

Scopi e obiettivi del progetto di ricerca nazionale “Ricostruzione dell’evoluzione climatica e ambientale ad alta risoluzione da concrezioni di grotta lungo una traversa N-S in Italia con particolare riferimento all’intervallo Tardiglaciale-Attuale”

Ugo SAURO^{1*} & Silvia FRISIA²

¹Dipartimento di Geografia, Università di Padova, Via del Santo 26, I-35123 Padova

²Museo Tridentino di Scienze Naturali, Via Calepina 14, I-38100 Trento

*E-mail dell’Autore per la corrispondenza: ugo.sauro@unipd

RIASSUNTO - *Scopi e obiettivi del progetto di ricerca nazionale “Ricostruzione dell’evoluzione climatica e ambientale ad alta risoluzione da concrezioni di grotta lungo una traversa N-S in Italia con particolare riferimento all’intervallo Tardiglaciale-Attuale”* - Si presentano scopi e obiettivi del progetto di ricerca nazionale “Ricostruzione dell’evoluzione climatica e ambientale ad alta risoluzione da concrezioni di grotta lungo una traversa N-S in Italia con particolare riferimento all’intervallo Tardiglaciale-Attuale” che ha studiato con tecniche geocronologiche, isotopiche e petrografiche stalagmiti e colate concrezionali provenienti da quattro grotte: Grotta Savi (Carso Triestino, TS), Grotta del Vento (Alpi Apuane, LU), Grotta di Frasassi (Appennino marchigiano, AN) e Grotta di Carburangeli (Piana di Carini, PA).

SUMMARY - *Aim and objectives of the Italian project “Climatic changes in Italy during the Lateglacial and Holocene from speleothems records: a North-South traverse”* - Aim and objectives of the Italian national project “Climatic changes in Italy during the Lateglacial and Holocene from speleothems records: a North-South traverse” are here presented. The project studied speleothem archives of climate proxy data through radiometric, isotopic and petrographic techniques from four key-sites: Grotta Savi (Carso Triestino, TS), Grotta del Vento (Alpi Apuane, LU), Grotta di Frasassi (Appennino marchigiano, AN) and Grotta di Carburangeli (Piana di Carini, PA).

Parole chiave: Speleotemi, datazioni U/Th, paleoclima, Olocene, isotopi stabili, Italia
Key words: Speleothems, U/Th dating, paleoclimate, Holocene, stable isotopes, Italy

1. INTRODUZIONE

Fra il 2001 e il 2002 tre unità di ricerca, appoggiate alle università di Padova, Bologna e Palermo, in cui confluivano altri ricercatori, oltre che delle suddette università, anche delle università di Trieste, Firenze e Roma e del Museo Tridentino di Scienze Naturali, hanno collaborato a un progetto di ricerca dal titolo “Ricostruzione dell’evoluzione climatica e ambientale ad alta risoluzione da concrezioni di grotta lungo una traversa N-S in Italia con particolare riferimento all’intervallo Tardiglaciale-Attuale”. Il progetto, presentato nel 2000 al Ministero per l’Università e la Ricerca Scientifica (MURST), è stato il primo programma di ricerca sugli speleotemi riguardante aree carsiche sia del nord che del centro e sud dell’Italia, finanziato come PRIN (Progetto di rilevante interesse nazionale).

Come riferisce il titolo, l’obiettivo principale è stato l’individuazione delle interrelazioni tra i fenomeni di

accrescimento degli speleotemi, espressi come caratteristiche mineralogiche, petrografiche e geochemiche delle concrezioni di grotta, e le oscillazioni climatiche durante il Tardiglaciale e l’Olocene. Ci si proponeva di definire i principali lineamenti dell’evoluzione climatica naturale lungo una traversa nord-sud della penisola italiana.

Negli ultimi decenni il settore di ricerca relativo allo studio delle caratteristiche fisico-chimiche dei depositi concrezionali di grotta, o speleotemi, ha avuto una notevole accelerazione soprattutto per quanto riguarda le ricostruzioni paleoclimatiche e paleoambientali ad alta risoluzione per il Quaternario (Antonioli *et al.* 2003).

I sedimenti chimici di ambiente carsico, rappresentati prevalentemente dai depositi concrezionali di grotta, sono stati considerati sino a pochi decenni fa più come delle peculiarità di interesse estetico che come degli oggetti di potenziale interesse scientifico.

La messa a punto, nei primi anni '70, di metodi di radiocronologia isotopica relativi alle concrezioni (Thompson *et al.* 1974), e il successivo perfezionamento delle metodologie di tipo geochimico, ha aperto nuove prospettive allo studio dei minerali secondari formati in ambiente carsico ipogeo.

Per comprendere come nelle grotte possano essersi formati dei corpi sedimentari con carattere di archivio di informazioni su climi e ambienti del passato è opportuno introdurre il concetto di geo-ecosistema carsico. Un geo-ecosistema carsico è un sistema funzionale naturale identificabile con un'unità morfocarsica, quale un gruppo montuoso costituito da rocce solubili che, nel caso più comune, sono rocce carbonatiche (calcari e dolomie). In questo tipo di geo-ecosistema, soggetto a scambi di materia e di energia con i sistemi contigui, la componente principale dell'*input* energetico è superficiale, essendo rappresentata dall'insolazione, mentre il flusso di materia è strettamente connesso con il ciclo dell'acqua, il quale non interessa solo la superficie, ma la massa stessa del rilievo. Agente principale del flusso di materia è l'acqua, la quale mediante il fenomeno della dissoluzione chimica rende la roccia permeabile, comportandosi come un nastro trasportatore di materia e di energia, provocando nel tempo la riduzione e lo svuotamento del rilievo carsico (Sauro 1999; Castiglioni & Sauro 2002).

Se da un lato l'acqua può essere considerata una componente dinamica che durante il suo deflusso incamera diverse informazioni chimico-fisiche sugli ambienti che attraversa e ben presto fuoriesce dal sistema stesso, i depositi ipogei, invece, si accumulano a costituire dei registratori statici relativi a componenti del sistema o a sottosistemi. Di questo tipo sono sia i sedimenti clastici sia i depositi chimici (ad es. stalagmiti), che possono essere campionati e analizzati anche molto tempo dopo la loro messa in posto. Questi registratori statici rappresentano delle vere e proprie finestre spazio-temporali in grado di fornire informazioni sugli eventi morfo-climatici considerati nei rispettivi contesti locali e regionali. Tuttavia, la decodificazione dei dati immagazzinati nei depositi concrezionali richiede un'approfondita conoscenza dei caratteri dei relativi geo-ecosistemi. Quindi occorre studiare approfonditamente e in tutti i suoi aspetti un geo-ecosistema carsico prima di procedere all'interpretazione in termini paleoambientali e paleoclimatici dei dati fisico-chimici estratti dagli speleotemi.

2. SELEZIONE DELLE CAVITÀ CARSCICHE

La ricerca si è svolta tenendo sempre presenti gli obiettivi primari relativi sia all'acquisizione di dati significativi ai fini della ricostruzione dei cambiamenti climatici sulla base della composizione chimica (inclusa quella isotopica) e delle caratteristiche mineralogiche,

petrografiche e strutturali delle concrezioni ipogee, sia alla risoluzione dei problemi connessi con la ricostruzione della propagazione in senso N-S delle variazioni climatiche tra il Tardiglaciale e l'Olocene in Italia.

Sono state dapprima individuate, visitate e analizzate 10 grotte, scelte sulla base di considerazioni di distribuzione geografica, di caratteristiche climatiche dei relativi geo-ecosistemi, di morfologia ipogea e di dinamica dei processi concrezionali in atto. Si è posta attenzione al fatto che nei geo-ecosistemi carsici fosse rappresentato un ampio spettro della variabilità climatica in Italia, da condizioni di tipo subalpino, a appenninico, a mediterraneo.

Le grotte visitate (Fig. 1) sono state (procedendo da N a S):

- 1) Grotta Savi (Carso Triestino, TS),
- 2) Grotta Doria (Carso Triestino, TS),
- 3) Grotta del Sasso (Altopiani Vicentini, VI),
- 4) Grotta della Donna (Monti Lessini, VR),
- 5) Grotta la Spipola (Parco dei Gessi, BO),
- 6) Grotta del Vento (Alpi Apuane, LU),
- 7) Grotta di Frasassi, detta anche Grotta del Vento e del Fiume (Appennino Marchigiano, AN),
- 8) Grotta di Carburangeli (Piana di Carini, PA),
- 9) Abisso dei Cocci (Monti di Palermo, PA),
- 10) Grotta Santa Ninfa (Altopiano di S. Ninfa, TP).

Dopo aver analizzato ciascuna grotta dai punti di vista geologico, idrogeologico, geomorfologico e delle condizioni microclimatiche interne, sono state selezionate per lo studio le seguenti cavità carsiche: Grotta Savi (Carso Triestino, TS), Grotta del Vento (Alpi Apuane, LU), Grotta di Frasassi (Appennino Marchigiano, AN), e Grotta di Carburangeli (Piana di Carini, PA).

3. METODOLOGIE DELLA RICERCA E PRINCIPALI RISULTATI

Nelle grotte per cui non preesistevano strumentazioni di monitoraggio ambientale, si sono installati strumenti per la misura in continuo di temperatura e conducibilità elettrica delle acque di percolazione. In tutte le grotte sono state effettuate misure della concentrazione di CO₂ e prelievi delle acque di percolazione per le analisi isotopiche. Infine, sono stati condotti esperimenti di precipitazione *in situ* di carbonato di calcio per osservare sia la quantità che la morfologia dei cristalli in grotte caratterizzate da temperature medie e condizioni cinetiche molto diverse (Carburangeli, Savi e Grotta del Vento).

Nelle grotte selezionate per lo studio sono stati prelevati almeno tre campioni, in forma sia di stalagmiti che di carote estratte da colate concrezionali. Nell'eseguire il campionamento ci si è preoccupati di limitare al massimo i danni all'ambiente ipogeo.

Per le datazioni radiometriche U/Th ci si è avvalsi di laboratori europei all'avanguardia, in particolare il



Fig. 1 - Ubicazione delle grotte studiate.

Fig. 1 - Location of the studied caves.

laboratorio dell'Università di Berna (Svizzera) e, per la sola stalagmite della Grotta di Carburangeli, il laboratorio dell'Università di Heidelberg.

Lo studio tessiturale è stato condotto su sezioni sottili in microscopia a luce trasmessa e in luce polarizzata. Per ogni stalagmite e colata stalagmitica di cui erano a disposizione le sezioni, è stata effettuata un'acquisizione digitale delle immagini per illustrare i tipi tessiturati identificati. Quindi, sulla base dell'analisi petrografica (porosità, tessitura, mancanza di fenomeni di ricristallizzazione, ecc.) sono state individuate le concrezioni più adatte per effettuare la analisi di tipo geochemico finalizzate alla ricostruzione paleoclimatica. Inoltre, si è applicata la tecnica della luminescenza laser su sezioni spesse e lucidate. Il lavoro è stato effettuato presso il laboratorio del Prof. Yavor Shopov a Sofia (Bulgaria): i 75 grafici ottenuti dimostrano che tutta la luminescenza è dovuta alla presenza di componenti organiche, e pertanto il materiale è risultato idoneo agli studi previsti sull'evoluzione paleoclimatica.

Le analisi degli isotopi stabili ($\delta^{13}\text{C}$, $\delta^{18}\text{O}$) di subcampioni prelevati lungo l'asse di crescita delle stalagmiti e delle carote sono state eseguite sia presso il Dipartimento di Scienze della Terra dell'Università di Firenze, sia presso il Laboratorio di geochemica isotopica dell'Università di Innsbruck, permettendoci di affinare la risoluzione temporale dell'indagine isotopica. I dati ottenuti dai due laboratori risultano confrontabili e corroborano l'accuratezza nei risultati.

Le elaborazioni di tipo climatico e relative all'evapotraspirazione e al bilancio idrico sono state effettuate presso il Laboratorio del Dott. Dario Camuffo, presso il CNR di Padova. Sono state riordinate ed elaborate serie storiche di dati sulle precipitazioni e sulle temperature delle località di Trieste, Pesaro, Livorno e Palermo, anche attraverso il riesame dei dati cartacei originali.

La correlazione tra i dati delle serie storiche e i dati degli speleotemi è stata avviata solo in via preliminare, soprattutto perché l'accrescimento degli speleotemi in epoca protostorica e storica ha subito un

rallentamento, e quindi le ultime migliaia di anni sono condensate in pochi centimetri di spessore. Inoltre, in alcune stalagmiti, sembrano mancare quasi del tutto gli ultimi secoli, o essere presenti lacune importanti negli ultimi duemila anni.

La ricerca nel suo complesso ha prodotto una grande quantità di dati. In questo volume ne presentiamo una prima parte che, comunque, già rivela alcune novità molto importanti, come ad esempio il primo riconoscimento per la regione alpina, e probabilmente per l'Europa, del Dryas Recente in una stalagmite (Borsato *et al.* 2003). Tutte le stalagmiti studiate rivelano un'articolata evoluzione climatica per l'Olocene, con marcate differenze sia dovute alla diversa collocazione regionale che all'idrologia carsica che distingue ciascun sistema. Comunque, i dati ottenuti sono confrontabili con altre serie climatiche da stalagmiti per l'area mediterranea e con ricostruzioni da altri archivi, per cui i dati prodotti dal progetto sono, indubbiamente, un ulteriore, significativo tassello nel mosaico dell'evoluzione climatica in Europa tra Tardiglaciale e Olocene. Infine, avendo studiato campioni da aree fortemente interessate da una ricca storia archeologica, abbiamo individuato alcuni effetti delle attività umane sul cambiamento del territorio, che saranno approfonditi in futuro.

4. PUBBLICAZIONI FRUTTO DELLA RICERCA

Oltre a questo numero speciale della rivista *Studi Trentini di Scienze Naturali, Acta Geologica*, la ricerca ha prodotto e sta producendo molte altre pubblicazioni scientifiche. Un lavoro di sintesi relativo allo stato dell'arte dello studio sulle concrezioni di grotta in Italia è stato pubblicato di recente (Antonoli *et al.* 2003). Con riferimento al carsismo delle aree nei gessi della Sicilia, è stato formulato un modello relativo alla dinamica dello "strato" più superficiale che tiene conto del regime e di variabili climatiche (Ferrarese *et al.* 2002). Tale modello fornisce elementi di interesse fondamentale per la comprensione della dinamica delle grotte nei gessi e quindi anche per lo studio delle relative concrezioni carbonatiche. Alcune comunicazioni e diversi poster sono stati presentati al Congresso KRIII, Climate Changes: the Karst Record III (Montpellier, 11-14 maggio 2003) e a Geoitalia 2003, 4° Forum Italiano di Scienze della Terra, Bellaria 16-18 settembre 2003).

Per tutte queste ragioni è ancora presto per fare un bilancio di questo progetto di ricerca, che avrà certamente importanti sviluppi e ricadute nei prossimi anni.

BIBLIOGRAFIA

Antonoli F., Forti P., Frisia S. & Sauro U., 2003 - I depositi concrezionali di grotta: archivi dell'evoluzione paleo-

climatica ed ambientale regionale dei geo-ecosistemi carsici. In: Biancotti A. & Motta M. (a cura di), *Risposta dei processi geomorfologici alle variazioni ambientali*, Ministero Istruzione, Università, Ricerca. Programmi di ricerca scientifica di rilevante interesse nazionale. Brigati, Genova: 31-55.

Borsato A., Sauro U., Cucchi F., Forti P., Frisia S., Miorandi R., Piccini L., Tuccimei P., Villa, I. M. & Zini L., 2003 - Late Pleistocene and Holocene North Mediterranean climate record from Grotta Savi (Trieste, N-Italy). *Climatic Change: The Karst Record III*. Montpellier (France), May 2003, Abstract volume: 51 pp.

Castiglioni B. & Sauro U., 2002 - Paesaggi e geosistemi carsici: proposte metodologiche per una didattica dell'ambiente. In: Varotto M. & Zunica M. (a cura di), *Scritti in ricordo di Giovanna Brunetta*. Dipartimento di Geografia "G. Morandini", Università di Padova: 51-67.

Ferrarese F., Macaluso T., Madonia G., Palmeri A. & Sauro U., 2002 - Solution and re-crystallization processes and associated landforms in gypsum outcrops of Sicily. *Geomorphology*, 1194: 19 pp.

Frisia S., Borsato A., Spötl C., Mangini A., Madonia G., Miorandi R. & Piccini L., 2003 - *Holocene palaeoclimate and palaeoenvironmental evolution in the Central Mediterranean from speleothems - Grotta di Carburangeli (Sicily)*. Poster presentato al Congresso "Climate Changes: the Karst Record III", Montpellier (France).

Frisia S., Madonia G., Borsato A., Miorandi R., Piccini L., Spötl C., Mangini A. & Sauro U., 2003 - Holocene palaeoclimate and palaeoenvironmental evolution in the central Mediterranean from Speleothems - Grotta di Carburangeli (Sicily). *Geoitalia 2003*, 4° Forum Italiano di Scienze della Terra, Bellaria 16-18 settembre 2003: 452-453.

Sauro U., 1999 - Towards a preliminary model of a Karst Geo-Ecosystem: the example of the Venetian Fore-Alps. Karst 99, *Etudes de géographie physique*, Suppl. 28. CAGEP, Université de Provence: 165-170.

Sauro U., Agnesi V., Borsato A., Camuffo D., Cucchi F., Forti P., Frisia S., Macaluso M., Madonia G., Miorandi R., Pagan E., Paladini M., Palmieri A., Piccini L., Salzano R., Shopov Y., Tuccimei P., Vattano M. & Zini L., 2003 - *Late Quaternary environmental changes in Italy from speleothems: a N-S traverse*. Poster presentato al Congresso "Climate Changes: the Karst Record III", Montpellier (France).

Sauro U., Agnesi V., Borsato A., Camuffo D., Cucchi F., Forti P., Frisia S., Macaluso T., Madonia G., Miorandi R., Pagan E., Paladini M., Palmeri A., Piccini L., Salzano R., Shopov Y., Tuccimei P., Vattano M. & Zini L., 2003 - Late Quaternary environmental changes in Italy from speleothems: a N-S traverse. *Geoitalia 2003*, 4° Forum Italiano di Scienze della Terra, Bellaria 16-18 settembre 2003: 462-463.

Thompson P., Schwarcz H.P. & Ford D.C., 1974 - Continental Pleistocene climatic variations from speleothem age and isotopic data. *Science*, 184: 893 - 894.