



Primi risultati di uno studio di popolazione del geotritone italiano *Speleomantes italicus* (Dunn, 1923) in ambiente ipogeo: valutazione dell'affidabilità del metodo del removal sampling

Martina MURARO¹, Raoul MANENTI¹, Roberta PENNATI¹,
Enrico LUNGHI^{2,3,4}

¹ Università degli Studi di Milano, via Celoria 26, 20133 Milano, Italia.

² Università di Trier Fachbereich VI Raum-und Umweltwissenschaften Biogeographie, Campus I, Gebäude N Universitätsring 15, 54286 Trier, Germania.

³ Museo di Storia Naturale dell'Università degli Studi di Firenze, Sezione di Zoologia "La Specola", Via Romana 17, 50125 Firenze, Italia.

⁴ Natural Oasis, Via di Galceti 141, 59100 Prato, Italia.

Riassunto *Speleomantes italicus* è una delle otto specie del genere *Speleomantes* presenti in Italia ed è distribuita nella porzione centro-settentrionale degli Appennini e sulle Alpi Apuane. I geotritoni sono anfibi epigei svincolati dall'ambiente acquatico che richiedono particolari condizioni ambientali per la loro sopravvivenza (temperature relativamente fresche ed umidità elevata). Qualora tali condizioni non si verificano negli ambienti esterni, i geotritoni si rifugiano negli ambienti sotterranei dove le condizioni microclimatiche sono più stabili e idonee alle loro necessità fisiologiche. All'interno degli ambienti ipogei i geotritoni aumentano la loro densità, risultando maggiormente individuabili; di conseguenza, tali ambienti risultano particolarmente validi per svolgere studi sulle popolazioni di geotritone. In questo studio sono state analizzate sei popolazioni di *S. italicus* presenti in grotte nelle province di Lucca e Prato. Per ogni popolazione è stato identificato il numero di individui presenti attraverso la loro rimozione temporanea. I dati raccolti hanno dimostrato come il removal sampling, utilizzato in grotte naturali, si riveli un metodo poco efficace nella stima degli individui di geotritone.

Abstract *Speleomantes italicus* is one of the eight species of genus *Speleomantes* that are endemic to Italy: its distribution area is mainly located in the Northern and Center Apennine mountains. The cave salamanders are epigeal amphibians that live outside of aquatic environment. For survive, they require particular environmental conditions, such as relatively cold temperatures and high humidity. Because of their physiological limits, the *Speleomantes* are easily observable in underground places such as caves, crevices and other natural and artificial cavities, where the microclimatic conditions are more stable

and suitable to their needs. In these environments, *Speleomantes* abundance is often high, characteristic, which allow easy data collection. This research analyses six populations of *Speleomantes italicus* in six different caves located in two different Tuscan areas (Lucca and Prato district). The number of individuals present in each population was drawn on the basis of the removal sampling method. This study shows that such method is not appropriate for the estimation of *Speleomantes* populations in natural cavities.

Keywords *Speleomantes*, cave salamander, biospeleology, population, cave monitoring.

Introduzione

Il geotritone italiano (*Speleomantes italicus*) è una delle otto specie di Pletodontidi presenti in Europa. Il suo areale di distribuzione comprende le Alpi Apuane e gli Appennini Tosco-Emiliano, Umbro-Marchigiano ed Abruzzese (Lanza *et al.*, 2007). I geotritoni sono anfibi terrestri svincolati dall'ambiente acquatico (Lanza *et al.*, 2006). Essi presentano alcune peculiarità, fra cui la mancanza di polmoni: questa caratteristica fa sì che la loro respirazione avvenga esclusivamente attraverso la pelle e la mucosa bucco-faringea (Lanza *et al.*, 2006). A causa di questa caratteristica fisiologica, i geotritoni trovano nelle cavità ipogee un ambiente favorevole dove rifugiarsi quando le condizioni ambientali esterne diventano per loro insostenibili (Lanza *et al.*, 2006; Lunghi *et al.*, 2015). I geotritoni occupano gli ambienti sotterranei principalmente in base al microclima presente e alla disponibilità di prede, andando a cercare le zone in cui ottengono la combinazione migliore in base alle loro esigenze (Salvidio *et al.*, 1994; Salvidio e Pastorino, 2002). I giovani tendono a prediligere le zone più vicine all'entrata della grotta, in quanto la disponibilità di prede è maggiore, mentre gli adulti selezionano generalmente le aree più interne, dove il microclima risulta più idoneo e costante (Ficetola *et al.*, 2013).

Essendo animali schivi e dal comportamento criptico, la contattabilità dei geotritoni aumenta all'interno degli ambienti sotterranei, in quanto tali ambienti risultano essere più "chiusi" rispetto a quelli di superficie (Salvidio, 1998; Ficetola *et al.*, 2012). Di conseguenza, per effettuare studi sulle dinamiche di popolazione dei geotritoni ed ottenere stime affidabili sul numero di individui presenti all'interno di una grotta, è necessario attendere il periodo in cui la loro attività ipogea è massima (Lunghi *et al.*, 2015).

Lo scopo di questo studio è quello di verificare l'affidabilità del metodo del removal sampling utilizzato per l'esaminazione di popolazioni di *Speleomantes italicus* durante la fase ipogea. Gli studi di popolazione per la specie *S. italicus* e per tutte le altre specie appartenenti al genere *Speleomantes* sono di fondamentale importanza dal momento che sono tutte menzionate nella Direttiva Habitat (Allegati II e IV) e la Lista Rossa dell'I.U.C.N. (International Union for Conservation of Nature) le classifica con diversi gradi di minaccia.

Materiali e Metodi

Nel mese di giugno 2015 sono state analizzate sei popolazioni di *Speleomantes italicus* durante la loro fase ipogea. Le sei grotte studiate sono situate in parte sull'Appennino Toscano (n = 3; provincia di Prato) e in parte sulle Alpi Apuane (n = 3; provincia di Lucca). Le grotte sono state divise in settori di 3 m: questa lunghezza è stata determinata sulla base di uno studio relativo alla mobilità dei geotritoni, dove viene stimata un'area di permanenza dei geotritoni non superiore a 9m² (Salvidio *et al.*, 1994). Le grotte sono state esplorate in media (\pm SE) per 35 ± 9 m (sviluppo minimo esplorato 15 m, massimo 69 m); la metà delle grotte presenta più di una diramazione esplorata. Lo sforzo di campionamento medio per ogni grotta è stato di sette minuti e mezzo ogni 3 metri lineari. Per stimare le popolazioni presenti all'interno delle singole grotte, è stato usato il metodo del removal sampling (Chao & Chang, 1999) in quanto ritenuto idoneo ad investigare le dinamiche di popolazione delle salamandre terrestri (Bruce, 1995; Salvidio, 1998) e i cambiamenti demografici delle loro popolazioni nel lungo periodo (Hayek, 1994). Secondo tale metodo, per stimare nel modo corretto l'abbondanza di una popolazione, gli individui devono essere rimossi temporaneamente dal loro ambiente, evitando così conteggi ripetuti dello stesso individuo. Affinché il metodo del removal sampling venga utilizzato correttamente, devono essere rispettate tre particolari condizioni: 1) la popolazione studiata deve essere demograficamente chiusa, ossia durante il periodo di campionamento non devono avvenire né emigrazioni o immigrazioni di nuovi individui, né tantomeno nascite e decessi; 2) lo sforzo di campionamento deve essere costante nel tempo e tra i diversi siti; 3) dopo ogni cattura si deve verificare una riduzione sostanziale della popolazione (White *et al.*, 1982). Le sessioni di cattura e rimozione degli individui da ogni singola grotta si sono svolte durante tre giorni consecutivi a distanza di 24 ore l'una dall'altra. Affinché il metodo sia applicato in modo adeguato ai Pletodontidi, la serie di catture deve essere effettuata entro 96 ore, dato che le popolazioni vengono ritenute chiuse entro questo arco di tempo (Salvidio *et al.*, 1994; Staub *et al.*, 1995; Salvidio, 2007). Per ogni grotta analizzata i campionamenti sono iniziati sempre alla stessa ora e sono stati svolti durante le ore diurne (9-19), mentre il monitoraggio delle diverse grotte è iniziato in orari diversi. I geotritoni catturati sono stati stabulati in un apposito terrario all'interno della grotta in cui sono stati trovati; alla fine del terzo giorno, gli individui sono stati liberati nelle zone della grotta in cui erano stati catturati. Ogni individuo catturato è stato misurato ed attribuito ad una classe d'età: sono stati ritenuti adulti i geotritoni con una lunghezza totale del corpo maggiore o uguale a 6.5 cm (Lanza *et al.*, 2006). Gli adulti poi sono stati suddivisi in maschi e femmine in base alla presenza/assenza della ghiandola mentoniera, carattere sessuale esclusivo del maschio. Tutta l'attrezzatura utilizzata è stata di volta in volta disinfettata per prevenire la diffusione di organismi patogeni (es. *Batrachochytrium dendrobatidis*). Questo lavoro rappresenta una parte di un progetto di studio riguardante tutto il genere *Speleomantes* (Autorizzazione del Ministero del Ministero dell'Ambiente e della Tutela del Territorio e del Mare n° 9384/PNM del 12/05/2015).

Risultati e Discussione

Il totale degli individui di *Speleomantes italicus* catturati durante il monitoraggio delle sei grotte è di 325, di questi: 72 maschi, 110 femmine e 143 giovani. A questi si aggiungono 4 adulti non catturati. Nella tabella 1 sono riportati i numeri dei giovani e degli adulti catturati all'interno delle sei grotte. Per i giovani in tutte le grotte il metodo del removal sampling si è rivelato ottimale, dato che si è verificato un calo delle catture nei tre passaggi consecutivi: in questo caso è possibile stimarne correttamente l'abbondanza (Tab. 2a). La detection probability dei giovani è risultata più elevata ($P = 0.74$) rispetto a quella degli adulti ($P = 0.48$). L'analisi delle detection probability ha mostrato come essa sia molto diversa tra giovani e adulti. Se per i giovani 3 passaggi sono sufficienti per avere una ragionevole probabilità di incontrare un individuo, per gli adulti servono almeno 7 passaggi. Per quanto riguarda gli adulti solo nel 50% delle grotte il metodo del removal sampling si è rivelato idoneo, mentre nella restante parte delle grotte non è stato possibile stimarne il numero in quanto sono stati catturati più individui durante il secondo e/o terzo passaggio, il che indica la presenza di immigrazione nel tratto campionato tra i vari passaggi (Tab. 2a). Questo probabilmente è dovuto al fatto che gli adulti hanno utilizzato maggiormente gli interstizi e le zone della grotta non esplorabili e che quindi durante i vari sopralluoghi sono immigrati all'interno della zona ispezionata, oltre al fatto che la probabilità di cattura è minore negli adulti. Questo fatto indica che la probabilità di cattura non è identica per tutti gli animali. I giovani, frequentando le zone della grotta in cui le disponibilità alimentari sono maggiori, probabilmente tendono a nascondersi meno all'interno degli interstizi e risultano quindi più facilmente individuabili. Per gli adulti invece si può pertanto ipotizzare che facciano parte della stessa popolazione che colonizza la cavità, che non siano immigrati da altre aree, ma non "contattabili" in quel momento. Come indicato nella tabella 1, infatti i giovani catturati durante il monitoraggio sono molto abbondanti nelle grotte e talvolta superano il numero degli adulti. In altri studi il metodo del removal sampling si è rivelato idoneo sia per gli adulti sia per i giovani: un esempio lo fornisce il monitoraggio a lungo termine di una popolazione di *Speleomantes strinatii* effettuato nella Stazione Biospeleologica di San Bartolomeo di Savignone (Genova) (Salvidio *et al.*, 2015).

In conclusione da questo lavoro si evince che il metodo del removal sampling non è facilmente applicabile ai geotritoni adulti presenti in grotte naturali. Tuttavia il metodo si è rivelato efficiente per il campionamento dei giovani ed anche per quello degli adulti in tre delle sei grotte campionate. Il removal sampling per gli adulti è risultato solo parzialmente efficace: oltre alla bassa detection probability degli adulti, altri fattori come l'inizio del monitoraggio in orari diversi o la morfologia interna delle grotte, potrebbero aver influenzato l'ottimalità del metodo. La geometria e la composizione delle grotte infatti è molto varia, tra le sei grotte alcune sono naturali ed altre artificiali, alcune sono di origine carsica mentre altre si sviluppano negli scisti ed infine qualcuna risulta più caratterizzata da interstizi rispetto ad altre. Il metodo del removal sampling non si è rivelato idoneo in tre grotte di cui una con origine carsica (Forra Lucia), caratterizzata da moltissime fessure e diverse entrate, mentre nelle altre due grotte (Tana delle Cipolle

e Tropicana), le aree in cui la presenza dei geotritoni adulti era maggiore, erano costituite principalmente da frane, quindi ricche di interstizi. Tra le grotte in cui il metodo è risultato efficiente vi è un'altra grotta carsica (Grotta del Tasso di Sofignano), la quale è costituita da un tunnel che presenta poche fessure; sono caratterizzate da pochi interstizi anche le altre due grotte in cui il metodo è risultato idoneo: una costituita da un tunnel artificiale di facile esplorazione (Grotta della Cartiera) e l'altra (Buca sotto il Carpino) che si sviluppa nello scisto.

In studi futuri sarà interessante approfondire la variabilità dell'efficienza del metodo del removal sampling in base alla morfologia delle grotte.

GROTTA	ADULTI	GIOVANI
Forra Lucia	13	5
Grotta del Tasso di Sofignano	60	20
Grotta della Cartiera	24	37
Tropicana	17	45
Tana delle Cipolle	36	26
Buca sotto il Carpino	32	10

Tab. 1. Adulti e giovani catturati nelle sei grotte monitorate.

CLASSE	GROTTA	1° PASSAGGIO	2° PASSAGGIO	3° PASSAGGIO
a) Giovani	Forra Lucia	80%	20%	0%
	Grotta del Tasso di Sofignano	60%	30%	10%
	Grotta della Cartiera	54.1%	29.7%	16.2%
	Tropicana	53.4%	33.3%	13.3%
	Tana delle Cipolle	61.5%	27%	11.5%
	Buca sotto il Carpino	80%	10%	10%
b) Adulti	Forra Lucia	23%	54%	23%
	Grotta del Tasso di Sofignano	78.4%	13.3%	8.3%
	Grotta della Cartiera	54.2%	29.2%	16.6%
	Tropicana	18%	53%	29%
	Tana delle Cipolle	47.2%	19.4%	33.4%
	Buca sotto il Carpino	53.1%	34.4%	12.5%

Tab. 2. a) Proporzioni di giovani catturati nei tre passaggi consecutivi nelle sei grotte e b) proporzioni di adulti catturati nei tre passaggi consecutivi nelle sei grotte monitorate.

Bibliografia

- Bruce, R.C. (1995): The use of temporary removal sampling in a study of population dynamics of the salamander *Desmognathus monticola*. *Australian Journal of ecology* **20**: 403-412.
- Chao, A., Chang, S.H. (1999): An estimating function approach to the inference of catch-effort models. *Environmental and Ecological Statistics* **6**: 313-344.
- Ficetola, G.F., Pennati, R., Manenti, R. (2012): Do cave salamanders occur randomly in cavities? An analysis with *Hydromantes strinatii*. *Amphibia-Reptilia* **33**: 251-259.
- Ficetola, G.F., Pennati, R., Manenti, R. (2013): Spatial segregation among age classes in cave salamanders: habitat selection or social interactions? *Population Ecology* **55**: 217-226.
- Hayek, L.C. (1994): Removal methods. In: Heyer, W.R., Donnelly, M.A., McDiarmid, R.W., Hayek, L.C., Foster, M.S. (eds), *Measuring and monitoring biological diversity. Standard methods for amphibians*. Smithsonian Institution Press, Washington, D.C.: 201-205.
- 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.
- 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.
- Lunghi, E., Manenti, R., Ficetola, G.F. (2015): Seasonal variation in microhabitat of salamanders: environmental variation or shift of habitat selection? *PeerJ* **3**: e1122.
- Salvidio, S. (1998): Estimating abundance and biomass of a *Speleomantes strinatii* (Caudata, Plethodontidae) population by temporary removal sampling. *Amphibia-Reptilia* **19**: 113-124.
- Salvidio, S. (2007): Temporal variation in adult sex ratio in a population of the terrestrial salamander *Speleomantes strinatii*. *Herpetological Journal* **18**: 66-68.
- 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., Oneto, F., Ottonello, D., Pastorino, M.V. (2015): Long-term monitoring of the cave salamander *Speleomantes strinatii* at the Biospeleological Station of San Bartolomeo di Savignone (Genova province). In: *Atti XXII Congresso Nazionale di Speleologia "Condividere I dati"*: 422-427.
- Salvidio, S., Pastorino, M.V. (2002): Spatial segregation in the European plethodontid *Speleomantes strinatii* in relation to age and sex. *Amphibia-Reptilia* **23**: 505-510.
- Staub, N.L., Brown, C.W., Wake, D.B. (1995): Patterns of growth and movements in a population of *Ensatina eschscholtzii platensis* (Caudata: Plethodontidae) in the Sierra Nevada, California. *Journal of Herpetology* **29**: 593-599.
- White, G.C., Anderson, D.R., Burnham, K.P., Otis, D.L. (1982): Capture-recapture removal methods for sampling closed populations. Los Alamos National Laboratory 8787 NERP, Los Alamos, New Mexico.