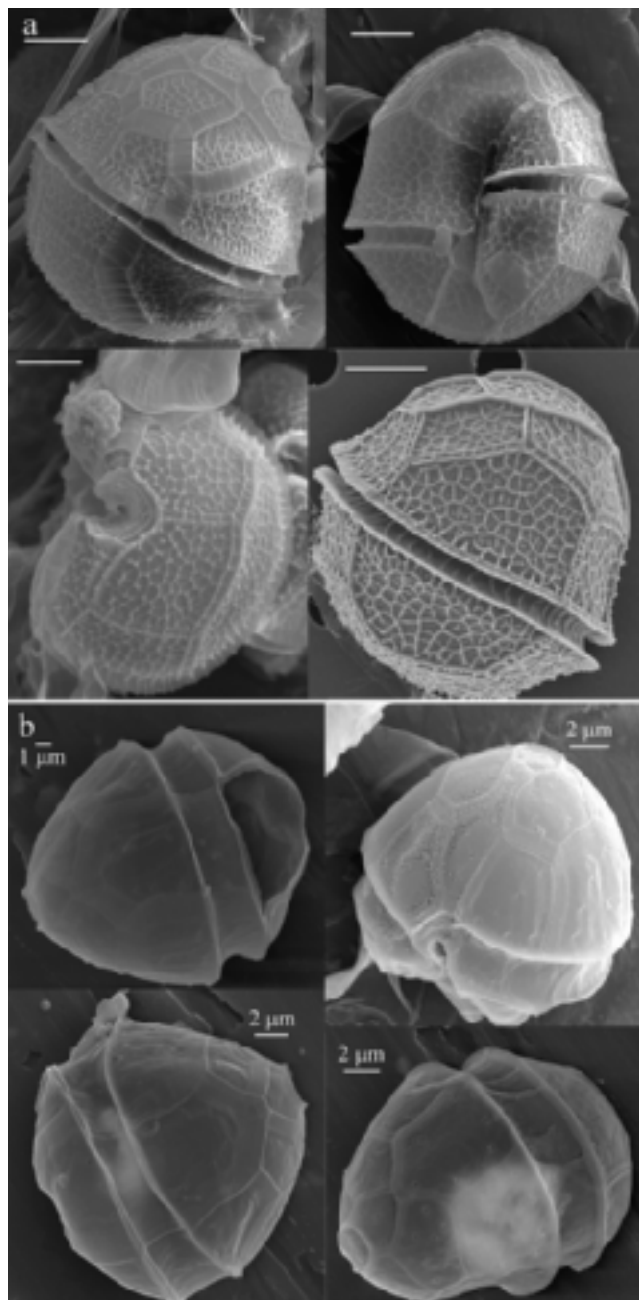


Fig. 6 - Fotografie al SEM di *P. cinctum* (a) e *P. umbonatum* var. *umbonatum* (b) raccolti dalla colonna d'acqua del Lago Nero di Cornisello dal 20/08/2004 al 25/08/2005 (scala della barra quando non specificata = 10 µm).

Fig. 6 - SEM-micrographs of *P. cinctum* (a), *P. umbonatum* var. *umbonatum* (b) collected from water column of Lago Nero di Cornisello from 20/08/2004 to 25/08/2005 (scale bar when not specified = 10 µm).

gruppo dominante è rappresentato dai dinoflagellati, più abbondanti nelle zone superficiali durante l'estate e in quelle più profonde in primavera. In autunno domina un'alga verde del genere *Oocystis*. In inverno il biovolume algale è pressoché nullo.

I dinoflagellati rinvenuti nel corso dello studio appartengono alle specie *Peridinium cinctum* Penard (Fig. 6a) e *Peridinium umbonatum* var. *umbonatum* Stein (Fig. 6b) e hanno una distribuzione nella colonna d'acqua rappresentata in figura 7a: in primavera ed in estate *P. umbonatum* var. *umbonatum* costituisce la specie dominante la comunità fitoplanctonica.

4.3. Stagionalità del fitoplancton nelle trappole di sedimento

Il particolato raccolto nelle trappole di sedimento è costituito per circa il 50% da materiale inorganico dominato da silicati. I flussi del materiale che sedimenta sono molto bassi, le trappole più profonde rivelano flussi maggiori rispetto a quelle superficiali. Tale trend risente degli effetti di risospensione e della ridotta velocità di decomposizione del materiale organico che si verifica nelle zone più profonde del lago.

L'analisi del fitoplancton nelle trappole di sedimento ha portato al ritrovamento di stadi quiescenti (cisti) dei dinoflagellati *P. umbonatum* var. *umbonatum* e *P. cinctum*. Biovolumi massimi si sono registrati il 28 ottobre 2004 (Fig. 7b). Sono state ritrovate cisti di *P. cinctum* anche dopo il disgelo all'interno delle trappole superficiali e cisti di *P. umbonatum* nelle trappole di fondo a fine estate.

La figura 8 riporta i flussi delle cisti di *P. umbonatum* e *P. cinctum* all'interno delle trappole (espressi in milioni d'individui al m² al giorno) assieme ai flussi del particolato totale (espressi in g m⁻² giorno⁻¹). Il minimo flusso di dinoflagellati e di quello del particolato totale sono stati misurati dopo il disgelo del giugno 2005 (0,01-0,04 g m⁻² giorno⁻¹). Il massimo flusso di dinoflagellati si verifica in autunno, con un valore di 4,6 milioni di cisti di *P. umbonatum* per m² al giorno nelle trappole di fondo, mentre il massimo flusso di particolato totale si registra in estate con valori compresi tra 0,08 e 0,2 g m⁻² giorno⁻¹.

5. DISCUSSIONE

Il Lago Nero di Cornisello può essere considerato un lago a condizioni estreme. In primo luogo, rimane ghiacciato per un lungo periodo (circa 7 mesi), rendendo difficile la vita agli organismi autotrofi e di conseguenza ai restanti livelli della catena alimentare. Le condizioni di temperatura e luce, variando molto dall'estate all'inverno, permettono la vita solamente agli organismi adattati a permanere in condizioni vitali durante lunghi periodi di buio e a sfuggire alte esposizioni di luce (in particolare UV) tipiche degli ambienti d'alta quota durante i periodi estivi. Il lago, inoltre, avendo un substrato siliceo, presenta valori di alcalinità alquanto bassi e sempre inferiori a 80 µeq l⁻¹. Camarero *et al.* (1995) suggeriscono che laghi con alcalinità tra

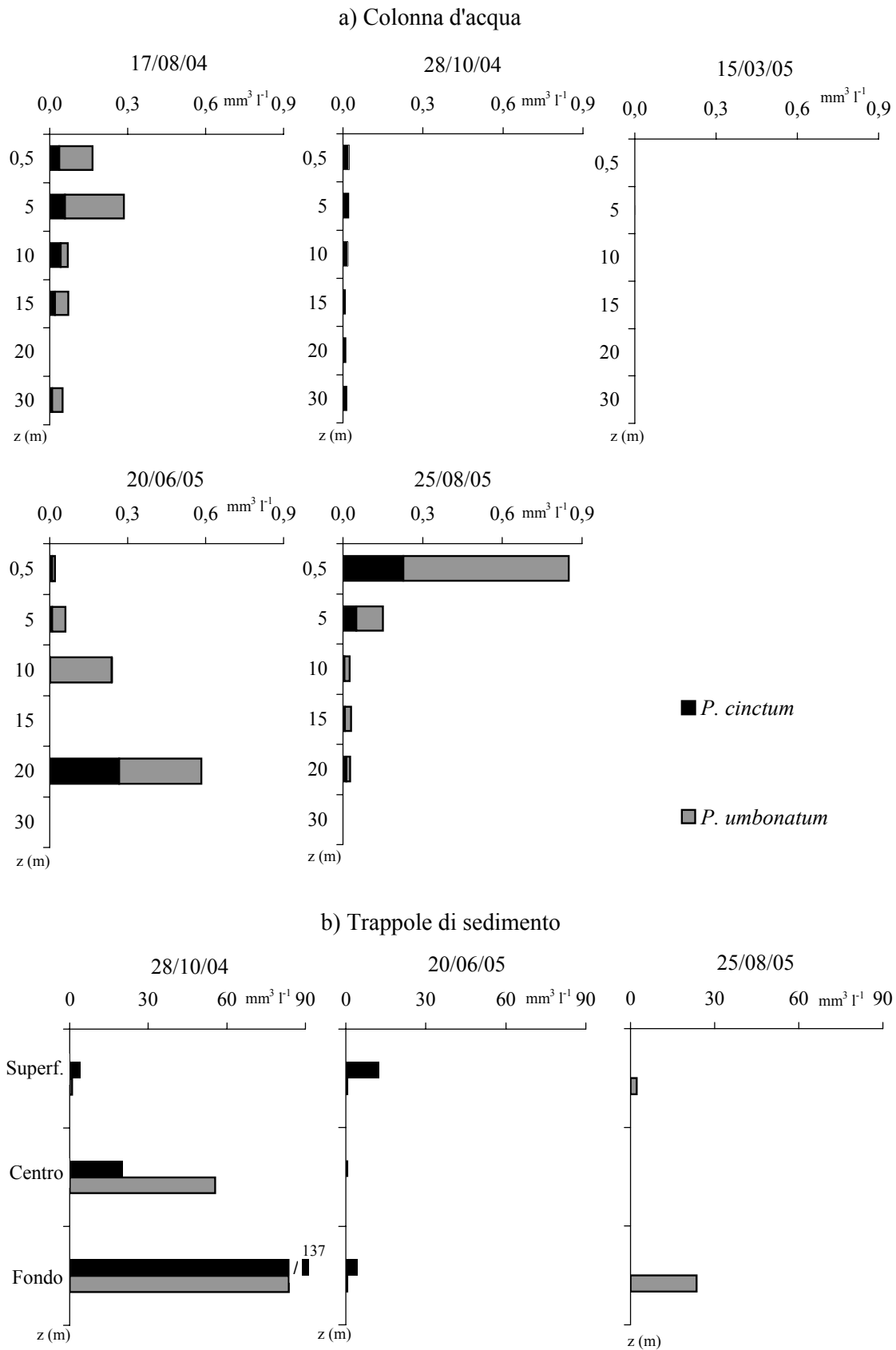


Fig. 7 - I biovolumi di *P. cinctum* and *P. umbonatum* var. *umbonatum* presenti nella colonna d'acqua (a) e nelle trappole di sedimento (b) durante il monitoraggio stagionale del Lago Nero di Cornisello dal 20/08/2004 al 25/08/2005.
 Fig. 7 - *P. cinctum* and *P. umbonatum* var. *umbonatum* biovolumes in water column (a) and sediment traps (b) during the study period of Lago Nero di Cornisello from 20/08/2004 to 25/08/2005.

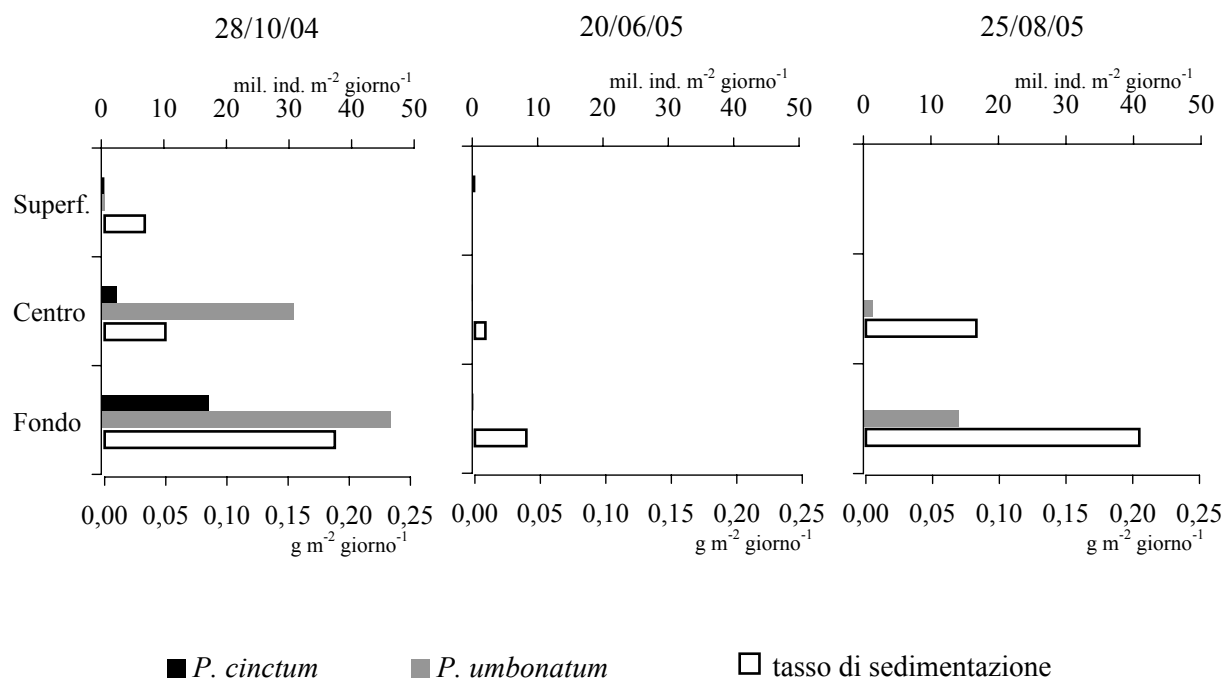


Fig. 8 - I flussi dei dinoflagellati e del particolato totale del sedimento presente all'interno delle trappole di sedimento durante il monitoraggio stagionale del Lago Nero di Cornisello dal 20/08/2004 al 25/08/2005.

Fig. 8 - Fluxes of dinoflagellates and particulate sediment calculated on sediment traps samples during the study period of Lago Nero di Cornisello from 20/08/2004 to 25/08/2005.

50 e 200 $\mu\text{eq l}^{-1}$ possono essere considerati molto sensibili a fenomeni di acidificazione. Attualmente, il pH del Lago Nero di Cornisello si mantiene attorno a valori di 6,0-6,5, quindi solo leggermente acidi. A rendere difficile la sopravvivenza all'interno del lago è anche la scarsa disponibilità di nutrienti, con contenuti di fosforo sempre inferiori a 12 $\mu\text{g l}^{-1}$.

Nell'ambiente estremo del Lago Nero di Cornisello il gruppo dei dinoflagellati riesce a dominare il popolamento fitoplanctonico grazie a speciali adattamenti eco-fisiologici. Infatti, i dinoflagellati sono microflagellati con la capacità di compiere all'interno della colonna d'acqua ampie migrazioni verticali giornaliere, finalizzate all'assorbimento dei nutrienti sul fondo durante la notte e della luce in superficie durante il giorno. Tali migrazioni costituiscono anche un efficace e veloce meccanismo di protezione nei confronti di dosi troppo elevate di UV, che possono causare danni ai complessi fotosintetici (Rott 1988).

I dinoflagellati riescono ad adeguarsi alla lunga stagione fredda e buia delle acque del Lago Nero di Cornisello entrando in fase di quiescenza già alla fine di agosto, nel caso di *P. umbonatum* var. *umbonatum*, o nel periodo autunnale, per *P. cinctum*. La trasformazione in cisti blocca qualsiasi attività vegetativa: l'organismo perde il movimento e si deposita sul fondo del lago in attesa del ritorno del periodo favorevole. Oltre a garantire la sopravvivenza nei periodi sfavorevoli, la fase di quiescenza è utile anche alla dispersione

della specie e all'aumento delle variazioni genetiche all'interno della popolazione, in quanto fase zigotica formatasi da riproduzione sessuata (Anderson *et al.* 1984). *P. umbonatum* var. *umbonatum* e *P. cinctum* permangono nei sedimenti per tutto l'inverno.

Il 20 giugno 2005 *P. umbonatum* var. *umbonatum* non si ritrovava nelle trappole di sedimento ma dominava il popolamento fitoplanctonico, mentre cisti di *P. cinctum* si potevano ancora ritrovare all'interno delle trappole. *P. umbonatum* var. *umbonatum* ha dimostrato, rispetto a *P. cinctum*, una certa precocità a elaborare le cisti nel periodo tardo estivo e ad esistere nel periodo tardo primaverile. La specie *P. umbonatum* descritta da Popovský & Pfiester (1990) include ecotipi che vengono considerati indicatori di laghi di montagna soggetti all'acidificazione (Willén *et al.* 1990; Nauwerck 1994), nei quali gli organismi proliferano specialmente all'inizio dell'estate. La dominanza di *P. umbonatum* var. *umbonatum* all'interno del popolamento fitoplanctonico del Lago Nero di Cornisello potrebbe essere collegata alle condizioni di bassa alcalinità e di pH leggermente acido ivi presenti.

6. CONCLUSIONI

Il Lago Nero di Cornisello, trovandosi all'interno dell'area protetta del Parco Naturale Adamello-Brenta, non è soggetto a rilevanti impatti antropici diretti, ma

solo agli effetti dell'inquinamento atmosferico diffuso. Esso presenta condizioni estreme e altamente vulnerabili a cambiamenti ambientali e climatici. Il monitoraggio a medio-lungo termine delle caratteristiche chimico-fisiche e dei parametri biologici di questo lago potrebbe dunque divenire un importante strumento per valutare gli effetti del *global change* in ambiente alpino d'alta quota. Infatti, i cambiamenti ambientali complessivi inducono processi di adattamento da parte degli organismi. Si è visto, ad esempio, che le dinamiche d'incistamento ed excistamento dei dinoflagellati sono legate a lievi modificazioni di uno o più fattori chimico-fisici, i quali determinano il passaggio da una all'altra fase del ciclo vitale.

RINGRAZIAMENTI

Si ringraziano la Provincia Autonoma di Trento per il finanziamento del progetto Oloambient, il Museo Tridentino di Scienze Naturali per il finanziamento dello studio sulla stagionalità del fitoplancton, tutti i collaboratori del MTSN per l'aiuto nella fase di campionamento, il dott. Yuri Dublianski del MTSN e il dott. Luigi Dallai del CNR-IGGI (Pisa) per l'analisi del materiale inorganico delle trappole per sedimenti, il dott. Andrea Borsato per l'elaborazioni dei dati di temperatura e precipitazioni della Stazione Pradalago messi gentilmente a disposizione dall'Ufficio Idrografico della Provincia Autonoma di Trento e la dott.ssa Monica Tolotti dell'Unità di Limnologia e Piscicoltura dell'Istituto Agrario di San Michele all'Adige per la revisione del lavoro.

BIBLIOGRAFIA

- Anderson D.M., Kulis D.M. & Binder B.J., 1984 - Sexuality and cyst formation in the dinoflagellate *Gonyaulax tamaris*: cyst yield in batch cultures. *J. Phycol.*, 20: 418-425.
- APAT & IRSA - CNR, 2004 - *Metodi analitici per le acque*. Rep. Manuali e linee guida 29/2003, voll. 1-2. Roma: 840 pp.
- Bloesch J. & Burns N.M., 1980 - A Critical Review of Sedimentation Trap Technique. *Schweiz. Z. Hydrol.*, 42: 15-55.
- Blomqvist P., Bell R.T., Olofsson H., Stensdotter U. & Vrede K., 1995 - Plankton and water chemistry in Lake Njupfatet before and after liming. *Can. J. Fish. Aquat. Sci.*, 52: 551-565.
- Boero F., Belmonte G., Fanelli G., Piraino S., & Rubino F., 1996 - The continuity of living matter and the discontinuities of its constituents: do plankton and benthos really exist? *TREE*, 11: 177-179.
- Borsato A., Frisia S., Corradini F., Longinelli A. & Artioli G., 2000 - *Acquiferi carsici in Trentino: caratteristiche chimico-fisiche, vulnerabilità e inquinamento*. Provincia Autonoma di Trento, Trento: 270 pp.
- Callegari E. & Brack P., 2002 - Geological map of the Tertiary Adamello Batholith (Northern Italy) – Explanatory notes and legend. *Mem. Sci. Geol.*, 54: 19-49.
- Camarero L., Catalan J., Buggero A., Marchetto A., Mosello R. & Psenner R., 1995 - Acidification in high Mountain Lakes in Central, Southwest, and Southeast Europe (Alps, Pyrennes, Pirin). *Limnologica*, 25/2: 141-156.
- Cantonati M., Tolotti M. & Lazzara M. (a cura di), 2002 - *I laghi del Parco Naturale Adamello-Brenta*, Parco Naturale Adamello-Brenta, Strembo (TN): 249 pp. (Documenti del Parco, 14).
- CNR - III, 1997 - Metodologie analitiche e controlli di qualità nel laboratorio chimico dell'Istituto Italiano di Idrobiologia. *Documenta Ist. It. Idrobiologia*, 60: 160 pp.
- Drakare S., 2002 - The role of picoplankton in lake food webs. *Comprehensive summaries of Uppsala dissertations from Faculty of Science an Technology*, 763: 36 pp.
- Halac S., Felipe M., Camarero L., Sommaruga-Wögrath S., Psenner R., Catalan R. & Sommaruga R., 1997 - An *in situ* enclosure experiment to test the solar UV-B impact on plankton in a high altitude lake. Lack of effect on phytoplankton composition and growth. *J. Plankton Res.*, 19: 1671-1687.
- Lorenzen C.J., 1967 - Determination of chlorophyll and phaeopigments: spectrophotometric equations. *Limnol. Oceanogr.*, 12: 343-346.
- Nauwerk A., 1994 - A survey on water chemistry and plankton in high mountain lakes in northern Swedish Lapland. *Hydrobiologia*, 274: 91-100.
- Popovský J. & Pfiester L. A., 1990. - Dinophyceae (Dinoflagellida). In: Ettl H., Gerloff J., Heyning H. & Mollenhauer D. (eds), *Süßwasserflora von Mitteleuropa, Band 6*: 272 pp.
- Rengefors K. & Anderson D.M., 1998 - Environmental and endogenous regulation of cyst germination in two freshwater dinoflagellates. *J. Phycol.*, 34: 568-577.
- Rott E., 1981 - Some results from phytoplankton counting intercalibrations. *Schweiz. Z. Hydrol.*, 43: 34-62.
- Rott E., 1988 - Some aspects of the seasonal distribution of flagellates in mountain lakes. *Hydrobiologia*, 161: 159-170.
- Tomasi G., 1962 - Origine, distribuzione, catasto e bibliografia dei laghi del Trentino. *Studi Trent. Sci. Nat.*, 1-2: 1-355.
- Utermöhl H., 1958 - Zur Vervollkommnung der quantitativen Phytoplankton Methodik. *Mitt. Internat. Verein. Limnol.*, 9: 1-39.
- Willén E., Hajdu S. & Pejler Y., 1990 - Summer phytoplankton in 73 nutrient-poor Swedish lakes – classification, ordination and choice of long-term monitoring objects. *Limnologica*, 20: 217-227.

