

# Il lago di Cadagno : un modello di meromissi crenogenica

Autor(en): **Peduzzi, Raffaele**

Objekttyp: **Article**

Zeitschrift: **Memorie / Società ticinese di scienze naturali, Museo cantonale di storia naturale**

Band (Jahr): **4 (1993)**

PDF erstellt am: **31.08.2024**

Persistenter Link: <https://doi.org/10.5169/seals-981605>

## **Nutzungsbedingungen**

Die ETH-Bibliothek ist Anbieterin der digitalisierten Zeitschriften. Sie besitzt keine Urheberrechte an den Inhalten der Zeitschriften. Die Rechte liegen in der Regel bei den Herausgebern.

Die auf der Plattform e-periodica veröffentlichten Dokumente stehen für nicht-kommerzielle Zwecke in Lehre und Forschung sowie für die private Nutzung frei zur Verfügung. Einzelne Dateien oder Ausdrucke aus diesem Angebot können zusammen mit diesen Nutzungsbedingungen und den korrekten Herkunftsbezeichnungen weitergegeben werden.

Das Veröffentlichen von Bildern in Print- und Online-Publikationen ist nur mit vorheriger Genehmigung der Rechteinhaber erlaubt. Die systematische Speicherung von Teilen des elektronischen Angebots auf anderen Servern bedarf ebenfalls des schriftlichen Einverständnisses der Rechteinhaber.

## **Haftungsausschluss**

Alle Angaben erfolgen ohne Gewähr für Vollständigkeit oder Richtigkeit. Es wird keine Haftung übernommen für Schäden durch die Verwendung von Informationen aus diesem Online-Angebot oder durch das Fehlen von Informationen. Dies gilt auch für Inhalte Dritter, die über dieses Angebot zugänglich sind.

RAFFAELE PEDUZZI

## **IL LAGO DI CADAGNO: UN MODELLO DI MEROMISSI CRENOGENICA**

---

Laboratoire d'écologie microbienne, Université de Genève  
Istituto cantonale batteriosierologico, Lugano

## RIASSUNTO

Il Lago di Cadagno, situato ad un'altitudine di 1923 m.s.m., costituisce un raro esempio di meromissi crenogenica. Le sue acque presentano una stratificazione permanente dovuta a un fenomeno geologico naturale. Lo strato d'acqua inferiore, ricco di sali disciolti (solfato, magnesio, calcio, carbonato) provenienti da sorgenti sottolacustri, è separato da quello superiore, permanentemente ossigenato. Tra i due strati si determinano le condizioni ideali per lo sviluppo massiccio di batteri fotosintetici anaerobici, appartenenti alla specie *Chromatium okenii*. L'ecosistema offre la possibilità di studiare su un modello stabile i metabolismi legati all'eutrofizzazione, in quanto è risaputo che uno degli stadi avanzati di eutrofizzazione è la meromissi biogenica.

## ABSTRACT

Lake Cadagno, 1923 meters above sea level, is a rare example of crenogenic meromixis. Its waters show a permanent stratification due to a natural geological phenomenon. The lower abounds with dissolved mineral salts (sulphate, magnesium, calcium, carbonate) originating from sublacustrine springs, whereas the separate upper layer is permanently oxygenated. Anaerobic phototrophic bacteria belonging to the species *Chromatium okenii* thrive between the two layers where they find the ideal conditions for their development. Such an ecosystem provides a good opportunity to study the metabolisms connected with eutrophication on a stable model, as it is well-known that one of the advanced stages of eutrophication is biogenic meromixis.

## INTRODUZIONE

Il Lago di Cadagno è un lago alpino situato nel Massiccio del San Gottardo nella Val Piora a un'altitudine di 1923 m.s.l.m..

Il lago costituisce un raro esempio di meromissi crenogenica (stratificazione permanente delle acque del lago d'origine geologica e dovuta a una forte salinità negli strati profondi). Il lago, posto in parte su rocce silicee (nord) e in parte su strati dolomitici (sud) riceve in superficie acque cristalline povere di sali minerali e in profondità, grazie a delle sorgenti sottolacustri, riceve delle acque ricche in solfato, carbonato, calcio e magnesio. Le sue acque sono così disposte su due strati con proprietà fisico-chimiche e biologiche completamente diverse. Lo strato superiore (mixolimnio) è formato da acque povere in sali disciolti e ricche di ossigeno, mentre lo stato inferiore (monimolimnio) da acque con alti tenori in sali minerali e totalmente prive di ossigeno. L'acqua prelevata nella zona di separazione dei due strati presenta un'accentuata colorazione rosso-purpurea. Dall'analisi microscopica risulta che l'origine della colorazione è una forte proliferazione di batteri fototrofi anaerobici appartenenti alla specie *Chromatium okenii*. Questi microorganismi fotosintetici metabolizzano i composti solforosi (in particolare  $H_2S$ ) provenienti dalle rocce dolomitiche e gessose (Fig. 1).

L'origine del fenomeno è da ricercare nella struttura geologica della Val Piora che ha la particolarità di presentare una vena di rocce calcaree e dolomitiche racchiusa da ambo le parti da rocce granitiche cristalline. La parte sud del bacino del Lago di Cadagno è posta su queste rocce dolomitiche.

Durante la stagione invernale il livello del Lago di Cadagno subisce un abbassamento di tre metri allo scopo di alimentare lo sbarramento del Lago Ritom. I dati geo-morfologici concernenti le due stagioni sono riassunti nella tabella no. 1.

|   | Estate  | Inverno |
|---|---------|---------|
| Lunghezza (m)                                 | 842     | 760     |
| Larghezza (m)                                 | 423     | 380     |
| Profondità massima (m)                        | 21      | 18      |
| Superficie (m <sup>2</sup> )                  | 261'000 | 215'800 |
| Volume totale (in Milioni di m <sup>3</sup> ) | 2.42    | 1.70    |

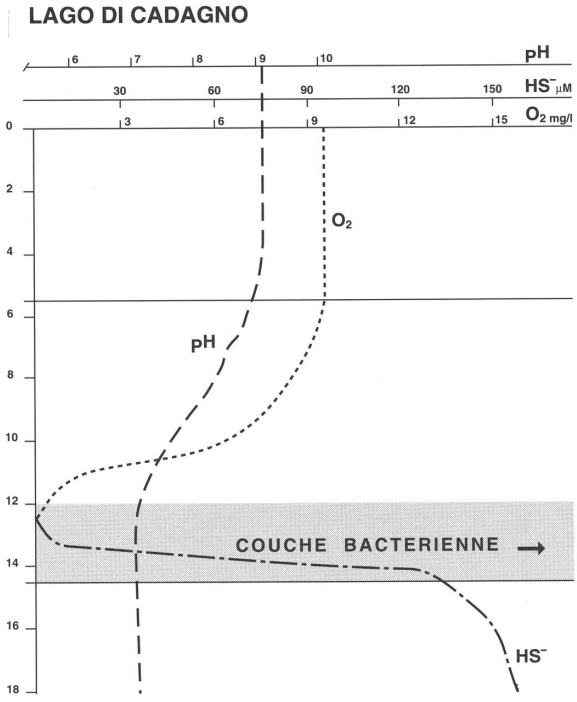
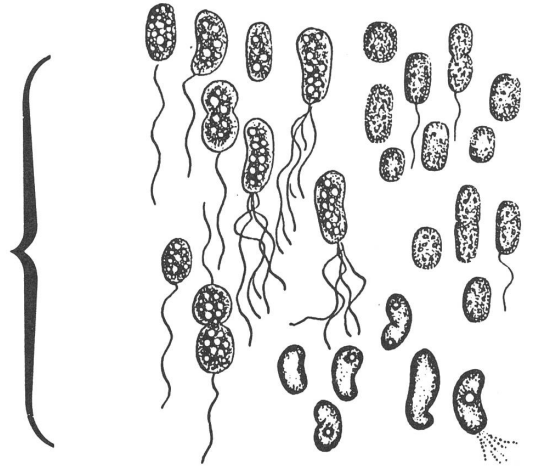


Fig. 1 Grafico che localizza nel Lago di Cadagno la posizione della fascia batterica foto-sintetica e anaerobica in relazione ai parametri ossigeno, idrogeno solforato e pH sulla colonna d'acqua. Schema didattico elaborato sulla base dei valori misurati nell'estate 1985.

**CROMATIUM OKENII**



## MATERIALE E METODI

- A. I parametri abiotici: conduttività in microsimens per centrimetro ( $\mu\text{S}/\text{cm}$ ), temperatura ( $^{\circ}\text{C}$ ), pH, ossigeno ( $\text{mg}/\text{l}$ ), sono misurati con una sonda multiparametrica (Hydropolytester HPTC, Züllig SA).
- B. Per i dosaggi dell'idrogeno solforato ( $\mu\text{g}/\text{l}$ ) dei fosfati ( $\mu\text{g}/\text{l}$ ) e dell'ammonio ( $\mu\text{g}/\text{l}$ ) sono state utilizzate delle misure colorimetriche.
- C. I prelievi nella zona di transizione tra i due strati sono stati effettuati mediante un campionatore composto da venti siringhe ognuna di un volume di 100 ml, poste ad una distanza di 10 cm, su una lunghezza totale di 2 m.

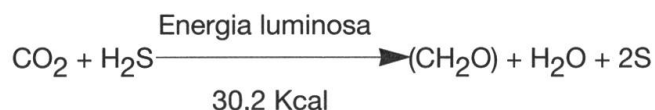
## RISULTATI

### I parametri microbiologici.

Nella zona di transizione tra i due strati d'acqua la popolazione di batteri fotosintetici anaerobici che si sviluppa può avere a seconda delle condizioni luminose e quindi a seconda della stagione nella quale vengono effettuate le misure, degli spessori che variano da 50 centimetri a 2 metri.

L'acqua ad una profondità che può oscillare tra 10 e 13 metri appare rossa grazie al pigmento caratteristico contenuto nelle cellule batteriche: l'okenone, pigmento appartenente alla famiglia dei carotenoidi e specifico della specie *Chromatium okenii*.

L'idrogeno solforato è metabolizzato dal *Chromatium okenii* secondo la formula:



Grazie a questa proprietà metabolica la crescita batterica costituisce un filtro per quanto concerne l'idrogeno solforato.

La presenza di questa sostanza tossica nel Lago è dovuta ai batteri anaerobici del sedimento che possiedono delle proprietà solfato riducenti; trasformano il solfato proveniente dalla dolomia gassosa in idrogeno solforato che diffonde verso l'alto, "consumando" l'ossigeno e impedendo così tutte le forme di vita aerobica fino allo strato dove si insediano i batteri fototrofici citati. Metabolizzando la sostanza tossica ne evitano l'ulteriore diffusione verso lo strato superiore d'acqua.

Nel bilancio della catena trofica del lago, la produzione primaria supplementare dei batteri fotosintetici, sommata a quella delle alghe, costituisce un aumento di un quarto della produttività totale del lago. Inoltre bisogna annotare che dall'analisi del sedimento, grazie al reperimento della sostanza ochenone che costituisce un vero tracciante organico ("marqueur organique"), risulta che questo fenomeno naturale deve essere presente nell'ecosistema da centinaia di anni in quanto può essere messo in evidenza anche a un metro e cinquanta di profondità del sedimento. Si rammenta che nel Lago di Cadagno l'aumento annuale dello spesso del sedimento è di qualche millimetro.

### I parametri fisico-chimici

I profili dei parametri abiotici stabiliti sulla colonna d'acqua a diverse profondità e misurati in una situazione estiva sono riportati graficamente alle Figure 1, 2, 3, 4 e 5.

L'interpretazione dell'andamento delle curve permette di verificare le proprietà e i bisogni metabolici del *Chromatium okenii*: l'assenza di ossigeno contemporanea ad una presenza sufficiente ma non tossica di idrogeno solforato, accompagnata da una buona penetrazione della luce che permette ancora la fotosintesi batterica (Fig. 1).

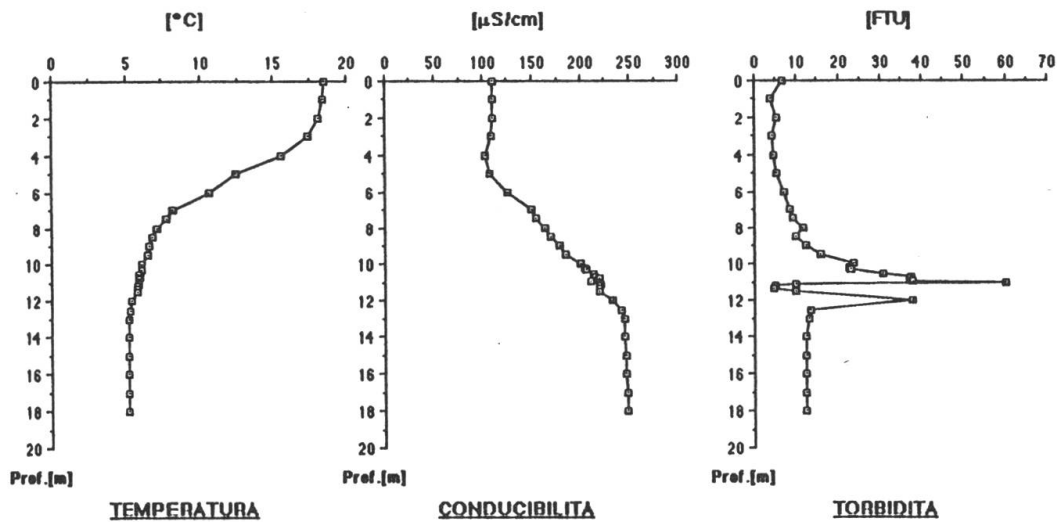


Fig. 2 Profili dei valori della temperatura, della conducibilità elettrica e della torbidità sulla colonna d'acqua del Lago di Cadagno. Valori misurati il 28 luglio 1992.

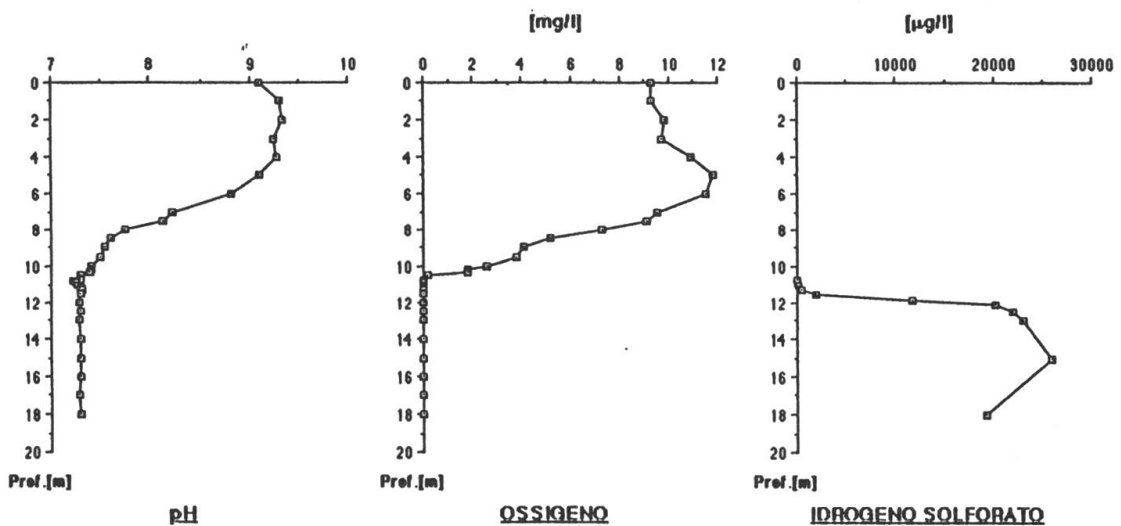


Fig. 3 Profili delle concentrazioni dell'ossigeno dell'idrogeno solforato e dei valori pH sulla colonna d'acqua del Lago di Cadagno. Valori misurati il 28 luglio 1992.

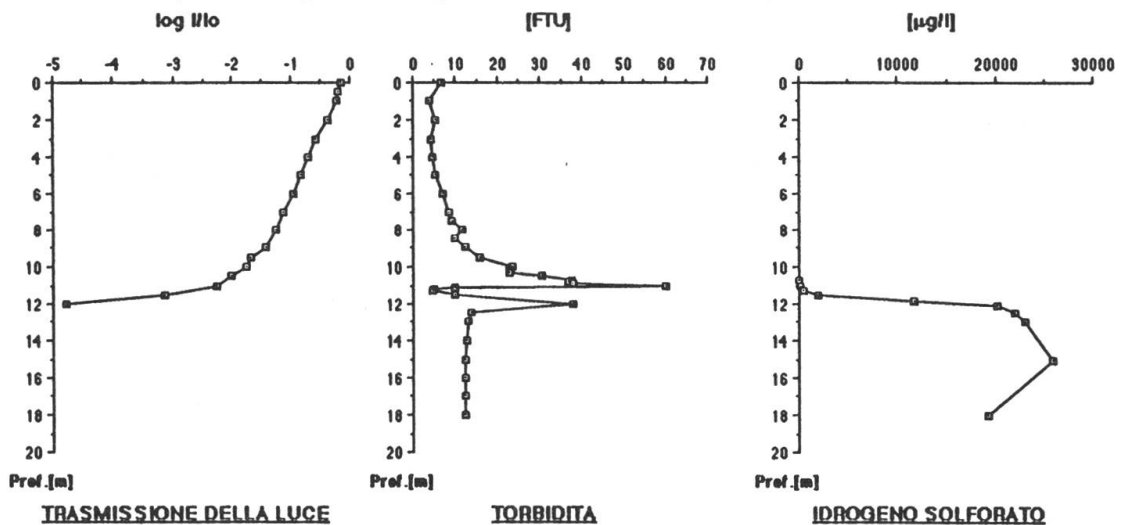


Fig. 4 Profili della trasmissione della luce in profondità correlati con i valori della torbidità e delle concentrazioni dell'idrogeno solforato. Valori misurati il 28 luglio 1992.

I grafici riportati alle Figure 2, 3 e 4 forniscono alcune informazioni sui parametri fisico-chimici analizzati e permettono di caratterizzare il metabolismo del Lago.

La curva della conducibilità (Fig. 2) con valori fino a 250  $\mu\text{S}/\text{cm}$  traduce una concentrazione in sali molto elevata nel monimolimnio (i valori massimi misurati in occasione di campagne precedenti sono di 400  $\mu\text{S}/\text{cm}$ ).

La curva della temperatura (Fig. 2) indica che la stratificazione permanente delle acque del lago è resa ancora più stabile in estate, dal gradiente termico che caratterizza la colonna d'acqua.

Stabile fino a 8 metri di profondità nel salto termico decresce drasticamente da 13°C a 5°C per stabilizzarsi su questo valore fino al sedimento.

La differenza di densità tra il mixolimnio ed il monimolimnio genera un'habitat del tutto particolare attorno ai 10-13 m. A questa profondità l'elevato numero di particelle biotiche e abiotiche in sospensione sono all'origine dei valori massimi nella misura della torbidità (Fig. 2).

Siamo in presenza di uno strato caratterizzato da una complessa comunità microbica e nel quale *Chromatium okenii* occupa una posizione di rilievo grazie al suo metabolismo particolarmente adeguato alle condizioni chimico-fisiche riscontrate.

Il valore pH (Fig. 3), buon indicatore degli strati biologicamente attivi perchè collegato all'attività fotosintetica, è alto in corrispondenza del mixolimnio, decresce nella zona di transizione e si stabilizza vicino alla neutralità nella parte più profonda dove avvengono i processi di mineralizzazione.

Anche i valori massimi dell'ossigeno (Fig. 3) caratterizzano lo strato aerobico dove ha luogo la fotosintesi algale per poi subire la caratteristica rapida riduzione nella zona di transizione.

La curva si assesta in seguito sullo zero in quanto non vengono riportati in questa sede i valori negativi dovuti alla domanda in ossigeno degli strati anaerobici.

L'idrogeno solforato (Fig. 3 e 4) è un composto presente a concentrazioni elevate e solo nel monimolimnio.

La diffusione verso il minolimnio di questo gas, nocivo per la vita aerobica, è limitata dall'attività fotosintetica dei batteri purpurei (*Chromatium okenii*). Questi ultimi si sviluppano appunto nella zona di transizione e sfruttano la poca luce ancora a disposizione per metabolizzare i composti che provengono dallo strato inferiore (cfr. Trasmissione della luce, Fig. 4).

Oltre l'idrogeno solforato, la popolazione batterica metabolizza anche sostanze trofogene come il fosfato e l'ammonio e si oppone così alla loro diffusione verso gli strati superficiali, come appare dai profili delle concentrazioni riportati alla Fig. 5.

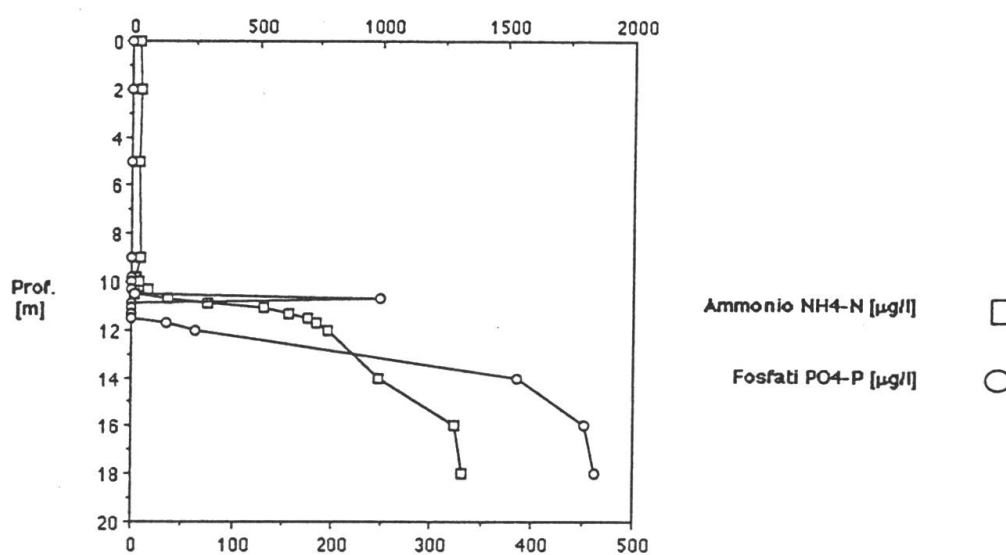


Fig. 5 Profili delle concentrazioni di ammonio e dei fosfati sulla colonna d'acqua. Valori misurati il 21 luglio 1992.

## Le convergenze con la meromissi biogenica

L'ecosistema offre la possibilità di studiare su di un modello stabile i metabolismi legati all'eutrofizzazione, in quanto è riconosciuto che uno degli stadi avanzati del fenomeno dell'eutrofizzazione è la meromissi biogenica. In effetti, quando i laghi non arrivano più a digerire la loro produzione, quando lasciano accumulare in profondità i prodotti del loro metabolismo anaerobico, si è in presenza di una stratificazione permanente. In questa evoluzione, la zona profonda trofolitica è completamente separata della zona trofogenica e diventa impropria alla vita aerobica, in particolare animale.

I valori dei parametri riscontrati nel Lago di Cadagno permettono di stabilire una correlazione con la situazione limnologica del Lago di Lugano, in quanto questo corpo d'acqua dall'inizio degli anni '80 presenta una meromissi biogenica. In effetti, il bacino nord del lago a partire da 100 metri di profondità è privo di ossigeno fino alla profondità massima di 280 metri. Inoltre, parametri come l'idrogeno solforato hanno degli andamenti analoghi sulla colonna d'acqua, ma evidentemente su più ampie distanze.

## CONCLUSIONI

Il Lago di Cadagno è un lago alpino meromittico. I batteri che si sviluppano rappresentano un filtro biologico importante che metabolizza composti tossici e trofogeni ( $\text{HS}^-$ ,  $\text{PO}_4^{2-}$ ,  $\text{NH}_4^+$ ). Questa importante fascia batterica fotosintetica ed anaerobica è situata nella zona di transizione tra lo strato d'acqua ossigenato e lo strato anossico del lago.

L'ecosistema del Lago di Cadagno offre la possibilità di studiare su un modello stabile i metabolismi legati all'eutrofizzazione. Infatti le convergenze tra meromissi crenogenica (Cadagno) e meromissi biogenica (stadio avanzato di eutrofizzazione) risultano molto evidenti. La localizzazione di *Chromatium okenii* coincide con l'interfaccia tra lo strato d'acqua ricco in sali minerali e lo strato superficiale dove esistono delle condizioni di oligo mesotrofia.

Rispetto agli altri laghi alpini, il Lago di Cadagno possiede una produzione primaria supplementare, grazie alla presenza dei batteri anaerobici fotosintetici. La produzione primaria batterica sommata alla produzione primaria fitoplanctonica, determina un'alta capacità trofica, insolita per un laghetto alpino.

L'analisi dei sedimenti permette di constatare la stabilità del fenomeno che da secoli deve essere presente nel corpo lacustre.

## BIBLIOGRAFIA

- DEL DON C., 1986 - L'azione degli solfobatteri fotosintetici nella zona di transizione di ossidazione del lago meromittico di Cadagno: riciclaggio delle sostanze nutrienti e conseguenza sull'ecosistema del lago. - Lavoro di diploma. Università di Zurigo.
- PEDUZZI R., BOSCOLO P., TONOLLA M., DEL DON C., 1987 - Lago di Cadagno: marcatura e abbassamento artificiale, prime conclusioni. - *Acquicoltura Ticinese*, 71, 5-11.
- PEDUZZI R., TONOLLA M., 1989 - *Chromatium okenii*, filtre bactérien retenant les composés toxiques et trophogènes dans un lac alpin (lago di Cadagno, Suisse). - *Actes du deuxième congrès de la Société Française de Microbiologie*, 151 (G20), Strasbourg.
- PEDUZZI R., 1990 - Etude d'un filtre bactérien retenant les composés toxiques et trophogènes dans un lac alpin (lac de Cadagno, massif du St.Gothard). - *Cahiers de la faculté de sciences, Université de Genève*, 20, 121-133.
- PEDUZZI R., 1983-1992 - *Ecologie alpine et microbienne*. - Polycopié du cours d'hydrobiologie microbienne, Université de Genève.
- SACCHI C.F. e TESTARD P., 1971 - Soufre et hydrogène sulfuré, cycle biogéochimique du soufre - in "*Ecologie animale*". Ed. Doin, Paris, P. 246-247.



- TONOLLA M., 1987 - Über das photochemotaktische Verhalten von Purpurschwefelbakterien in ihrer natürlichen umgebung. - Lavoro di diploma, Università di Zurigo.
- TONOLLA M., DEL DON C., BOSCOLO P., PEDUZZI R., 1988 - The problem of fish management in an artificially regulated meromictic lake: lake Cadagno. - Riv. Ital. Acquacol., 23, 57-68.