

I progetti AQUAPAST e OLOAMBIENT del Museo Tridentino di Scienze Naturali: un tuffo nel passato per conoscere il clima del futuro

Silvia FRISIA

Museo Tridentino di Scienze Naturali, Via Calepina 14, 38100 Trento, Italia
School of Environmental and Life Sciences, the University of Newcastle, Callaghan, NSW Australia
E-mail: silvia.frisia@newcastle.edu.au

RIASSUNTO - *I progetti AQUAPAST e OLOAMBIENT del Museo Tridentino di Scienze Naturali: un tuffo nel passato per conoscere il clima del futuro* - Negli anni 2001-2006 il Museo Tridentino di Scienze Naturali ha portato avanti due importanti ricerche finanziate dalla Provincia Autonoma di Trento, focalizzate sulle ricostruzioni paleoclimatiche e paleoambientali da indicatori indiretti in Trentino. Il progetto AQUAPAST (Acque e concrezioni di grotta quali strumenti per ricostruire ad alta risoluzione i cambiamenti climatici del passato in Trentino) ha studiato le fluttuazioni di temperatura e precipitazioni ad alta risoluzione negli ultimi 10.000 anni utilizzando serie ben datate di speleotemi. Il progetto OLOAMBIENT (Risposte dell'ambiente e degli ecosistemi alla variabilità climatica dell'Olocene in Trentino basata su serie di dati-proxy da sedimenti lacustri, latte di monte e tufo calcareo) si è concentrato su tre sequenze lacustri di 17.000, 14.000 e ca. 9.000 anni, e due serie oloceniche di depositi di grotta.

SUMMARY - *The AQUAPAST and OLOAMBIENT projects carried out by the Museo Tridentino di Scienze Naturali: a message from the past to understand future climate* - In the years 2001-2006 the Museo Tridentino di Scienze Naturali carried out two important research projects funded by the Autonomous Province of Trento, focused on the paleoclimate and paleoenvironmental reconstruction from proxy data in Trentino. The project AQUAPAST (Water and speleothems as tools for high resolution palaeoclimate reconstruction in the Trento Province) investigated at high-resolution temperature and precipitation changes in the last 10.000 years by utilizing well dated speleothem data series. The project OLOAMBIENT (Environmental and ecosystem responses to Holocene climate variability in Trentino based on multi proxy-data from lacustrine environments, calcareous tufa and moonmilk) studied three lake sediment sequences of 17,000, 14,000 and ca. 9000 years, and two Holocene layered cave deposits.

Parole chiave: Tardoglaciale, Olocene, paleoclima, paleoambiente, speleotemi, sedimenti lacustri
Key words: Lateglacial, Holocene, paleoclimate, paleoenvironment, speleothems, lake sediments

1. INTRODUZIONE

Nel periodo 2001-2006 il Museo Tridentino di Scienze Naturali ha condotto due importanti ricerche finanziate dal Servizio Università e Ricerca della Provincia Autonoma di Trento, i progetti AQUAPAST e OLOAMBIENT, i cui risultati sono in parte pubblicati in questo volume. I due progetti, che presentiamo qui brevemente per fornire un inquadramento del contesto all'interno del quale sono stati svolti gli studi, hanno un carattere innovativo sia per le tecniche utilizzate nella ricerca che per l'interdisciplinarietà. Per la prima volta in Italia, infatti, la ricostruzione del clima del passato è stata affrontata dallo stesso gruppo di ricercatori estraendo dati da archivi differenti, ma tra loro complementari. La ricerca da speleotemi del Museo Tridentino di

Scienze Naturali, che ha raggiunto livelli di riconoscimento internazionale e ha posto questo istituto al primo posto nell'ambito nazionale, ha fornito informazioni soprattutto nel settore della variabilità climatica. Tuttavia, il gruppo di ricerca paleoclimatica ha ritenuto necessario ampliare il campo delle conoscenze includendo dati biologici e sedimentologici provenienti dalla scienza della paleolimnologia. Dalla sinergia dei due progetti è scaturito un quadro delle risposte dell'ambiente trentino alla variabilità del clima che, oggi, è unico in Italia per dettaglio, quantità di informazioni e accuratezza. Speriamo, dunque, che questo approccio sia di esempio ad altri ricercatori per potere così, al più presto, ottenere le informazioni paleoclimatiche necessarie a coloro che devono convalidare i modelli matematici alla base delle previsioni per il futuro.

2. IL PROGETTO AQUAPAST

Obiettivo principale del progetto AQUAPAST (Acque e concrezioni di grotta quali strumenti per ricostruire ad alta risoluzione i cambiamenti climatici del passato in Trentino) era la ricostruzione della variabilità climatica del passato in Trentino con risoluzione da annuale a decennale, utilizzando le proprietà chimico-fisiche dalle concrezioni di grotta. Queste ultime, stalagmiti e crostoni stalagmitici, conservano un record del clima del passato a scala da annuale a stagionale.

2.1. *Presentazione dei work package di AQUAPAST*

Il programma di lavoro si è sviluppato attraverso 4 *work packages* (WP) principali, tra loro intimamente connessi.

WP1. *Studio degli ambienti ipogei e del concrezionamento in Trentino.* È stato svolto attraverso lo studio geologico e idrogeologico delle maggiori cavità di rilevanza paleoclimatica, lo studio microclimatico di grotte di particolare interesse, il monitoraggio geochemico e isotopico delle acque ipogee, la caratterizzazione geochemica e petrografica delle concrezioni ipogee attuali.

WP2. *Monitoraggio isotopico delle acque meteoriche.* Ha previsto l'allestimento di una rete per il campionamento delle acque piovane in 15 stazioni meteorologiche del Trentino, che ha consentito la creazione di un database dei valori isotopici medi mensili delle acque meteoriche e lo sviluppo di un modello preliminare delle traiettorie dei fronti nuvolosi per il Trentino.

WP3. *Serie paleoclimatiche da concrezioni di grotta.* Ha portato alla creazione di un archivio di concrezioni per il Trentino, alla determinazione delle età radiometriche (U/Th) dei campioni più interessanti e alla realizzazione di profili ad alta risoluzione della variabilità temporale di dati climatici multiproxy (isotopi stabili, tessiture, elementi in traccia, spessore delle lamine annuali).

WP4. *Interpretazioni paleoclimatiche.* Ha permesso la correlazione tra concrezionamento attivo e parametri climatico-ambientali attuali, la quale ha consentito la ricostruzione della variabilità del clima (temperature e piovosità) in Trentino ad alta risoluzione per l'Olocene e la formulazione di ipotesi sulle cause della variabilità climatica.

2.2. *Partner e collaboratori di AQUAPAST*

La ricerca è stata portata avanti grazie ad uno sforzo comune tra partner e collaboratori, alcuni dei quali si sono aggiunti in corso d'opera. Per il Museo Tridentino di Scienze Naturali (MTSN), ente coordinatore, oltre a S. Frisia, responsabile scientifico del progetto, hanno

contribuito A. Borsato e R. Miorandi per lo studio degli ambienti ipogei e del concrezionamento in Trentino e l'analisi delle serie paleoclimatiche da speleotemi. Per l'Istituto Agrario di San Michele all'Adige (IASMA), responsabile G. Versini, hanno contribuito F. Camin per le analisi isotopiche e F. Corradini per le analisi chimiche delle acque.

Tra i numerosi collaboratori e consulenti che hanno permesso di raggiungere i risultati previsti negli obiettivi progettuali hanno dato il loro contributo sostanziale D. Zardi, A. Bertò (Università di Trento - DICA) e A. Buzzi (Istituto di scienze dell'atmosfera e del clima - CNR) per il calcolo delle traiettorie; N. Preto (Università di Padova) per l'analisi statistica e l'interpretazione climatica; A. Longinelli, S. Davanzo (Università di Parma) e C. Spötl (Università di Innsbruck - A) per le analisi isotopiche; C. Hawkesworth, D. Richards (Università di Bristol - UK) e I. Villa (Università di Bern - CH) per le datazioni U/Th; J. Susini e A. Somogyi (European Synchrotron Radiation Facility - Grenoble, F) e I.J. Fairchild (Università di Birmingham - UK) per le analisi degli elementi in traccia in ICP-MS e in fluorescenza X da luce di sincrotrone.

3. IL PROGETTO OLOAMBIENT

In Trentino, il concrezionamento ipogeo a seguito dell'ultima espansione glaciale, il cui acme è avvenuto intorno ai 20.000 anni BP, è documentato, in base alle attuali conoscenze, solamente per gli ultimi 11.000 anni circa. Le risposte dell'ambiente, e soprattutto della vegetazione, al clima necessitano dello studio di indicatori biologici molto raramente preservati in speleotemi, quali pollini e micro-organismi per integrare i proxy-data inorganici delle concrezioni di grotta.

Per questo motivo si decise di dare inizio ad una ricerca con valenza fortemente complementare: il progetto OLOAMBIENT (Risposte dell'ambiente e degli ecosistemi alla variabilità climatica dell'Olocene in Trentino basata su serie di dati-proxy da sedimenti lacustri, latte di monte e tufo calcareo), che aveva come principale obiettivo quello di individuare le risposte dell'ambiente e degli ecosistemi alpini in Trentino ai cambiamenti climatici (a scala da annuale fino a millenaria) registrati in sedimenti lacustri e depositi carbonatici ipogei (latte di monte e tufo calcareo).

3.1. *Presentazione dei work package di OLOAMBIENT*

Il progetto è stato articolato in 8 *work package* (WP), di cui riassumiamo i principali.

WP1. *Scelta dei siti e campionamento.* Sulla base di conoscenze pregresse, di considerazioni di carattere morfologico-geologico e limnologico, e di rilievi sismici di ricognizione sono stati selezionati tre laghi

(Nero di Cornisello, Lavarone e Caldonazzo) e due grotte (Bus del la Spia e Grotta C. Battisti), localizzati su substrati e ad altezze differenti. Il campionamento di questi siti ha fornito due serie che coprono il Tardoglaciale-Olocene (Nero di Cornisello e Lavarone) e tre serie oloceniche (Caldonazzo, Bus de la Spia e Grotta C. Battisti). La correlazione tra carote diverse, attuata tramite osservazioni sedimentologiche, analisi di suscettività magnetica e altre grandezze, ha permesso, dove necessario, di ricostruire un'unica serie stratigrafica. Il sub-campionamento è stato eseguito seguendo i protocolli standard per i diversi archivi.

WP2. *Monitoraggio*. Alcuni dei siti campionati sono stati monitorati per meglio conoscere le relazioni che al giorno d'oggi legano i parametri ambientali, le caratteristiche fisico-chimiche dei depositi oggetto di studio e gli ecosistemi analizzati. Per i laghi nell'arco di un anno è stata svolta un'attività di monitoraggio stagionale al Lago Nero di Cornisello e bimensile al Lago di Lavarone, comprendente misure della colonna d'acqua tramite sonda multiparametrica (T °C, pH, conduttività, ossigeno disciolto, potenziale Redox), analisi chimiche e isotopiche (Lavarone) delle acque a diversa profondità, esposizione di trappole per sedimento e relativo studio del materiale intrappolato (analisi del plankton per Cornisello, analisi geochimiche e isotopiche per Lavarone) e dei flussi di sedimento. Per i depositi di grotta il monitoraggio è stato svolto nel quadro del progetto AQUAPAST. Grazie al lavoro di monitoraggio nel Lago di Lavarone si è potuto verificare che la calcite lacustre precipita effettivamente in equilibrio isotopico con l'acqua circostante, ed è dunque utilizzabile come indicatore indiretto della temperatura dell'acqua di superficie almeno nei sedimenti recenti, durante la deposizione dei quali vi erano presumibilmente condizioni ambientali simili a quelle attuali.

WP 3-4-5-6. *Inquadramento cronologico e indagini su indicatori inorganici e biologici nelle serie campionate*. Attraverso un approccio multidisciplinare si sono combinate una serie di analisi complementari – sedimentologiche, mineralogiche, geochimiche, isotopiche, palinologiche, biologiche (diatomee, chironomidi, dinoflagellati) – inserite in un preciso quadro cronologico, ottenuto tramite datazioni radiometriche (^{14}C , U/Th, ^{210}Pb , ^{137}Cs , ^{241}Am) e supportato da osservazioni archeologiche. Grazie ai dati raccolti si sono ottenute informazioni sui seguenti temi: la variazione della copertura vegetazionale in risposta ai cambiamenti climatici dal Tardoglaciale ad oggi; l'evoluzione nell'Olocene della produttività algale, della stratificazione della colonna d'acqua nei laghi, delle condizioni trofiche in relazione al clima e all'ambiente; la temperatura media di luglio della zona di Lavarone al passaggio Tardoglaciale/Olocene; l'utilizzo del territorio nel tempo e gli effetti delle attività umane sull'ambiente alpino; la variabilità idrologica, l'intensità dell'erosio-

ne e lo sviluppo dei suoli nel periodo olocenico. La conoscenza dei cambiamenti naturali avvenuti nell'ambiente e negli ecosistemi durante gli ultimi 15.000 anni è una base di partenza necessaria per pianificare misure efficaci anche sotto il profilo economico in previsione dei futuri cambiamenti climatici.

WP 7. *Ricostruzioni paleoambientali*. Tramite il confronto dei dati del monitoraggio e di quelli delle serie campionate, accuratamente datate, provenienti da archivi/ambienti diversi (laghi e grotte) si è potuta ottenere una ricostruzione della variabilità ambientale e climatica per il Tardoglaciale e l'Olocene, con particolare attenzione all'impatto delle attività umane sulla vegetazione e sull'ecosistema lacustre.

3.2. *Partner e collaboratori di OLOAMBIENT*

Per OLOAMBIENT i partner coinvolti sono stati il Museo Tridentino di Scienze Naturali (MTSN), ente coordinatore, l'Istituto Agrario di San Michele all'Adige (IASMA), il Dipartimento di Ingegneria dei Materiali dell'Università di Trento (DIMTI), l'Istituto Nazionale di Oceanografia e di Geofisica Sperimentale di Trieste (OGS) e l'Istituto per la Dinamica dei Processi Ambientali di Milano (CNR-IDPA).

Il gruppo di ricerca del MTSN ha visto il coinvolgimento di S. Frisia (responsabile scientifico del progetto) per le interpretazioni paleoclimatiche, M.L. Filippi per il settore di paleolimnologia, A. Borsato per lo studio del latte di monte e tufo calcareo, R. Miorandi e M. Zandonati per il monitoraggio e il campionamento in ambienti ipogei, M. Cantonati, N. Angeli e M. Tardio per il monitoraggio e per lo studio degli indicatori biologici, S. Manco per il monitoraggio e le analisi di laboratorio, Y. Dublyanski per le analisi geochimiche.

Per IASMA (referente F. Corradini) hanno collaborato G. Versini e F. Camin per le analisi isotopiche e F. Corradini per il monitoraggio degli ambienti lacustri (analisi chimiche delle acque).

Per il DIMTI (referente L. Lutterotti) hanno contribuito M. Bortolotti, M. Mandelli e L. Lutterotti per le analisi mineralogiche, e D. Meniglio per le analisi di densità dei grani.

L'OGS (referente A. Camerlenghi) ha acquisito ed elaborato i dati sismici e batimetrici dei laghi, con un lavoro di squadra che ha visto coinvolti L. Baradello e F. Fanzutti per l'acquisizione dei dati, A. Bratus per l'elaborazione dei dati geografici, D. Accettella e N. Wardell per l'elaborazione dei dati sismici e di posizione, S. Ceramicola per l'interpretazione dei dati sismici, D. Nieto come responsabile tecnico e A. Camerlenghi come responsabile scientifico.

Per il CNR-IDPA (referente C. Ravazzi) E. Arpentini ha effettuato l'analisi palinologica con la supervisione di C. Ravazzi, e insieme hanno elaborato la palinostatigrafia e contribuito alla ricostruzione paleoambientale.

Il progetto OLOAMBIENT si è inoltre avvalso di numerosi collaboratori e consulenti che hanno permesso di raggiungere i risultati previsti. In particolare, per le datazioni al radiocarbonio K. Van Der Borg (Università di Utrecht, NL) e per quelle al Pb, Cs, e Am P.J. Appleby e G.T. Piliposian (Università di Liverpool, UK); I.J. Fairchild e A. Baker (Università di Birmingham, UK) si sono occupati del box-model; L. Dallai (Istituto di Geoscienze e Georisorse - CNR di Pisa) ha curato le analisi geochimiche (TC e TN); O. Heiri e A. Lotter (Università di Utrecht, NL) hanno portato avanti lo studio dei chironomidi e hanno fornito una consulenza fondamentale per l'applicazione delle funzioni di trasferimento alle diatomee; H. Brinkhuis e F. Sangiorgi (Università di Utrecht, NL) hanno assicurato assistenza nell'analisi dei dinoflagellati.

Fondamentali per la buona riuscita dei campionamenti in ambienti anche remoti ed estremi sono state l'assistenza tecnica e l'esperienza che ci hanno dato con entusiasmo i Vigili del Fuoco, Nucleo Sommozzatori di Trento, unitamente all'appoggio del Gruppo Elicotteri della PAT. Senza il loro supporto non avremmo potuto raggiungere i risultati esposti in questo volume. Anche la collaborazione del Reparto di Radiologia dell'Ospedale Santa Chiara, che ci ha messo a disposizione per puro interesse scientifico i propri strumenti, al di fuori dell'orario di lavoro, per effettuare analisi ai raggi X delle carote di sedimento lacustre, è stata molto utile.

4. STRUTTURA DEL VOLUME

Questo volume riunisce solamente una parte dei risultati emersi dai due progetti AQUAPAST e OLOAMBIENT, in quanto molto materiale è già stato pubblicato su affermate riviste internazionali, e un'altra parte è ancora in corso di studio e di elaborazione (come ad es. i dati riguardanti il Lago di Caldonazzo). Alcuni articoli hanno un taglio prettamente scientifico, mentre altri sono più divulgativi: il volume infatti vuole essere anche un testo di riferimento per chi si occupa non solo di paleoclimatologia, ma anche di preistoria e archeologia del Trentino. Per questo motivo le prime due parti del presente lavoro monografico raccolgono una serie di contributi che si prefiggono di I) fornire un inquadramento generale sullo spostamento nel tempo della linea delle foresta nelle Alpi, sull'evoluzione geomorfologica del paesaggio trentino

dalla deglaciazione, sul popolamento umano e sul quadro crono-stratigrafico del Tardoglaciale; II) spiegare le metodologie di studio usate nelle ricerche paleoclimatiche a partire da diversi archivi (ghiacci, laghi, alberi). Seguono la presentazione dei risultati ottenuti dai lavori di monitoraggio (parte III) e dalle analisi multidisciplinari delle serie stratigrafiche campionate nei depositi di grotta e nei laghi (parte IV). Il volume si chiude con un articolo dei curatori che riassume i tratti salienti dell'evoluzione climatico-ambientale in Trentino dal Tardoglaciale all'Olocene, sintetizzando le conoscenze alla luce dei risultati emersi dai progetti AQUAPAST e OLOAMBIENT.

5. OUTCOME DELLE RICERCHE

Numerosi progetti internazionali hanno preso avvio grazie a AQUAPAST e OLOAMBIENT, i cui dati sono in fase di continua elaborazione e integrazione. Sono stati immessi nel prestigioso sito NOAA e resi accessibili alla comunità internazionale. Questo è sicuramente un successo per l'Ente finanziatore, la Provincia Autonoma di Trento, e l'Ente che ha condotto le ricerche, il Museo Tridentino di Scienze Naturali. Inoltre, gli articoli contenuti nel presente volume, che presentano molte novità sulla storia climatica e ambientale del Trentino, saranno un utile strumento per chi, al momento, si sta occupando del problema molto serio dell'impatto dei cambiamenti globali sul territorio della nostra Provincia. È per noi, quindi, ragione di orgoglio scientifico dare alla comunità il risultato dei nostri sforzi in modo che sia di aiuto per adattarsi ai tempi che cambiano.

Come già accennato, l'interazione tra i due progetti di ricerca paleoclimatica incentrati su archivi differenti, uno quasi puramente inorganico (stalagmiti), gli altri misti organici e inorganici (sedimenti lacustri, latte di monte, tufo calcareo), entrambi coordinati dal Museo Tridentino di Scienze Naturali, è stato un primo esempio in Italia, e uno tra i primi anche in Europa, di multidisciplinarietà e interdisciplinarietà nello studio dell'evoluzione del clima e dell'ambiente del passato. Entrambi hanno portato la ricerca trentina all'attenzione della comunità internazionale, come dimostrato dal reclutamento da parte di Università estere di alcuni protagonisti delle due ricerche provenienti da MTSN, inequivocabile segno che questo Ente forma personale scientifico altamente qualificato.