

Dati preliminari sulla dieta autunnale dei geotritoni della Sardegna (genere *Speleomantes*)

Enrico LUNGHI^{1,2,3}, Filippo CECCOLINI², Fabio CIANFERONI^{2,4}, Lorenzo CORNAGO⁵, Manuela MULARGIA⁶, Roberto COGONI⁷, Raoul MANENTI⁸, Claudia CORTI², Gentile Francesco FICETOLA^{9,10}

¹ *Università di Trier Fachbereich VI Raum-und Umweltwissenschaften Biogeographie, Campus I, Gebäude N Universitätsring 15, 54286 Trier, Germania.*

² *Museo di Storia Naturale dell'Università degli Studi di Firenze, Sezione di Zoologia "La Specola", Via Romana 17, 50125 Firenze, Italia.*

³ *Natural Oasis, Via di Galceti 141, 59100 Prato, Italia.*

⁴ *CNR-IBAF Consiglio Nazionale delle Ricerche, Istituto di Biologia Agroambientale e Forestale, Via Salaria km 29,300, 00015 Monterotondo Scalo (Roma), Italia.*

⁵ *Università degli Studi di Bologna, via Selmi 3, 40126 Bologna, Italia.*

⁶ *Via Isalle 4, 08029 Siniscola, Italia.*

⁷ *Via Segni 76, 09047 Selargius, Italia.*

⁸ *Università degli Studi di Milano, Dipartimento di Bioscienze, via Celoria 26, 20133 Milano, Italia*

⁹ *Laboratoire d'Ecologie Alpine (LECA), CNRS UMR 5553, Université Joseph Fourier, BP 53, 38041 Grenoble Cedex 9, Francia.*

¹⁰ *Centre National de la Recherche Scientifique (CNRS), LECA, F-38000 Grenoble, Francia.*

Riassunto I geotritoni sono gli unici Pletodontidi presenti in Europa. Delle otto specie appartenenti al genere *Speleomantes*, cinque sono endemiche della Sardegna. Questi anfibi hanno evoluto una lingua protrusibile grazie alla quale catturano le loro prede. Ad oggi è stata indagata la dieta di due delle specie continentali di geotritone, mentre non è mai stata studiata quella delle specie insulari. Con questo lavoro abbiamo indagato la dieta delle cinque specie di geotritone della Sardegna durante il periodo autunnale. È stato utilizzato il metodo dello *stomach flushing* per osservare e determinare il contenuto stomacale degli individui studiati. Sono state riconosciute 1570 prede appartenenti a 27 diversi ordini. Le specie *S. genei*, *S. supramontis* e *S. imperialis* presentano una dieta un po' più differenziata da *S. flavus* e *S. sarrabusensis*, la quale risulta invece piuttosto simile. Negli individui adulti, data la possibilità di ingerire prede di dimensioni maggiori, le quali necessitano più tempo per essere digerite, è stato possibile riconoscere un maggior numero di prede. Il presente studio, che prevede di essere integrato in futuro con l'analisi della dieta primaverile, rappresenta quindi il primo lavoro svolto sulla dieta delle specie sarde di geotritone.

Abstract European cave salamanders (genus *Speleomantes*) represent the only Plethodontid salamanders in Europe. Five of them are endemic to Sardinia. These amphibians evolved a projectable tongue which is used to prey. To date, studies on European cave salamanders diet only focused on two of mainland species, whereas the diet of Sardinian species was never analysed. With this study we investigated the autumn diet of Sardinian species of *Speleomantes*. We used stomach flushing to obtain and identify the stomach contents of individuals. We recognized 1570 prey belonging to 27 different orders. *S. genei*, *S. supramontis* and *S. imperialis* showed a more differentiated diet from those of *S. flavus* and *S. peleomantes*, which are more similar. Adults showed the major number of recognizable prey, as they have the opportunity to ingest bigger preys which require more time to be digested. This study will be implemented with data on spring season; however this is the first study on diet of Sardinian Cave salamanders.

Keywords Plethodontidae, salamander, biospeleology, feeding behaviour.

Introduzione

I geotritoni sono gli unici rappresentanti della famiglia dei Pletodontidi presenti in Europa (Lanza *et al.*, 2006); delle otto specie di geotritone, tre (*Speleomantes strinatii*, *S. ambrosii* e *S. italicus*) sono distribuite sulle Alpi Marittime e lungo la catena appenninica fino all' Abruzzo, mentre le restanti cinque specie (*S. flavus*, *S. supramontis*, *S. imperialis*, *sarrabusensis* e *S. genei*) sono tutte endemiche della Sardegna (Carranza *et al.*, 2008; van der Meijden *et al.*, 2009). I geotritoni sono Anfibi Urodeli esclusivamente terrestri e quindi non svolgono nessuna delle loro fasi vitali in acqua (Lanza *et al.*, 2006). Essi sono privi di polmoni, pertanto respirano attraverso la pelle e la mucosa bucco-faringea (Spotila, 1972; Lanza *et al.*, 2007). Questa caratteristica li costringe a frequentare ambienti caratterizzati da temperature relativamente basse e umidità dell'aria molto alta. Tuttavia, quando le condizioni esterne lo permettono, questi animali sono in grado di lasciare i loro rifugi sotterranei per frequentare la zona di superficie (Casali *et al.*, 2005; Lanza *et al.*, 2006; Lunghi *et al.*, 2015).

L'assenza di polmoni ha permesso ai geotritoni di evolvere una lingua protrusibile con la quale catturano le loro prede (Deban & Richardson, 2011; Pough *et al.*, 2013). Tali prede vengono individuate sia utilizzando la vista, sia attraverso la chemiocezione (Lanza *et al.*, 2006). I geotritoni sono predatori generalisti e catturano tutto quello che rientra nel loro campo di azione (Salvidio, 1992; Salvidio *et al.*, 1994; Vignoli *et al.*, 2006). L'attività predatoria di queste specie può essere svolta sia in superficie, sia nei loro rifugi sotterranei (Lanza *et al.*, 2006). Gli studi effettuati su due specie continentali (*S. strinatii* e *S. italicus*) hanno dimostrato come maschi, femmine e giovani presentino in genere una dieta molto simile (Vignoli *et al.*, 2006; Salvidio *et al.*, 2012). In questi studi è stato inoltre rilevato che le popolazioni epigee possiedono una nicchia trofica più ampia di quelle ad habitus più ipogeo e che le dimensioni delle prede sono direttamente proporzionali alla taglia

dei geotritoni. Tuttavia, ad oggi non sono mai stati condotti studi sulla dieta delle specie sarde di geotritone. Con questo lavoro abbiamo analizzato la dieta delle cinque specie di *Speleomantes* presenti in Sardegna.

Materiali e Metodi

Durante l'autunno del 2015, sono stati analizzati i contenuti stomacali delle cinque specie di geotritone sarde (*Speleomantes flavus*, *S. supramontis*, *S. imperialis*, *S. sarrabusensis* e *S. genei*), attraverso il metodo dello *stomach flushing* (Salvidio *et al.*, 2012). Per ogni specie sono state individuate 1-2 grotte di facile esplorazione, all'interno delle quali sono state effettuate le catture dei geotritoni. Ogni individuo catturato è stato misurato (lunghezza muso-cloaca: SVL), attribuito a una classe d'età (adulto se $SVL \geq 4,5$ cm) e per ogni adulto è stato definito il sesso in base alla presenza della ghiandola mentoniera (carattere distintivo del maschio). Dopo aver registrato le caratteristiche biometriche, ogni individuo è stato sottoposto a *stomach flushing*, eccetto quelli con $SVL < 3$ cm che sono stati immediatamente rilasciati in quanto questa pratica risulterebbe troppo invasiva data la loro piccole dimensioni (Salvidio, 1992). Per lo *stomach flushing* è stata utilizzata una siringa da 5 ml carica di acqua a cui è stato sostituito l'ago con un tubicino di plastica morbida del diametro di 1 mm. Il tubo è stato inserito nella bocca del geotritone e spinto fino allo stomaco. Una volta in posizione, l'acqua è stata immessa all'interno dello stomaco dei geotritoni, con flusso regolare e intensità costante. Il reflusso d'acqua è stato incanalato all'interno di provette utilizzando un piccolo imbuto. Negli individui di maggiori dimensioni (lunghezza totale > 10 cm) la procedura sopra descritta è stata ripetuta una seconda volta. Ogni individuo, prima di essere rilasciato, è stato tenuto sotto osservazione fino a quando non ha ripreso le sue normali attività. I contenuti stomacali sono stati esaminati al microscopio ottico e le prede ancora riconoscibili sono state raggruppate in base alla categoria tassonomica di appartenenza. Abbiamo utilizzato l'analisi delle similarità (ANOSIM) per valutare se le comunità che compongono la dieta delle cinque specie sarde di geotritone sono significativamente diverse, suggerendo quindi differenze di nicchie trofiche (Legendre e Legendre, 2012). Attraverso i modelli lineari generalizzati misti (GLMM) abbiamo verificato se ci fosse una correlazione tra la presenza del materiale riconoscibile nello stomaco ed alcune variabili come alcune caratteristiche dei geotritoni (specie, SVL, classe di età) e la fascia oraria in cui è stato effettuato lo *stomach flushing*; inoltre, abbiamo utilizzato come ulteriori variabili l'interazione tra la fascia oraria e tutte le precedenti variabili descritte. Il sito di campionamento è stato utilizzato come fattore random. Abbiamo poi verificato la significatività delle variabili incluse nel modello a minor criterio informativo di Akaike (AICc).

Risultati e Discussione

Sono stati analizzati i contenuti stomacali di 247 geotritoni (54 *S. flavus*, 60 *S. imperialis*, 35 *S. sarrabusensis*, 60 *S. supramontis* e 38 *S. genei*), di cui 171 adulti (75 maschi e 96 femmine) e 76 giovani. Nel 21,37% degli individui lo stomaco era vuoto (25 giovani, 15 maschi e 13 femmine), mentre nel 30,64% (27 giovani, 25 maschi e 24 femmine) era

presente soltanto materiale parzialmente digerito ed indeterminabile. Nei restanti 119 individui è stato invece possibile riconoscere almeno un tipo di preda. In totale sono state identificate 1570 prede appartenenti ai seguenti 27 ordini: Pulmonata, Sarcoptiformes, Mesostigmata, Trombidiformes, Araneae, Pseudoscorpionida, Opiliones, Geophilomorpha, Scolopendromorpha, Julida, Isopoda, Symphypleona, Poduromorpha, Entomobryomorpha, Zygentoma, Ephemeroptera, Odonata, Orthoptera, Blattoidea, Psocoptera, Hemiptera, Hymenoptera, Coleoptera, Neuroptera, Trichoptera, Lepidoptera, Diptera. Solo nel caso degli Hymenoptera abbiamo fatto un'ulteriore suddivisione, separando la famiglia dei Formicidae dalle altre, in quanto contraddistinta da un'ecologia profondamente diversa rispetto agli altri rappresentanti di tale ordine (nella tabella 1 vengono raggruppate tutte le prede riconosciute in base alla classe di appartenenza). Nella figura 1, per ogni specie di geotritone, viene riportata la percentuale di prede appartenenti ad un determinato ordine sul totale di specie ingerite. L'analisi delle similarità indica che le specie di geotritone studiate hanno una dieta significativamente diversa tra loro ($R = 0,243$; $P = 0,001$). In particolare, la dieta di *S. genei* è composta principalmente da prede appartenenti agli ordini Pseudoscorpionida, Opiliones e Pulmonata, quella di *S. imperialis* da Mesostigmata, Julida e Hymenoptera Formicidae, quella di *S. supramontis* da Coleoptera e Julida, mentre la quasi totalità della dieta di *S. flavus* e *S. sarrabusensis* è composta da Coleoptera e Hymenoptera. Essendo animali la cui dieta risulta essere generalista, le differenze che sono emerse da questo studio potrebbero essere dovute ad una diversa disponibilità di prede, la quale è probabilmente influenzata dalla tipologia dell'ambiente presente nei dintorni del sito osservato.

Durante il periodo autunnale gli Insetti rappresentano la parte preponderante della dieta di tutte le specie di geotritone sarde; Gasteropodi e Malacostraci sono stati predati soltanto dagli adulti, mentre i giovani sono gli unici ad aver ingerito alcuni Chilopodi. Osservando solo il gruppo degli adulti è possibile notare che le femmine hanno consumato un numero maggiore di prede rispetto ai maschi, soprattutto per quanto concerne Aracnidi e Insetti.

Anche le specie sarde di geotritone sembrerebbero potersi definire "predatori opportunisti", allo stesso modo di quanto già osservato in alcune specie continentali (Salvidio, 1992; Vignoli *et al.*, 2006). Il numero delle prede ingerite probabilmente dipende dalle dimensioni e dalle caratteristiche fisiche degli animali: infatti, analizzando i fattori correlati al numero di prede per individuo, l'unica variabile individuata dal miglior modello AICc è stata la classe di età ($B = -0,25$, $X^2 = 11,3$, $P < 0,001$). Gli individui adulti sono in grado di ingerire prede più grandi, le quali probabilmente richiedono più tempo per la digestione e sono verosimilmente più facili da identificare in quanto meglio conservate. I risultati ottenuti in questo studio dovranno essere ampliati, sia prevedendo la raccolta di campioni durante la stagione primaverile, sia analizzando un numero maggiore di individui, cosa che ci permetterà di avere un quadro più completo sulla dieta delle specie sarde di geotritone e determinare l'esistenza di variazioni stagionali della dieta.

	GIOVANI	ADULTI	MASCHI	FEMMINE
Gastropoda	0	3	1	2
Arachnida	4	71	26	45
Chilopoda	2	0	0	0
Diplopoda	13	31	13	18
Malacostraca	0	21	10	11
Insecta	141	1284	420	864

Tab. 1. Numero di prede identificate per categoria studiata.

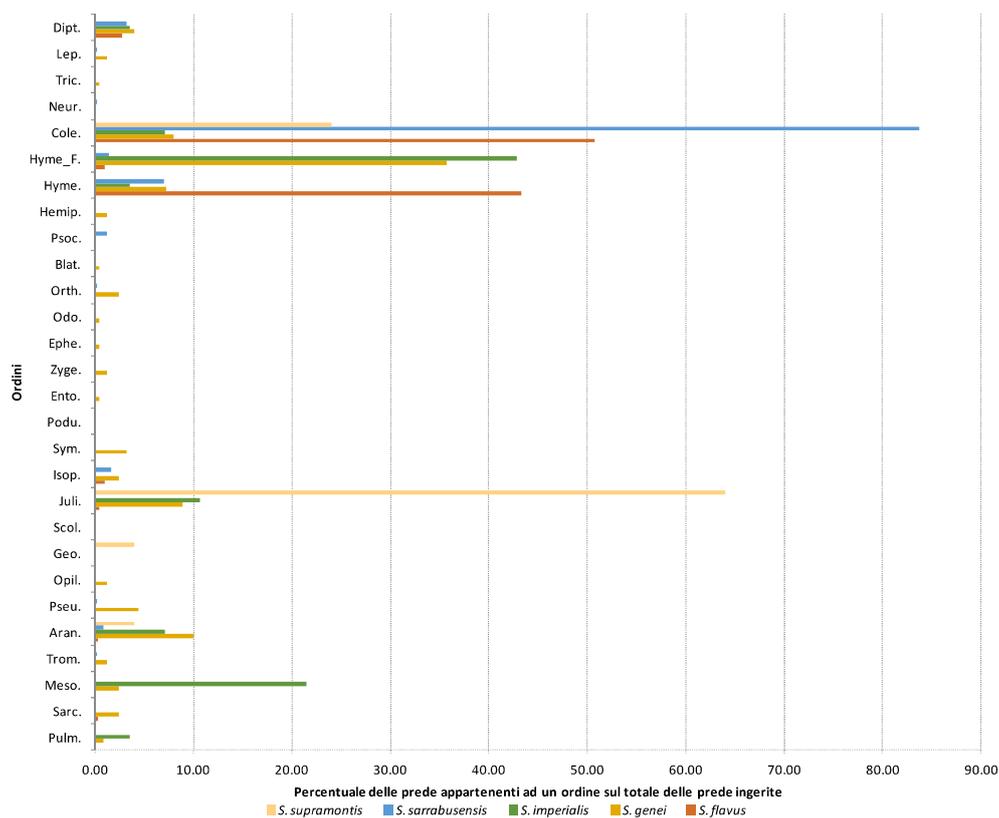


Fig. 1. Proporzioni di prede appartenenti a ciascuno degli ordini riconosciuti, rispetto al totale delle prede ingerite da parte di ciascuna specie di geotritone. Sull'asse delle ordinate vengono riportate le abbreviazioni dei nomi degli ordini citati nel testo.

Ringraziamenti

Questo studio è stato autorizzato dal Ministero dell'Ambiente e della Tutela del Territorio e del Mare n° 9384/PNM del 12/05/2015.

Gli studi condotti da E. Lunghi sono supportati da: The Mohamed bin Zayed Species Conservation Fund, The National Speleological Society e Instrumentl.

Bibliografia

- Carranza, S., Romano, A., Arnold, E.N., Sotgiu, G. (2008): Biogeography and evolution of European cave salamanders, *Hydromantes* (Urodela: Plethodontidae), inferred from mtDNA sequences. *J Biogeogr.* **35**: 724-738.
- Casali, S., Suzzi Valli, A., G., B., Tedaldi, G. (2005): Costumi arboricoli di *Speleomantes italicus* (Dunn, 1923) nella Repubblica di San Marino. *Annali del Museo Civico di Storia Naturale Giacomo Doria* **97**: 145-152.
- Deban, S.M., Richardson, J.C. (2011): Cold-Blooded snipers: thermal independence of ballistic tongue projection in the salamander *Hydromantes platycephalus*. *J. Exp. Zool.* **315**: 618-630.
- Lanza, B., Nistri, A., Vanni, S. (2007): Genere *Speleomantes* Dubois, 1984. In: Lanza, B., Andreone, F., Bologna, M.A., Corti, C., Razzetti, E. (eds), *Fauna d'Italia* vol. XLII. Amphibia. Edizioni Calderini, Bologna: 142-152.
- Lanza, B., Pastorelli, C., Laghi, P., Cimmaruta, R. (2006): A review of systematics, taxonomy, genetics, biogeography and natural history of the genus *Speleomantes* Dubois, 1984 (Amphibia Caudata Plethodontidae). *Atti del Museo Civico di Storia Naturale di Trieste* **52**: 5-135.
- Legendre, P., Legendre, L. (2012): *Numerical Ecology*, 3rd Edition. Elsevier, Amsterdam.
- Lunghi, E., Manenti, R., Ficetola, G.F. (2015): Seasonal variation in microhabitat of salamanders: environmental variation or shift of habitat selection? *PeerJ* **3**: e1122.
- Pough, F.H., Janis, C.M., Heiser, J.B. (2013): *Vertebrate life*. Pearson, Boston.
- Salvidio, S. (1992): Diet and food utilization in the European plethodontid *Speleomantes ambrosii*. *Vie et Milieu* **42**: 35-39.
- Salvidio, S., Latters, A., Tavano, M., Melodia, F., Pastorino, M.V. (1994): Ecology of a *Speleomantes ambrosii* population inhabiting an artificial tunnel. *Amphibia Reptilia* **15**: 35-45.
- Salvidio, S., Romano, A., Oneto, F., Ottonello, D., Michelon, R. (2012): Different season, different strategies: feeding ecology of two syntopic forest-dwelling salamanders. *Acta Oecol.* **43**: 42-50.
- Spotila, J.R. (1972): Role of temperature and water in the ecology of lungless salamanders. *Ecol. Monogr.* **42**: 95-125.
- van der Meijden, A., Chiari, Y., Mucedda, M., Carranza, S., Corti, C., Veith, M. (2009): Phylogenetic relationships of Sardinian cave salamanders, genus *Hydromantes*, based on mitochondrial and nuclear DNA sequence data. *Mol. Phylogenet. Evol.* **51**: 399-404.
- Vignoli, L., Caldera, F., Bologna, M.A. (2006): Trophic niche of cave populations of *Speleomantes italicus*. *J. Nat. Hist.* **40**: 1841-1850.