

Il Centro Biologia Alpina di Piora (CBA)

Raffaele Peduzzi, Antonella Demarta, Sandro Peduzzi, Mauro Tonolla

Nel 1993 in Val Piora è stato aperto il Centro Biologia Alpina, dove si svolgono attività scientifiche e didattiche di livello universitario. Il Centro, creato dallo Stato del Cantone Ticino con la collaborazione delle Università di Ginevra e di Zurigo, offre laboratori moderni e completamente attrezzati per permettere di seguire "sul terreno", a 2000 metri di altitudine, momenti di formazione molto preziosi in un curriculum di studio universitario nelle discipline ambientali, biologiche e geologiche.

L'oggetto scientifico di maggior richiamo è il Lago di Cadagno, in quanto presenta una rara stratificazione permanente dovuta ad un fenomeno naturale (meromissi crenogena); un filtro biologico, posto ad una profondità di 12 metri, ritiene i composti solforosi convogliati da sorgenti sottolacustri nell'ecosistema.

Introduzione

La Regione di Piora ha attirato l'attenzione dei naturalisti fin dal 1700, le prime testimonianze e descrizioni concernenti Piora e il San Gottardo coincidono cronologicamente con la nascita dell'interesse dei naturalisti per la montagna e con la nascita dell'alpinismo stesso. Le prime ricerche scientifiche svolte in Piora risalgono alla seconda metà del 1800 - inizio 1900. Da allora sono state pubblicate oltre 200 monografie ed articoli apparsi su

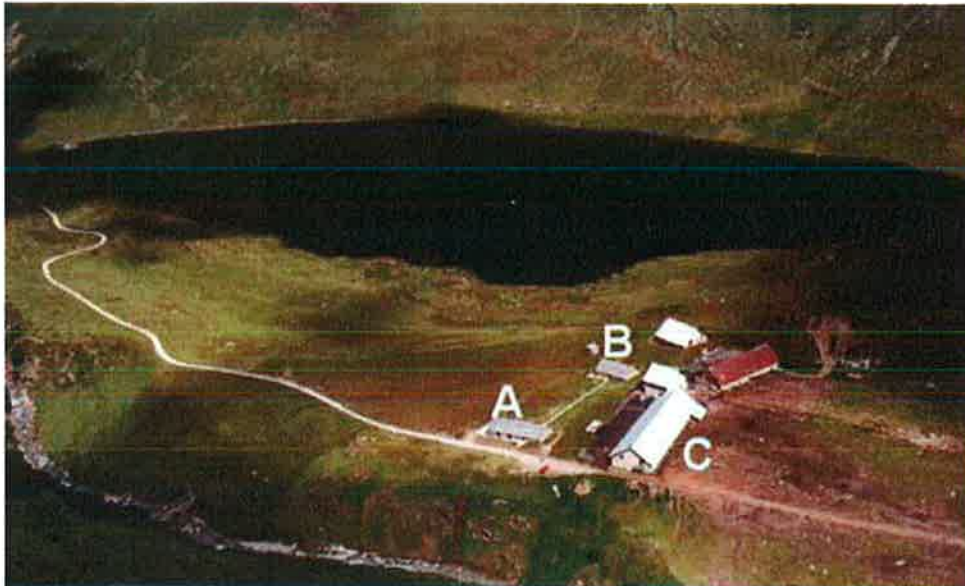
riviste specializzate. I lavori considerano la microbiologia, la flora, la fauna, l'idrobiologia e i problemi tecnici legati allo sfruttamento idroelettrico ed alla gestione della pesca nei laghi alpini. Esiste così un vero patrimonio conoscitivo difficilmente riscontrabile in altre regioni naturalisticamente pregiate. Questi dati offrono inoltre il vantaggio di poter dare un'interpretazione evolutiva ai risultati delle indagini odierne.

Struttura logistica

Allo scopo di incentivare le attività didattico-scientifiche di livello universitario, lo Stato del Canton Ticino (con decisione del Gran Consiglio del 1989), in collaborazione con le università di Ginevra e di Zurigo, si è fatto promotore della trasformazione in laboratorio ed infrastruttura d'accoglienza di due edifici rurali de XVI° secolo, "barc".



Veduta dal Pizzo Corandoni sulla Val Piora con il Lago di Cadagno ed il Lago Ritom, a sinistra la localizzazione del Centro Biologia Alpina.



Lago di Cadagno e Alpe di Piora con gli stabili del Centro Biologia Alpina. Stabile A: laboratorio e biblioteca - Stabile B: refettorio e dormitorio (24 posti letto) - Stabile C: laboratorio, refettorio e dormitorio (37 posti letto).

Foto: Bruno Pellandini

Inoltre, con la riattazione a tappe di parte dello stabile dell'Alpe che già accoglieva i corsi dal 1982, il Centro Biologia Alpina di Piora (2000 m/s.m.) dispone di laboratori attrezzati per la ricerca sul terreno, con un totale di 60 posti letto e relativi servizi per il soggiorno.

Il CBA è agibile da metà giugno a fine settembre, con una media stagionale di occupazione effettiva di 70-80 giorni.

zione *Centro Biologia Alpina*. In seno al Consiglio di Fondazione vengono rappresentati gli enti che hanno promosso il Centro: lo Stato del Cantone Ticino, l'Università di Ginevra, l'Università di Zurigo, la corporazione dei boggesi di Piora e più tardi l'Università della Svizzera italiana.

Organizzazione e finanziamento

Il finanziamento di base per la riattazione degli stabili e la costituzione della Fondazione proviene essenzialmente da enti pubblici: lo Stato del Canton Ticino, la Confederazione Svizzera tramite la protezione federale dei monumenti storici, l'Università di Ginevra e l'Università di Zurigo. Altri enti singoli e pri-

vati si sono poi aggiunti sostenendo finanziariamente la Fondazione.

Per mandato istituzionale, tramite la Fondazione l'Istituto cantonale di microbiologia (ICM) amministra e anima le attività del Centro. Questa gestione riguarda la parte amministrativa-contabile ed il coordinamento della frequenza dei diversi corsi universitari, sia dal punto di vista logistico che delle loro esigenze scientifiche (inquadramento teorico e pratico, messa a disposizione di materiali e attrezzature per il lavoro sul terreno).

Il fatturato dei soggiorni inerenti ai diversi corsi permette alla Fondazione di autogestirsi nelle spese di gestione corrente. La manutenzione degli stabili è sorretta da convenzioni tra lo Stato del Cantone Ticino e la Corporazione dei boggesi di Piora, mentre l'attività scientifica è sorretta da convenzioni tra lo Stato del Cantone Ticino e l'Università di Ginevra e l'Università di Zurigo.

Consiglio di Fondazione

Nel 1994, terminati i lavori di ristrutturazione dei due "barc" messi a disposizione dalla Corporazione dei Boggesi di Piora, con la clausola che venissero riattati a scopi didattici e di ricerca, viene istituita presso lo studio dell'Avv. Gabriele Gendotti a Faido la *Fonda-*

Il Centro Biologia Alpina di Piora, punto d'incontro e di scambi culturali

Sul timbro postale del Comune di Quinto era raffigurato il Centro Biologia Alpina di Piora (CBA). Alla chiusura dell'Ufficio postale di Quinto (28.04.2004), il logo è stato ripreso sul

Consiglio di Fondazione 2004/2008

Canton Ticino:	Prof. R. Peduzzi, Presidente, (Dir. Ist. cant. di microbiologia) Sig. A. Giannini (Corp. Boggesi di Piora) ¹
Università di Ginevra:	Prof. W. Wildi (Dir. Institut F.A. Forel) ²
Università di Zurigo:	Prof. R. Bachofen (Institut für Pflanzenbiologie)
Università della Svizzera italiana:	Arch. A. Galfetti (Accademia di architettura) ³
Segretaria:	Sig.ra L. Ferrari-Casanova (Ist. cant. di microbiologia)

Alla sua costituzione nel 1994 facevano parte del Consiglio di Fondazione anche i membri promotori:

¹ Remo Croce, ex sindaco di Quinto,

² Fabrizio Carlevaro, professore all'Università di Ginevra,

³ Mauro Martinoni, direttore dell'Ufficio degli studi universitari



Lo stabile B del Centro Biologia Alpina con il Lago di Cadagno ed il Pizzo Tamedà.



Cadagno, 2 agosto 2003: concerto sinfonico "Suoni d'acqua", Orchestra dell'Insubria diretta da Marc Andrea; platea di oltre 2.000 persone.

timbro postale di Ambri (7.09.2004). Sono questi segni tangibili di quanto l'attività svolta presso il Centro sia sentita e fa parte integrante dei ritmi della nostra comunità. Presenza non solamente accettata quindi, ma con una certa fiera anche esibita prendendo lo spunto da un grande avvenimento scientifico svoltosi nella regione leventinese: l'accoglimento di mille ricercatori dell'Accademia Svizzera di Scienze Naturali (ASSN), nel settembre del 1998, in occasione del congresso annuale organizzato a Piora-Airolo-St.Gottardo (vedi pag. 130 pubblicazione 1.). Inoltre la partecipazione a visite e conferenze inerenti l'attività del CBA dimostrano pure la sensibilità della popolazione per il Centro. Considerando le difficoltà che in generale si riscontrano in altre regioni nel voler far recépire un discorso di tipo naturalistico-educativo presso le comunità locali, quest'attitudine partecipativa positiva dei diversi enti è lodevole e soprattutto costruttiva.

Oltre il Congresso nazionale dell'Accademia (ASSN), due avvenimenti permettono di evidenziare le capacità promozionali di Piora e del CBA nel favorire relazioni e scambi culturali:

- nell'estate 2003, in occasione dell'*Anno internazionale dell'acqua*, nella conca "anfiteatro" tra il Centro e la riva del Lago di Cadagno è stato organizzato in collaborazione con l'"Associazione tra confine e cielo" un concerto sinfonico "Suoni d'acqua". In quest'occasione i partecipanti, amanti della musica e amanti della montagna, hanno potuto effettuare un percorso didattico-naturalistico per raggiungere e visitare il Centro. E' stato un

grande avvenimento che ha coinvolto, in un sabato d'agosto, più di 2.000 persone.

- Durante l'estate del 2002, nel quadro dell'*Anno internazionale della montagna*, il Centro di Piora ha accolto i partecipanti di diversi trekking, in particolare "Suiza Existe" e "Tra confine e cielo". Riportiamo nel riquadro a lato i contenuti del discorso della consigiera federale On. Ruth Dreifuss del 30 luglio 2002, in occasione della giornata d'incontro con i partecipanti del "Trekking Suiza Existe" al Centro Biologia Alpina di Piora. Si tratta di alcuni punti essenziali che sintetizzano in modo mirabile la filosofia del Centro e della Regione di Piora.

Attività didattica e collaborazioni scientifiche

L'attività del Centro ha un orientamento prevalentemente di tipo universitario pur accogliendo anche altri ordini di scuole. La struttura è adeguata per corsi universitari di ecologia e idrobiologia, soggiorni naturalistici, lavori di laboratorio, seminari, ateliers di lavoro (Workshops) e conferenze.

I soggiorni di studio organizzati in Piora permettono agli studenti di effettuare una vera esercitazione di educazione ambientale e i diversi gruppi trovano sul posto il materiale necessario per le attività didattiche nel campo delle scienze naturali ed ambientali. Numerosi sono pure i gruppi o le associazioni che ogni anno chiedono di poter visitare il CBA guidati da ricercatori attivi in Piora.

"Mesdames et Messieurs,

Je ne sais plus très bien si je suis accueillante ou accueillie, puisque j'ai la chance de passer quelques jours dans cette vallée suspendue et que la cohorte du CAS et de sa section culturelle ne fait que passer... reliant Klosters et Mustair... à Bienna, reliant, pas à pas les 4 cultures suisses.

C'est donc en tant qu'hôte (surtout qu'en français veut dire la même chose) que je vous adresse ces quelques mots.

Peu de mots, car le thème de votre journée est: le silence des montagnes, matière première de l'avenir.

Ce Centre de Biologie Alpine est le résultat de volontés concentriques que j'ai à cœur de rappeler ici:

- le noyau des initiants sous l'impulsion du prof. R. Peduzzi
- le soutien de la combourgeoisie qui met à disposition le terrain et des maisons d'alpage du XVI siècle
- la protection fédérale des monuments
- les Universités de Genève et de Zürich (Recteurs: O. Peter et A. Schmidt)
- le Département de l'Instruction publique (On. G. Buffi), comme amorce de l'Université de la Suisse italienne qu'à pris le relais
- le Département de la Santé publique et des affaires sociales (On. P. Pesenti), Institut cantonal de microbiologie - bactériologie, qui assure la gestion et l'animation
- et les instituts universitaires qui collaborent et envoient des étudiants venus du monde entier, EPFL, Berne, Bâle et EPFZ
- et le cercle s'élargit: d'abord aux Alpes (Université alpine d'été), Grenoble, Turin, Varese puis plus loin: Paris, Palanza, Essen, Bremen, Newark
 - La cristallisation de tous ces efforts, de toutes ces idées, voilà que nous la voyons devant nous, dans le Centre de Piora."

RUTH DREIFUSS, Piora 30.07.2002

Consigiera federale, Dip. degli interni già Presidente della Confederazione



Nella foto i partecipanti al corso "Ecologie alpine et hydrobiologie microbienne" luglio 2005.

Attività e programmi di ricerca scientifica

Parecchie ricerche svolte in Piora, condotte congiuntamente dall'Istituto cantonale di microbiologia (ICM) con le due università di Ginevra e Zurigo, sono state finanziate dal Fondo Nazionale Svizzero per la Ricerca Scientifica (FNSRS). Qui di seguito esemplifichiamo le tematiche esaminate.

Associazione dei batteri solfato riducenti e fototrofi nel Lago di Cadagno (e isolamenti di nuovi ceppi batterici ambientali) (collaborazioni: Dipartimento di biologia Texas University di San Marco-USA - EAWAG-ETH di Dübendorf e LEM ICM di Bellinzona).

Analisi filogenetiche del lavoro di ricerca sulle popolazioni di batteri solfato riducenti e metanogeni nei sedimenti dei laghi Cadagno e Rotsee (Lucerna) (Università di Ginevra e EAWAG-ETH di Dübendorf). Questa ricerca è illustrata nel paragrafo "Il fenomeno della meromissi nel Lago di Cadagno".

Analisi del picoplancton nei laghi Cadagno e Maggiore (Istituto per lo studio degli ecosistemi ISE CNR di Pallanza in collaborazione con LEM ICM di Bellinzona).

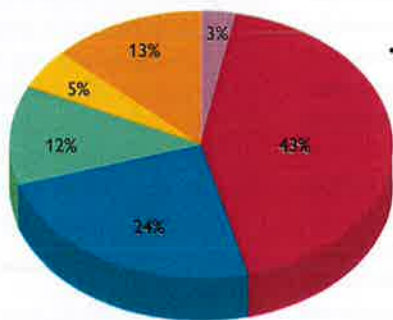
I contenuti scientifici e didattici delle attività sono di pertinenza delle Università o delle istituzioni organizzatrici. L'Istituto cantonale di microbiologia mette a disposizione i collaboratori per inquadrare le attività ed illustrare aspetti particolari dei fenomeni naturalistici legati alla Regione.

Regolarmente ogni anno il "Laboratoire d'écologie microbienne" (LEM) dell'Università di Ginevra con sede presso l'Istituto cantonale di microbiologia, organizza al Centro Biologia Alpina dei corsi a livello universitario sottoforma di stages pratici in ecologia microbica e alpina e in microbiologia applicata. I partecipanti, iscritti all'Università di Ginevra, ricevono un credito universitario sottoforma di riconoscimento europeo: ECTS.

Una settimana di corso in Piora equivale a 3 ECTS, ciò che corrisponde ad un corso teorico di un'ora settimanale sull'arco di tutto l'anno accademico (2 semestri).

Nel grafico A viene illustrata in percentuale la ripartizione dell'attività svolta in Piora, considerando la media dell'ultimo quinquennio: la prevalenza dei corsi universitari di durata settimanale (43%), seguita dai licei e scuole medie superiori (24%), le visite guidate di gruppi e associazioni varie (13%), le giornate di lavoro (12%) che contemplano workshops e riunioni di uno o due giorni, i corsi non universitari (5%). I ricercatori universitari che svolgono in Piora i loro lavori di ricerca rappresentano il 3% delle presenze, pur costituendo la parte portante di tutte le altre attività.

A Attività svolta 2001-2005 (in media %)



Lezione "sul terreno".

Elenco dei frequentatori e delle attività

Attività didattica

Università di Ginevra

- ♦ stage pratico del corso di "Ecologie alpine et hydrobiologie microbienne" *
- ♦ corso per l'ottenimento del Master in "Etudes en Sciences Naturelles de l'Environnement (MESNE), idrobiologia, geologia e botanica (2 settimane) * Ginevra e Losanna
- ♦ corso per il "Diplôme d'Etudes approfondies en microbiologie et parasitologie" (DEA) *
- ♦ corso per l'"Ecole doctorale en microbiologie", facente parte del Triangle Azur (Università di Ginevra, Losanna e Neuchâtel) *
- ♦ corso per l'Université alpine d'été in collab. con il CNRS di Parigi e l'USI

Università di Zurigo

- ♦ corso dell'Institut für Systematische Botanik (flora e vegetazione)
- ♦ corso del Zoologische Institut (biologia cellulare) *
- ♦ corso dell'Institut für Umweltwissenschaften (microbiologia)
- ♦ corso della Höheres Lehramt Mittelschule (geologia, vegetazione e microbiologia) *

Politecnici federali

- ♦ corso per il Cycle Postgrade en Sciences de l'Environnement (EPF-Losanna)
- ♦ corso dell'Institut of Plant Sciences ETH-Z (flora alpina)
- ♦ corso dell'EAWAG-ETH di Dübendorf

Università di Berna

- ♦ corso di rilevamento geologico dell' Institut für Geologie

Università di Torino

- ♦ corso per laurea breve in Scienze naturali (studenti 3. anno Facoltà di Scienze) *

Università di Brema

- ♦ corso di ecologia microbica in collab. con l'Uni-Zurigo *

Università di Essen

- ♦ corso di microbiologia del L. Cadagno in collab. con l'Uni-Zurigo *

Università di Magdeburgo

- ♦ corso e ricerche ambientali *

Licei e medio-superiore (ticinesi)

- ♦ Liceo di Bellinzona (biologia e chimica - BIC) *
- ♦ Liceo di Lugano 2 (biologia e chimica - BIC)
- ♦ Liceo di Locarno (biologia e chimica - BIC)
- ♦ Docenti di biologia dei Licei ticinesi
- ♦ Alta Scuola Pedagogica ASP, Locarno *
- ♦ Scuola Professionale Artigianale e Industriale SPAI, Treviso *

Attività di ricerca

Lavori di ricerca

- ♦ lavoro di ricerca sulle popolazioni batteriche di solfato riducenti e metanogeni nei sedimenti dei laghi Cadagno e Rotsee (LU) (Uni-Ginevra e EAWAG-ETH)
- ♦ lavoro di ricerca sull'associazione dei batteri solfato riducenti e fototrofi nel Lago di Cadagno (EAWAG-ETH, Rutgers Univ. Newark USA)
- ♦ lavoro di ricerca di analisi del picoplancton nei laghi Cadagno e Maggiore (Istituto per lo studio degli ecosistemi ISE CNR Pallanza, ICM Bellinzona)
- ♦ lavoro di ricerca sulla gestione del territorio (Centre d'Analyse minérale Uni-Ginevra)
- ♦ lavoro di ricerca sul terreno sul sistema immunitario dei bombi (ETH Zurigo, Experimentelle Oekologie)
- ♦ lavoro di ricerca sul terreno sull'ecologia del *Thymus praecox* (Uni-Zurigo, Institut für Systematische Botanik)
- ♦ lavoro di ricerca in botanica (Uni-Zurigo Institut für Systematische Botanik)
- ♦ lavoro di ricerca sui tappeti batterici delle bolle di Cadagno di fuori con microelettrodi (Uni-Neuchâtel)
- ♦ lavoro di tesi per l'ottenimento del Master in educazione ambientale (Dipartimento di Scienze dell'Educazione, Università di Padova)

Presentazione dei dottorati di ricerca "Soutenance de thèse"

- 1999 Carlo Crivelli - 2000 Franca Baggi - 2002 Sophie Chappuis - 2003 Anne Smiejan

Seminari e soggiorni a tema "educazione ambientale"

- ♦ seminario della ditta IFEC (scienze ambientali applicate), Rivera
- ♦ escursione scientifica dell'EAWAG di Zurigo
- ♦ escursione scientifica della Società vallesana di Scienze Naturali "La Murithienne"
- ♦ corso determinazione di ossi chiroterri della Società Ticinese Scienze Naturali (STSN)
- ♦ corso determinazione dei licheni della Società Ticinese Scienze Naturali (STSN)
- ♦ corso alpinistico Mini della Sezione Escursionistica Verzaschese (SEV)
- ♦ corso del Gymnasium St. Antonius, Appenzell
- ♦ corso della Kantonsschule, Reussbühl
- ♦ corso del Kollegium St. Fidelis, Stans
- ♦ corso della Berufsschule, Aarau
- ♦ corso della Rudolf Steiner, Adliswil
- ♦ corso del Liceo di Neufeld

Seminari e soggiorni con altri temi

- ♦ seminario della Novartis Forschungsstiftung del Friedrich Miescher Institut di Basilea
- ♦ seminario dottorandi dell'Istituto di Ricerca in Biomedicina (IRB), Bellinzona
- ♦ corso in relazioni umane "Centro formazio-

- ne e sviluppo" dello Stato (CEFOS)
- ♦ seminario del Panathlon Club Lucano
- ♦ soggiorno Società Filarmonica di Roveredo GR
- ♦ seminario per corpo Pompieri e soccorritori Samaritani, Val Verzasca
- ♦ seminario relazioni umane della Polizia cantonale ticinese
- ♦ soggiorno Associazione Esploratori AEEC di St. Antonino
- ♦ soggiorno Sezione Scout San Gottardo di Viganello
- ♦ soggiorno Esploratori 3 Pini di Massagno

Workshops e riunioni

- ♦ due giornate in medicina interna (infeziologia) e medicina di laboratorio in collab. con GlaxoSmithKline *
- ♦ giornata di discussione lavori ICM con la Wertherstein Chemie AG
- ♦ riunione per gli Azionisti Funicolare Ritom
- ♦ conferenza stampa in occasione dell'inaugurazione nuovo Caseificio
- ♦ plenum di inizio anno docenti Scuola Media, Biasca
- ♦ giornata dell'Ufficio cantonale dei corsi d'acqua (UCA)
- ♦ giornata Sottostazione federale ricerche agronomiche (in occasione Congresso EGF2004)
- ♦ giornata Swisscom Fixnet SA
- ♦ presentazione lavori di ricerca in corso per il 30° della Pro-Cadagno
- ♦ riunione del Municipio di Vira Gambarogno
- ♦ giornata Sezione WWF Ticino
- ♦ giornata porte aperte in occasione della manifestazione "Suoni d'acqua" 2003
- ♦ seminario per medici pediatrici
- ♦ accogliimento del Consiglio SUPSI e COSC
- ♦ accogliimento Alliance Française
- ♦ accogliimento Lions Club Alto Ticino
- ♦ accogliimento Lions Club Locarno
- ♦ accogliimento rappresentanti Dipartimento Sanità e Socialità e Sezione Logistica
- ♦ accogliimento delle Commissioni di Lugano, Zurigo e Berna del FNSRS (giornata di studio programma PNR-49)
- ♦ giornata delle Guide Alpine Ticino per gli operatori turistici di montagna
- ♦ giornate per allievi-docenti dell'Alta Scuola Pedagogica di Locarno

Il Centro è pure sede di molti simposi nazionali ed internazionali, come ad esempio

- ♦ il 7th International GAP Workshop - Group of Aquatic Primary production,
- ♦ lo Swiss Microbial Ecoogy Meeting (SME) e
- ♦ il corso COL (Commissione Svizzera d'Oceanografia e Limnologia).

* Corsi della durata di una settimana svolti regolarmente ogni anno

Batteri solfato riducenti e batteri rossi fotosintetici: simbiosi o semplice aggregazione?

La ricerca sui microrganismi del Lago di Cadagno si avvale da oltre un decennio di innovativi metodi molecolari volti a determinare e quantificare la biodiversità microbica presente nell'ecosistema. Durante queste indagini è stato possibile scoprire, nella zona di transizione fra gli strati ossico e anossico del lago oltre alla specie chiave *Chromatium okenii*, nuove specie di batteri mai descritte fino ad oggi. In particolare sono state osservate nuove specie di batteri rossi fotosintetici anaerobici del genere *Lamprocystis*, e nuove specie di batteri solfato riducenti del genere *Desulfocapsa*.

L'ibridazione cellulare *in situ* (Whole Cell Hybridization) con sonde specifiche, appositamente progettate per i *Lamprocystis* e i *Desulfocapsa* del Lago, permette di osservarli nel loro ambiente naturale; di descriverne quindi il comportamento ecologico, l'evoluzione nel tempo e la loro distribuzione nello spazio.

Questi due batteri si associano in modo specifico nella fascia di transizione formando un aggregato batterico simile ad un grappolo d'uva nel quale le due diverse specie si ritrovano a stretto contatto. L'osservabile vicinanza fisica all'interno dell'aggregato assicura l'efficacia di un eventuale scambio di materie nutritive tra le due specie lasciando supporre

l'esistenza di una simbiosi tra i due organismi.

Nuove tecniche di isolamento e di coltivazione per batteri anaerobici hanno permesso di coltivare *in vitro* e dunque di fare crescere in laboratorio i due partner, *Lamprocystis* e *Desulfocapsa*, che formano l'aggregato nel Lago. Questo rende possibile studi fisiologici per verificare l'effettiva possibilità di interazione tra le due specie. Allo stato attuale delle ricerche si è dimostrato che i due organismi possiedono dei metabolismi complementari e che in laboratorio essi interagiscono in modo sinergico, favorendo la loro crescita reciproca.

I *Lamprocystis* e i *Desulfocapsa* che si associano sinergicamente nel Lago possono quindi collaborare al loro sviluppo reciproco scambiandosi importanti nutrienti. Inoltre essi hanno la capacità di riconoscersi dando luogo ad un aggregato dove due singole specie si "scegliono" specificamente per associarsi. Nel mondo batterico descrizioni di associazioni di questo tipo in cui è verificabile una così elevata specificità sono rare. Il loro studio apre la strada a campi di sicuro interesse quali la comunicazione batterica tra specie diverse.

Sandro Peduzzi

Molti aspetti inerenti le scienze naturali e la biologia sono studiati anche a livello di tesi di dottorato di ricerca, di laurea o di lavoro di diploma, come ad esempio la produttività biologica dei laghi di alta quota oppure la gestione della pesca dei diversi bacini. Oltre alle due Università di Ginevra e Zurigo, la frequenza attuale vede la partecipazione di diversi istituti associati sia ad università svizzere che straniere, come ad esempio: il Max-Planck Institut di Brema, l'Università di Essen, il Museo nazionale di storia naturale di Parigi (vedi pag. 130 pubblicazione 2.), l'Istituto italiano per lo studio degli ecosistemi di Pallanza (vedi pag. 130 pubblicazione 3.), il Politecnico federale di Losanna.

Presentazione dei lavori di dottorato

Essendo un laboratorio universitario a pieno titolo, l'Università di Ginevra permette di svolgere anche le "soutenances de thèse" per l'ottenimento del dottorato di ricerca, con giuria internazionale.

Difesa di tesi svolte presso il Centro Biologia Alpina di Piora:

- 1999 la prima "soutenance de thèse" - Carlo Crivelli: "Etude du pouvoir immunogène in vitro et in vivo d'exoprotéines des bactéries du genre *Aeromonas*"
- 2000 Franca Baggi: "Nouvelles approches moléculaires des aspects sanitaires liées à l'utilisation de l'eau: détection et génotypage de virus et évaluation des corrélations avec les bactéries indicatrices classiques"
- 2002 Sophie Chappuis-De Respinis "Approche moléculaire de l'impact de *Bacillus thuringiensis israelensis* en tant que biopesticide"
- 2003 Anne Smiejan "Etude des effets du cadmium chez la bactérie phototrophe anoxygénique, *Rhodospirillum rubrum*"

Influsso della meromissi sugli stadi di diapausa dello zooplancton

La produzione di uova di diapausa o il raggiungimento di uno stato "dormiente" sono possibilità frequentemente messe in atto da organismi dello zooplancton per sormontare condizioni ambientali difficili evitando così l'estinzione. Nei laghi effimeri come pure nei laghi permanenti sottoposti a forti fluttuazioni stagionali delle condizioni ambientali, come i laghetti di montagna, la produzione di uova di diapausa assicura la continuazione della popolazione nella stagione favorevole successiva.

Nei laghetti alpini, la maggior parte delle specie di zooplancton produce queste uova particolari prima della formazione dello strato di ghiaccio. Nei laghi meromittici, come il lago di Cadagno, lo zooplancton deve aver sviluppato delle strategie per sopravvivere anche alle condizioni estreme permanentemente presenti negli strati profondi delle loro acque.

Nel Lago di Cadagno, le alghe microscopiche del fitoplancton si sviluppano nei pri-

mi dieci metri di acqua mentre alla profondità di 10-12 metri si sviluppa una densa popolazione di batteri fototrofi che rappresenta una fonte di produzione primaria supplementare. Questi microrganismi permettono lo sviluppo di abbondanti associazioni zooplanctoniche dominate da *Cyclops abyssorum taticus*, *Daphnia longispina* a *Acanthodiptomus denticornis*. Per i loro stadi di diapausa, lo strato profondo del lago rappresenterebbe una specie di trappola ambientale che potrebbe venir sfruttata per studi paleoecologici. D'altra parte, risulterebbe interessante studiare se esistono ed eventualmente quali fattori agiscono da stimolo per la riattivazione delle forme di sopravvivenza nelle condizioni che si ritrovano durante tutto l'arco dell'anno negli strati profondi, e cioè buio, anossia e basse temperature.

Antonella Demarta
Nicoletta Riccardi



Laboratorio stabile A - e lavori pratici.

Il fenomeno della meromissi nel Lago di Cadagno

Ad attirare l'attenzione dei ricercatori sono soprattutto le acque del Lago di Cadagno, che presentano una rara stratificazione permanente dovuta ad un fenomeno naturale unico in Svizzera e sull'Arco alpino. Questo fenomeno, definito in gergo tecnico "meromissi crenogenica" (secondo l'etimologia greca significa: mai o solo in parte miscelato e "crene" - sorgente), può essere studiato con la stessa ampiezza solo in rari laghi della Terra, fra i quali il Lago del Faro (Messina). Lo strato inferiore dell'acqua del Lago di Cadagno è ricco di sali disciolti provenienti da sorgenti solforose sottolacustri ed è separato da quello superiore, normalmente ossigenato e povero di sali minerali. Tra i due strati, che sono come due laghi sovrapposti, si creano le condizioni ideali per lo sviluppo massiccio di batteri fotosintetici anaerobici appartenenti soprattutto alla specie *Chromatium okenii*. Questa fascia batterica conferisce una colorazione rossa ad uno strato d'acqua di spessore variabile nell'arco dell'anno da 70 a 150 cm. Essa può svilupparsi in quanto, ad una profondità compresa tra gli 11 e i 13 metri vi è una buona penetrazione della luce che permette la fotosintesi batterica affiancata dall'assenza d'ossigeno che consente il metabolismo anaerobico dei batteri che si nutrono di idrogeno solforato.

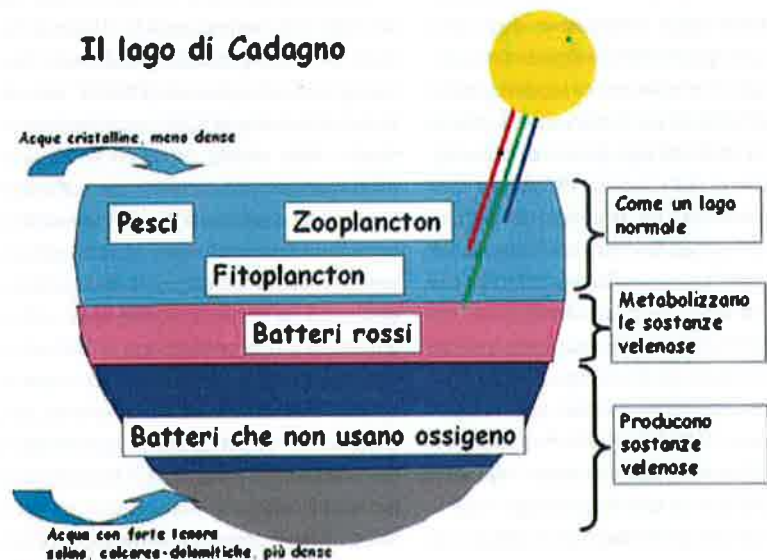
I batteri purpurei costituiscono così un filtro biologico e impediscono all'idrogeno solforato e ad altri componenti tossici (come metano ed ammoniaca) o trofogeni (come i fosfati) di salire nelle acque degli strati superiori.

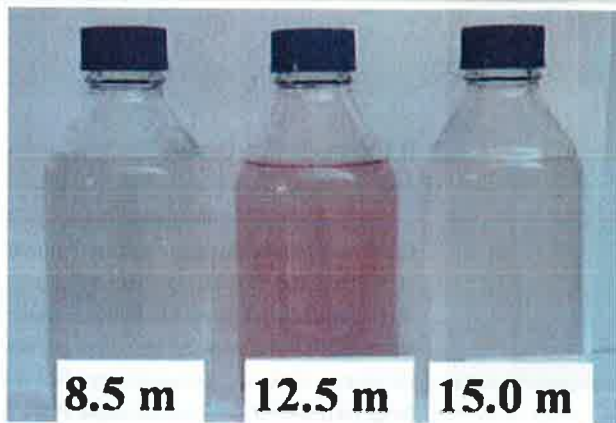
Gli studi sul Lago di Cadagno risultano importanti soprattutto perchè esistono delle forti convergenze tra la meromissi naturale e quella provocata dall'uomo. In questo senso, l'ecosistema del Lago di Cadagno offre la possibilità di studiare su di un modello stabile e su scala ridotta (la profondità massima del Lago è di 21 metri), i metabolismi legati all'eutrofizzazione, poichè è riconosciuto che uno degli stadi avanzati del fenomeno dell'eutrofizzazione è la meromissi biogenica (quella in genere innescata dall'uomo). In effetti, quando i laghi non riescono più a digerire la loro produzione, accumulano in profondità i prodotti del loro metabolismo anaerobico, creando una stratificazione permanente.

Il Lago di Cadagno

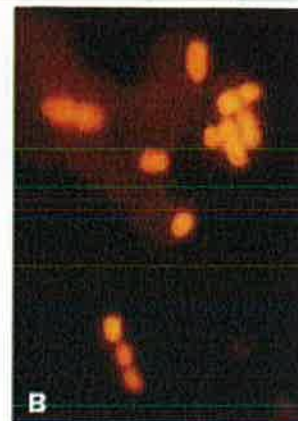
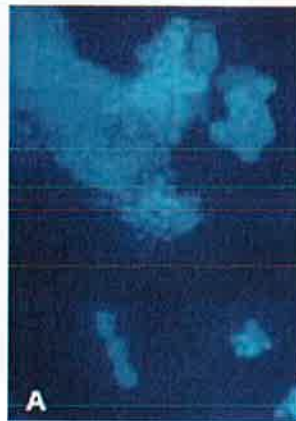
La meromissi crenogenica del Lago di Cadagno attualmente rappresenta un fenomeno unico su tutto l'Arco alpino ed un fenomeno raro anche a livello mondiale; la sua importanza risiede nel fatto di rappresentare un habitat naturale di elevata biodiversità microbica che funge da modello ideale per la comprensione del ruolo dei microorganismi nei cicli biogeochimici globali. Il concetto di biodiversità ambientale a livello di organismi microscopici è poco conosciuto, ma sta assumendo un'importanza crescente a seguito dello sviluppo di metodologie specifiche nell'ambito molecolare che permettono analisi mirate, puntuali e di grande precisione sui microorganismi. Considerato che le attività di formazione devono sempre essere supportate da un'attività di ricerca continua ed aggiornata, a partire dal 1992 l'ICM, tramite il suo reparto di microbiologia ambientale (LEM) ha deciso di incentivare, anche al di fuori dell'organizzazione dei corsi universitari di formazione, le ricerche volte alla comprensione della microbiologia del Lago di Cadagno. Oltre a metodi classici, importanti

B Schema (semplificato) dell'ecosistema Lago di Cadagno





Campioni d'acqua prelevati a diverse profondità del Lago di Cadagno. La colorazione rossa è dovuta alla presenza di batteri della specie *Chromatium okenii* contenenti un pigmento rosso del tipo "okenone".



Campo microscopico con: A) colorazione batteri totali (DAPI) - B) sonda a DNA specifica per popolazione batterica *Chromatium okenii* (ingrandimento 1000 x).

per il confronto con dati pregressi e con altri ecosistemi, sono state sviluppate nuove tecniche su basi molecolari e biofisiche, in particolare le tecniche di detezione *in situ*, che permettono di ottenere una specificità maggiore ed un'elevata risoluzione nello spazio e nel tempo. L'introduzione di metodi di analisi microbiologica diretta o *in situ* con il microscopio a fluorescenza fu decisa dopo i primi lavori degli anni '80, basati sui metodi classici della microbiologia ambientale, vista l'esigua percentuale di batteri coltivabili (<0,1 %) nei campioni prelevati dal lago rispetto ai batteri presenti effettivamente. Grazie alla collaborazione con il CNR-Istituto di Ricerca per gli Ecosistemi di Pallanza, ai conteggi dei batteri coltivabili si sono affiancati i conteggi diretti dei batteri totali dopo colorazione degli acidi nucleici. Con queste metodologie è stato possibile scoprire ed enumerare separatamente morfotipi batterici particolari ed abbondanti nei diversi strati del lago (lavoro di diploma). L'acquisizione della tecnica di "Whole Cell Hybridization (WCH)" in collaborazione con l'Istituto di Ecologia Terrestre del Politecnico di Zurigo e con l'Università Tecnica di Monaco di Baviera ha dato l'avvio all'introduzione dei metodi molecolari di detezione *in situ* applicati ai campioni del Lago di Cadagno. I primi conteggi dopo ibridazione cellulare furono effettuati durante il 1994. Nel 1995 l'introduzione dell'amplificazione automatizzata degli acidi nucleici (PCR) e del loro sequenziaggio ha permesso di avviare i primi lavori di amplificazione

e clonazione dei geni codanti per gli RNA ribosomali 16S aprendo così ampie possibilità di tipizzazione di ceppi non coltivabili e di analisi delle popolazioni microbiche dell'ambiente. Questi lavori hanno permesso di sviluppare tecniche di detezione specifiche per i batteri presenti nel Lago di Cadagno con le quali descriverne la distribuzione spazio-temporale. Si sono così scoperte specie di batteri fototrofi e solfatoriducenti non ancora descritte finora e presenti nella zona di transizione fra gli strati ossico ed anossico del lago. Sonde a DNA specifiche per questi batteri sono state sviluppate e costituiscono ora un mezzo ulteriore di analisi puntuale di queste popolazioni. L'analisi delle popolazioni può pure essere effettuata tramite nuove tecniche di separazione degli acidi nucleici quali la "Thermal Gradient Gel Electrophoresis (TGGE)" e la "Denaturing Gel Electrophoresis (DGGE)" introdotte recentemente all'ICM. La coltivazione e lo studio delle attività metaboliche di questi microrganismi sono correlate con le attività nel loro habitat e aprono la via ad interessanti sviluppi biotecnologici, come la coltivazione di batteri fototrofi con capacità di depurazione dell'acqua da sostanze nocive quali solfuri e ammoniaca o la coltivazione di batteri con capacità di degradazione di sostane inquinanti difficilmente eliminabili dall'ambiente, come pesticidi, ed in particolare organoalogenati (genere *Desulfomonile*). Con le tecniche di isolamento e coltivazione anaerobica per batteri fototrofi (ad esempio *Lamprocystis*) e solfatori-

ducenti (ad esempio *Desulfocapsa*) si è aperta ora la strada per studi fisiologici in laboratorio combinati con i metodi molecolari. La nostra attenzione pur mantenendo gli aspetti filogenetici, si è ora maggiormente spostata verso l'analisi delle attività fisiologiche, le interazioni con l'ambiente esterno (acqua di lago) e fra organismi (sintrofie e simbiosi). Recentemente è stato svolto un lavoro di dottorato in collaborazione con la Rutgers University di Newark (USA) e l'EAWAG-ETH di Dübendorf. Il lavoro ha ricevuto nel corso del 2004 l'*Hydrologie-Limnologie Preis*. In questo ambito è tuttora in corso la valutazione dell'espressione genetica dell'enzima responsabile di fissare il CO₂ (Rubisco) nel processo di fotosintesi dei batteri fototrofi tramite la detezione dell'RNA messaggero con il metodo della reazione di amplificazione in tempo reale (real time PCR). I primi risultati positivi fanno ben sperare per l'avvio dell'analisi di enzimi chiave del metabolismo di questi microorganismi legati al ciclo dello zolfo.

Sviluppi recenti e conclusioni

Presso il CBA si svolge la parte essenziale dell'insegnamento pratico del DEA (*Diplôme études approfondies*) in microbiologia dell'Università di Ginevra. Questo diploma di terzo ciclo universitario è trasformato in **Master** in microbiologia e ambiente alpino seguendo le direttive di Bologna. L'Istituto federale per lo stu-

dio della neve e delle valanghe di Davos anima un modulo in seno a questa nuova specializzazione.

Il CBA è pure sede dell'insegnamento pratico dispensato nel quadro dell'**Ecole doctorale en microbiologie** della CUSO (Conferenza Universitaria della Svizzera Occidentale). Si tratta di un insegnamento coordinato e animato dall'Istituto cantonale di microbiologia impartito nel Triangle Azur (Università di Ginevra, Losanna e Neuchâtel).

Va pure evidenziato che la parte inerente l'idrobiologia e le risorse idriche è stata inserita nel programma SUPPREM del **Campus virtuale svizzero** che accomuna le Università di Ginevra, Berna, Basilea, Losanna e l'USI.

In conclusione si ritiene di aver sottolineato l'importanza scientifica eccezionale della Regione di Piora e ribadito il suo richiamo internazionale, la sua riconosciuta e rinnovata tradizione nelle indagini svolte nelle diverse discipline delle scienze naturali (microbiologiche, botaniche, faunistiche, ambientali e geologiche).

Inoltre tramite il Centro Biologia Alpina di Piora si è finalmente potuto ancorare sul posto l'attività scientifica che da anni si svolgeva a Piora con un indotto scientifico-culturale evidente ed anche delle buone ricadute economiche, valorizzando la zona come risorsa verde ed offrendo una regione naturalistica pregiata ad un ecoturismo di qualità. Infatti solo recentemente si è iniziato a parlare di "oro-verde", ma la Val Piora è meta e palestra di ricerca da più di un secolo e da sempre è apprezzata da fruitori del verde e della natura.

Ci è pure sembrato essenziale fornire gli elementi che permettono di definire il Lago di Cadagno un'ecosistema unico su tutto l'Arco alpino e parimenti un ecosistema delicato, che ha bisogno di stabilità. Dalle indagini risulta che il filtro batterico esistente ad una profondità di 12 metri "funziona" da secoli. E' pur risaputo che la variazione dei livelli dovuto alla gestione degli sbarramenti ha distrutto il fenomeno analogo in due altri laghi alpini, quello della Girotte in Savoia e nel Lago Ritom. Quindi, per salvare il fenomeno della meromissi crenogenica, il

1999 - TONOLLA M., A.DEMARTA, R.PEDUZZI, D.HAHN. In situ analysis of phototrophic sulfur bacteria in the chemocline of meromictic Lake Cadagno (Switzerland). *Appl. Environ. Microbiol.*, 65: 1325-1330.

1999 - TONOLLA M., A.DEMARTA, R.PEDUZZI. Phylogenetic biodiversity and in situ detection (whole cell hybridization) of the microbial flora from Lake Cadagno. *Boll. Soc. Tic. Sc. Nat.*, 87 (1-2): 57-66.

1999 - WIGGLI M., A.SMALLCOMBE, R.BACHOFEN. Reflectance spectroscopy and laser confocal microscopy as tools in an ecophysiological study of microbial mats in an alpine bog pond. *J. Microbiol. Methods*, 34: 173-182.

1999 - LEHMANN C., R.BACHOFEN. Images of concentrations of dissolved sulfide in the sediment of a lake and implications for internal sulfur cycling. *Sedimentology*, 46: 537-544.

2000 - TONOLLA M., A.DEMARTA, S.PEDUZZI, D.HAHN, R.PEDUZZI. In situ analysis of sulfate-reducing bacteria related to *Desulfocapsa thiozymogenes* in the chemocline of meromictic Lake Cadagno. *Appl. Environ. Microbiol.*, 66 (2): 820-824.

2000 - BOSSHARD P.P., Y.SANTINI, D.GRUETER, R.STETTLER, R.BACHOFEN. Bacterial diversity and community composition in the chemocline of the meromictic alpine Lake Cadagno as revealed by 16S rDNA analysis. *FEMS Microbial Ecology*, 31: 173-182.

2000 - LUETHY L., M.FRITZ, R.BACHOFEN. In situ determination of sulfide turnover rates in a meromictic lake. *Appl. Environ. Microbiol.*, 66: 712-717.

2001 - DEL DON C., K.W.HANSELMANN, R.PEDUZZI, R.BACHOFEN. The meromictic alpine Lake Cadagno: Orographical and biogeochemical description. *Aquat. Sci.* 63: 70-90.

2002 - GATTUSO J.P., S.PEDUZZI, M.D.PIZAY, M.TONOLLA. Changes in freshwater bacterial composition during measurements of microbial and community respiration. *Journal of Plankton Research* 10: 1191-1216.

2002 - CEREDA A., B.POSSE. Habitats et reproduction de la Gorgebleue à miroir roux *Luscinia svecica svecica* au Tessin (Alpes suisses). *Réflexions sur le statut de la sous-espèce en Europe moyenne. Nos Oiseaux* 49: 215-228.

2003 - PEDUZZI R. Storia e bilancio del Centro Biologia Alpina di Piora. *Boll. Soc. Tic. Sc. Nat.*, 91 (1-2), 71-80.

2003 - PEDUZZI S., M.TONOLLA, D.HAHN. Isolation and characterization of aggregate-forming sulfate-reducing and purple sulfur bacteria from the chemocline of meromictic Lake Cadagno, Switzerland. *FEMS Microbial Ecology*, 45: 29-37

2003 - TONOLLA M., S.PEDUZZI, D.HAHN, R.PEDUZZI. Spatio-temporal distribution of phototrophic sulfur bacteria in the chemocline of meromictic Lake Cadagno (Switzerland). *FEMS Microbial Ecology*, 43: 89-98.

2003 - PEDUZZI S., M.TONOLLA, D.HAHN. Vertical distribution of sulfate-reducing bacteria in the chemocline of Lake Cadagno, Switzerland, over an annual cycle. *Acquat. Microb. Ecol.* 30: 295-302.

2003 - OTZ M.H., K.H.OTZ, I.OTZ, D.I.SIEGEL. Surface water/groundwater interaction in the Piora Aquifer, Switzerland: evidence from dye tracing tests. *Hydrogeology Journal* 11: 228-239.

2004 - TONOLLA M., S.PEDUZZI, A.DEMARTA, R.PEDUZZI, D.HAHN. Phototrophic sulfur and sulfate-reducing bacteria in the chemocline of meromictic Lake Cadagno, Switzerland. *J. Limnol.*, 63 (2): 161-170.

2005 - TONOLLA M., R.PEDUZZI, D.HAHN. Long-term population dynamics of phototrophic sulfur bacteria in the chemocline of Lake Cadagno, Switzerland. *Appl. Environ. Microbiol.*, 71: 3544-3550.

2005 - TONOLLA M., M.BOTTINELLI, A.DEMARTA, R.PEDUZZI, D.HAHN. Molecular identification of an uncultured bacterium ("morphotype R") in meromictic Lake Cadagno, Switzerland. *FEMS Microbial Ecology*, 53: 235-244.

2006 - PEDUZZI R., A.CERNY. Casi d'intossicazione da *Veratrum album* con alcune considerazioni botaniche e farmacologiche. *Biologi Italiani*, 36 (1): 10-14.

2006 - PEDUZZI R. Anche la Dolomia ha la sua storia. *Biologi Italiani*, 36 (2): 64-66.

2006 - HORATT, T.R. NEU, R.BACHOFEN. An endolithic microbial community in dolomite rock in central Switzerland: characterization by reflection spectroscopy, pigment analyses, scanning electron microscopy, and laser scanning microscopy. *Microbial Ecology*, in stampa.

2006 - PEDUZZI S., D.HAHN, R.PEDUZZI, M.TONOLLA. Characterization of four new isolates from Cadagno Lake belonging to the genera *Thiocystis* and *Lamprocystis*, in preparazione.

solo che ancora esiste nelle Alpi, risulta oltremodo pertinente inserire il parametro della stabilità del livello del Lago di Cadagno nell'attuale trattativa per il rinnovo della concessio-

ne dello sfruttamento idroelettrico del Lago Ritom. Sembra che il messaggio in questo senso sia stato recepito ed abbiamo delle buone assicurazioni dal Consiglio di Stato e dall'A-

zienda elettrica cantonale che, dando prova di una lodevole sensibilità ecologica, nella nuova convenzione il livello del Lago di Cadagno rimarrà stabile.

In un ambiente naturalisticamente così ricco come la Val Piora, le ricerche non termineranno mai e la Regione del Gottardo potrà sempre essere palestra di esercitazioni per l'insegnamento ambientale (v. a lato pubblicazione 4.). Vi saranno sempre nuovi spunti scientifici degni di approfondimento. Infatti ogni anno, ogni campagna di ricerca porta qualcosa di nuovo scientificamente, sia a livello di specie non ancora segnalate (come ad esempio la fioritura nel 2003 di *Utricularia*, pianta acquatica fluttuante che si nutre di plancton), sia a livello di approfondimenti in biologia molecolare ad esempio le ricerche inerenti i batteri anaerobici, fotosintetici e solfato-riducenti. Dal profilo naturalistico esistono delle particolarità o curiosità biologiche che vanno salvaguardate come ad esempio: la marmotta bianca, il Petazzurro, la neve rossa, le forme biologiche di resistenza del lago effimero di Giubin che si prosciuga a fine luglio.

Publicazioni del Centro ed in collaborazione

Tramite i *Documenta*, il Centro possiede una linea editoriale di testi scientifici, di materiali didattici e divulgativi. Prima della creazione di questa collana propria (corredata di No. ISSN), in collaborazione con il Centro didattico cantonale e l'Istituto italiano di idrobiologia di Pallanza (attualmente Istituto italiano per lo studio degli ecosistemi), sono stati pubblicati due fascicoli inerenti la Regione di Piora presa come sede di formazione continua e di ricerche scientifiche sul lago.

Più ampie informazioni sono a disposizione visitando l'indirizzo internet www.cadagno.ch oppure www.piora.org.

1. Atti e contributi scientifici della 178. Assemblée annuale dell'Accademia Svizzera di Scienze Naturali, Airolo-San Gottardo - Piora, 23-26 settembre 1998 - "**La ricerca alpina e le trasversali**" (dove è inserita una bibliografia completa sui lavori scientifici svolti sulla Regione dal 1783 al 1998). Edizioni: Documenta "Centro Biologia Alpina" (ISSN 1424-4993), 2000.



2. Actes et contributions scientifiques Ecoles d'Été Piora, 5-10 août 2001 - "**Ecologie microbienne moléculaire: symbioses des organismes aquatiques et terrestres**". Edizioni: Documenta "Centro Biologia Alpina" (ISSN 1424-4993), 2002.



3. "**Lake Cadagno: a meromictic alpine lake**": sintesi sulle indagini effettuate sul Lago di Cadagno negli ultimi 15 anni (con bibliografia cronologica dei lavori limnologici svolti sui laghi di Piora). Edizioni: Documenta dell'Istituto Italiano di Idrobiologia, Pallanza (ISSN 0393-8395), 1998.



4. "**La regione del San Gottardo Val Piora, Val Lucendo, Val Canaria**" (a cura dei docenti della Scuola elementare Viganello in collaborazione con l'Istituto cantonale di microbiologia). Il volume è stato redatto sulla base dei rapporti effettuati dai docenti che hanno seguito quattro corsi di formazione continua nella regione del San Gottardo. Edizioni: Divisione della Scuola, Centro didattico cantonale (ISBN 88-86486-14-60), 1998.

