

STUDIO INTEGRATO PER LA CONSERVAZIONE DELLE POPOLAZIONI DI *SALAMANDRA LANZAI* DELL'ALTA VAL GERMANASCA E DELL'ALTA VAL PO



RELAZIONE CONCLUSIVA



Luglio 2005

Studio Integrato per la Conservazione delle Popolazioni di *Salamandra lanzai* dell'Alta Val Germanasca e dell'Alta Val Po *



**Redazione a cura di
Franco Andreone, Paolo Eusebio Bergò & Vincenzo Mercurio †**

* *Questa è la relazione conclusiva del progetto di studio su Salamandra lanzai, svolto nel biennio 2003-2004. Per la realizzazione dello stesso hanno collaborato diverse persone, come segue: Franco Andreone (coordinamento scientifico, attività sul campo, elaborazione dei dati e redazione dei testi), Stefano Bovero (attività sul campo), Stefano Camanni (coordinamento amministrativo), Stefano Doglio (attività sul campo), Paolo Eusebio Bergò (attività sul campo, elaborazione dei dati, cartografia e redazione dei testi), Marco Favelli (attività sul campo, archiviazione dei dati, rilettura dei testi), Enrico Gazzaniga (attività sul campo), Vincenzo Mercurio (attività sul campo, elaborazione e redazione dei testi), Patrick Stocco (attività sul campo).*

Nel corso della realizzazione di questo progetto diverse persone hanno contribuito con suggerimenti, aiuto sul campo e altro. Ci teniamo particolarmente a ringraziare: Claude Miaud, Chiara Minuzzo, Carlotta Giordano, Elena Gavetti, Rafael M. Repetto, Giulia Tessa, Roberta Pala e Gianni Valente. L'Ospedale di Ivrea, Reparto di Radiologia, ci ha considerevolmente aiutati per la realizzazione delle radiografie. La Regione Piemonte e il Servizio Aree Protette, in particolare nelle persone di Ermanno de Biaggi e Marina Cerra, in quanto particolarmente sensibili alle sorti della salamandra permettendo uno studio di grande interesse conservazionistico e naturalistico. Ringraziamo infine il Parco del Po – Sezione Cuneese che ha favorito lo studio.

Chiediamo infine scusa per gli errori che molto probabilmente sono rimasti all'interno del testo: auspichiamo che non siano troppo gravi e non disturbino troppo il lettore.

† *Citazione suggerita: Andreone F., Eusebio Bergò P. & Mercurio V. (redattori), 2005. Studio integrato per la conservazione delle popolazioni di Salamandra lanzai dell'Alta Val Germanasca e dell'Alta Val Po. Relazione conclusiva al Parco del Po – Settore Cuneese. Cooperativa Arnica, Torino. Data di stampa: 29 luglio 2005.*

INDICE

INDICE	3
INTRODUZIONE	7
OBIETTIVI DELLA RICERCA	11
LE AREE E IL PERIODO DI STUDIO	14
LA RACCOLTA E L'ELABORAZIONE DEI DATI	15
LA MARCATURA	17
LA STIMA DI POPOLAZIONE	18
L'ANALISI DELLA FECONDITÀ	20
LA DETERMINAZIONE DELL'ETA'	21
LA POPULATION VIABILITY ANALYSIS	22
LA DISTRIBUZIONE E L'INVENTARIO ERPETOLOGICO	25
L'ENTITA' DELLE POPOLAZIONI	27
STRUTTURA DI POPOLAZIONE E MORFOMETRIA	29
MOVIMENTI E DISTANZE DI RICATTURA	36
DETERMINAZIONE DELLA FECONDITA'	40
ANALISI SCHELETROCRONOLOGICA	45
PVA E ANALISI DI SOPRAVVIVENZA	52
AREALE DISTRIBUTIVO	63
INVENTARIO ERPETOLOGICO	65
CONSIDERAZIONI FINALI E PROPOSTE GESTIONALI	66
BIBLIOGRAFIA DI RIFERIMENTO	69

SUMMARY

This report refers about the studies carried out in two consecutive years (2003 and 2004) regarding two different populations of *Salamandra lanzai* located in NW Italy. The first of these populations, located in the Germanasca Valley (Turin province), at about 1550 m a.s.l., was interested by a very strong flood in the year 2000. This flood caused the erosion of large part of the bank of a tributary of the Germanasca River, along which a conspicuous salamander population lived. Moreover, this population, beside the effect of the natural flood, suffered for a heavy man-made intervention of riverbank defence, which provoked a heavily disturb and alteration of the natural habitat. This salamander population was already studied in former years, namely in 1996 and 1997, during the realisation of a master degree thesis. This “pre-flood study” allowed us to get the possibility to make an efficient and novel comparison with the post-flood situation in 2003, in terms of loss on the salamander population. In practice, this was a good opportunity to see how a specialised urodele amphibian, which lives in a high altitude and shows a K oriented reproductive strategy (with viviparity, and low number of offsprings), could react to a catastrophe, and - in last analysis - if it can recover (and in how many years). For this, we carried out a standardised study on this population, using the same standardised methods used some years before so that it was possible the comparison. In fact, we measured all the individuals we found, for some metric aspects, such a total length, snout-vent length (SVL), and weight. Then, we individually marked the salamanders with a combination of two marking methods: the use of PIT (passive integrated transponder) and toe clipping. The first method allowed an individual identification using a peculiar transportable reader, and did not affect the survivorship of the individuals. The second one was a generalistic marking method (one toe clipped) which allowed to obtain an age estimation using the well experimented skeletochronological method. Furthermore, the individual marking allowed us, using the CAPTURE software, to estimate the population entity and to outline morphometric and demographic aspects. The second studied population was located in the Upper Po Valley (Pian del Re), at about 2020 m. This population is indeed one of the most known demes of *S. lanzai*, and was already studied in earlier time, i.e. in 1992, during the realisation of two master degree theses. In the meanwhile, the peculiar alpine moor where the species lived was included within a protected area, notably a Special Reserve, within the natural park Parco del Po – Settore Cuneese. Our study, carried out in 2004, at a twelve years of time distance, was aimed to obtain an updated population estimate, and to understand whether the population benefited of the inclusion in a protected area. The same marking methods formerly used were also used in this population. For both populations we simulated demographic trends and their stability on the time, using the software VORTEX, through application of the population viability analysis (PVA). The population in Germanasca Valley turned out to be considerably smaller than that studied in 1996. In particular, it lowered from 733 individuals to 414, thus corresponding to a reduction of 44% of sum total. Moreover, the population structure appeared considerably changed than that studied in 1996, with a smaller juvenile component (adult-juvenile ratio 5.6 vs. 3.6) and a numerical imbalance with advantage of male component (sex-ratio 1.6 vs. 0.8). Results of morphometric analysis showed that males are generally smaller as females (86.3 ± 2 vs. 90 ± 16 mm). However, both males and females, as measured in 2003, were in general larger (SVL males 87.0 ± 7.5 vs 83.7 ± 9.3 mm; SVL females 89.9 ± 8.5 vs 84.9 ± 7.5 mm) and heavier (males 12.8 ± 2.8 vs 12.3 ± 3.3 g; females 15.7 ± 4.0 vs 14.6 ± 5.3) than those measured in 1996. Many interpretations can be done on this phenomenon. Anyhow, the most logical and consequent is that new salamanders migrated into the newly created area, at that time with a lower number of individuals, from neighbouring territories. These animals were likely the biggest and strongest ones, and this was due to the fact that large animals are in general more apt to colonise new spaces, especially in a territorial context, like that observed and already witnessed for *S. lanzai*. The different scenarios simulated through VORTEX highlighted the sensibility of *S. lanzai* even to very small environmental alterations. From the model inherent the theoretical population trend resulted during the time a stable population dynamics steady around 1600 individuals. Instead, the scenario simulated under the double catastrophes/alteration occurred in the 2003 (flood + human intervention) describes a sudden population decline with a reduction of 50% of total recovered, without further catastrophes, at least in 100 years. The simulation inherent natural catastrophes repeated every 50 years pointed out a slow but constant decline, related to the theoretical trend, stabilised in the time around 1000 individuals. This result stresses the possible regulating role of natural catastrophes to control the population trend. Finally, the scenario inherent repeated floods coped with human interventions cause a heavy population decline followed by a population lowering trend culminating, in a long term view, with the population extinction. For what concerns the Po Valley population, it was estimated to be around 1650 individuals upon a studied surface area of 4.1 hectares. This gives a density of about 390 salamanders/ha. This value is not so different from that estimated in 1992 on a smaller studied area (1.6 hectares), that was about 500 individuals and with an overall density of 312 salamanders/ha. This means that the situation remained quite stable in this twelve years period. We also applied the PVA on this population. In particular, we wished to understand whether the annual dead rate

caused by the car traffic could in fact cause a decline in that population within a medium-long time term. From the unforeseen result emerge that a very small sample rate swinging between 0.5% and 2% of population could be lead in a lapsed time of 500 years to extinction. Theoretical simulations supposed natural catastrophes with a destruction of 5-10% of population don't shared negative answer, noticed the importance as regulator mechanism in the population dynamics. Against, from a population destruction threshold of 20% highlighted scenarios tending to decline. The fecundity study confirmed the previously available data. In both populations the number of young give to birth swing between one and six with a mean of 3.2 for Germanasca Valley and 2.9 for the Po Valley. The gestation period resulted of about three years and related to altitude. At 2020 m the gestation period increased at 3.5 years in mean. Also the longevity resulted correlated to altitude. In the Po Valley the greatest life expectation was 22 years reaching the sexual maturity at six while, was only 16 years for Germanasca Valley. Again, the individuals reach the sexual maturity at around four years. The mobility analysis returned the same mobility for males and females without correlation with body dimensions. For Germanasca Valley the mean of recapture distance was for both sexes about 30 m while, for Po Valley about 40. However, the moving distances was very variable for each individual. Observations carried out in Germanasca Valley confirmed the presence of the amphibian species: *Rana temporaria*; and reptiles: *Anguis fragilis*, *Podarcis muralis*, *Zootoca vivipara* e *Vipera aspis*, while for Po Valley only *Rana temporaria* and *Podarcis muralis*. For all these reasons above mentioned, it is clear that the Lanza's salamander is a species that suffers from even small habitat alterations. By the light of results to contest the negative effect of human intervention on *Salamandra lanzai*'s populations we proposed conservation strategies inherent the restoration of natural fluvial dynamic for Germanasca Valley and the management of vehicular traffic and tourist crowd for Po Valley, together with the creation of popular display panels and warning notice.

Key words: Amphibians, *Salamandra lanzai*, Conservation, Population viability analysis.

RIASSUNTO

Questa relazione si riferisce a due studi svolti in due anni consecutivi (2003 e 2004), inerenti due differenti popolazioni di *Salamandra lanzai* situate in Italia nord-occidentale. Una di queste, localizzata in Val Germanasca (provincia di Torino), a circa 1550 m s.l.m., è stata interessata nel 2000 da una violenta alluvione. Questa ha causato l'erosione di parte delle sponde di un tributario del torrente Germanasca lungo il quale è presente una numerosa popolazione di salamandre di Lanza. Inoltre, questa popolazione ha sofferto di un intervento antropico di difesa delle sponde che ha provocato una profonda alterazione dell'habitat naturale originario. Tale popolazione era già stata precedentemente studiata nel 1996 e 1997 durante la realizzazione di una tesi di laurea. La presenza di dati pre alluvione ci ha permesso di paragonare efficacemente la situazione con i risultati emersi nel 2003, al fine di evidenziare i possibili danni subiti dalla popolazione di salamandre. In tal senso, abbiamo avuto la possibilità di osservare come reagisce, e in ultima analisi come potrebbe recuperare, un anfibio specializzato nella vita d'alta quota con una strategia riproduttiva K-orientata. Abbiamo dunque intrapreso uno studio standardizzato su questa popolazione utilizzando gli stessi metodi utilizzati negli anni precedenti in modo da permetterne la comparazione. Gli individui ritrovati sono stati misurati per alcuni aspetti metrici, quali lunghezza totale e lunghezza dal muso alla cloaca (SVL), e per il peso. Ciascun individuo è stato marcato attraverso l'applicazione di due differenti metodi: mediante l'impianto di un chip elettronico (PIT, *passive integrated transponder*) e mediante il *toe clipping*. Il primo metodo consente l'identificazione individuale mediante l'uso di un apposito lettore e non provoca effetti sulla capacità di sopravvivenza degli individui. Il secondo metodo è stato prevalentemente usato come marcatura generica con il prelievo di un singolo dito permettendo, attraverso il metodo scheletocronologico, di ricostruire la struttura d'età della popolazione. I dati di cattura-marcatura-ricattura analizzati attraverso l'utilizzo del programma CAPTURE, hanno permesso di giungere ad una stima numerica della popolazione e di delineare gli aspetti morfometrici e demografici della stessa. La seconda popolazione oggetto di studio è localizzata nell'alta val Po (Pian del Re), Provincia di Cuneo, a circa 2020 m s.l.m. Questa popolazione è la popolazione di *S. lanzai* meglio conosciuta, in quanto è stata studiata per la prima volta nel 1992 nel corso di due tesi di laurea. Successivamente, l'area è stata istituita come "riserva speciale", all'interno del Parco Naturale del Po- Settore Cuneese. Il nostro studio effettuato a 12 anni di distanza dal primo, è stato finalizzato ad ottenere una nuova stima di popolazione e a comprende gli eventuali effetti dell'inclusione in un'area protetta. Anche per questa popolazione sono state utilizzate le stesse metodiche di studio utilizzate precedentemente. Per entrambe le popolazioni è stato simulato, attraverso il programma VORTEX, l'andamento demografico e la stabilità nel tempo tramite l'applicazione dell'analisi della vitalità della popolazione (PVA). La popolazione della Val Germanasca è emersa considerevolmente inferiore a quella stimata nel 1996. In particolare la riduzione

è stata da 733 a 414 individui, corrispondente ad un calo del 44% degli effettivi. Anche la struttura della popolazione è risultata considerevolmente mutata rispetto al 1996 con una minore componente giovanile (adult-juvenile ratio 5.6 vs 3.6) e uno squilibrio numerico a favore del sesso maschile (SR 1.6 vs 0.8). I risultati dell'analisi morfometrica hanno altresì evidenziato come le dimensioni dei maschi siano generalmente più piccole di quelle delle femmine (86.3 ± 2 vs. 90 ± 16 mm). Ad ogni buon conto, gli individui misurati nel 2003, sia maschi che femmine, si sono rivelati in genere più grandi (SVL maschi 87.0 ± 7.5 vs 83.7 ± 9.3 mm; SVL femmine 89.9 ± 8.5 vs 84.9 ± 7.5 mm) e pesanti (maschi 12.8 ± 2.8 vs 12.3 ± 3.3 g; femmine 15.7 ± 4.0 vs 14.6 ± 5.3) di quelli del 1996. Differenti interpretazioni possono essere date per spiegare il fenomeno. La più probabile è che nuovi animali siano emigrati da aree limitrofe nella nuova area messa a disposizione. Questi animali probabilmente più grandi e pesanti, e dunque più robusti, sarebbero stati maggiormente in grado di colonizzare nuovi spazi, specialmente all'interno di un contesto territoriale. I differenti scenari simulati mediante il VORTEX hanno peraltro sottolineato la sensibilità di *Salamandra lanzai* alle anche minime alterazioni ambientali. Dal modello relativo all'andamento teorico della popolazione della Val Germanasca, è risultata una dinamica di popolazione stabile nel tempo settata intorno ai 1600 individui. Lo scenario simulato in condizioni ideali per la doppia catastrofe avvenuta nel 2003 (alluvione + intervento antropico) descrive invece un repentino declino della popolazione con una riduzione di circa il 50% degli effettivi; tale declino potrà essere recuperato, in assenza di ulteriori catastrofi, in non meno di 100 anni. La simulazione inerente le catastrofi naturali ripetute ogni 50 anni ha evidenziato un lento ma costante declino, rispetto all'andamento teorico, stabilizzatosi nel tempo lungo la soglia dei 1000 individui ed evidenziando il ruolo regolatore che le calamità naturali svolgono nell'andamento della popolazione. Infine, lo scenario inerente le alluvioni ripetute, seguite da interventi antropici, ha evidenziato un repentino declino, culminante nell'estinzione a lungo termine della popolazione. Per quanto riguarda la popolazione della Val Po, essa è stata stimata intorno a 1650 individui, per una superficie di circa 4.1 ettari. Ciò rende una densità di circa 390 salamandre per ettaro, un valore che non è così differente da quello stimato nel 1992 su un'area di minore estensione (1.6 ettari), con una popolazione di 312 salamandre per ettaro. Ciò indica che la situazione ecologica dell'area è stata complessivamente stabile nel periodo di 12 anni fra il primo e il secondo studio. Anche in questa popolazione è stata applicata la PVA. In particolare abbiamo ritenuto interessante testare l'ipotesi che il traffico veicolare, che interessa l'area, possa avere effetti sulla vitalità della popolazione nel medio-lungo termine. Inaspettatamente è emerso che un tasso di prelievo minimo oscillante tra lo 0,5% e il 2% della popolazione porterebbe all'estinzione in un arco di tempo di 500 anni. Simulazioni teoriche ipotizzanti catastrofi naturali aventi come effetto la distruzione di 5-10% della popolazione non manifestano effetti negativi, rimarcandone il significato regolatore nelle popolazioni. Per contro a partire da una soglia di distruzione della popolazione del 20% si evidenziano scenari tendenti al declino. Dall'esame della fecondità è emerso una generale conferma dei dati precedentemente rilevati. In entrambe le popolazioni il numero di piccoli partoriti oscilla tra 1 e 6 con una media di 3.2 per la Val Germanasca e 2.9 per il Pian del Re. La durata della gestazione è risultata di circa 3 anni e dipendente dalla quota. Ai 2020 metri del Pian del Re la durata della gestazione sale 3.5 anni in media. Anche la longevità è risultata essere correlata alla quota. Al pian del Re l'aspettativa massima di vita per le salamandre è risultata di 22 anni con il raggiungimento della maturità sessuale a 6, mentre la longevità è di 16 anni per la Val Germanasca dove la maturità sessuale viene raggiunta a soli 4 anni di età. L'esame della mobilità ha messo in evidenza come sia i maschi che le femmine manifestino la stessa mobilità e come questa non sia correlabile alle dimensioni corporee. Per la Val Germanasca la distanza media di ricattura per entrambi i sessi è risultata di circa 30 m, mentre per il Pian del Re di circa 40. Le distanze di spostamento sono comunque risultate assai variabili da individuo ad individuo. Le osservazioni condotte all'interno dell'area di studio di Ribba e in parte nell'alta Val Germanasca confermano la presenza delle seguenti specie di anfibi: *Rana temporaria*; e di rettili: *Anguis fragilis*, *Podarcis muralis*, *Zootoca vivipara* e *Vipera aspis*. Per il Pian del Re è stata invece rivelata la sola specie di anfibio *Rana temporaria*, mentre per i rettili è stata osservata la specie *Podarcis muralis* e *Vipera berus*. Per le ragioni sopra elencate è chiaro che la salamandra di Lanza è una specie sensibile anche alle piccole alterazioni ambientali. Alla luce dei risultati emersi vengono proposti interventi compensatori e strategie di conservazione che vanno dal ripristino della naturale dinamica fluviale per la Val Germanasca alla gestione del traffico veicolare e dell'affluenza turistica per il Pian del Re, insieme alla creazione di pannelli divulgativi e di avvertimento.

Parole chiave: Anfibi, *Salamandra lanzai*, Conservazione, Population viability analysis.

INTRODUZIONE

La salamandra di Lanza (*Salamandra lanzai*) è una specie di anfibio urodelo descritta nel 1988, sulla base di analisi genetiche e morfologiche. A causa della simile livrea nero lucida, la salamandra di Lanza è stata a lungo confusa con la salamandra alpina della sottospecie nominale (*Salamandra atra atra*), la quale è diffusa dalle Alpi svizzere all'Albania.

Salamandra lanzai si differenzia da *S. atra atra* – sulla base dei dati forniti in letteratura e di osservazioni dirette compiute in diversi anni di ricerca – per una serie di caratteristiche morfologiche. In particolare, essa è più grande della congenera, potendo raggiungere una lunghezza totale di circa 160 mm contro 120 mm. Inoltre, presenta una morfologia generale più massiccia con testa più larga e coda con punta più arrotondata. Infine, un carattere peculiare riguarda la disposizione delle ghiandole paravertebrali, le quali sono visibili e con un unico dotto escretore in *S. atra*, mentre sono assenti in *S. lanzai*.



A



B



C



D

Figura 1. Rappresentanti del genere *Salamandra* presenti in Italia. A. *Salamandra lanzai*. B. *Salamandra atra atra*. C. *Salamandra atra aurorae*. D. *Salamandra salamandra*.

La livrea di *S. atra*, generalmente nera uniforme, può assumere tonalità tendenti al brunastro. Inoltre, alcune popolazioni assai singolari scoperte negli anni '80 sull'Altopiano di Asiago hanno una livrea con macchie giallo paglierino più o meno diffuse, ricordando la salamandra giallo-nera, *Salamandra salamandra*. A queste popolazioni è stato attribuito un valore sottospecifico, con il nome di *S. atra aurorae*, anche se in taluni casi si è ritenuto che potessero vantare una distinzione a livello specifico (*Salamandra aurorae*).

La salamandra di Lanza riveste un'importanza particolare da un punto di vista biogeografico in virtù della sua ristretta area di distribuzione e ai particolari adattamenti che le permettono di sopravvivere all'ambiente alpino. Fra l'altro, allo stato attuale delle nostre conoscenze, si tratta dell'unico vertebrato terrestre endemico delle Alpi.

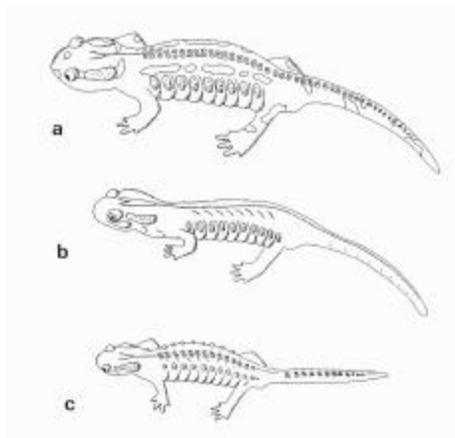


Figura 2. Disposizione dei dotti escretori delle ghiandole paravertebrali in a) *Salamandra salamandra* b) *Salamandra lanzai* c) *Salamandra atra*. *S. atra* possiede una doppia fila di dotti ghiandolari lungo la colonna vertebrale e talora protuberanze coniche sui fianchi, ciascuna con un solo dotto escretore. *S. lanzai* è invece sprovvista di dotti dorsali mentre le protuberanze laterali sono ovali, con numerosi orifizi escretori. *S. salamandra* manifesta una combinazione dei due tipi con una doppia linea dorsale e protuberanze laterali estese e pervase da numerosi orifizi.

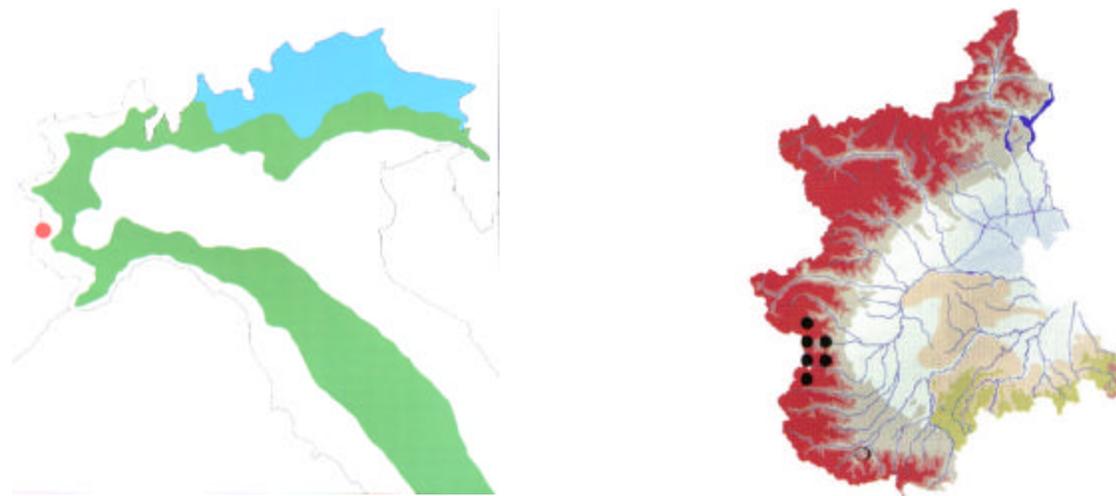


Figura 3. Distribuzione di *Salamandra lanzai* in territorio italiano (puntino rosso) e in Piemonte, sulla base dei dati dell'atlante erpetologico del Piemonte e della Valle d'Aosta).

La salamandra di Lanza ha un areale distinto da quello di *S. atra* (non esistono, allo stato attuale delle nostre conoscenze, “salamandre nere” dal versante nord della Val Chisone al Canton Ticino), e si rinviene esclusivamente in una limitata area delle Alpi Cozie. Secondo alcune interpretazioni biogeografiche, *S. lanzai* sarebbe l'entità alpina occidentale del gruppo alpino-illirico-balcanico di “*S. atra*” *sensu lato*, mentre secondo altri autori la specie sarebbe “sorella” di *Salamandra corsica*, la quale ha peraltro una colorazione tipicamente giallo-nera (come *S. salamandra*) ed è presente unicamente in Corsica.

La presenza della salamandra di Lanza è stata confermata a tutt'oggi in tre vallate italiane delle Alpi Cozie (Val Po, Val Pellice e Val Germanasca), e in una valle francese (Vallé du Guil). Restano da convalidare segnalazioni di salamandre nere sulle Alpi Marittime (supportate da un esemplare proveniente da Entracque e risalente al secolo scorso, e attualmente conservato al Museo Zoologico “La Specola” dell'Università di Firenze), e in alcune altre aree delle Alpi Cozie.

Secondo alcuni autori tali segnalazioni indicherebbero un restringimento dell'areale della specie. Pur tuttavia, è da verificare che questi siti vengano effettivamente confermati e – dunque – che siano meritevoli di attenzioni conservazionistiche.

Regione	Prov. / Depert.	Valle	Comune	Località	Lat. N / Long. E	Quota	
Rhône-Alpes	Hautes-Alpes	Guill	Aiguilles	Haute Vallée	Grand Belvédère Du Mont Viso	44°42' / 7°03'	2210
Piemonte	Cuneo	Po	Crissolo	Alta Val Po	Pian del Re	44° 41,96' / 7° 05,74'	2020
	Torino	Germanasca	Prali	Ghigo di Prali	Ribba	44° 53,05' / 7° 03,34'	1550
		Pellice	Bobbio Pellice		Conca del Prà	44° 46,58' / 7° 02,57'	1670
	Mirabuc				44° 47,36' / 7° 02,74'	1450	

Principali stazioni di presenza di *Salamandra lanzai* in Italia e Francia.

Per quanto riguarda la distribuzione altitudinale, la salamandra di Lanza si configura una specie di alta quota: in base ai dati in nostro possesso essa è presente da circa 1200 m s.l.m. (nella Val Pellice) ad almeno 2600 m (in territorio francese), ma nell'ambito delle singole vallate la distribuzione altitudinale è solitamente più ristretta. I dati riportati per il Lago delle Forciolline (circa 2800 s.l.m.) sono a tutt'oggi da ritenere erronei, o quantomeno meritevoli di convalida, non essendo confortati da evidenze fotografiche o museologiche. Quindi, il record altitudinale spetta ad un sito della Vallée du Guil, a circa 2650 m.

Oltre alla ristretta distribuzione sul territorio uno degli aspetti più distintivi della *Salamandra lanzai* concerne la biologia riproduttiva caratterizzata da una cosiddetta "viviparità aplacentare". Si tratta di una viviparità (capacità di partorire piccoli già perfettamente sviluppati e atti alla vita terrestre) che non prevede la presenza di strutture placentari, come è invece il caso di mammiferi e di alcuni rettili. Le larve sono infatti mantenute per tutto il loro sviluppo all'interno del corpo materno (nella fattispecie all'interno degli ovidutti) fino alla metamorfosi.



Figura 4. *Salamandra lanzai* con piccoli appena partoriti e neonato della specie.

I piccoli, partoriti in numero variabile da 1 a 6, sono già atti alla vita terrestre e non hanno un periodo di sviluppo acquatico. La viviparità è un tratto riproduttivo tipico degli anfibi d'alta quota, dove la breve durata dell'acqua allo stato liquido obbliga le specie presenti o ad un rapido sviluppo acquatico (p.e. rana temporaria e tritone alpestre) o ad una lunga gestazione.

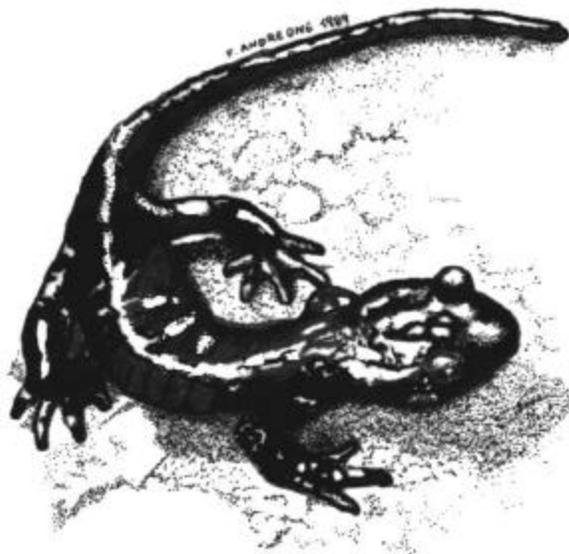
La salamandra di Lanza ha una riproduzione cosiddetta di tipo "K orientato", ovvero con attributi idonei ad ambienti particolarmente stabili, popolazioni costanti e prossime alla capacità portante del sistema, elevata longevità e ridotto numero di piccoli dall'alto investimento energetico. La specie è dunque da considerarsi potenzialmente sensibile alle minime alterazioni ambientali.

Per quanto riguarda la sua distribuzione sul territorio, la specie è ripartita a "macchia di leopardo" cioè le singole popolazioni sono confinate in aree dalla limitata estensione, nelle quali la densità è particolarmente elevata. Si ignora la ragione di tale distribuzione sul territorio, ma è verosimile che sia dovuta ad un insieme di cause storiche e microclimatiche.

Appare evidente come sia fondamentale recensire tutte le popolazioni della specie e come, a causa della presenza di ampi territori all'apparenza ostili alla specie, le singole popolazioni vadano viste come "*conservation unit*" (*unità operativa di conservazione*) e su di esse vadano focalizzati gli interventi di conservazione.

Le caratteristiche di distribuzione, riproduzione, storia naturale ed ecologia fanno della salamandra di Lanza un anfibio degno di grande attenzione conservazionistica, soprattutto nelle aree ove compare con popolazioni particolarmente abbondanti.

Andreone & Sindaco, 1999; Andreone et al., 2004.



OBIETTIVI DELLA RICERCA

Attraverso l'approfondimento degli studi sulla biologia di conservazione della fauna definita "minore", è risultato evidente come sia cruciale condurre studi finalizzati non solo alla salvaguardia delle specie, ma soprattutto dei loro habitat. Il presente progetto ha preso il via proprio in seguito ad una serie di iniziative sugli anfibi e – in particolare – sulla salamandra di Lanza che il nostro team di ricerca ha svolto negli ultimi anni. Ricordiamo, a tal proposito: (1) due progetti INTERREG condotti in collaborazione con la Comunità Montana Val Pellice; (2) un progetto di monitoraggio dell'erpetofauna all'interno del Parco del Po / Tratto cuneese; (3) una tesi di laurea sulla specie, nonché (4) varie iniziative di categorizzazione delle priorità di conservazione.



Figura 5. Opere in alveo dopo l'alluvione del 2000 e della situazione attuale a Ribba (Val Germanasca).

Buona parte di queste ricerche sono state svolte in stretta collaborazione con autorità e ricercatori francesi, i quali hanno condotto analoghe iniziative sulle popolazioni transalpine.

Lo scopo dello studio in Val Germanasca era di verificare se a seguito della violenta alluvione verificatasi nel 2000, che ha determinato l'erosione delle sponde con la conseguente scomparsa di parte dell'habitat elettivo, insieme ai conseguenti lavori di sistemazione idraulica, avessero causato danni alla popolazione al fine di proporre interventi compensativi e preventivi.

Al di là della discutibile efficacia dei tradizionali lavori di sistemazione idraulica nel prevenire e limitare piene, occorre ribadire come essi siano stati condotti ignorando la presenza dell'importante popolazione di salamandra di Lanza e di una comunità animale e vegetale assai rilevante (l'area è inclusa nel SIR (Sito di Importanza Regionale) "13 laghi e Ribba"). Vale la pena ricordare che la salamandra di Lanza è attualmente inclusa nell'Allegato IV della "Direttiva Habitat" tra le specie di interesse comunitario che richiedono una protezione rigorosa.

I lavori compiuti con mezzi meccanici hanno comportato, oltre che le operazioni in alveo, anche l'alterazione persistente degli habitat circostanti dovuta alla modifica della morfologia delle sponde e alla costruzione di strade di accesso (per una larghezza di circa 5-10 metri) con imprevedibili conseguenze per la popolazione di salamandra che raggiungeva la massima concentrazione di individui proprio al piede del versante, a ridosso del torrente.

La popolazione della Val Germanasca era stata in precedenza oggetto di analisi nell'ambito di una tesi di laurea in scienze naturali. Si era perciò a conoscenza dei principali parametri di storia naturale, nonché di una stima numerica della popolazione. Inoltre, esemplari di questa popolazione erano già stati marcati con inserimento di PIT elettronici, un tipo di

marcatura che consente un riconoscimento certo degli esemplari anche a diversi anni di distanza.

Grazie all'interessamento della Regione Piemonte e del Parco del Po - Tratto cuneese, abbiamo esteso il nostro interesse anche all'importante popolazione della Val Po, proprio all'interno dell'area protetta. Questa popolazione era già stata oggetto di studio (con monitoraggio e con analisi degli aspetti trofici ed ecologici) all'inizio degli anni '90 nell'ambito di due tesi di laurea in scienze biologiche (Università di Milano). Lo studio svolto a oltre 10 anni di distanza avrebbe fornito importanti indicazioni gestionali sull'effetto dell'inclusione dell'area all'interno del Parco del Po.

La presente relazione riporta i principali risultati ottenuti negli anni 2003 e 2004, fornendo una chiave interpretativa per la conservazione della specie e per la salvaguardia del suo ambiente naturale. Contestualmente è stato redatto un volume divulgativo sulla salamandra di Lanza, destinato al grande pubblico, e al cui interno sono stati riportati gli aspetti più affascinanti e peculiari della biologia di questo splendido endemismo alpino, con informazioni tratte dal nostro pluriennale interessamento per la specie, e desunti dalla ricerca condotta nel 2003-2004.

Obiettivi principali della ricerca:

- (1) lo studio degli aspetti morfometrici, dell'abbondanza, della probabilità di estinzione di due fra le principali popolazioni di *Salamandra lanzai* presenti sul territorio italiano, con riferimento all'effetto dell'alluvione e del rimaneggiamento in alveo operato in Val Germanasca.
- (2) il controllo delle strutture delle popolazioni al fine di comprendere se sono accorse in queste modificazioni riconducibili all'alluvione per la Val Germanasca, e l'istituzione dell'area protetta per il Pian del Re.
- (3) l'indicazione di strategie da seguire per favorire la conservazione della specie.



Figura 6. Esemplare di *Salamandra lanzai* della Val Germanasca

Andreone et al., 1999 a, b; Andreone & Luiselli, 2000; Andreone & Sindaco, 1999; Andreone et al., 2004; Audisio & De Biase, 1992; Eusebio Bergò, 2001; Veith et al., 1998.

MATERIALI E METODI



LE AREE E IL PERIODO DI STUDIO

Le popolazioni studiate sono state rispettivamente: (1) una popolazione della Val Germanasca (localizzata nei dintorni di Ribba / Ghigo di Prali), d'ora in avanti denominata "Val Germanasca – Ribba" e (2) una popolazione della Val Po (presente all'interno della Riserva Naturale delle sorgenti del Po), in seguito denominata "Val Po – Pian del Re".

Lo studio è avvenuto dal 2003 (Val Germanasca) al 2004 (Val Po), per sfruttare due stagioni attive per la specie coincidenti con l'estate alpina.

La raccolta dei dati di campo è stata svolta da inizio giugno fino alla prima settimana di settembre, per un totale di oltre 7 sessioni di ricerca per anno. Ogni sessione ha avuto una durata media di 4 giorni, con intervalli di circa 2 settimane fra una sessione e l'altra. Per ogni sessione due persone sul campo hanno condotto 4 uscite giornaliere (mattina, mezzogiorno, pomeriggio, sera), pari a 8-10 ore di permanenza sul terreno. Le sessioni di ricerca serali sono state condotte con l'ausilio di torce elettriche. Un giorno per sessione di ricerca è stato dedicato alla costituzione dell'inventario erpetologico delle valli e alla ricerca e verifica di popolazioni extra zonali di *Salamandra lanzai*.



Figura 7. a) Val Germanasca (frazione Ribba, Ghigo di Prali), sito ove è stato condotto lo studio nel 2003.

b) Val Po (Pian del Re, Crissolo), sito ove è stato condotto lo studio nel 2004.

Val Germanasca - Ribba

In questa valle (sita in Provincia di Torino) l'area di studio, a circa 1550 m di altitudine, limitrofa a un tributario del torrente Germanasca, che discende dal Vallone delle Miniere e dai Tredici Laghi ed è posta in destra orografica, in faccia alla borgata da cui prende il nome. Si tratta di un versante montano orientato ad ovest con acclività abbastanza accentuata. L'area prescelta si estende in direzione Nord-Sud lungo una fascia larga mediamente 31 m per una lunghezza di 300 m su una superficie misurata complessivamente in 9300 m² e approssimata per eccesso ad 1 ha (10.000 m²). Prevale una componente boschiva dominata da *Larix decidua*, alternata ad alcune radure erbose dove fioriscono varie specie di orchidee, sostituite in basso da una vegetazione maggiormente igrofila con ontani e qualche maggiociondolo sporadicamente presente. All'interno dell'area analizzata è presente una componente rocciosa, costituita sia da massi di grosse dimensioni parzialmente affioranti, sia da accumuli di detriti di deiezione. La grande disponibilità di lose superficiali e ispezionabili ha reso agevole il reperimento delle salamandre anche in momenti a loro avversi, consentendo di rinvenirle all'interno dei rifugi.

Particolare attenzione è stata prestata a ripristinare perfettamente la giacitura dei massi sollevati onde garantire l'integrità dei rifugi, fondamentali sia alle salamandre, sia al ricercatore nei successivi controlli. Sia lo studio presentato in questa relazione, sia quello del periodo precedente, sono stati condotti nella stessa area.

Val Po – Pian del Re

L'area ove è stato condotto lo studio è rappresentata dal circo glaciale del Pian del Re (Provincia Cuneo; ca. 2020 m), occupato in parte da un'importante torbiera d'alta quota. In questo sito, sono state condotte ricerche nel 1992-1993 da parte di due studentesse dell'Università di Milano.

Il Pian del Re, che si trova al termine di una strada transitabile che percorre tutta la valle del Po, presenta una serie di caratteristiche vegetazionali, climatiche e faunistiche degne di attenzione. Nell'area in studio si distinguono due zone molto differenziate: il pascolo vero e proprio, attraversato da numerosi ruscelli e occupato da molti macigni, franati dalla montagna, e la torbiera. La prima zona costituisce l'habitat di *S. lanzai*.

Andreone et al., 1996, 1999 a, b; Clima, 1994; De Michelis, 1994, Eusebio Bergò, 2001.

LA RACCOLTA E L'ELABORAZIONE DEI DATI

Nelle ricerche diurne buona parte degli esemplari sono stati trovati sotto pietre a Ribba e lungo i torrenti al Pian de Re, mentre di notte o con tempo umido e piovoso in attività all'esterno. Dopo la cattura le salamandre sono state stabulate temporaneamente in sacchetti di tela umidi o in contenitori di plastica (con muschio sul fondo) opportunamente areati per garantire una buona ventilazione.

Successivamente le salamandre sono state misurate con un calibro di precisione (0.1 mm) per la lunghezza totale (dalla punta del muso alla punta della coda), la lunghezza parziale (o SVL, snout-vent length, dalla punta del muso al margine posteriore della cloaca) e pesate mediante una bilancina elettronica con precisione di 0.1 g. Tali parametri hanno quindi permesso di porre in relazione la crescita e la dimensione degli animali rinvenuti con il sesso, lo stato di maturazione e l'età.

Le differenze apprezzabili fra i due sessi sono poco accentuate: i maschi si distinguono dalle femmine principalmente per l'aspetto della cloaca, sempre prominente e ben evidente, per avere una fisionomia più longilinea e le zampe sensibilmente più lunghe in rapporto all'estensione della porzione toracica del corpo (l'arto anteriore ripiegato all'indietro raggiunge quello posteriore rivolto in avanti). Gli immaturi, definiti come l'insieme dei neonati, dei giovani e dei subadulti, iniziano a comparire dalla classe dimensionale dei 20÷30 mm SVL e si sviluppano fino a quella dei 70÷80 mm.

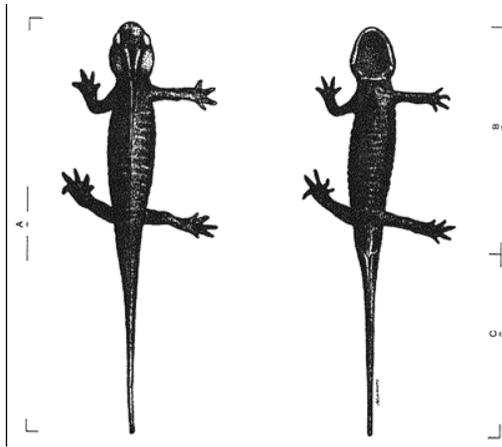


Figura 8. Parametri morfometrici rilevati: A) TL lunghezza totale, B) SVL, lunghezza parziale, C) lunghezza della coda

Per ogni uscita si è compilata una scheda con dati generali, il nome del raccogliatore, il numero di persone coinvolte, l'ora di inizio e di fine, temperatura dell'aria e umidità relativa (sia istantanea, all'inizio di ogni uscita, sia massima e minima giornaliera), le condizioni di copertura del cielo, la ventosità e le condizioni di umidità del suolo; per queste sono stati ammessi solo dei valori predefiniti. Per ogni contatto è stato assegnato un numero progressivo (numero di riga) e, oltre ai già citati dati biometrici e al codice di marcatura individuale sono state riportate informazioni di tipo ecologico.

L'elaborazione dei dati è stata condotta con l'ausilio di un PC in ambiente Windows. Tutti i dati rilevati nell'attività di campo e di laboratorio, registrati su apposite schede, sono stati trascritti su fogli elettronici di calcolo utilizzando: (1) il programma Excel 2000 per la loro archiviazione, organizzazione, parziale elaborazione (derivazione di sottoinsiemi di dati strutturati per ogni specifica analisi) e presentazione grafica; (2) il programma STATISTICA 5.1 per la loro elaborazione statistica e presentazione dei rispettivi risultati in forma grafica; (3) il programma VORTEX per l'applicazione della PVA e (4) il programma CAPTURE per la stima della popolazione.

I dati sono forniti nel corso di questa relazione sia sotto forma grafica (istogrammi, box plot, scatter plot), sia come forma tabellare. Nel caso di trattamento statistico degli stessi viene presentato il valore medio \pm deviazione standard (SD) e/o \pm errore standard (ES).

Eusebio Bergò, 2001.

LA MARCATURA

Sono stati utilizzati due tipi di marcatura: (1) il toe clipping, (2) l'inserimento di un PIT.

1. Il toe-clipping è una delle metodiche di marcatura maggiormente utilizzate per gli anfibi. Esso consiste nell'asportazione di una o più falangi con delle forbicine affilate. Esemplari di specie terrestri sono solitamente poco sensibili a questa veloce amputazione e ritornano alla normalità di comportamento sociale e trofico nell'arco di pochi minuti dopo la marcatura. Se ad ogni dito corrisponde un numero, combinando in modo appropriato le falangi è possibile marcare un numero elevato di individui. Il toe-clipping è stato applicato in due forme: la prima prevedeva il prelievo di un singolo dito per ottenere tessuto osseo (per l'analisi scheletrocronologica e l'analisi genetica) in modo da ottenere una marcatura generica dell'esemplare; la seconda prevedeva l'utilizzo di un codice individuale di riconoscimento. Le falangi prelevate sono state conservate in eppendorf con alcool etilico a 90°.
2. La seconda tecnica di marcatura si avvale di un dispositivo di identificazione elettronica (Trovan LID 500). Il sistema è costituito da un microtrasmettitore passivo PIT (Passive Integrated Transponder) incapsulato in biovetro (dimensioni 1.8 x 12 mm; peso 100 mg) con codice alfanumerico; un lettore manuale, tramite l'emissione di onde radio a bassa frequenza, attiva il microtrasmettitore ad una distanza massima di 20 cm e consente la lettura del codice d'identificazione. Il microtrasmettitore, in confezione sterile con ago monouso, viene inserito nella cavità peritoneale tramite un apposito applicatore. La marcatura elettronica risponde ai requisiti fondamentali della marcatura individuale, quali: (1) durata nel tempo in vista di una identificazione a distanza, (2) possibilità di marcare individualmente un grande numero di animali, rapidità e facilità operativa e (3) ottima tollerabilità da parte dell'animale senza apparenti conseguenze sul comportamento o sulla sopravvivenza, come appurato anche in occasione di questa ricerca.



Figura 9. Applicatore e aghi provvisti di PIT tag e lettura del codice PIT.

Nascetti et al., 1988; Fasola et al., 1993; Donnelly et al., 1994.

Operativamente, nella maggioranza dei casi non è possibile effettuare un conteggio degli esemplari appartenenti ad una popolazione perché o troppo numerosi o difficilmente individuabili. Ciononostante, l'ausilio di metodiche statistiche permette di giungere ad una stima numerica degli individui. Le stime vengono principalmente influenzate dalla distribuzione spaziale degli individui nella popolazione e dalle variazioni di densità nel tempo. Il risultato di una stima quindi riguarda strettamente la popolazione nel tempo e nel luogo in cui la ricerca è stata svolta. Per stimare l'entità della popolazione è stato utilizzato il programma CAPTURE.

Le abitudini filopatriche della specie (cioè fedele al proprio territorio e alla propria tana), l'elevata longevità e il basso tasso riproduttivo, sono ritenute ragioni sufficienti per assumere limitate le variazioni numeriche dovute a immigrazioni ed emigrazione, e trascurabili i fenomeni di natalità e mortalità, anche in ragione del breve periodo considerato. Per gli anfibi, in cui risulta difficile reperire e marcare in modo individuale gli stadi giovanili, la stima compiuta riguarda solo la popolazione adulta. Dal campione utilizzato sono stati esclusi quindi tutti i giovani e i subadulti.

Come occasioni di cattura sono state considerate diverse sessioni di campionamento, della durata di 2-3 giorni. Sessioni consecutive sono state accorpate, realizzando in totale l'equivalente di 7 occasioni di calcolo. Si è preferito mantenere accorpate i dati di marcatura-ricattura rilevati in uscite di campo dello stesso giorno, e anche quelli di giorni consecutivi appartenenti ad una stessa sessione. Ciò in quanto si ritiene che, in giorni consecutivi, la possibilità di ricattura possa essere condizionata dal fatto che gli animali non riescano a spostarsi rispetto ai siti di rilascio, invalidando la casualità del loro ritrovamento, requisito fondamentale in questo tipo di analisi. Al fine di stimare la popolazione, dunque, solo le ricatture avvenute dopo un lasso di tempo almeno equivalente a quello intercorso fra una sessione e quella successiva, sono state considerate reali.

Il numero di rinvenimenti per ogni occasione, strettamente dipendente dalle condizioni ambientali del momento, non è risultato di fatto omogeneo. Questa è tuttavia una condizione accettata dal programma di elaborazione, in grado di utilizzare l'algoritmo che meglio si adatta alla natura dei dati. Nel programma sono inseriti diversi modelli di calcolo e l'operatore ha scelto il modello più adatto, oppure può delegare al programma la scelta del miglior estimatore. I dati devono essere inseriti come di matrice avente sulle colonne le occasioni di cattura e sulle righe il numero animali catturati e ricatturati in ogni singola occasione. Ogni riga riassume pertanto la storia individuale di una data salamandra.

Il programma ha quindi "selezionato" il modello più adeguato da utilizzare in base alle informazioni ricevute dai valori appena presentati. La significatività dei differenti modelli è stata testata mediante l'analisi del "Chi" quadro, in seguito alla quale è apparso evidente che i parametri che hanno maggiormente influenzato la probabilità di cattura delle salamandre durante lo studio sono stati: l'eterogeneità e il tempo.

M(t) (t = time).	Modello che prevede che gli individui abbiano la stessa probabilità di cattura in ogni occasione, benché tale probabilità cambi da un'occasione a un'altra nello stesso modo per tutti gli individui. L'elemento discriminante è il "tempo".
M(b) (b = behavioural)	Modello che assume che in seguito alla prima cattura e marcatura si abbia una modificazione nel comportamento dell'animale.
M(h) (h = heterogeneity).	La probabilità di cattura varia da individuo a individuo a causa del sesso, dell'età, dell'home range. La sua "robustezza" è molto alta. Ciò significa che non è sensibile al mancato rispetto di un particolare assunto e può quindi adattarsi con plasticità a tante situazioni diverse. È stato provato che si tratta del modello più adeguato in tutti quegli esperimenti in cui molti animali sono stati catturati un numero relativamente ampio di volte.
M(tb).	La probabilità di cattura varia dopo la prima cattura (effetto di b) e in relazione ai cambiamenti temporali (effetto di t).
M(th).	Ogni individuo ha la propria probabilità di cattura indipendentemente dal fatto che sia già stato ricatturato (b non ha effetti). Le variazioni temporali, inoltre agiscono allo stesso modo su tutti gli individui senza essere influenzate da h.
M(bh).	Ogni membro della popolazione ha due specifiche probabilità di cattura, una determinata da b, quindi dalla sua storia individuale rispetto a precedenti catture, l'altra da h, cioè dalla sua posizione all'interno della popolazione.
M(tbh).	Tutti e tre i parametri, tempo, comportamento, eterogeneità influenzano la probabilità di cattura degli individui durante tutta la durata dello studio.

Modelli utilizzati dal programma CAPTURE per ottenere una stima di popolazione.



L'ANALISI DELLA FECONDITÀ

Al fine di stabilire il tasso di fecondità della salamandra di Lanza un campione di femmine è stato sottoposto ad esame radiografico. I riscontri radiografici sono stati eseguiti su femmine catturate nella prima parte della stagione di vita attiva in modo da precedere il periodo delle nascite. 26 femmine sono state esaminate il 26/06/2004 e 9 femmine il 23/07/2004. Hanno altresì contribuito al calcolo della fecondità e alle valutazioni sulla durata della gestazione alcuni casi di nascite premature avvenute in cattività.

Le analisi radiografiche sono state svolte in collaborazione col Reparto di Radiologia dell'Ospedale d'Ivrea. A seguito di una serie di tentativi si è potuto affinare la tecnica e "calibrare" gli strumenti per ottenere la migliore riuscita e leggibilità delle lastre. L'apparato radiografico che meglio si adatta a questo tipo di applicazione è il mammografo, in quanto concepito per tessuti molli, particolarmente trasparenti alla radiazione. Su una lastra radiografica è possibile disporre fino a 5 salamandre, riducendo così i tempi, i costi e il "disturbo" per la struttura ospedaliera, ottenendo contestualmente una compattazione delle informazioni.

La lunghezza del corpo (SVL) ha come riferimenti anatomici esterni l'apice del muso e il margine posteriore della cloaca. Come corrispondente radiografico della SVL può essere considerata la lunghezza fra l'apice dell'osso mascellare e la regione sacrale. Quest'ultima è identificabile dalla corrispondenza dei femori, particolarmente calcificati, su ambo i lati.

Per misurare la lunghezza delle larve è sufficiente l'ausilio di un calibro o di un foglio di carta millimetrata trasposto su lucido e sovrapposto alla lastra adagiata su un piano luminoso. In caso invece sia stato utilizzato l'ingrandimento, occorre riferirsi alla scala impiegata e operare una correzione. Per ovviare a questo inconveniente si è ricorso al rapporto fra la lunghezza reale di un PIT e quella sulla radiografia ingrandita, grazie al fatto che il microchip, inserito nella cavità peritoneale, è sempre visibile in tutti gli animali radiografati anche nei casi di ingrandimento parziale.

La struttura scheletrica larvale risulta evidente ai raggi X solo al termine della gravidanza, quando è sufficientemente calcificata. In questa fase il processo di ossificazione risulta particolarmente evidente a carico delle ossa lunghe principali (femori e omeri essenzialmente), della colonna vertebrale e di alcune ossa del cranio. Fra queste citiamo in particolare l'osso mascellare e due zone di più intensa ossificazione localizzate nell'ambito delle ossa parietali. Queste ultime assumono particolare importanza in quanto consentono la determinazione precisa del numero di larve intrauterine anche qualora la radiografia sia poco leggibile o eseguita precocemente rispetto la maturazione larvale (pur sempre nel corso dell'ultimo anno di gestazione). Dette zone di più intensa ossificazione sono le prime a comparire e, grazie alla loro conformazione caratteristica, risultano sempre ben distinguibili rispetto ad altre strutture di appartenenza materna o dal materiale fecale, radio opaco; per questi motivi sono state utilizzate come chiave di lettura primaria, se non unica, nei casi di più complessa interpretazione.

L'applicazione del metodo radiografico consente di definire i parametri di fertilità delle popolazioni studiate, anche in questo caso indispensabili per l'applicazione della PVA.

Andreone et al., 2004; Beissinger S. R. & McCulloch D. R., 2002; Eusebio Bergò, 2001.

LA DETERMINAZIONE DELL'ETA'

L'analisi scheletrocronologica permette negli animali eterotermi di stabilire un rapporto fra accrescimento corporeo e durata della vita. Il rallentamento dei ritmi vitali, in occasione dell'inverno o di siccità prolungate, si traduce nella deposizione a livello delle ossa lunghe di tessuto osseo molto compatto e molto colorabile. Queste linee vengono dette LAC (linee di arresto della crescita): ogni LAC corrisponde (con un errore variabile) ad un anno di vita delle salamandre.

Le falangi prelevate sono state processate nel Laboratorio di Ecologia dei Vertebrati dell'Università di Savoia. Da ogni dito conservato in alcool, facente parte di un campione scelto, si sono prelevate le falangi prossimali, ripulendole da residui di tessuti molli, per sottoporle a decalcificazione in acido nitrico al 5% tra due e quattro ore. L'osso decalcificato è stato risciacquato per qualche ora in acqua di fonte prima di essere sezionato. Le sezioni sono state realizzate con un microtomo a congelazione (criostato), a -20°C , con un taglio di $14\text{-}16\ \mu\text{m}$ di spessore. Il conteggio delle LAC è più efficace a livello della diafisi, caratterizzata da una cavità midollare ridotta rispetto al diametro dell'osso, quindi il sezionamento è stato centrato unicamente su questa parte dell'osso, scartando le metafisi e le epifisi in cui il tessuto osseo compatto si assottiglia e la cavità midollare cede il posto al tessuto osseo cavernoso. Nel laboratorio si è usufruito di un sistema di acquisizione digitale controllato da un computer. La proiezione dell'immagine microscopica su un monitor ha facilitato il conteggio delle LAC, favorendo anche il confronto diretto fra i lettori sui casi dubbi. Nell'assegnazione dell'età individuale si è sempre tentato di dare un'interpretazione univoca, intesa come il risultato del confronto fra la lettura dei preparati microscopici, svolta indipendentemente da tre persone.



Figura 10. Rappresentazione grafica della struttura di un osso compatto in un anfibio (a sinistra) e sezione di una falange di *Salamandra lanzai* (a destra).

Nell'ambito della nostra ricerca l'analisi ha trovato applicazione nello stabilire la struttura d'età della popolazione della Val Germanasca prima e dopo l'alluvione. Infatti, in una popolazione la percentuale di individui delle differenti classi d'età è tale da delineare una situazione di equilibrio; in seguito ad uno sconvolgimento di carattere ambientale si può presupporre che la situazione cambi, con una differente rappresentanza delle diverse classi. Inoltre, la scheletrocronologia è uno strumento applicativo interessante e utile per l'applicazione della PVA. Pertanto la scheletrocronologia è stata utilizzata per due motivi fondamentali: (1) per delineare la struttura d'età, comparata con aspetti morfometrici di vario tipo, (2) per delineare la situazione dinamica venutasi a creare in Val Germanasca.

Andreone et al., 1996; Miaud et al., 2001.

LA POPULATION VIABILITY ANALYSIS

Con i dati acquisiti nel corso del progetto è stato possibile definire la storia naturale delle popolazioni studiate di *S. lanzai*. Questo ha permesso di utilizzare uno strumento noto in biologia della conservazione come PVA (*Population Viability Analysis*), capace di valutare la probabilità di sopravvivenza di una popolazione animale in determinate condizioni ambientali.

La PVA, efficace strumento per stimare i rischi di estinzione, offre la possibilità di valutare differenti strategie di gestione, finalizzate alla conservazione o alla programmazione del prelievo. È un metodo predittivo che integra i dati demografici (p.e., natalità, mortalità, fecondità) con informazioni sulla variabilità ambientale utilizzando modelli che affiancano misure dei tassi di crescita delle popolazioni a simulazioni spaziali, allo scopo di prevedere se la popolazione in esame sarà vitale nel tempo. Simulando diversi scenari è possibile prevedere l'effetto determinato da vari fattori di minaccia reali o potenziali sulla popolazione. E' pertanto possibile ipotizzare quali strategie di conservazione e di gestione adottare, riducendo il rischio di estinzione e promuovendo condotte che salvaguardino l'esistenza della specie.

Le PVA sono strutturate per comprendere che cosa minaccia una specie e quali possono essere le soluzioni da adottare. Si identificano i fattori che influiscono sulla dinamica della popolazione, si analizza l'ecologia della specie e si confrontano le popolazioni stabili con quelle in declino attraverso la comparazione dei dati storici. Compiendo varie simulazioni e immettendo valori diversi per un medesimo parametro si comprende quanto sia sensibile il modello alle variazioni di ogni parametro; ciò è utile a comprendere quali dati necessitano di una maggior accuratezza così da intensificare lo sforzo dello studio sul campo. La PVA è anche uno strumento in grado di guidare le decisioni gestionali in ambito faunistico partendo da dati quantificabili; tuttavia, dato il significato probabilistico dei risultati, è necessario prevedere una successiva fase di monitoraggio per verificare la correttezza del modello e per adottare eventuali misure correttive.

Il software VORTEX - fra i principali utilizzati come supporto informatico per lo studio delle dinamiche delle popolazioni animali - ben si adatta alle nostre particolari esigenze. L'applicabilità del software richiede la conoscenza di molti i parametri popolazionali il cui valore preciso è indispensabile per una corretta simulazione.



Figura 11. Esempio di *Salamandra lanzai* della Val Germanasca

Scenario Settings. Consente di specificare quando la popolazione è da considerarsi estinta secondo due possibilità: (1) l'estinzione avviene quando rimane in vita un solo sesso, (2) avviene quando la popolazione declina al di sotto di un numero minimo di individui da definire. Ogni estinzione seguita dalla ricrescita al di sopra del valore minimo viene considerata ricolonizzazione. E' possibile inoltre definire il numero di iterazioni (più elevate sono e più attendibile sarà la risposta del modello da un punto di vista probabilistico), e la lunghezza del periodo di tempo simulato.

Species Description. È possibile inserire nel modello la depressione da inbreeding, specificando con quale modalità avviene la perdita di variabilità genetica della popolazione, esprimendo il valore degli equivalenti letali e la percentuale di alleli recessivi letali nella popolazione.

Dispersal. Qualora si considerino più popolazioni occorre specificare attraverso quale classe di individui (età, sesso) avviene la dispersione, la percentuale di sopravvivenza dei dispersi e la probabilità di dispersione da ciascuna popolazione verso le altre.

Reproductive System. Viene definita la modalità riproduttiva della specie (monogama o poligama). È necessario specificare a quale età avviene la prima riproduzione per i due sessi e fino a quando si mantengono fertili; il numero di piccoli generati da ogni femmina in un anno e la sex ratio alla nascita.

Reproductive Rates. Consente di definire la percentuale di femmine che si riproducono ogni anno e la dimensione del parto, ossia le frequenze percentuali del numero di piccoli generati ad ogni parto.

Mortality Rates. Indica il tasso di mortalità annua distinto per sesso, ossia la probabilità che ogni individuo ha di morire in differenti fasi della vita. Prima della maturità sessuale è richiesto un valore di mortalità calcolato anno per anno, mentre per gli adulti è richiesto un unico valore di mortalità complessivo.

Catastrophes. E' possibile attivare questa funzione per simulare l'effetto di catastrofi sulle popolazioni naturali. Occorre specificare se la catastrofe interessa tutta o solo una parte della popolazione e la modalità con cui si manifesta (effetto sulla sopravvivenza e/o sulla capacità riproduttiva). Viene definita inoltre la periodicità dell'evento, in termini probabilistici, e la sua entità, ovvero la frazione di popolazione colpita al verificarsi dell'evento.

Mate Monopolization. Indica la percentuale di maschi che ogni anno riesce a riprodursi con successo.

Initial Population Size. Indica il numero totale di animali di cui è composta la popolazione all'inizio della simulazione. Dev'essere specificata la composizione della popolazione per classi d'età.

Carrying Capacity. Esprime la quantità di animali che possono vivere in equilibrio con la disponibilità di risorse in un dato habitat. Rappresenta la soglia massima di crescita di una popolazione intorno alla quale si stabilisce l'equilibrio.

Harvest. Indica la quota del prelievo di animali che si intende effettuare, ad esempio nell'ambito del controllo sulle popolazioni selvatiche, delle catture a fini reintroduttivi, del prelievo venatorio ecc. È possibile indicare in che anno e per quanto tempo avviene il prelievo, nonché l'intervallo fra un intervento e l'altro.

Supplementation. È l'opposto dell'harvest, indica un'immissione di nuovi esemplari per mano dell'uomo. Questo campo prevede come il precedente l'inserzione dei dati riguardanti l'entità dell'introduzione, potendo specificare in che anno e per quanti anni avviene l'intervento, ogni quanto tempo questo viene effettuato e a carico di quali categorie di sesso ed età.

Il programma ha una sezione dedicata ai grafici, denominata **Graphs and Tables**, che permette di visualizzare con una vasta gamma di curve e rappresentazioni grafiche i risultati elaborati proiettando le simulazioni effettuate nel tempo ed evidenziando l'andamento dei vari parametri popolazionali studiati (probabilità di sopravvivenza, probabilità di estinzione, numero di effettivi della popolazione ecc).

Principali parametri richiesti dalla PVA (*population viability analysis*) e dal VORTEX.

Nel caso della salamandra di Lanza la PVA è stata applicata per valutare la vitalità delle principali popolazioni italiane, in particolare quella della Val Germanasca in seguito all'alluvione che ha portato alla perdita di parte dell'habitat elettivo occupato dalla specie. Per le ragioni spiegate di seguito si è ritenuto che il modello sia applicabile alla specie in esame.

- Le popolazioni hanno una distribuzione sul territorio di tipo aggregato, con nuclei fra loro isolati in cui gli individui si concentrano raggiungendo densità elevate, consentendo di considerare ogni singolo subpopolazione indipendente dalle altre presenti sul territorio.
- Per garantire dati attendibili sono state eseguite almeno 200 ripetizioni per ogni simulazione, considerando un periodo di almeno 500 anni. Una simulazione fa riferimento a un determinato scenario, il quale detta le condizioni operative e stabilisce i valori iniziali della popolazione. Il significato probabilistico della simulazione deriva dal fatto che questa si basa non su un'unica "esecuzione" del modello bensì su N "esecuzioni" ovvero iterazioni.
- Al crescere del numero di iterazioni aumenta l'attendibilità statistica e l'andamento simulato sarà dato dal valore medio di tutte le iterazioni calcolate in ogni istante (ad ogni anno). L'andamento finale sarà dato dal valore medio calcolati in ogni istante e da una misura della dispersione (ES, SD).
- Non essendo noto il valore corrispondente alla deriva genetica dovuta al reincrocio, si è escluso questo parametro dalle simulazioni al fine di evitare di introdurre errori. Tale scelta è motivata anche dal fatto che le popolazioni di *S. lanzai*, data la loro comune origine di tipo monoclonale, risultano geneticamente molto affini.
- La specie è stata considerata monogamica, ma non a lungo termine. Questa condizione si adatta al comportamento riproduttivo della salamandra, in cui tutti (o quasi) i maschi maturi si riproducono, ma non formano coppie stabili negli anni.
- I valori di età, maturità sessuale e longevità sono stati ricavati sperimentalmente attraverso l'analisi scheletrocronologica.
- Dall'analisi di fecondità è stato ottenuto il valore del tasso riproduttivo (n° di piccoli generati ad ogni ciclo e frequenza dei parti).
- Dopo aver ricavato una stima della popolazione adulta utilizzando CAPTURE, basato sul sistema di cattura-marcatura-ricattura, comparando i dati scheletrocronologici è stato possibile ricostruire la struttura della popolazione per classi di età. È stato così possibile conoscere il numero di effettivi di ogni età (curva demografica) e la dimensione iniziale delle popolazioni.
- Per quanto concerne la definizione della capacità portante dell'ambiente (K), cioè la massima densità di popolazione che le risorse sono in grado di sostenere in una determinata area, essa è stata valutata dello stesso ordine di grandezza della stima totale della popolazione eseguita in condizioni ottimali, lontano da cause di alterazione.

Beissinger & McCulloch, 2002; Ribéron et al., 2001.

LA DISTRIBUZIONE E L'INVENTARIO ERPETOLOGICO

Contestualmente alla ricerca sulle popolazioni della Val Germanasca e della Val Po è stato aggiornato il quadro corologico della specie in territorio italiano. Parte delle informazioni riguardanti la distribuzione di *Salamandra lanzai*, sia per il territorio italiano che francese, sono state ottenute dalla consultazione di collezioni museologiche e da fonti bibliografiche, in particolare per quanto riguarda le prime segnalazioni e i dati storici. Durante l'attività di ricerca condotte nell'ambito della redazione dell'atlante erpetologico del Piemonte e della Valle d'Aosta fu possibile definire l'areale di massima della specie in Italia, localizzando alcune popolazioni fra le valli alpine solcate dai torrenti Po, Pellice e Germanasca e dai loro principali affluenti. Ricerche mirate a definire la microdistribuzione sono state condotte a partire dagli anni '90 fino ad oggi. Con la presente ricerca è stato possibile aggiornare ed integrare lo stato delle conoscenze precedenti con nuove acquisizioni in Val Germanasca ed in particolare in Val Po; area, quest'ultima, precedentemente gravata da un'enorme lacuna conoscitiva per quanto riguarda gli aspetti distributivi.

Operativamente, le aree maggiormente vocate (ad esempio in vicinanza di laghi e corsi d'acqua), ma non solo, sono state perlustrate seguendo opportuni itinerari in condizioni meteorologiche e temporali favorevoli. Inoltre sono state contattate persone locali (gestori di rifugi o alpeggi, talora escursionisti) per avere ulteriori indicazioni di località potenziali, in seguito verificate. Tutte le osservazioni sono state opportunamente georeferenziate con l'ausilio di sistemi cartografici e di rilevazione satellitare.

Nella tabella allegata alla presente relazione sono stati riportati tutti i dati raccolti nel corso degli anni; le località di presenza sono state indicate con le relative coordinate piane (sistema UTM, fuso 32T, datum Europe 1950). Utilizzando il software ArcView 3.2 è stata ricavata la carta della distribuzione, aggiornata al 2004, in cui con apposita simbologia sono state distinte le segnalazioni accertate da quelle che necessitano ancora di una conferma. Tale cartografia (fornita in CD allegato) permetterà agli amministratori locali, nazionali e europei di verificare lo stato della specie sulla base delle ricerche più aggiornate e di prendere le opportune decisioni di carattere gestionale e conservazionistico.

Oltre alla presenza di *Salamandra lanzai* ci è parso interessante raccogliere informazioni sull'erpetofauna associata. Benché infatti gli habitat di alta quota in zona alpina siano notoriamente scarsi in termini di diversità biologica e, nella fattispecie, di biodiversità erpetologica, le specie presenti sono sicuramente molto interessanti, sia da un punto di vista ecologico che zoogeografico. Di ogni individuo rinvenuto sono stati raccolti dati di riconoscimento specifico, di sesso e di preferenza ambientale, trasposti su un'apposita scheda. Abbiamo poi ritenuto opportuno documentare vari aspetti della vita di questi animali con delle fotografie. Inoltre in collaborazione con Gianni Valente, della Cooperativa Arnica, è stato realizzato un video incentrato sulla salamandra di Lanza, recante accenni alle altre specie presenti nello stesso habitat.

RISULTATI



L'ENTITA' DELLE POPOLAZIONI

I valori numerici relativi alle due popolazioni analizzate sono riportati nelle tabelle riportate nel seguito. Sono state raggruppate 7 occasioni di cattura sia per la Val Germanasca che per la Val Po. Per entrambe le popolazioni è stato utilizzato il metodo di Chao M(th).

Val Germanasca

La popolazione adulta della Val Germanasca nel 2003 è stata stimata pari a 414.00 ± 87.58 individui (intervallo di confidenza, CI = 287 –641). Questo valore risulta assai inferiore a quello stimato nel 1996-1997 nel corso dello studio finalizzato alla tesi di laurea di P. Eusebio Bergò. Infatti, all'epoca la stima risultò essere pari a 733 animali. La decrescita nel periodo considerato è stata dunque pari al 44%. Al fine di interpretare tale decremento occorre tuttavia anche considerare la diminuzione della superficie utile, conseguente alla piena del 2000. L'attività di erosione dovuta alla piena, seguita dal riassetamento conseguente alla canalizzazione ha comportato una cospicua modifica dell'habitat. Considerando pertanto tale riduzione la diminuzione del contingente popolazionale è stata direttamente proporzionale con la perdita di habitat (la stima attesa è stata di 488 esemplari sulla nuova superficie).

Val Po

Per la Val Po la situazione si è presentata assai differente rispetto a quanto osservato in precedenza. La stima condotta nel 1992 aveva portato a considerare una popolazione pari a circa 500 esemplari adulti sull'area considerata. La stima condotta nel 2004 ha invece mostrato un incremento apparente di 4 volte, con una popolazione adulta, pari a 1653.00 ± 165.65 individui (intervallo di confidenza = 1373 –2020). Tale aumento è tuttavia da valutare nell'ottica dell'incremento dell'area studiata. Infatti, nel 1992 la superficie indagata è stata di 16000 mq, mentre nel 2004 intorno a 4.1 ettari. L'aumento, pertanto, deve tener conto di questo aumento, e deve essere riportato ad una densità standardizzata.



VAL GERMANASCA – RIBBA														
1996														
Occasione		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	
N. di animali catturati / campionamento	n(j) =	11	39	41	38	31	26	12	32	51	28	22	42	
Numero di animali marcati al momento del j ^{esimo} campionamento	M(j) =	0	11	50	88	118	144	166	174	197	229	246	259	283
Numero di animali non marcati catturati al j ^{esimo} campionamento	u(j) =	11	39	38	30	26	22	8	23	32	17	13	24	
Numero di animali catturati 1,2,3....n volte	f(j) =	216	48	15	4	0	0	0	0	0	0	0	0	
STIMA DI POPOLAZIONE	733 ± 87.9 (intervallo di confidenza = 591-940)													
2003														
Occasione		1	2	3	4	5	6	7						
N. di animali catturati / campionamento	n(j) =	14	12	17	11	8	49	26						
Numero di animali marcati al momento del j ^{esimo} campionamento	M(j) =	0	14	26	42	53	58	103	120					
Numero di animali non marcati catturati al j ^{esimo} campionamento	u(j) =	14	12	16	11	5	45	17						
Numero di animali catturati 1,2,3....n volte	f(j) =	103	17	0	0	0	0	0						
STIMA DI POPOLAZIONE	414.00 ± 87.58 (intervallo di confidenza = 287-641)													
VAL PO – PIAN DEL RE														
1992														
Occasione		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10			
N. di animali catturati / campionamento	n(j) =	15	18	15	38	54	4	10	24	29	19			
Numero di animali marcati al momento del j ^{esimo} campionamento	M(j) =	0	15	32	47	81	129	132	141	164	176	179		
Numero di animali non marcati catturati al j ^{esimo} campionamento	u(j) =	15	17	15	34	48	3	9	23	12	3			
Numero di animali catturati 1,2,3....n volte	f(j) =	140	31	7	1	0	0	0	0	0	0			
STIMA DI POPOLAZIONE	479 ± 77.70 (intervallo di confidenza = 212 -598)													
2004														
Occasione		1	2	3	4	5	6	7						
N. di animali catturati / campionamento	n(j) =	18	128	105	140	111	89	111						
Numero di animali marcati al momento del j ^{esimo} campionamento	M(j) =	0	18	146	245	366	452	519	584					
Numero di animali non marcati catturati al j ^{esimo} campionamento	u(j) =	18	128	99	121	86	67	65						
Numero di animali catturati 1,2,3....n volte	f(j) =	478	97	6	3	0	0	0						
STIMA DI POPOLAZIONE	1653.00 ± 165.65 (intervallo di confidenza = 1373 -2020)													

Figura 12. Tabelle riassuntive delle stime di popolazione effettuate in Val Po ad oltre 10 anni di distanza e in Val Germanasca prima e dopo l'alluvione.

STRUTTURA DI POPOLAZIONE E MORFOMETRIA

L'analisi delle due popolazioni ha mostrato come il numero di maschi e di femmine rinvenute abbia seguito sostanzialmente un incremento costante nel corso dello studio. Il numero di maschi e di femmine si è dunque mantenuto relativamente in equilibrio. In particolare, comunque, per la Val Germanasca il numero di maschi è stato complessivamente superiore e in genere assai più instabile che nella Val Po. Per contro, in Val Germanasca abbiamo osservato una maggior costanza nel rapporto fra individui adulti e individui giovani.

VAL GERMANASCA 2003

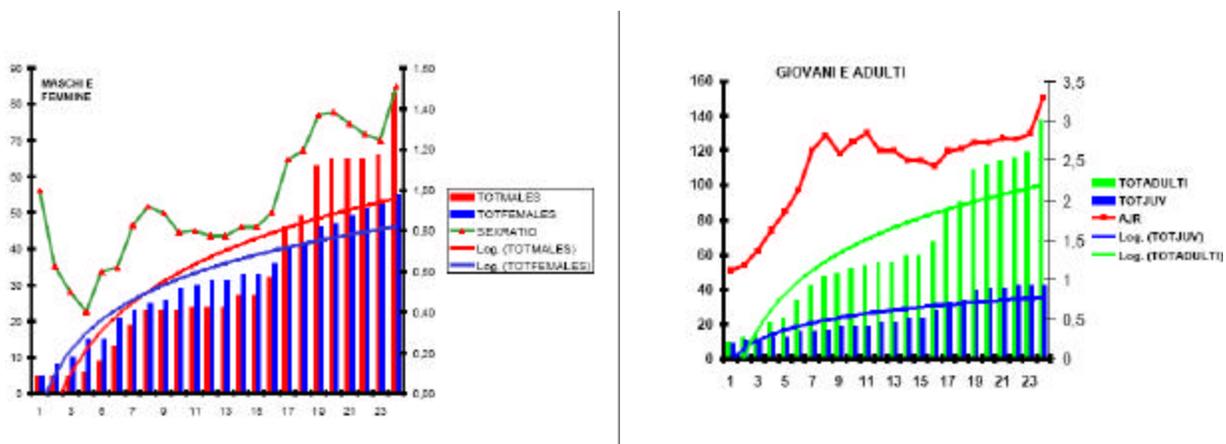


Figura 13. Andamento del numero di maschi e di femmine e della sex-ratio, nonché del numero di esemplari adulti e di giovani e della adult-juvenile ratio nella popolazione di *Salamandra lanzai* della Val Germanasca.

VAL PO 2004

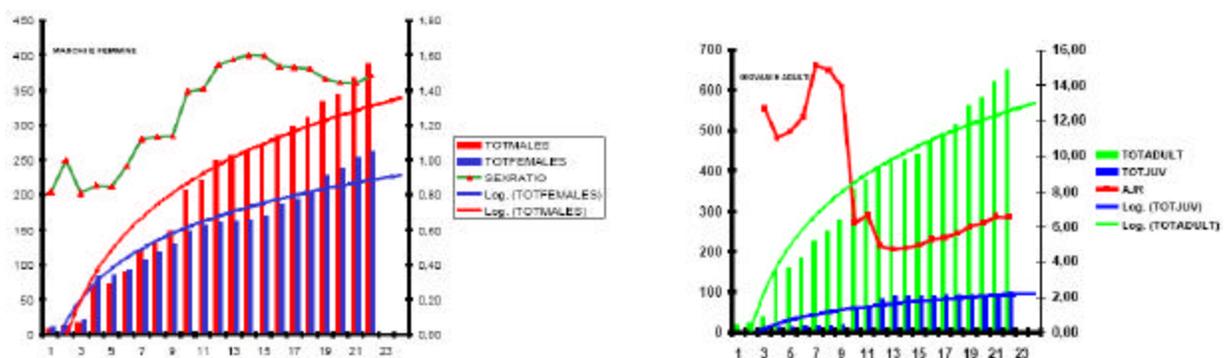


Figura 14. Andamento del numero di maschi e di femmine e della sex-ratio, nonché del numero di esemplari adulti e di giovani e della adult-juvenile ratio nella popolazione di *Salamandra lanzai* della Val Po.

Ciò è probabilmente da imputare al fatto che il numero di giovani si mantiene relativamente costante e dipende dalle caratteristiche dell'habitat (maggiore o minore facilità a rinvenire esemplari giovani), mentre la minore o maggiore rappresentatività di un sesso dipende da una

sua maggiore presenza oggettiva o da una sua maggiore contattabilità. Tale aspetto verrà discusso in dettaglio in seguito.

Val Germanasca

La struttura della popolazione della Val Germanasca nel 2003 è illustrata sotto forma di istogramma. Dall'analisi di questo grafico risulta evidente come sia ben rappresentata la componente dei giovani, e come la dimensione dei maschi e delle femmine adulte sia relativamente simile. Lo stesso si può apprezzare in base alle torte di composizione, in cui è evidente la componente giovanile. Abbiamo quindi effettuato una comparazione morfometrica fra gli esemplari misurati nel periodo 1996-2001 (prima della piena e dell'opera di canalizzazione del torrente) e gli esemplari del 2003 (dopo la piena). Per quanto riguarda la dimensione degli esemplari misurati i dati preliminari elaborati hanno evidenziato una significativa differenza fra i due momenti. In particolare, la popolazione della Val Germanasca ha evidenziato una netta differenziazione intersessuale: i maschi infatti hanno una dimensione di 86.26 ± 1.97 mm, contro 89.60 ± 16.20 nelle femmine ($t = -2.06$, $P < 0.05$).

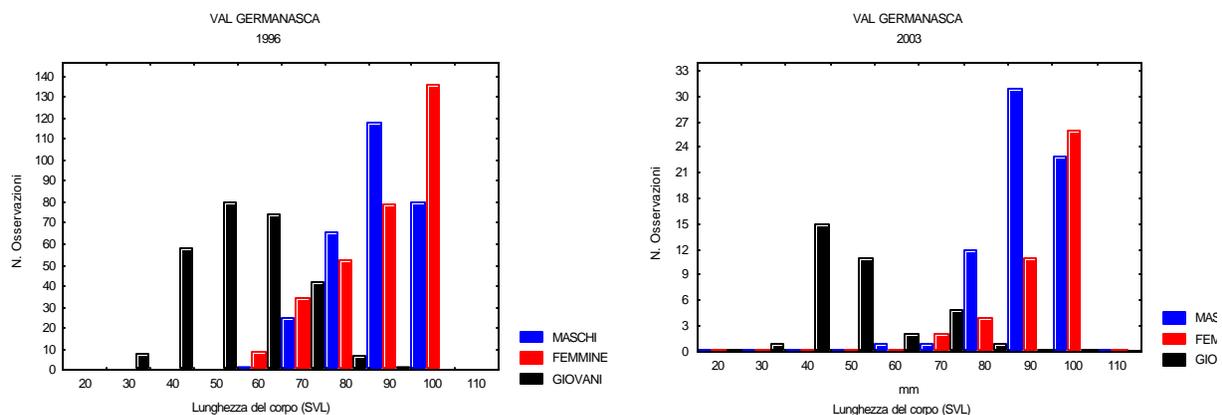


Figura 15. Lunghezza del corpo (SVL) nella popolazione di *Salamandra lanzai* misurata nel 1996 e nel 2003.

Confrontando i parametri biometrici della popolazione misurata nel 1996 con quelli nel 2003 abbiamo potuto anche evidenziare ulteriori differenze. Per quanto riguarda la sex-ratio (SR), nel 1996 essa era pari a 0.81, avendo contattato 221 maschi e 271 femmine. Tale valore non era significativamente differente dalla SR primaria (1 maschio : 1 femmina). Nel 2003, per contro, il numero di maschi contattati è stato invece assai superiore all'atteso. Con 85 maschi e 52 femmine la SR è stata pari 1.63. Questo valore è per contro significativamente differente ($P < 0.01$).

La comparazione totale fra SR del 1996 e SR del 2003 ha evidenziato come la struttura di popolazione sia cambiata significativamente ($\chi^2 = 11.5$, $P < 0.01$).

È stata anche comparata la composizione della popolazione in termini di "adult-juvenile ratio" (AJR), vale a dire il rapporto fra esemplari adulti e esemplari giovani. Nella popolazione studiata nel 1996 tale rapporto è risultato pari a 3.6, mentre nella popolazione studiata nel 2003 questo è stato di 5.6. Tale differenza è risultata significativamente differente ($\chi^2 = 4.97$, $P < 0.05$).

Da tale comparazione appare evidente come la composizione della popolazione sia mutata in modo considerevole fra i due momenti di analisi nell'arco di sette anni. Il numero di maschi nel 2003 è risultato superiore, cosa che ha comportato uno "squilibrio" a favore della popolazione adulta. Se per contro viene confrontato il rapporto fra femmine adulte e giovani

esso non appare significativamente differente, a riprova che l'aumento della AJR è dovuto in buona sostanza all'aumento del numero di maschi.

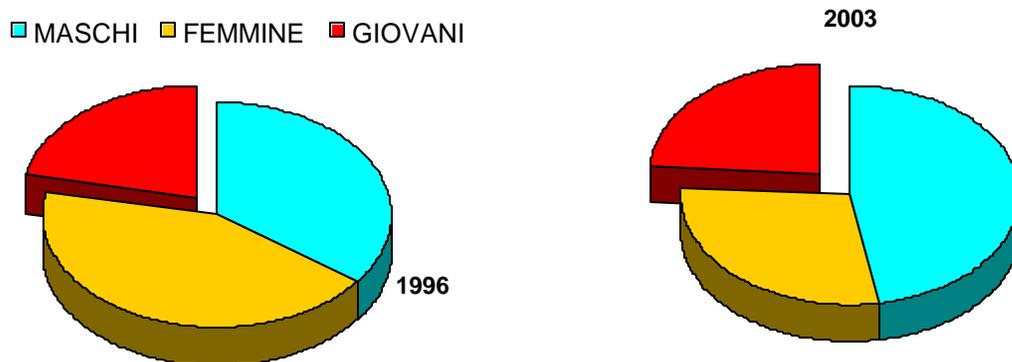


Figura 16. Composizione della popolazione della Val Germanasca nel 1996 e nel 2003.

Tale cambiamento potrebbe essere dovuto alle nuove condizioni ambientali venutesi a creare in seguito alla piena e al lavoro in alveo. I maschi, che sono “tradizionalmente” il sesso più attivo, sono risultati più abbondanti. Infatti, si può ipotizzare che tale abbondanza sia dovuta ad un effettivo incremento della popolazione maschile (es. per immigrazione), oppure ad una maggiore contattabilità della stessa. Ad ogni buon conto è evidente come la composizione (reale o operativa) sia cambiata, e ciò è verosimilmente da addurre alle mutate condizioni ambientali.

	MASCHI	FEMMINE	SR	ADULTI	GIOVANI	AJR
1996	221 (30.1%)	274 (37.2%)	0.81	495 (67.3%)	241 (32.7%)	2.05
2003	85 (47.2%)	52 (28.9%)	1.63	137 (76.1%)	43 (23.9%)	3.19

Figura 17. Numero di maschi, femmine e giovani, in Val Germanasca nel 1996 e nel 2003 (SR = Sex Ratio; AJR = Adult Juvenile Ratio). Fra parentesi sono riportate le percentuali.

Per di più, vale la pena sottolineare come sia stata riscontrata anche una variazione in termini di aspetti biometrici. I maschi di salamandra misurati nel 1996 presentavano una SVL di 83.65 ± 9.26 mm, mentre quelli del 2003 una SVL di 86.98 ± 7.50 mm. L'incremento dimensionale è significativo ($t = -2.92$; $P < 0.01$) ed è pari al 4%.

Le femmine del 1996 avevano una SVL di 84.89 ± 11.47 mm, mentre quelle del 2003 89.89 ± 8.52 mm. In questo caso l'incremento dimensionale è stato pari al 6% ($t = -2.77$; $P < 0.1$). Allo stesso tempo, a questo incremento dimensionale metrico non è corrisposto un analogo e parallelo incremento ponderale. Infatti, per i maschi il peso è passato da 12.33 ± 3.28 g a 12.84 ± 2.79 g, con un incremento del 4.13% ($t = -1.27$; $p = 0.21$, NS), mentre per le femmine si è passati da 14.65 ± 5.31 a 15.68 ± 4.04 g (incremento del 7%, $t = -1.23$, $P = 0.22$, NS).

MASCHI			
	1996	2003	Valore t
SVL	83.65 ± 9.26 (206)	86.98 ± 7.50 (84)	-2.92 **
PESO	12.33 ± 3.28 (203)	12.84 ± 2.79 (84)	-1.27
FEMMINE			
SVL	84.89 ± 11.47 (270)	89.89 ± 8.52 (44)	-2.77 **
PESO	14.65 ± 5.31 (269)	15.68 ± 4.04 (44)	-1.23

Figura 18. SVL e peso in femmine della Val Germanasca misurate nel 1996 e nel 2003. Fra parentesi il numero di esemplari misurati.

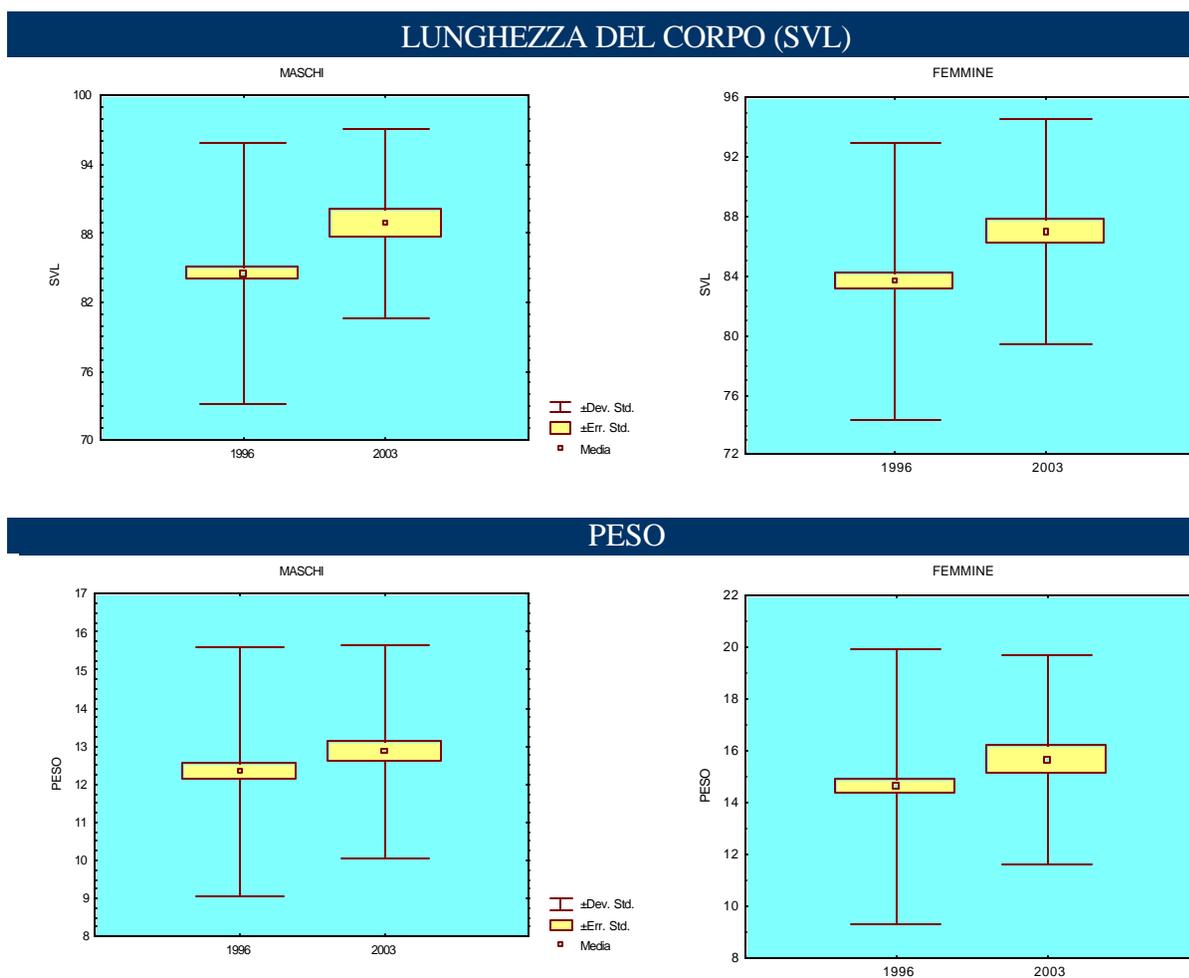


Figura 19. Box plot della media e dell'errore standard per la SVL e per il peso di *Salamandra lanzai* della Val Germanasca.

In termini generali, pertanto, la comparazione fra le due situazioni del 1996 e del 2003 ha evidenziato: (1) un maggior numero di maschi, (2) un incremento dimensionale, sia nei maschi che nelle femmine, soprattutto evidente negli aspetti metrici.

La spiegazione di questa differenza nelle dimensioni nei due periodi considerati è di difficile interpretazione. Occorre innanzitutto considerare che le popolazioni di anfibi vanno incontro a fluttuazione nel corso degli anni e, dunque, una differenza siffatta potrebbe essere inquadrata in un discorso più generale di variabilità temporale. Nondimeno abbiamo osservato come queste differenze siano effettivamente significative e quindi indichino una reale modificazione nella componente morfometrica della popolazione della Val Germanasca, la quale è stata soggetta ad un pesante fenomeno di alterazione ambientale. Un' ipotesi è che siano stati soprattutto gli esemplari di maggior dimensione (e quindi quelli più in "forma") a occupare (o ri-occupare) l'ambiente dopo l'alterazione dovuta alla piena e il conseguente rimaneggiamento di sponda. Avendo dei territori potenzialmente disponibili (in quanto sprovvisti dei precedenti occupanti) essi sono stati oggetto di occupazione da parte di nuovi individui. Se così fosse la filopatria (= fedeltà al proprio territorio) della salamandra di Lanza sarebbe una conseguenza dovuta alla presenza di popolazioni in condizioni di stabilità e prossima alla saturazione della capacità portante.

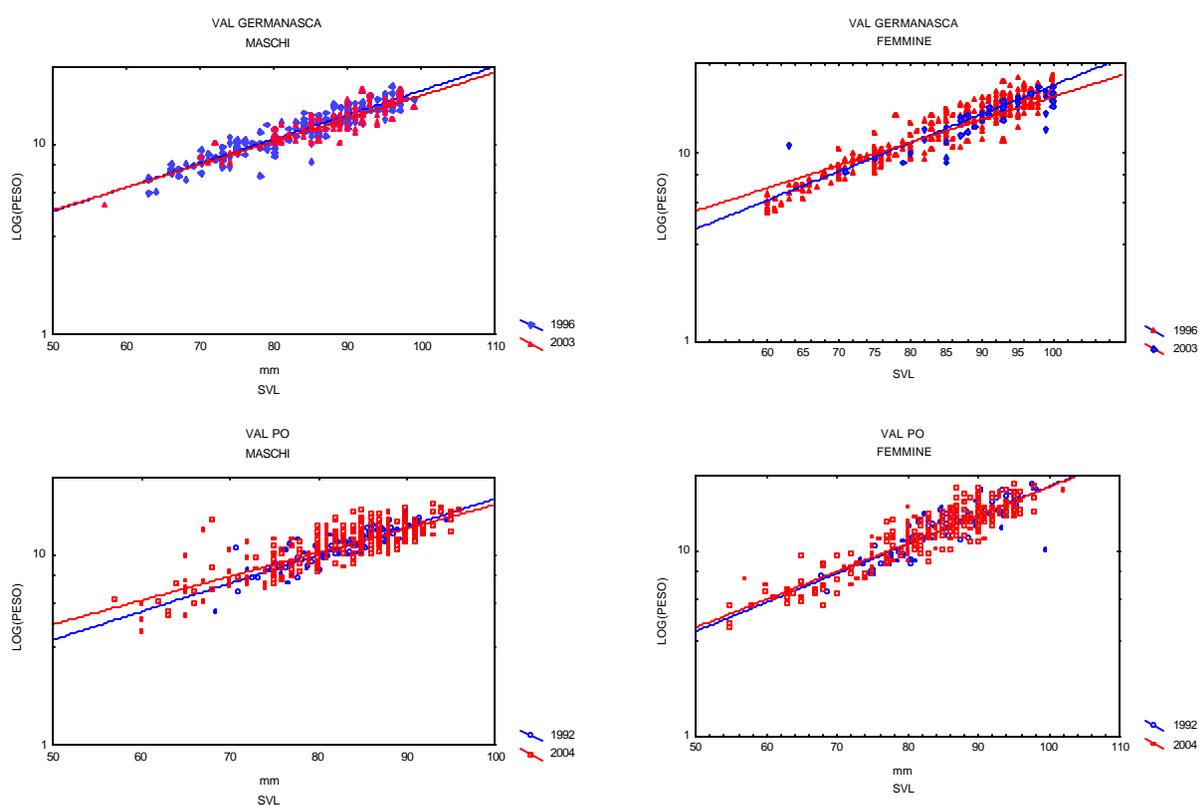


Figura 20. Rapporto fra SVL e peso (reso logicamente) in maschi e femmine di *Salamandra lanzai* in Val Germanasca e in Val Po.

Infine abbiamo comparato la lunghezza del corpo con il peso (in questo caso trasformato logicamente), in modo da verificare se – eventualmente – gli animali del 2003 (Val Germanasca) e del 2004 (Val Po) erano più pesanti di quelli del corrispettivo anno di confronto (1996 e 1992). Come è visibile nei grafici sotto riportati, tale cambiamento non è stato osservato e la linea di regressione è rimasta sostanzialmente identica. Nel grafico relativo ai maschi della Val Germanasca è tuttavia cromaticamente visibile come gli individui siano considerevolmente più lunghi di quelli del 1996, e come manchino individui di più ridotte dimensioni.

Val Po

Lo studio condotto in Val Po nel 2004 ha consentito la cattura e la misurazione e la marcatura di un gran numero di esemplari, pari a 315 maschi, 258 femmine e 50 giovani. La proporzione fra le diverse classi della popolazione è simile a quella già rilevata nel 1992, ed evidenzia come i giovani costituiscano una parte limitata della popolazione attiva della Val Po. Come abbiamo già avuto modo di sottolineare, probabilmente tale differenza è dovuta al fatto che – mentre in Val Germanasca vi è un gran numero di rifugi ispezionabili (costituito da sfasciume di roccia e da lose di pietra di varia dimensione) sotto i quali si nascondono volentieri i piccoli e i giovani, in Val Po la situazione è caratterizzata dalla presenza di grandi rocce non ispezionabili e, probabilmente, da un reticolo sotterraneo di nascondigli e di anfratti. I pochi piccoli segnalati non costituiscono quindi che una parte irrisoria della popolazione attiva.

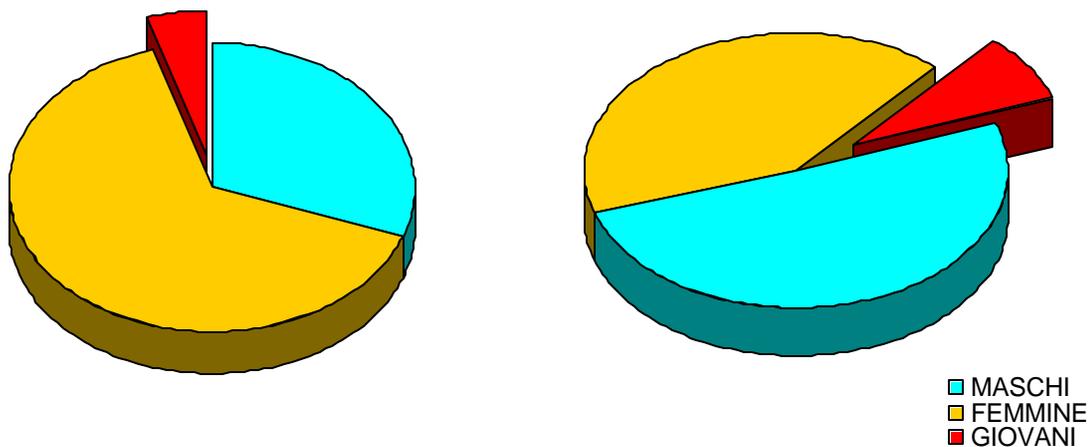


Figura 21. Composizione della popolazione di *Salamandra lanzai* della Val Po nel 1992 e nel 2004.

Per quanto riguarda gli aspetti biometrici la dimensione corporea dei maschi (SVL) è risultata pari a 82.94 ± 7.22 mm vs 83.32 ± 8.97 mm delle femmine, con una differenza dimensionale non significativa ($P > 0.05$). Per contro, le femmine della Val Po sono risultate più pesanti dei maschi, come era d'altro canto logico attendersi (peso nei maschi = 11.41 ± 2.56 vs nelle femmine 12.92 ± 3.86 ($P < 0.05$)).

A differenza di quanto rilevato per la Val Germanasca, la comparazione fra i valori biometrici rilevati nel 1992 e quelli del 2004 non ha evidenziato differenze significative. I valori sono riportati nella tabella e nei box plot. Per i maschi è stato riscontrato un lieve incremento nella SVL, peraltro non significativo ($t = 1.131$, $P = 0.26$). Nelle femmine, per contro, è stato osservato un lieve decremento, anche qui non significativo ($t = 0.623$; $P = 0.54$).

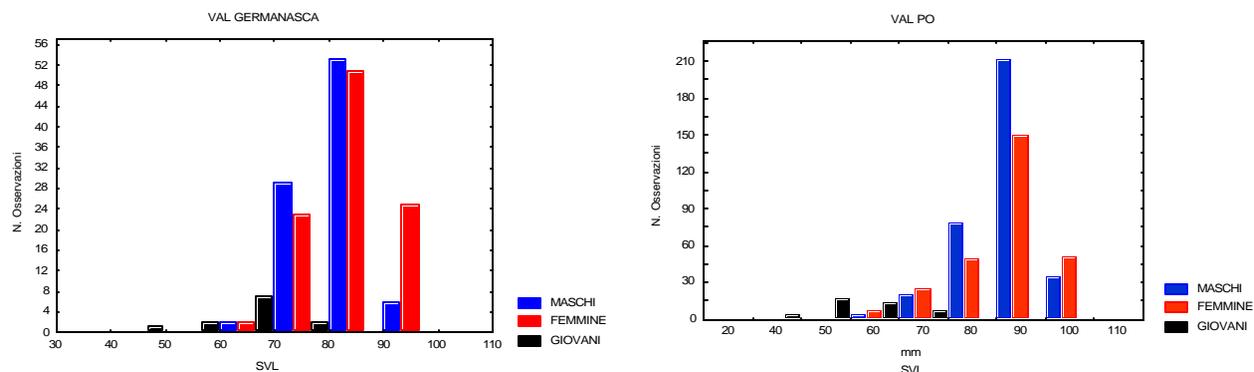


Figura 22. Distribuzione della lunghezza del corpo (SVL) nella popolazione di *Salamandra lanzai* della Val Po studiata nel 1992 e nel 2004.

	1992	2004	Valore t
MASCHI			
SVL	82.45 ± 5.72 90	82.89 ± 7.26 349	- 0.53 NS
PESO	11.02 ± 2.37 91	11.49 ± 2.61 349	- 1.56 NS
FEMMINE			
SVL	84.89 ± 6.86 101	83.51 ± 9.14 279	1.38 NS
PESO	13.34 ± 3.81 102	13.08 ± 3.98 277	0.58 NS
Valore t	- 2.65 ** - 5.02 **	- 0.93 NS - 6.01 **	

Medie di SVL e di peso in femmine della Val Po, nel 1992 e nel 2004, con relativi valori del test di Student (NS = non significativo, ** = significativo con P < 0.01)

MOVIMENTI E DISTANZE DI RICATTURA

Un aspetto su cui ci è parso interessante indagare è quello relativo alle distanze di ricattura rilevate nel corso dei due anni di studio. Tale informazione permette di evidenziare quali e quanti animali si sono mossi e la loro potenziale capacità di colonizzare nuovi ambienti. La nostra ipotesi è che un elevato numero di ricatture sia sintomo di una popolazione tendente alla filopatria. Esemplari stanziali con territori ben definiti tenderanno a muoversi poco e a rimanere abbastanza fedeli al sito. Per contro animali più “inquieti” e poco tendenti alla filopatria, tenderanno a muoversi e ad essere ricatturati in quantità minore e, qualora, a distanze maggiori.

Come prima analisi abbiamo comparato il numero di esemplari ricatturati. Per quanto riguarda la Val Germanasca abbiamo osservato che nel 1996 sono stati complessivamente catturati 286 animali, di cui 82 sono stati ricatturati (28.7%). Nel 2003 per contro sono stati catturati 154 animali e 32 sono risultati ricatturati (20.8%). Questa diminuzione di esemplari ricatturati già fornisce un’indicazione sul fatto che gli animali sono risultati tendenzialmente più mobili. Ad ogni buon conto, questa differenza non è risultata significativamente differente ($\chi^2 = 1.502$, $P > 0.05$).

Nel 1996 non era stata condotta una misurazione delle distanze di ricattura. Pertanto, non ci è possibile comparare se vi sia una differenza in termini quantitativi della distanza in seguito all’inondazione e all’alterazione connessa. Le ricatture in Val Germanasca 2003 non differiscono fra maschi e femmine. I maschi hanno infatti mostrato una distanza media di ricattura di 29.20 ± 55.40 m, mentre le femmine una distanza di 32.09 ± 37.87 (U = 47, Z = -0.36, P = 0.72). Ugualmente, al test di Wilcoxon, non sono stati rilevati aumenti significativi fra prima cattura e seconda cattura in termini di variazioni ponderali (t = 72.5, z = 0.56, p = 0.57).

SESSO	DISTANZA (m)	SVL	PESO 1	PESO 2	DIFFERENZA
Maschio	185,0	90	17,0	18,0	+ 1.0
Maschio	108,0	86	9,5	12,0	+ 2.5
Maschio	40,3	75	9,0	12,0	+ 3.0
Maschio	13,0	85	14,0	14,0	
Maschio	9,5	80	12,5	13,5	+ 1.0
Maschio	9,0	89	12,0	12,0	
Maschio	5,4	91	14,5	13,5	- 1.0
Maschio	4,8	89	12,5	13,0	+ 0.5
Maschio	4,2	82	16,5	16,0	- 0.5
Maschio	0,4	86	12,0	13,0	+ 1.0
Maschio	0,0	85	12,0	12,0	
Maschio	0,0	84	12,0	11,0	- 1.0
Maschio	0,0	87	12,0	12,5	+ 0.5
Femmina	97,0	95	19,5	20,0	+ 0.5
Femmina	67,0	100	21,0	20,0	- 1.0
Femmina	62,6	90	16,5	14,0	- 1.5
Femmina	17,1	93	19,0	18,0	- 1.0
Femmina	13,0	94	20,0	17,5	- 2.5
Femmina	0,0	98	25,0	22,5	- 2.5
Femmina	0,0	79	9,0	9,5	+ 0.5
Femmina	0,0	97	19,0	17,0	- 2.0
Giovane	8,9	65	6,5	7,0	+ 0.5
Giovane	5,1	37	2,2	-	
Giovane	3,8	36	1,6	1,5	- 0.1
Giovane	1,4	33	0,9	1,8	+ 0.9
Giovane	0,8	36	1,1	1,9	+ 0.8
Giovane	0,8	36	1,9	1,9	+ 0.0
Giovane	0,0	33	0,9	1,8	+ 0.9
Giovane	0,0	33	1,8	1,9	+ 0.1

Storia individuale degli esemplari di *Salamandra lanzai* ricatturati in Val Germanasca nel 2003. Per ogni esemplare è riportata la SVL, la distanza di ricattura, il peso alla prima cattura e il peso alla seconda cattura (ricattura), nonché la differenza algebrica fra i due pesi.

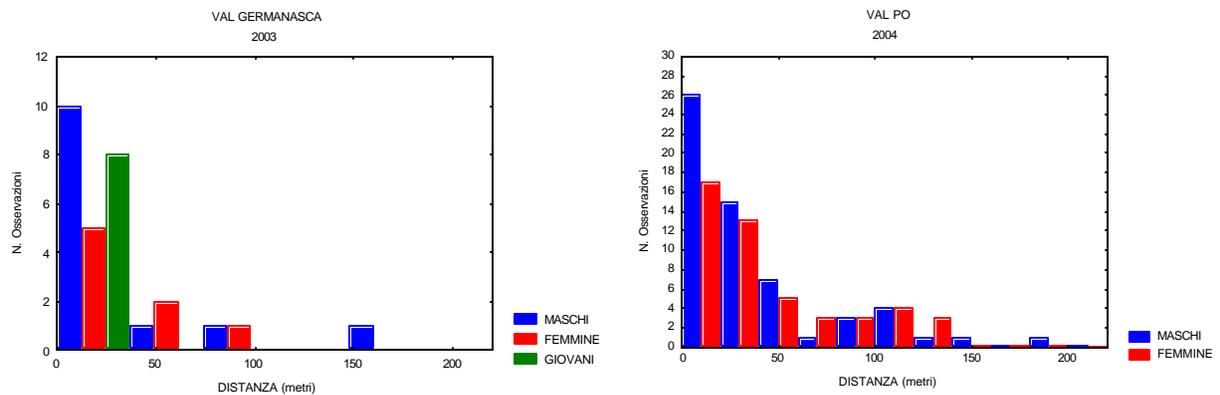


Figura 23. Distanze di ricattura nelle due popolazioni studiate. E' evidente che il maggior numero di esemplari è stato ricatturato in prossimità del luogo della prima cattura (a riprova di una sostanziale filopatria di *S. lanzai*), e che sono stati relativamente pochi gli esemplari più mobili.

La distanza media di ricattura nei maschi e nelle femmine al Pian del Re non ha mostrato una differenza significativa. Come è visibile nel box plot seguente, il valore medio delle femmine è risultato superiore di quello dei maschi (41.48 ± 39.96 m vs 33.01 ± 39.99). L'elevato valore di deviazione standard indica come i valori siano assai variabili. Al test U di Mann Whitney non è stata rilevata una differenza significativa ($U = 1340$, $P = 0.064$), a indicazione che in questa popolazione gli esemplari hanno una capacità di movimento indifferente rispetto al sesso.



SESSO	DISTANZA (m)	SVL	PESO 1	PESO 2	DIFFERENZA
Maschio	119.1	82	14.80	9.00	-5.80
Maschio	103.0	86	10.00	11.30	1.30
Maschio	85.0	88	12.00	13.00	1.00
Maschio	61.0	87	11.50	12.00	0.50
Maschio	53.3	87	11.50	11.00	-0.50
Maschio	52.4	87	12.00	12.00	0.00
Maschio	53.0	80	9.00	10.50	1.50
Maschio	45.7	78	8.00	10.00	2.00
Maschio	41.7	94	16.50	13.00	-3.50
Maschio	46.0	85	11.50	13.00	1.50
Maschio	37.7	83	10.50	10.00	-0.50
Maschio	36.5	88	11.50	14.50	3.00
Maschio	35.2	75	8.00	8.50	0.50
Maschio	31.3	80	11.00	10.50	-0.50
Maschio	31.3	81	11.50	10.50	-1.00
Maschio	27.3	88	12.00	13.50	1.50
Maschio	24.5	84	13.00	12.50	-0.50
Maschio	23.5	91	13.40	12.00	-1.40
Maschio	25.3	91	14.00	16.00	2.00
Maschio	15.9	86	10.00	10.00	0.00
Maschio	18.6	88	15.00	14.00	-1.00
Maschio	14.7	88	13.00	13.00	0.00
Maschio	21.0	91	13.00	14.00	1.00
Maschio	11.8	85	12.80	11.00	-1.80
Maschio	11.7	76	9.00	8.30	-0.70
Maschio	11.6	95	16.00	15.00	-1.00
Maschio	12.5	75	7.40	9.00	1.60
Maschio	15.0	80	11.00	10.70	-0.30
Maschio	7.7	79	9.30	10.00	0.70
Maschio	9.5	82	14.80	9.00	-5.80
Maschio	5.8	75	7.00	6.60	-0.40
Maschio	7.5	75	11.00	10.50	-0.50
Maschio	8.3	77	9.00	9.00	0.00
Maschio	5.2	87	11.50	13.00	1.50
Maschio	6.0	88	15.00	12.50	-2.50
Maschio	0.0	91	14.00	17.00	3.00
Maschio	0.0	84	13.00	13.00	0.00
Maschio	0.0	85	10.50	10.50	0.00
Femmina	135.2	92	14.00	13.00	-1.00
Femmina	113.2	85	12.00	13.00	1.00
Femmina	93.7	81	11.20	13.00	1.80
Femmina	75.1	84	10.20	14.00	3.80
Femmina	61.7	93	15.50	18.00	2.50
Femmina	56.0	93	15.50	17.20	1.70
Femmina	48.2	91	15.50	15.00	-0.50
Femmina	42.6	86	13.50	14.70	1.20
Femmina	40.0	85	13.50	13.00	-0.50
Femmina	40.0	92	13.50	12.50	-1.00
Femmina	37.2	82	13.40	12.10	-1.30
Femmina	28.9	93	15.50	15.00	-0.50
Femmina	35.0	85	10.00	10.50	0.50
Femmina	35.0	91	15.60	15.50	-0.10
Femmina	23.7	93	15.50	16.00	0.50
Femmina	27.0	90	12.50	13.00	0.50
Femmina	20.7	91	16.50	15.57	-0.93
Femmina	20.3	92	15.50	18.30	2.80
Femmina	15.8	85	13.50	14.00	0.50
Femmina	17.4	84	10.20	14.00	3.80
Femmina	12.5	85	14.00	13.00	-1.00
Femmina	15.0	75	7.50	9.20	1.70
Femmina	8.6	81	12.40	12.50	0.10
Femmina	4.9	93	20.50	17.00	-3.50
Femmina	6.3	81	12.40	12.30	-0.10
Femmina	4.3	57	7.00	6.30	-0.70
Femmina	0.0	90	12.60	13.50	0.90

Storia individuale degli esemplari di *Salamandra lanzai* ricatturati in Val Po nel 2003. Legenda come nella tabella precedente.

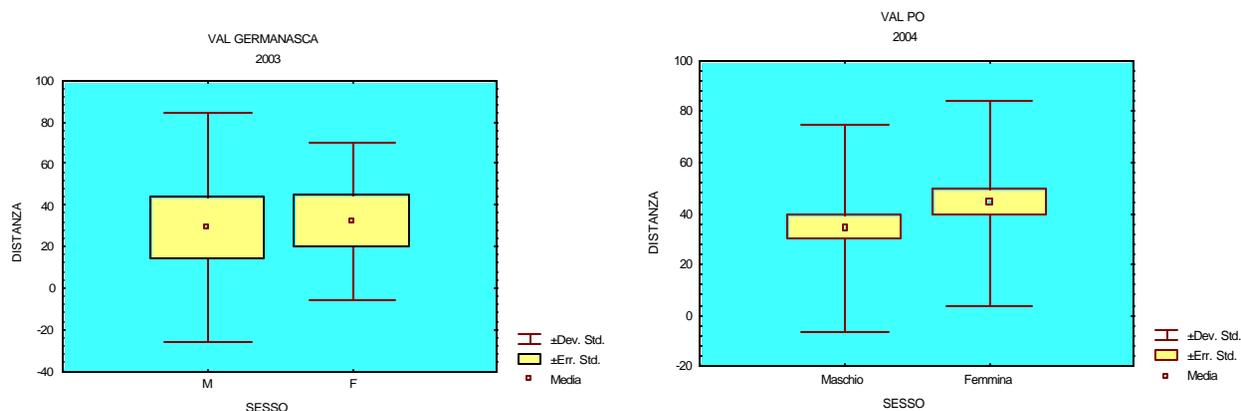


Figura 24. Box plot delle distanza di ricattura in maschi e femmine di *Salamandra lanzai* in Val Germanasca nel 2003 e in Val Po nel 2004.

Abbiamo poi comparato il peso degli animali alla prima cattura con quello degli animali ricatturati. L'analisi non parametrica con il test di Wilcoxon per i dati appaiati non ha dato differenze significative, né per i maschi ($t = 247.50$; $z = 0.31$; $P = 0.76$), né per le femmine ($t = 139.00$; $z = 1.20$; $P = 0.23$). Ciò indica che – nell'ambito della stagione di studio – gli esemplari ricatturati non hanno presentato una differenza significativa in termini di variazione ponderale. In buona sostanza, quindi, a tanti valori negativi sono corrisposti equivalenti valori positivi.

Abbiamo anche voluto verificare se esistesse una relazione fra dimensioni corporee (lunghezza del corpo, peso) e distanza di ricattura, per verificare se animali più grandi si muovessero maggiormente, o viceversa. Come è visibile nei due grafici, non abbiamo rilevato alcuna differenza in tal senso, né fra maschi e femmine, né fra esemplari di differenti dimensioni.

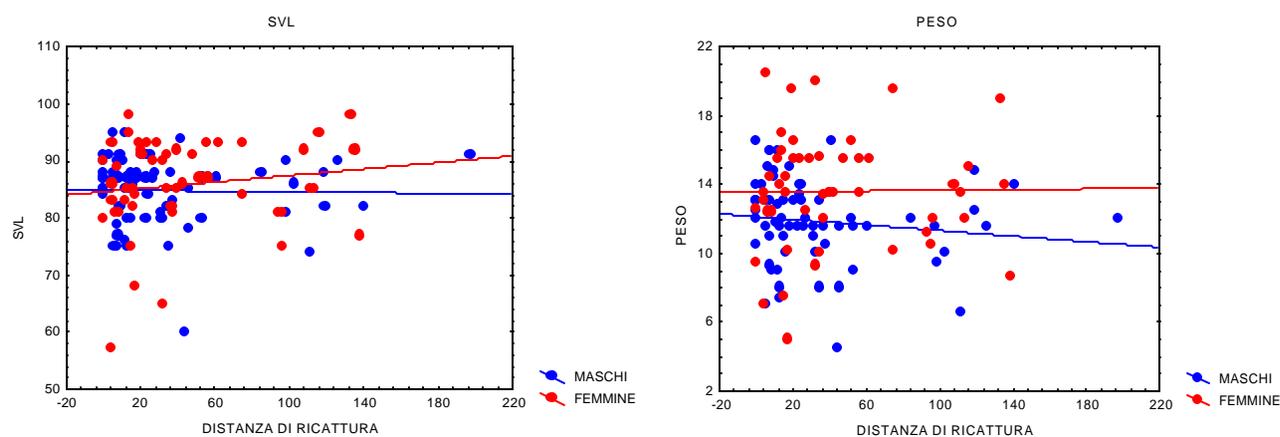


Figura 25. Rapporto fra lunghezza del corpo (SVL, a sinistra) e peso (a destra) degli individui ricatturati e relativa distanza di rinvenimento.

DETERMINAZIONE DELLA FECONDITA'

Due sono i parametri fondamentali necessari a determinare la fecondità: il **numero medio di piccoli partorito** e la **durata della gestazione**. Entrambi sono legati alla biologia e alla fisiologia delle specie ma possono presentare valori caratteristici in ogni popolazione. Le sensibili differenze sui valori di fecondità sono quelle che in realtà determinano gli equilibri fra natalità e mortalità e consentono alle singole popolazioni di adattarsi alle particolari condizioni ambientali.

Il metodo radiografico è risultato quello più attendibile in grado di determinare il valore di entrambi i parametri. Altrettanto rigoroso è l'utilizzo di dati scheletrocronologici per quanto riguarda la lunghezza del ciclo riproduttivo. L'integrazione dei due metodi è stata fondamentale per giungere ai risultati di seguito riportati.

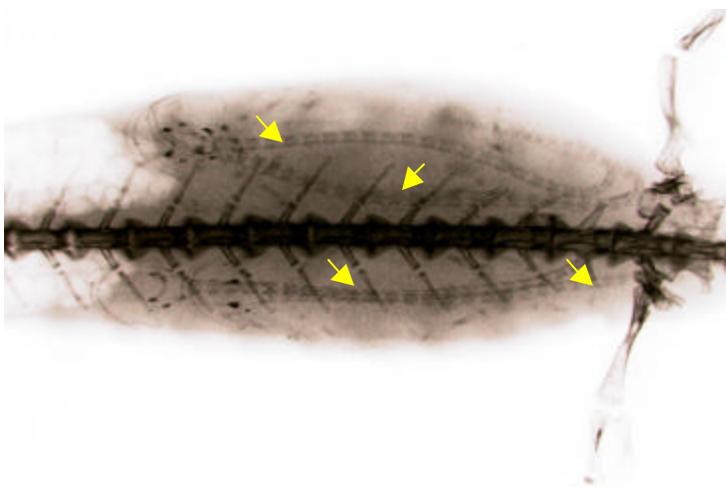
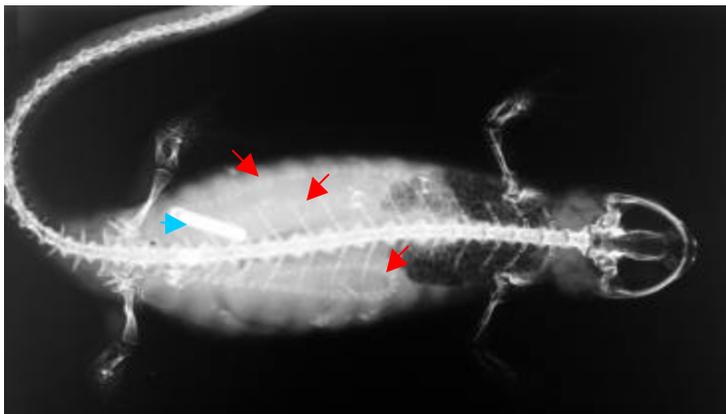


Figura 26. Radiografie di femmine di *Salamandra lanzai* utilizzate per la diagnosi sullo stato di gravidanza e la determinazione della fecondità. In alto: un esemplare gravido marcato con PIT (indicato da freccia azzurra), con 3 piccoli prossimi alla nascita (frecce rosse); due sono ospitati nell'utero sinistro e uno in quello destro; in quest'ultimo è ben evidente la coda ripiegata; tutte le larve si presentano allo stesso stadio di sviluppo pronte per la nascita. In basso: trasposizione di un'altra radiografia in positivo. Visibili quattro piccoli, (frecce gialle) due per ogni ovidotto, orientati con la coda verso la cloaca e prossimi al parto. Distinguibili l'arcata mandibolare, la colonna vertebrale e due zone di più intensa ossificazione, localizzate nell'ambito dell'osso parietale.

Per quanto riguarda la Val Po solo 10 femmine sono risultate gravide, ossia in una fase della gestazione prossima al parto (fase in cui la calcificazione della struttura scheletrica larvale ne consente una visibilità ai raggi X). Il numero medio di piccoli per parto risulta 2.9 ($N = 10$, $SD = 1.52$). Questo valore, se confrontato con la dimensione media di 3.23 piccoli ($N = 31$, $SD = 1.31$) ad ogni ciclo riproduttivo della Val Germanasca, evidenzia una piccola differenza fra

popolazioni poste a quote molto diverse, mentre i valori estremi sembrano non subire variazioni: min = 1 e max = 6 in entrambe le popolazioni.

Popolazione	Media	SD	N	Mediana	Moda	Minimo	Massimo
Val Germanasca (Ribba)	3.2	1.3	31	3.0	3	1	6
Val Po (Pian del Re)	2.9	1.5	10	3.0	3	1	6

Numero di piccoli generato ad ogni parto, determinato attraverso l'esame radiografico.

L'analisi radiografica ha consentito di calcolare anche la durata della gestazione. In particolare questa metodica è stata messa a punto in Val Germanica e successivamente applicata anche alla popolazione della Val Po (2004). Di seguito è riportata la lettura delle lastre radiografiche integrata con alcuni casi di nascite avvenute in cattività.

Esemplare	Data	Metodo	N° piccoli	Formula larvale
Ignoto	22/06/2004	Nascita	2	
63D FCAC	24/06/2004	RX	1	1:0(0,0)+1(0,1)
63D DF5E	24/06/2004	RX	6	6:3(2,1)+3(0,3)
63D 8FA9	24/06/2004	RX	4	4:2(1,1)+2(1,1)
63D 9B6D	24/06/2004	RX	3	3:1(0,1)+2(1,1)
63D EAED	24/06/2004	RX	3	3:1(0,1)+2(0,2)
1D3 32C3	24/06/2004	RX	4	4:2(2,0)+2(2,0)
1D3 7C63	24/06/2004	RX	1	1:0(0,0)+1(1,0)
Ignoto	12/07/2004	Nascita	2	
PPD2+PPS2	23/07/2004	RX	3	3:1(1,0)+2(1,1)

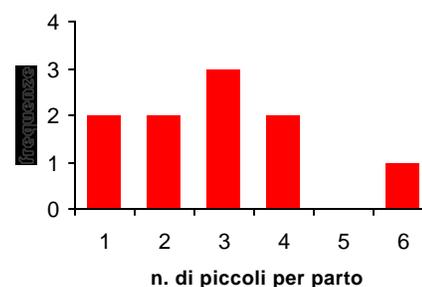


Figura 27. Distribuzione del numero di piccoli partoriti, sulla base di dati ottenuti per la Val Po nel 2004 (RX = diagnosi con radiografia; nascita = diagnosi in seguito a parto ottenuto in cattività).

Come conseguenza della viviparità, che richiede un grande investimento riproduttivo nelle femmine, e delle restrizioni dell'ambiente alpino, che limitano la disponibilità temporale di risorse necessarie allo sviluppo embrionale e larvale, la salamandra di Lanza presenta un ciclo riproduttivo pluriennale. La lunghezza del ciclo riproduttivo, non esistendo altre forme di cure parentali diverse dalla viviparità, coincide di fatto con la durata della gestazione.

Per quanto riguarda la Val Po su un campione selezionato di 35 femmine catturate nel 2004, 10 sono risultate gravide. Ciò significa che mediamente occorre attendere 3.5 anni affinché tutte le femmine del campione abbiano partorito (35/10). La durata della gestazione si determina infatti attraverso il reciproco della frazione di femmine che ogni anno si riproduce, equivalente in Val Po al 28.7%. Tale risultato trova conferma dalla rielaborazione dei dati scheletrocronologici risalenti al periodo 1992-93. In quel caso la differenza del numero medio di LAC registrato per le femmine gravide (13.9) e le femmine non gravide (10.5) corrisponde esattamente a 3.4 anni. Essendo le LAC linee deposte annualmente, la differenza su valori medi è avulsa dall'errore caratteristico del conteggio, e può essere considerata in anni.

Su un campione di 58 femmine corpulente catturate in Val Germanasca nel periodo precedente l'alluvione (dal 1996 al 1999), 19 sono risultate con piccoli ben sviluppati determinando una percentuale di femmine gravide del 32.7% corrispondente ad una durata della gestazione di 3.06 anni. Questo ordine di grandezza è confermato anche dall'analisi scheletrocronologica: la differenza fra l'età media delle femmine gravide (11.2 anni) e le femmine non gravide (8.1 anni), corrisponde infatti a 3.1 anni. L'esame radiografico ripetuto su un campione di femmine adulte catturate nel 2001, ad inizio stagione, ha nuovamente confermato gli stessi risultati: su 33 femmine radiografate, 11 sono risultate gravide (33%), per una durata della gestazione corrispondente a 3 anni esatti.

Esemplare	Data	Metodo	N° piccoli	Formula larvale
4DFFE4	15/07/1996	RX	4	4:2(1,1)+2(1,1)
9702B7	16/07/1996	RX	3	3:2(1,1)+1(1,0)
160825	16/07/1996	RX	5	5:2(1,1)+3(3,0)
F6A24B	05/07/1997	RX	3	3:1(0,1)+2(0,2)
637560	05/07/1997	RX	1	1:0(0,0)+1(1,0)
F85AFD	05/07/1997	RX	3	3:1(1,0)+2(0,2)
4E74D6	06/07/1997	RX	2	2:1(1,0)+1(0,1)
129F8FD	14/07/1997	RX	2	2:1(1,0)+1(0,1)
12B09D6	14/07/1997	RX	2	2:1(0,1)+1(1,0)
4F8F1A	15/07/1997	RX	2	2:1(0,1)+1(1,0)
76888C	25/07/1997	RX	3	3:2(1,1)+1(0,1)
967DC5	25/07/1997	RX	2	2:1(1,0)+1(0,1)
1D3309E	04/06/1999	RX + nascita	2	2:1(0,1)+1(0,1)
635AAB	04/06/1999	RX + nascita	3	3:2(1,1)+1(0,1)
143B8F7	05/06/1999	RX + nascita	4	4:2(1,1)+2(2,0)
144DD45	10/06/1999	RX + nascita	3	3:1(0,1)+2(1,1)
76888C	19/06/1999	RX + nascita	3	3:2(2,0)+1(0,1)
635AAB	03/06/2001	RX	3	3:2(1,1)+1(0,1)
12A754D	03/06/2001	RX	6	6:3(3,0)+3(2,1)
129A2BD	03/06/2001	RX	1	1:1(0,1)+0(0,0)
1D2E331	03/06/2001	RX + nascita	4	4:2(2,0)+2(1,1)
1D322A4	13/06/2001	RX	4	4:2(1,1)+2(1,1)
4ED32B	13/06/2001	RX	4	4:2(1,1)+2(1,1)
129FFB6	13/06/2001	RX	6	6:3(3,0)+3(1,2)
19D354	13/06/2001	RX	4	4:2(2,0)+2(1,1)
129ACD4	13/06/2001	RX	5	5:3(1,2)+2(2,0)
1D37633	13/06/2001	RX	2	2:1(0,1)+1(0,1)
124D56A	13/06/2001	RX	2	2:2(2,0)+0(0,0)

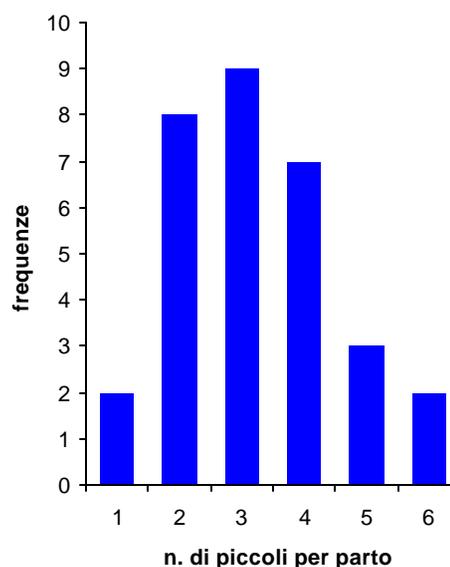


Figura 28. Distribuzione del numero di piccoli partoriti, sulla base di dati ottenuti per la Val Germanasca nel periodo 1996 – 2001 (RX = diagnosi con radiografia; nascita = diagnosi in seguito a parto ottenuto in cattività).

Mediando i valori ottenuti con diversi metodi, la durata della gestazione alla quota di 1550 m della Val Germanasca si attesta intorno ai tre anni (3.05; SD = 0.05). Salendo alla quota di 2020 m della Val Po si osserva che per portare a compimento il ciclo riproduttivo occorrono quasi tre anni e mezzo (3.45; SD = 0.07), con una differenza di 0.4 anni corrispondenti ad un incremento temporale del 13%.

In Val Germanasca, la disponibilità di una lunga serie di dati ha consentito di ripetere l'analisi di fecondità su alcune femmine a distanza di anni. Due femmine gravide sono state riconfermate gravide dopo solo di 2 anni. Ciò testimonia che all'interno della popolazione esiste la possibilità di un ciclo biennale. E' capitato anche (due casi) di radiografare le stesse femmine a distanza di tre anni trovandole solo in un'occasione con piccoli sviluppati. Tali indicazioni suggeriscono che il ciclo triennale non sia sempre rispettato, ma che si tratti di un valore medio, e non di una costante rispettata da tutti gli individui. Non si sa ad esempio, se la durata della gestazione vari in funzione dell'età o delle dimensioni della madre o del numero di piccoli.

Popolazione	Periodo di studio	Gravide	Durata con metodo radiografico	Durata con scheletrocronologia
Val Po	1992-93	29.4%		3.4
Pian del Re	2004	28.7%	3.5	
	1996-99	32.7%	3.1	
Val Germanasca	1996-1999	32.3%		3.1
Ribba	2001	33.0%	3	

Durata della gestazione (in anni) e frazione di femmine gravide, calcolate col metodo radiografico e scheletrocronologico.

Definendo come **fecondità** il numero medio di piccoli generati annualmente da ogni femmina e come **natalità** il numero di piccoli generati annualmente dall'intera popolazione (tasso di reclutamento annuo), la fecondità si ottiene dal rapporto fra il numero medio di piccoli per parto e la durata della gestazione (p.e. 3 piccoli ogni 3 anni = fecondità di un piccolo l'anno), mentre la natalità si ottiene moltiplicando la fecondità per il numero di femmine in età riproduttiva (p.e. fecondità 1 x 30 femmine = 30 natalità).

Per la popolazione della Val Germanasca si riscontrano valori di fecondità di circa 1.08 piccoli per femmina all'anno. La natalità prima dell'alluvione, considerando una popolazione adulta stimata di 733 individui, dei quali 374 femmine in base al valore della sex-ratio, risulta di 402 salamandre nate annualmente. La natalità iniziale dopo l'alluvione, conseguentemente alla riduzione della popolazione a 414 esemplari adulti di cui 207 femmine, si riduce a 223 nuovi individui ogni anno.

Per quanto riguarda la popolazione della Val Po la fecondità corrisponde a 0.94 piccoli per femmina all'anno, mentre la natalità, partendo da una popolazione adulta stimata intorno ai 1653 effettivi, di cui 827 femmine, risulta di 773 giovani salamandre.

Unendo i risultati dell'analisi scheletrocronologica con quelli sulla fecondità qui presentati, è anche possibile stabilire il **potenziale riproduttivo individuale**, ossia il contributo dato da ogni femmina alla crescita della popolazione nell'arco della propria vita. Considerando l'attesa di vita, ciascuna femmina appartenente alla popolazione della Val Germanasca dispone di soli 4 anni per riprodursi (differenza fra età media ed età della maturità sessuale) durante i quali è in grado di generare mediamente 4.3 piccoli. Una femmina della Val Po dispone per

contro di 5 anni per esprimere il proprio potenziale riproduttivo, durante i quali può generare in media 4.7 piccoli.

Popolazione	N. di piccoli	Durata della gestazione	Fecondità	Natalità	Potenziale riproduttivo
Val Germanasca (Ribba)	3.2	3.1	1.1	402	4.3
Val Po (Pian del Re)	2.9	3.5	0.9	773	4.7

Principali parametri legati alla fecondità e alla produttività.

I risultati di precedenti studi, anche ad opera degli scriventi, suggerivano che la quota altimetrica non influenzasse in modo evidente la durata della gestazione, poiché questa per la popolazione della Val Po risultava non differire significativamente dal valore di 3 anni della popolazione della Val Germanasca. Un riesame dei dati scheletrocronologici, opportunamente purificati da evidenti errori di lettura, ha invece svelato per la popolazione della Val Po una durata del ciclo riproduttivo superiore. A seguito della conferma ottenuta col metodo radiografico, applicato ex-novo, si è stabilita una durata della gestazione di 3.45 anni, assumendo invece che la riduzione del ritmo di attività stagionale, conseguente l'elevazione in quota, ha influenza sul tempo necessario allo sviluppo embrionale e larvale.

La fecondità risulta di conseguenza un parametro dipendente dall'altitudine, che si riduce salendo di quota. L'aumento della longevità sarebbe la risposta adattativa messa in atto dalla specie per far fronte alla perdita di fecondità. Si può infatti notare che il potenziale riproduttivo complessivo delle femmine della Val Po supera quello della Val Germanasca, contrariamente al valore di fecondità. Ciò è dovuto al generale allungamento del periodo di fecondità conseguente l'allungamento della durata della vita, necessario anche per compensare la maggiore mortalità riscontrata nei neonati (come si vedrà nel seguito).

Salamandra lanzai possiede certamente una grande plasticità riproduttiva, superiore a quella ad esempio dell'affine *S. atra*. La specie potrebbe pertanto essersi evoluta in un ambiente instabile conservando ancor oggi i presupposti per una certa capacità di ricolonizzazione e di risposta a situazioni di stress ambientali. Tuttavia non è ancora noto se la fecondità sia un fattore densità dipendente oltre che sensibile alle variazioni altitudinali.

ANALISI SCHELETRONOLOGICA

L'analisi scheletrocronologica condotta nell'ambito di questo studio riguarda principalmente il campione della Val Germanasca raccolto nel 2003. Per eseguire un confronto con la popolazione della Val Po sono stati utilizzati i dati scheletrocronologici degli inizi anni '90, opportunamente ri-analizzati, mentre il confronto fra la situazione prima e dopo l'alluvione del 2000 in Val Germanasca, è stato possibile grazie alla disponibilità di dati raccolti fra il 1995 e il 1997. A differenza della Val Germanasca, in Val Po non è stata eseguita una nuova analisi scheletrocronologica nel 2004 in quanto, non essendosi verificate modificazioni ambientali evidenti, le circostanze non hanno reso necessario un aggiornamento dei dati. Tuttavia, durante l'attività di ricerca in campo, è stato ugualmente raccolto un campione tissutale utile ad eventuali futuri approfondimenti.

Il metodo scheletrocronologico applicato alle falangi prossimali, per le finalità da noi perseguite, è risultato sufficientemente preciso, e ha consentito l'estrapolazione di numerosi parametri biologici e demografici utili alla caratterizzazione delle singole popolazioni e alla realizzazione di analisi più approfondite, come la derivazione di curve di mortalità, l'analisi di vitalità delle popolazioni (PVA) e la stima della popolazione complessiva (giovani e adulti).

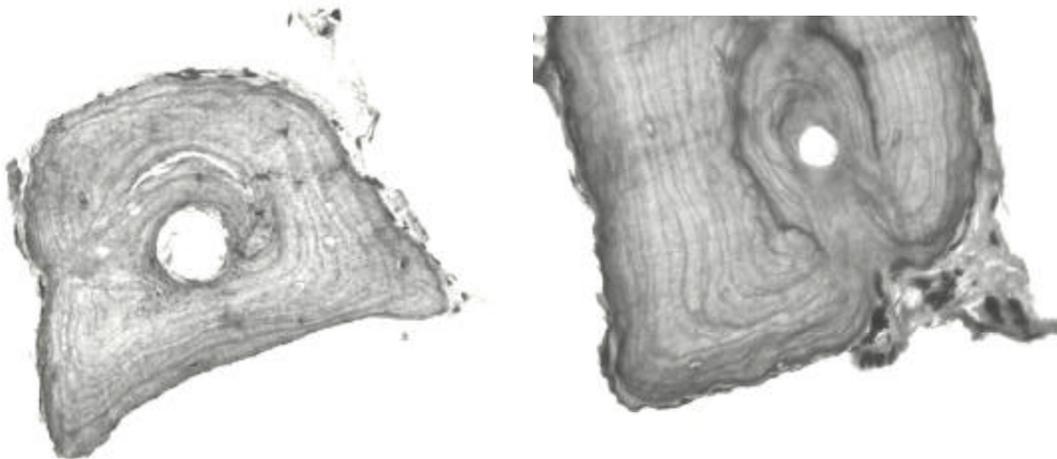


Figura 29. Sezioni di falange di due esemplari di *Salamandra lanzai* della Val Germanasca, analizzate al microscopio ottico. In entrambe sono visibili le LAC, nonché la presenza di osso endostale originato per deposizione secondaria.

Analisi e utilizzo dei dati.

L'analisi scheletrocronologica, attraverso il conteggio delle LAC, ha consentito di attribuire l'età individuale ad un campione di esemplari adulti per ciascuna popolazione. Gli individui immaturi sono stati analizzati solo occasionalmente, sia perché sono più difficili da contattare sul terreno, sia perché nei soggetti giovani l'analisi microscopica e la preparazione dei supporti risulta difficile per la ridotta estensione delle falangi. Per calcolare la mortalità corrispondente ad ogni età, è tuttavia necessario disporre di una curva demografica completa, e conoscere il valore degli effettivi di ogni classe d'età; compresi quindi i giovani e gli individui di età zero, che corrispondono al numero di piccoli attesi ogni anno dalle nascite (tasso di reclutamento annuo). Se quest'ultimo è un valore facilmente ricavabile conoscendo il numero di femmine che si riproducono annualmente e il numero medio di piccoli partoriti (si veda il capitolo precedente dedicato all'analisi di fecondità), per quanto riguarda la popolazione giovanile, dal primo anno fino al raggiungimento della maturità sessuale, è stato necessario dapprima colmare il vuoto dei dati sperimentali.

La funzione logaritmica ad andamento decrescente è risultata essere la curva di regressione più adatta per raccordare i valori degli effettivi di età zero con quello degli adulti, ottenuti per via sperimentale. Partendo a questo punto dalla formula della curva di regressione e sostituendo alla variabile indipendente (x) i valori di età delle classi giovanili, si sono ottenuti i valori di abbondanza mancanti (y), che hanno consentito di conoscere la struttura di popolazione completa, di calcolare la mortalità per ciascuna classe di età e di quantificare la popolazione totale, comprensiva di giovani, adulti e subadulti di entrambe i sessi (tabella seguente).

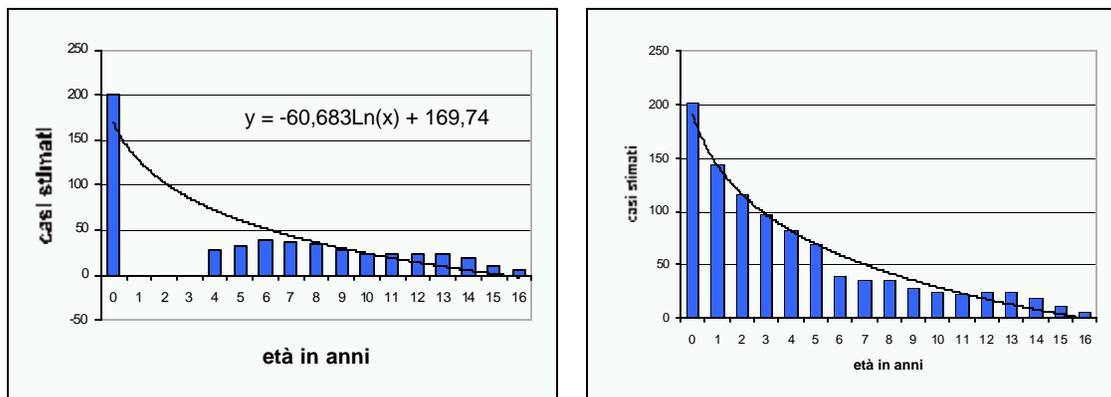


Figura 30. Struttura di età nei maschi di *Salamandra lanzai* della Val Germanasca prima dell'alluvione. Nel grafico di sinistra è evidente la lacuna dei dati sperimentali, corrispondente alla classi di età 1, 2 e 3,. Nel grafico di destra la struttura d'età, compensata in base alla formula di regressione logaritmica calcolata sul set di dati sperimentali della figura precedente ($y = A \cdot \ln [x] + B$; dove y corrisponde al numero di effettivi di età x, mentre A e B sono costanti caratteristiche di ogni popolazioni in un dato istante).

Tabelle di sopravvivenza.

Valori relativi a: A) *Popolazione della Val Germanasca prima dell'alluvione, dati 1996 e 1997*; B) *Popolazione della Val Germanasca dopo l'alluvione, 2003*; C) *Popolazione della Val Po, dati 1992*.

	MASCHI						FEMMINE				
	x	a _x	l _x	d _x	q _x	q _x (cum)	a _x	l _x	d _x	q _x	q _x (cum)
A	0	20	201	58	0.29		17	201	57	0.28	
	1		143	27	0.19	0.21		144	27	0.19	0.21
	2		116	19	0.17			117	19	0.17	
	3		97	15	0.15			97	15	0.16	
	4	3	82	12	0.15		3	82	12	0.15	
	5	3	70	30	0.43		3	70	34	0.48	
	6	4	40	3	0.08		3	36	1	0.04	
	7	4	37	1	0.03		3	35	-3	-0.08	
	8	4	35	7	0.19		3	38	5	0.14	
	9	3	29	4	0.15		3	32	0	0.00	
	10	2	24	1	0.05	0.19	3	32	5	0.17	0.19
	11	2	23	-1	-0.05		2	27	1	0.05	
	12	2	24	0	0.00		2	25	7	0.26	
	13	2	24	6	0.23		2	19	5	0.29	
	14	2	19	8	0.41		1	13	5	0.40	
	15	1	11	6	0.50		1	8	4	0.50	
	16	1	6	6	1.00		0	4	4	1.00	
B	0	17	111	29	0.26		15	111	32	0.29	
	1		83	17	0.20	0.21		79	19	0.23	0.25
	2		66	12	0.18			61	13	0.22	
	3		54	9	0.17			48	10	0.21	
	4	1	45	8	0.17		1	38	8	0.22	
	5	2	37	6	0.17		2	29	7	0.24	
	6	3	31	6	0.18		2	22	1	0.03	
	7	4	25	-10	-0.41		3	21	-3	-0.15	
	8	5	36	-4	-0.10		3	25	-3	-0.13	
	9	6	39	-4	-0.09		4	28	0	0.00	
	10	6	43	7	0.16	0.13	4	28	4	0.15	0.14
	11	5	36	3	0.08		3	24	6	0.24	
	12	5	33	16	0.47		2	18	5	0.27	
	13	3	18	9	0.50		2	13	5	0.38	
	14	1	9	9	1.00		1	8	4	0.50	
	15	0	0	0			1	4	3	0.80	
	16	0	0	0			0	1	1	1.00	
C	0	33	387	139	0.36		43	387	142	0.37	
	1		248	40	0.16	0.20		244	42	0.17	0.21
	2		207	29	0.14			203	30	0.15	
	3		179	22	0.12			173	23	0.13	
	4		157	18	0.12		1	150	19	0.12	
	5		138	15	0.11		3	131	16	0.12	
	6	4	123	13	0.11		6	116	14	0.12	
	7	5	110	12	0.11		7	102	12	0.12	
	8	6	98	10	0.11		8	90	11	0.12	
	9	6	88	10	0.12		8	79	-12	-0.15	
	10	7	77	-5	-0.07		10	91	-7	-0.08	
	11	7	83	3	0.03		11	98	5	0.05	
	12	7	80	12	0.15		10	93	25	0.27	
	13	6	68	14	0.21		7	68	25	0.37	
	14	5	54	8	0.15	0.12	5	42	16	0.38	0.13
	15	4	46	5	0.11		3	26	3	0.12	
	16	3	41	8	0.19		3	23	3	0.13	
	17	3	33	9	0.28		2	20	3	0.15	
	18	2	24	9	0.39		2	17	6	0.35	
	19	1	14	4	0.27		1	11	2	0.18	
	20	1	10	4	0.38		1	9	2	0.22	
	21	1	7	1	0.20		1	7	1	0.14	
	22	0	5	5	1.00		1	6	6	1.00	

x = età all'inizio dell'intervallo di tempo considerato; a_x = effettivi osservati per ciascuna età x; l_x = effettivi calcolati per ciascuna età x, considerando che gli effettivi della coorte più giovane (individui di età 0) corrispondano al tasso di reclutamento annuo (Rm) della popolazione stimata (l_x = a_x * Rm / a_{x0}); d_x = numero di dispersi in ogni intervallo di tempo (d_x = l_x - l_{x+1}); q_x = tasso di mortalità fra l'età x e l'età x+1 (q_x = d_x / l_x); q_x e la probabilità di morte uguale a 1 - p_x dove p_x è la probabilità di sopravvivenza. I valori di q_x non sono additivi: la somma dei q_x non equivale ad un tasso di mortalità nel corso del periodo di tempo considerato (x). Q_x (cum) = valori di mortalità cumulativi calcolati per la popolazione giovanile e per la popolazione adulta. In rosso i valori ricavati graficamente in base alla curva di regressione logaritmica.

La costruzione delle precedenti tabelle di sopravvivenza ha richiesto dati di sintesi risultati da diverse discipline affrontate in questa ricerca. Partendo dalla stima della popolazione adulta (ottenuta attraverso il metodo di cattura, marcatura e ricattura applicando il software CAPTURE), dal valore della sex ratio (calcolato in base ai dati di campo), dai risultati dell'analisi scheletrocronologica che hanno consentito di definire la proporzione di animali in ogni classe d'età e conoscendo il tasso di natalità specifica ricavato dagli studi di fecondità, è stato possibile definire la struttura delle popolazioni, rappresentarla graficamente (figura seguente) e calcolare la dimensione totale di ogni popolazione (giovani più adulti di entrambe i sessi) come somma degli effettivi di tutte le età. La numerosità della popolazione in Val Po è quindi risultata di 3689 salamandre, quella della Val Germanasca prima dell'alluvione di 1560 e dopo di 1002 esemplari complessivamente.

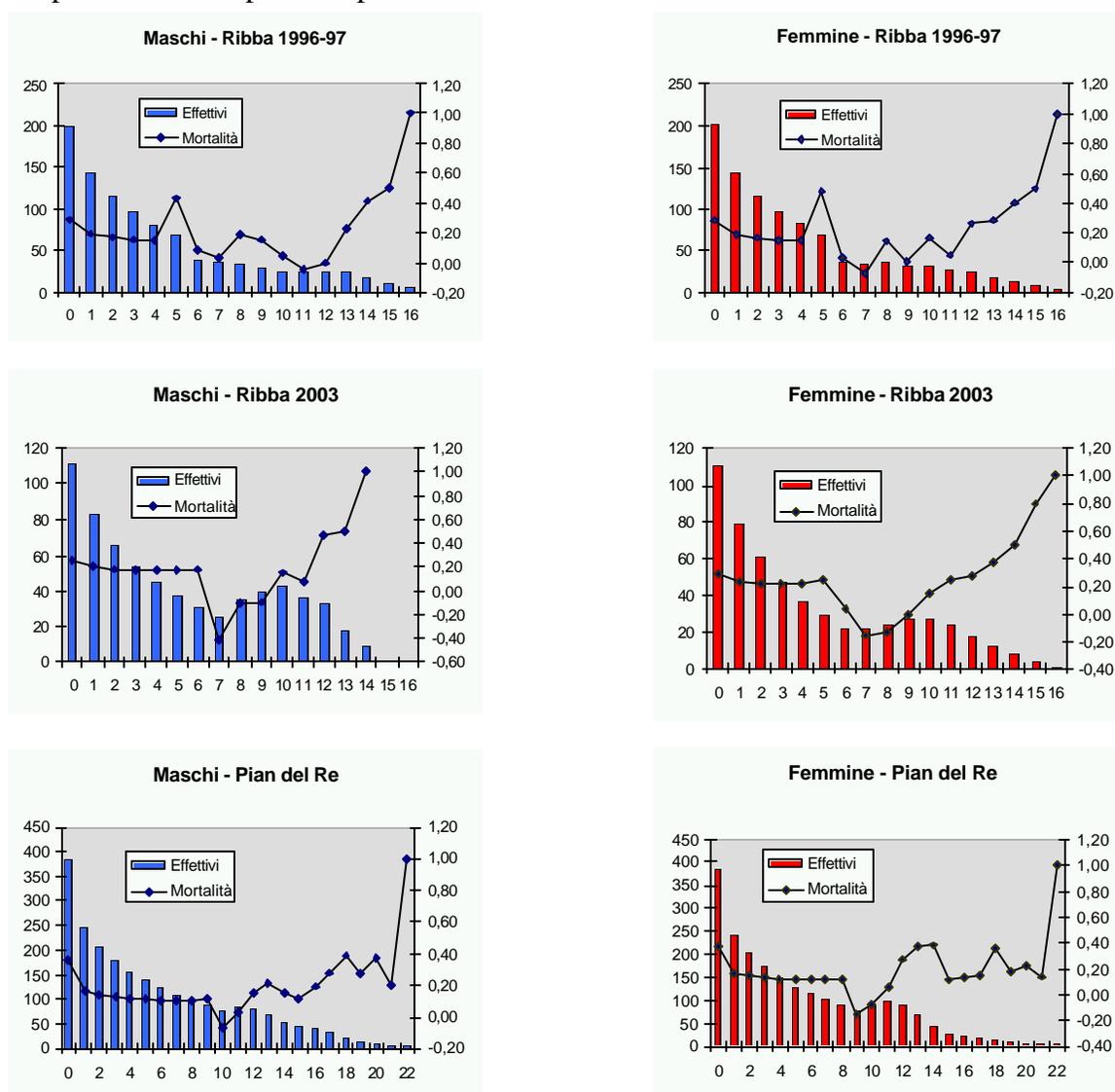


Figura 31. Struttura di popolazione: Gli istogrammi rappresentano la distribuzione degli effettivi in ogni classe di età (curva demografica) mentre la linea spezzata unisce i corrispettivi valori di mortalità calcolati fra una classe di età e quella successiva (curva di mortalità). La popolazione della Val Germanasca è analizzata prima (1996-97) e d cx<l'alluvione (2003); la popolazione della Val Po fa riferimento al campione scheletrocronologico raccolto nel 1992.

Confronto fra popolazioni.

Dal confronto dei dati pregressi relativi alle due popolazioni studiate, emerge una differenza altamente significativa fra l'età media della popolazione della Val Germanasca, posta a quota 1550 m, e quella del Pian del Re in Val Po, localizzata intorno alla quota altimetrica di 2020 m circa. Il valore del test T di Student risulta 3.460 per i maschi ($p \leq 0.01$) e 4.061 per le femmine ($p \leq 0.01$). Non risulta invece esserci una differenza significativa nell'età media dei maschi e delle femmine in entrambe le popolazioni.

Popolazione studiata	Quota metri	età alla maturità sex		età media degli adulti		età massima	
		M	F	M	F	M	F
Ribba	1550	4	4	8.5 ± 3.5	8.0 ± 3.4	16	16
Pian del Re	2020	6	6	11.5 ± 3.8	10.9 ± 3.6	22	22

Valori di età alla maturità sessuale, età media e di longevità valutati per la popolazione della Val Germanasca prima dell'alluvione e al Pian del Re (Val Po). M = maschi; F = femmine.

L'età risulta essere un parametro strettamente correlato con la quota. Questo fatto è stato osservato anche rispetto ad altre popolazioni di *Salamandra lanzai* in territorio francese e in altre specie della stessa famiglia. Differenze sostanziali si rilevano conseguentemente anche sulla longevità, che raggiunge i 22 anni a 2000 m e 16 anni a 1550 m (il limite noto per la specie è di 24 anni registrato in una popolazione della Valée du Guil a 2200 m) e nella rapidità con cui viene raggiunta la maturità sessuale: 4 anni in Val Germanasca, contro 6 anni necessari per le salamandre della Val Po.

La spiegazione del fenomeno risiede nel fatto che condizioni ambientali più estreme, come quelle caratteristiche dell'ambiente in alta quota, comportano la riduzione del periodo di attività stagionale e di conseguenza determinano un rallentamento di tutti i processi vitali e soprattutto di crescita. Il periodo utile allo svolgimento dei processi metabolici fondamentali si riduce da 4/5 mesi a 3/4 mesi passando dai 1550 ai 2020 m di quota. Come risposta adattativa si osserva una tendenza all'aumento della longevità che consente agli adulti di compensare il minor tempo a disposizione annualmente e di contribuire parimenti al mantenimento di popolazioni vitali col giusto apporto di prole.

Dalla tabella di sopravvivenza si può infatti osservare che negli adulti della Val Po, per i quali l'attesa di vita è superiore rispetto agli adulti della Val Germanasca, la mortalità cumulata (q_x (cum)) è minore. In popolazioni stabili, la maggior longevità, ovvero l'allungamento di una fase della vita, corrisponde ad una riduzione della mortalità nel periodo considerato. La stessa tendenza non si osserva però nei giovani che sembrano denotare la stessa mortalità complessiva in entrambe le popolazioni, benché il periodo di immaturità al Pian del Re sia di due anni più lungo. A influenzare questo andamento nei giovani è la sopravvivenza durante il primo anno di vita che, all'opposto della tendenza generale, risulta inferiore nella popolazione di alta quota rispetto a quella di bassa quota (63-64% contro 71-72%). Il fatto che la produttività delle femmine aumenti con la quota, in relazione all'allungamento della vita e quindi all'aumento dei cicli riproduttivi portati a compimento, si spiegherebbe con la necessità di compensare la minore sopravvivenza inferta dal rigore dell'ambiente naturale proprio durante il primo anno di vita. Nei grafici precedenti si può osservare la composizione per classi d'età delle popolazioni analizzate. La pendenza iniziale della curva demografica è evidentemente maggiore per la popolazione della Val Po.

Variazioni nella popolazione della Val Germanasca a seguito della piena.

A seguito delle modificazioni ambientali legate all'alluvione del 2000 e alle successive fasi di arginatura del torrente, la popolazione di *Salamandra lanzai* ivi residente ha registrato evidenti mutamenti sia nella composizione e nella struttura demografica, sia soprattutto nell'abbondanza/densità di individui.

La stima eseguita mediante il metodo cattura, marcatura e ricattura sui soli adulti ha infatti svelato una riduzione del 44% passando da 733 esemplari a 414. Un decremento del 36% si è invece osservato sulla popolazione totale ricostruita in base alla curva demografica, passando dai 1560 effettivi prima dell'alluvione a 1002 dopo. Questa apparente discrepanza è dovuta al fatto che la struttura della popolazione a seguito della piena è risultata sbilanciata con un picco di adulti intorno alla classe di età 10, molto più accentuato nei maschi che nelle femmine. Ciò ha inevitabilmente condizionato la ricostruzione grafica della struttura giovanile, attuata attraverso la regressione logaritmica. La popolazione giovanile virtuale, ossia quella che meglio si raccorda fra il tasso di reclutamento annuo calcolato e l'abbondanza degli adulti stimata, è verosimilmente risultata più numerosa di quella reale. Per queste ragioni è da ritenersi più realistico il declino sancito dalla stima della popolazione adulta, prossimo al dimezzamento.

Per quanto riguarda gli adulti i valori riportati evidenziano una diminuzione della mortalità nel secondo periodo di studio (2003) rispetto al primo (1996-97). Ciò è dovuto all'apparente flessione subita dagli effettivi di alcune classi d'età, come risulta dai grafici, e non all'aumento dell'attesa di vita. L'andamento demografico riscontrato non è tuttavia sufficiente a stabilire se la piena possa aver colpito maggiormente soggetti giovani o appartenenti a determinate categorie di sesso o di età. Parimenti sembrerebbe inverosimile attribuire il massimo degli effettivi riscontrato intorno ai 10 anni come una fluttuazione della popolazione correlabile all'evento analizzato. Al massimo segue infatti un minimo intorno ai 7 anni che, se fosse dovuto alla piena del 2000, poiché lo studio è stato condotto nel 2003, si sarebbe dovuto riscontrare a partire dagli effettivi di tre anni e successivi.

L'età media dei maschi è sensibilmente diminuita mentre quella delle femmine è aumentata visivamente, nonostante dal punto di vista statistico le variazioni osservate non risultino significative ($t = 0.30$ con $P = 0.38$ per i maschi; $t = 1.50$ con $P = 0.070$ per le femmine). Non ci sono invece ragioni per sostenere che i valori di età estremi come la longevità o l'età della maturità sessuale, legati all'eco-fisiologia della specie, possano essere variati.

Popolazione studiata	anno	media		SD		Numero di esemplari analizzati	
		M	F	M	F	M	F
Ribba pre-alluvione	1996-97	8.5	8.0	3.5	3.4	36	31
Ribba post-alluvione	2003	8.3	9.2	1.9	2.5	31	28

Età degli adulti di *Salamandra lanzai*, prima (1996-97) e dopo (2003) l'alluvione che ha colpito la popolazione della Val Germanasca (15-16 ottobre 2000). M = maschi; F = femmine.

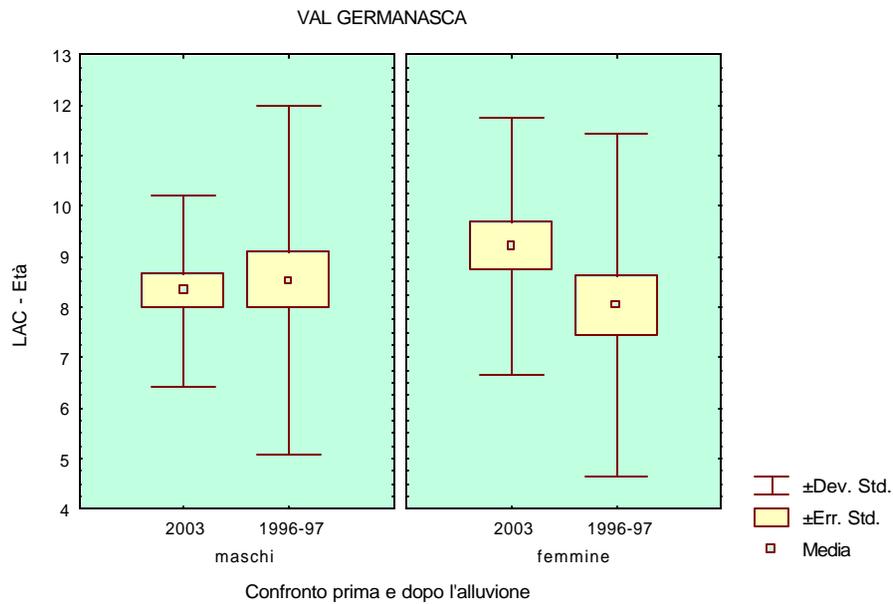


Figura 32. Il grafico dell'et  media dei maschi e delle femmine di *Salamandra lanzai*, calcolata prima (1996-97) e dopo (2003) l'alluvione della Val Germanasca. Le maggiori differenze si riscontrano a carico delle femmine bench  non risultino statisticamente significative.

In sintesi, dal punto di vista scheletrocronologico e dell'et  si registrano differenze non eccessive che possono rientrare all'interno del campo di variabilit  dei parametri misurati. Tuttavia la particolare circostanza, in accordo con l'esito maggiormente evidente di altre analisi, lascia supporre che anche queste modificazione siano una conseguenza di quanto accaduto.

Popolazione di Ribba (Val Germanasca)

Per comprendere il danno subito dalla popolazione in esame a seguito dell'evento alluvionale del 2000 e per prevedere l'andamento della popolazione in futuro, sono stati impostati alcuni scenari, ciascuno finalizzato a tracciare l'andamento della popolazione in differenti situazioni: teoriche, reali o ipotetiche.

Scenario n.1 – Popolazione teorica

E' riportata la tendenza della popolazione in condizioni "normali". I valori e l'andamento sono stati dedotti dallo studio di popolazione condotto prima dell'evento catastrofico (alluvione) ossia nel 1996 e 1997), durante il quale sono stati registrati i massimi valori di densità e di fecondità, presumibilmente in assenza di perturbazioni ambientali che ne potessero influenzare considerevolmente l'equilibrio. Tutti i parametri inseriti nel modello: abbondanza, struttura, mortalità, fecondità ecc, si riferiscono al periodo precedente l'alluvione. La popolazione iniziale conta complessivamente 1560 individui ed è prossima alla capacità portante dell'ambiente; essa è caratterizzata da una struttura equilibrata con individui correttamente ripartiti fra le classi d'età e fra i due sessi.

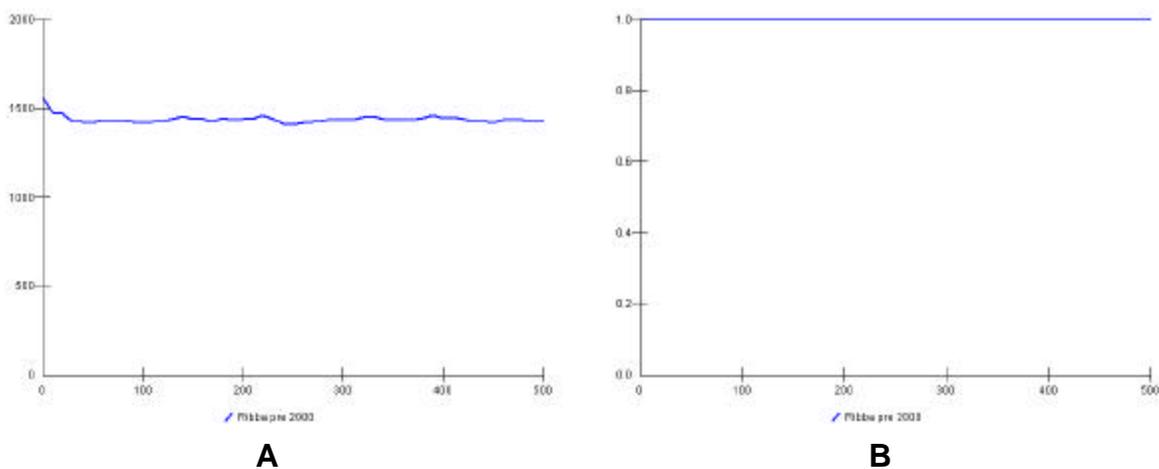


Figura 33. Andamento teorico. Popolazione di *Salamandra lanzai* della Val Germanasca studiata negli anni 1996 e 1997. A. Curva demografica (andamento demografico medio), B. Probabilità di sopravvivenza nel periodo di tempo considerato (500 anni) (media della probabilità di sopravvivenza anno per anno)

L'andamento simulato denota grande stabilità nel tempo e registra lievi oscillazioni intorno al valore di 1500 esemplari. La probabilità di sopravvivenza è massima per tutto il periodo considerato, su 100 simulazioni eseguite nessuna è andata incontro ad estinzione ($P_{sopravvivenza} = 1.00$ SE = 0.00; $P_{estinzione} = 0.00$ SE = 0.00). Al termine del periodo simulato la popolazione risulta mediamente composta da 1432.54 esemplari (12.54 SE; 125.40 SD), così composta:

Età (anni)	giovani			adulti	Totale
	1	2	3	> 4	
Maschi	140.0	112.9	92.3	370.4	715.6
Femmine	139.8	112.9	94.2	370.0	716.9

Struttura d'età per la prima simulazione, sulla base dei dati pre-alluvione.

L'andamento regolare risultato dai parametri popolazionali utilizzati e l'esclusione dei fattori stocastici dalla simulazione, ci portano a considerare questo tracciato come l'andamento teorico ottimale, base di confronto fondamentale per comprendere le variazioni conseguenti gli eventi casuali, come le calamità naturali, e causali quali le manipolazioni antropiche, considerate nelle simulazioni seguenti

Scenario n.2 – Effetto della catastrofe 2000

Dinamica a lungo termine finalizzata alla verifica della reazione della popolazione alla calamità dell'ottobre 2000. Si è partiti dai parametri biologici e popolazionali rilevati in condizioni normali prima dell'alluvione. In base ai risultati della stima di popolazione eseguita prima e dopo l'alluvione, il danno complessivo è stato valutato con una perdita del 50% circa rispetto al valore iniziale della popolazione. Le cause di questa riduzione sono attribuibili in parte all'alluvione e in parte al successivo immediato intervento antropico lungo le sponde del torrente e in alveo. Considerando la portata della piena e l'azione erosiva esercitata dalle acque, che ha causato una cospicua porzione di perdite, e allo stesso tempo l'imponenza e l'impatto delle opere compiute con mezzi meccanici, si sono attribuite 50% delle perdite per ciascun fenomeno: 1) **alluvione come evento naturale**; 2) **intervento antropico successivo**

Questi due impatti saranno analizzati nelle due simulazioni successive. In questa simulazione, finalizzata invece alla stima dei tempi di recupero del danno provocato in conseguenza all'evento alluvionale del 2000, si è valutato il loro effetto cumulato isolato da eventi analoghi ripetuti nel tempo. Si è dunque escluso dal calcolo la possibilità che altri eventi catastrofici, di qualsiasi tipo, intervengano fintanto che il contingente iniziale si sia completamente ristabilito.

L'effetto della catastrofe è stato simulato attraverso la perdita del 50% circa degli effettivi sotto forma di prelievo, ripartiti in individui giovani, adulti, maschi e femmine proporzionalmente alla struttura della popolazione e considerando una riduzione della capacità portante valutata intorno al 20%. La perdita di capacità portante risulta principalmente attribuibile alle alterazioni ambientali indotte dalle opere di sistemazione idraulica realizzate in seguito all'alluvione. Tuttavia, escludendo successive manomissioni dell'habitat dovute ad esempio alla manutenzione delle opere di protezione, la capacità portante potrebbe recuperare il valore perduto nel medio-lungo periodo, per effetto del dinamismo fluviale. Nella simulazione si è tenuto conto di un recupero quasi totale nell'arco di 100 anni.

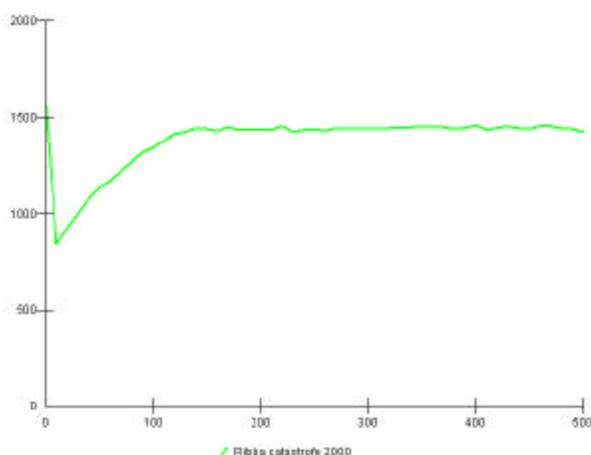


Figura 34.

Effetto cumulato nell'andamento demografico medio della doppia catastrofe corrispondente all'evento alluvionale del 14-15 ottobre 2000. La popolazione in condizioni ideali recupera i contingenti iniziali in circa 100 anni.

Come si può notare dal grafico, il numero degli effettivi, dopo una drastica riduzione iniziale, coincidente con l'effetto cumulato della doppia catastrofe, mostra una tendenza positiva e impiega più di un secolo per recuperare il proprio valore, in accordo col basso tasso riproduttivo della specie.

Su 100 simulazioni per 500 anni nessuna si è estinta, bensì tutte hanno avuto successo (P sopravvivenza = 1.00 SE = 0.00; P estinzione = 0.00 SE = 0.00). La popolazione finale stimata risulta in media composta da 1421.99 individui (8.35 SE; 83.50 SD) ed è così strutturata:

Età (anni)	1	Giovani 2	3	adulti > 4	Totale
Maschi	137.3	111.8	91.9	370.8	711.8
Femmine	139.5	112.5	92.7	365.6	710.2

Struttura di popolazione per la seconda simulazione, sulla base dei dati post-alluvione.

Durante il periodo su cui si è manifestata la catastrofe il valore medio del tasso di crescita (r) è stato -0.6631 (0.0039 SE, 0.0391 SD); nel periodo successivo prima del raggiungimento della capacità portante è risultato 0.0077 (0.0001 SE; 0.0222 SD).

Scenario n. 3 – Alluvioni ripetute (popolazione reale)

Tendenza della popolazione di *Salamandra lanzai* della Val Germanasca nella situazione in cui periodicamente si possono verificare alluvioni di entità pari a quella del 14-15 ottobre 2000 (prima catastrofe), escludendo gli effetti della successiva canalizzazione dell'alveo (seconda catastrofe). Il rischio di esondazioni per il Torrente Germanica è stato stimato dalla Provincia di Torino con tempi di ritorno inferiori a 50 anni[‡].

I parametri popolazionali e biologici utilizzati sono quelli riscontrati in condizioni di stabilità, prima dell'alluvione (scenario 1). In questo scenario non si considera la catastrofe all'istante $t(0)$, come nello scenario 2, bensì viene impostata una probabilità che questa annualmente si verifichi pari al 2%. Viene quindi simulata la risposta della popolazione teorica in presenza di alluvioni ripetute mediamente ogni 50 anni, al fine di ricavare l'andamento della popolazione reale.

[‡] http://www.provincia.torino.it/protciv/iper/parte1/inquadr_territ/asset_idr.htm

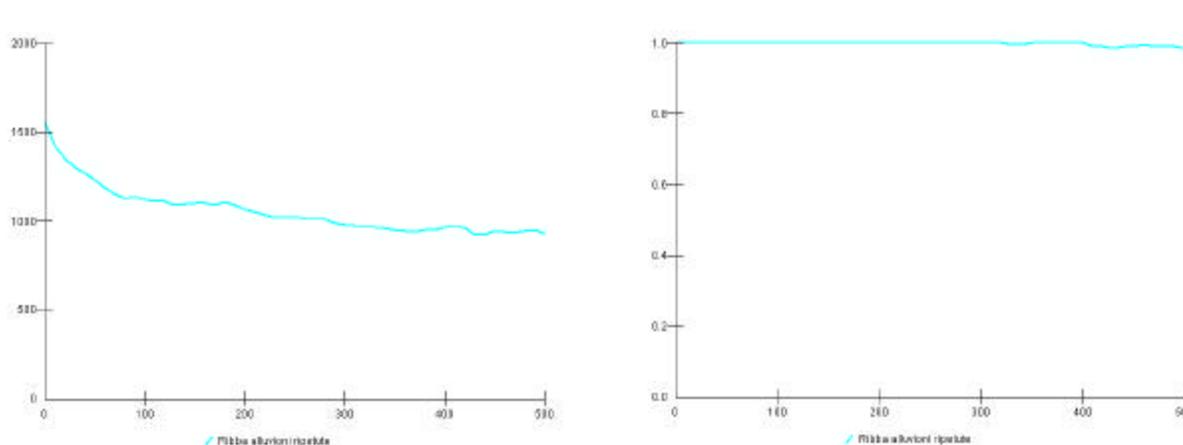


Figura 35. Andamento reale. La popolazione teorica in questo caso è posta in relazione ad episodi alluvionali di ingente entità, quali naturalmente si verificano. In base alla simulazione l'equilibrio si stabilisce intorno ai 1000 individui. Il tracciato evidenzia la situazione media di 200 simulazioni. A sinistra l'andamento demografico medio, a destra la media della probabilità di sopravvivenza calcolata anno per anno.

La popolazione in presenza di calamità naturali periodiche tende verso una dimensione di circa 1000 individui. Su 200 simulazioni eseguite per un periodo di 500 anni in 3 casi la popolazione è risultata estinta mediamente dopo 370.50 anni (48.44 SE, 96.88 SD), nei restanti 197 casi è sopravvissuta con una probabilità di sopravvivenza di 0.9850 (0.0086 SE) e di estinzione di 0.0150 (0.0086 SE).

Sul periodo si sono inoltre verificate 9 ricolonizzazioni (tempo medio di ricolonizzazione: 9.22 anni; 4.21 SE; 12.64 SD) e 8 ri-estinzioni (tempo medio di ri-estinzione: 29.38 anni; 10.45 SE; 29.57 SD). Alla fine risulta una popolazione in media costituita da 928.51 individui (31.21 SE; 441.34 SD), strutturata come segue:

Età (anni)	giovani			adulti	Totale
	1	2	3	> 4	
Maschi	91.5	73.3	60.6	240.0	465.3
Femmine	91.1	73.8	59.8	238.5	463.2

Struttura di popolazione per la simulazione con alluvioni ripetute.

Su tutto il periodo il tasso di crescita medio della popolazione (r) escluso l'effetto smorzante della capacità portante fu di 0.0011 (0.0002 SE; 0.0552 SD)

Scenario n. 4 - Alluvioni ripetute seguite da intervento antropico

Tendenza della popolazione al verificarsi di alluvioni con tempi di ritorno di 50 anni (come scenario precedente) cui fanno seguito opere di sistemazione idraulica avulse da criteri naturalistici, come avvenuto nell'ottobre 2000. Questo scenario riprende l'impostazione dello scenario 3 ma considera il succedersi delle due catastrofi, nell'ipotesi che ai danni alluvionali, di tipo naturale, seguano sempre quelli dovuti agli interventi di sistemazione e riassetto idraulico con canalizzazione dell'alveo. La perdita di capacità portante in questo caso è valutata, come per lo scenario 2, nell'ordine del 20% corrispondente alla frazione di habitat distrutto, escludendo tuttavia la possibilità di recupero naturale data la periodicità degli interventi.

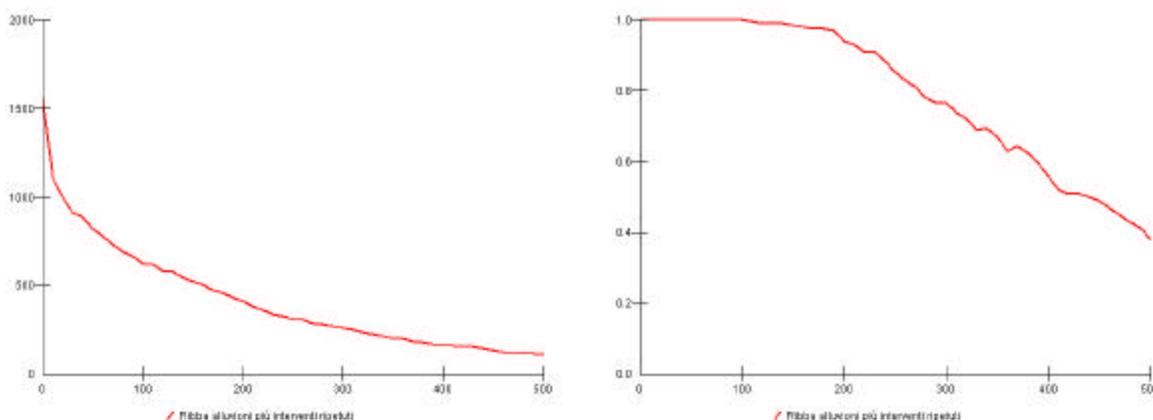


Figura 36. Rischio derivato dalle opere di regimentazione. L'andamento simulato evidenzia come la popolazione di *Salamandra lanzai* non sia in grado di sopportare eccessive manipolazioni del proprio habitat. A sinistra l'andamento demografico medio, a destra la media della probabilità di sopravvivenza calcolata anno per anno.

Il succedersi di eventi catastrofici come quello riscontrato nel 2000 è visibilmente incompatibile con la sopravvivenza a lungo termine della popolazione di *Salamandra lanzai*. Su 200 simulazioni ben 124 hanno dato come risultato finale l'estinzione della popolazione in un tempo medio di 312.28 anni (8.11 SE, 93.88 SD) e solo in 76 casi la popolazione risulta sopravvivere per i successivi 500 anni. Il rischio di estinzione risulta in questo scenario particolarmente consistente: $P_{\text{sopravvivenza}} = 0.3800$ (0.0343 SE); $P_{\text{estinzione}} = 0.6200$ (0.0343 SE).

La simulazione ha inoltre evidenziato la possibilità che si verificano nel corso del tempo estinzioni seguite da ricolonizzazioni (383 casi, tempo medio di ricolonizzazione 7.023 anni; 0.59 SE; 11.56 SD) per la maggior parte andate incontro a successiva ri-estinzione (373 casi, tempo medio di ri-estinzione 10.37 anni; 1.30 SE; 25.16 SD). Al 500esimo anno si registra una popolazione media di soli 106.95 individui (12.32 SE; 174.19 SD) così ripartiti:

Età (anni)	giovani			adulti	Totale
	1	2	3	> 4	
Maschi	10.0	8.9	7.0	27.8	53.7
Femmine	10.2	8.6	7.4	27.0	53.3

Struttura di popolazione per la simulazione con alluvioni ripetute seguite da intervento antropico.

Anche considerando i soli 76 casi di sopravvivenza la popolazione finale risulta di appena 271.62 esemplari (21.73 SE, 189.46 SD) rispetto ai 1560 di partenza; questo fatto evidenzia una generale tendenza verso il declino. Anche nei casi più fortunati in cui non si raggiunga l'estinzione nei prossimi 500 anni, si registra infatti un fattore di crescita negativo u tutto il periodo prima dello smorzamento dovuto all'effetto della capacità portante: $r = -0.0055$ (0.0003 SE; 0.0826 SD).

Scenario n. 5 – Controllo: Andamento post alluvione

Simulazione dell'andamento della popolazione della Val Germanasca a seguito della doppia catastrofe utilizzando i dati popolazionali aggiornati rilevati nel 2003 per quanto riguarda la struttura d'età, la curva di mortalità e la stima della popolazione; si mantengono invece invariati i dati di fecondità (n. piccoli, durata gestazione, età maturità sessuale ecc) e di

longevità calcolati sulla stessa popolazione nel 1996 e 1997, in quanto non disponibili per il periodo di studio successivo e ragionevolmente immutati

In questo caso viene impostata una dimensione iniziale della popolazione di 780 individui complessivamente (adulti più giovani) come risulta dai dati rilevati ed elaborati in seguito all'alluvione, corrispondente a metà della popolazione presente prima dell'alluvione. La temporanea riduzione della capacità portante e il suo recupero sono valutati come per lo scenario 2.

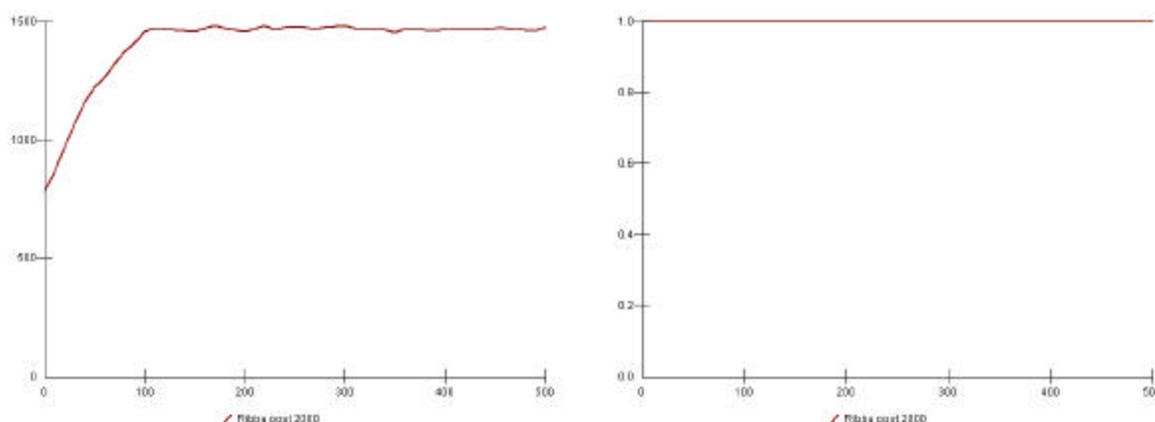


Figura 37. Controllo. Verifica dell'effettiva capacità di recupero della popolazione di *Salamandra lanzai* della Val Germanasca, in base ai dati ottenuti dallo studio del 2003 successivo all'alluvione. A sinistra l'andamento demografico medio, a destra la media della probabilità di sopravvivenza calcolata anno per anno.

L'andamento ottenuto ricalca piuttosto fedelmente quello dello scenario 2 con tempi di recupero stimabili nell'ordine del secolo, a prova del fatto che la predittività del modello risulta attendibile. Nessun caso di estinzione è stato registrato su 100 simulazioni (P sopravvivenza = 1.00; 0.00 SE); la popolazione finale è mediamente composta da 1476.22 individui (7.84 SE; 78.45 SD) così strutturata:

Età (anni)	giovani			adulti	Totale
	1	2	3	> 4	
Maschi	140.4	112.4	90.3	461.1	804.2
Femmine	134.4	102.9	79.5	355.6	672.1

Struttura di popolazione per la simulazione a seguito della doppia catastrofe utilizzando la curva di mortalità e la stima della popolazione, i dati popolazionali aggiornati rilevati nel 2003.

Durante il periodo considerato, prima del raggiungimento della capacità portante, il valore medio del tasso di crescita (r) è stato 0.0103 (0.0001 SE; 0.0217 SD).

Considerazioni conclusive

Dalla sovrapposizione degli scenari 1, 3 e 4 si evince che *Salamandra lanzai* è in grado di sopravvivere in ambienti parzialmente mutevoli quali le sponde dei torrenti alpini, stabilendo con questi equilibri dinamici in grado di assecondare le oscillazioni di portata che solo eccezionalmente possono tramutarsi in eventi catastrofici. Le modificazioni ambientali, conseguenti le alluvioni, non rappresentano quindi di solito un fattore limitante per la specie la quale, al contrario, sembra mostrare preferenza proprio per questo tipo di ambiente.

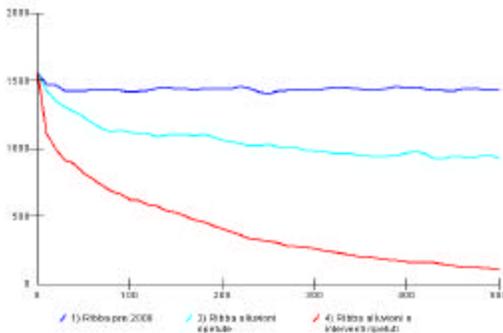


Figura 38. Scenario 1. “Ribba pre 2000”: andamento teorico, viene raggiunta la saturazione della capacità portante; Scenario 3. “Ribba alluvioni ripetute”: andamento maggiormente realistico in cui la popolazione stabilisce un proprio equilibrio con gli eventi stocastici e le perturbazioni ambientali di tipo naturale. Scenario 4. “Ribba alluvioni e interventi ripetuti”: inesorabile declino della popolazione conseguente il susseguirsi di perturbazioni naturali e antropiche.

Tale risultato è riconducibile al fatto che l’iniziale danneggiamento dell’habitat dovuto alla piena è in realtà reversibile. La stessa attività erosiva delle acque è distruttiva e costruttiva allo stesso tempo in quanto restituisce ambienti profondamente modificati ma estremamente diversificati e in grado di essere rapidamente ricolonizzati. L’ambiente formatosi immediatamente dopo l’alluvione, prima dell’intervento antropico, mostrava infatti grandi potenzialità e risultava assai adatto ad ospitare nuove salamandre provenienti dalla zona indisturbata che, nel tempo, avrebbero rimpiazzato quelle scomparse. Chiaramente il verificarsi di perdite periodiche impedisce alla popolazione di raggiungere la saturazione della capacità portante, come si verificherebbe nelle condizioni ideali dello scenario 1, e impone nuovi equilibri intorno a valori più contenuti (scenario 3).

Quando invece alla scomparsa di animali a causa delle piene periodiche si aggiunge l’attività delle ruspe, la popolazione non è più in grado reggere e va incontro alla propria estinzione (scenario 4). Se da una parte la perdita di individui è principalmente dovuta all’effetto della piena, se non altro perché questa catastrofe si è verificata per prima, la perdita di capacità portante è principalmente imputabile ai rimaneggiamenti in alveo e alla realizzazione di elementi artificiali permanenti inadatti ad ospitare la specie.

Poiché le piene eccezionali appartengono alla categoria di eventi naturali imprevedibili e in qualche modo inevitabili, al fine di scongiurare il rischio di estinzione della popolazione di *Salamandra lanzai* della Val Germanasca, sarà opportuno in futuro evitare di intervenire con pesanti rimaneggiamenti dell’habitat torrentizio e ripario, salvaguardando in generale le caratteristiche naturali del corso d’acqua. Interventi a protezione delle sponde potranno realizzarsi secondo i più ristretti criteri dell’Ingegneria Naturalistica e limitatamente ai tratti necessari, salvaguardando le esigenze ecologiche e le disponibilità di habitat per la specie. Solo in questo modo i danni oggi riscontrati potranno verosimilmente regredire nell’arco di un secolo e la popolazione recuperare i valori di abbondanza.

Popolazione del Pian del Re (Val Po)

Il quadro riscontrato in Val Po differisce notevolmente rispetto a quello della Val Germanasca. Se prima la necessità era quella di quantificare un danno reale stimando tempi e capacità di recupero da parte della specie, al Pian del Re non essendosi verificate calamità

naturali, si è trattato piuttosto di sperimentare alcune ipotesi di alterazione al fine di valutare la robustezza della popolazione e guidare le scelte gestionali.

Assumendo come probabile il verificarsi di calamità naturali e il fatto che gli interventi antropici ricostruttivi possono rappresentare una minaccia ulteriore per la specie, come risulta dall'esperienza della Val Germanasca, sono stati ipotizzati scenari possibili e prevedibili per il Pian del Re adattati alle particolari condizioni geomorfologiche e all'interesse antropico del sito.

Certamente il rischio di instabilità idrogeologica della conca del Pian del Re, ove risiede la popolazione di salamandra, è minore rispetto alla Val Germanasca; inoltre in Val Po la popolazione è maggiormente dispersa e meno vulnerabile alle ondate di piena rispetto alla situazione della Val Germanasca dove la popolazione analizzata è concentrata su una sponda del torrente. Al Pian del Re non risultano inoltre evidenze di processi gravitativi in atto tali da fare supporre un rischio derivato da smottamenti e frane. Tuttavia il crescente interesse antropico e un certo tipo di frequentazione turistica potrebbero condizionare le scelte future verso la realizzazione di opere atte alla ricezione, all'accessibilità e alla messa in sicurezza delle infrastrutture.

Sono stati quindi ipotizzati svariati scenari che prendono in considerazione la gradualità con cui le problematiche, di origine naturale o antropica, potranno verificarsi, con l'obiettivo di definire quali sono le modificazioni ambientali maggiormente influenti e la loro entità.

Partendo dalla situazione della popolazione studiata nel 2004, integrando i dati scheletrocronologici rilevati nel 1992 al fine di poter applicare la PVA, è stato dapprima simulato l'andamento normale della popolazione, ovvero quello nelle condizioni naturali ottimali in cui è esclusa ogni ipotesi di catastrofe. Su questa popolazione sono state simulate catastrofi di intensità crescente aventi effetto negativo sulla sopravvivenza e, conseguentemente, sulla riproduzione. In quattro scenari sono stati simulati danni del 5%, 10%, 20% e 40%, considerando riduzioni della capacità portante della stessa entità, recuperabili nell'arco di 5-20 anni in funzione dell'entità del fenomeno. In assenza di riferimenti precisi la periodicità dell'evento catastrofico è stata impostata mediamente una volta ogni 50 anni, come nel caso reale analizzato per la Val Germanasca.

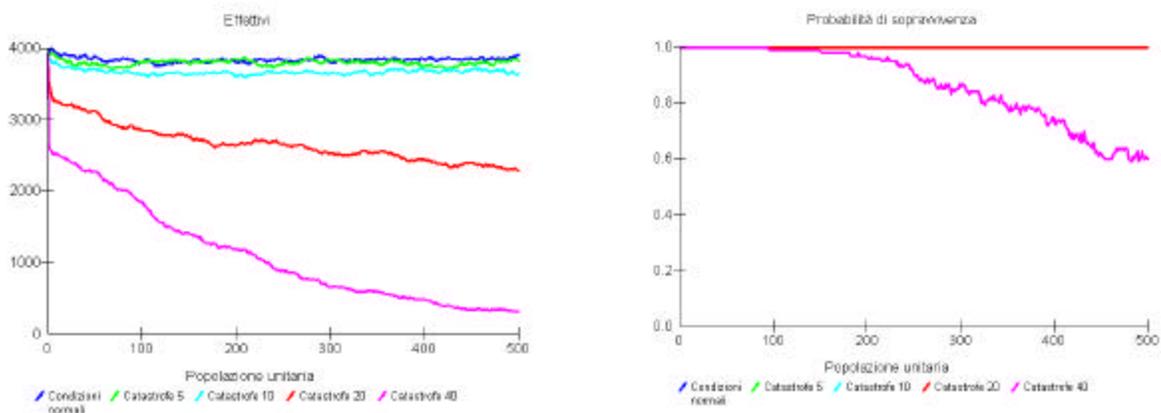


Figura 39. Proiezione della popolazione di *Salamandra lanzai* della Val Po su di un arco di tempo di 500 anni. La popolazione è stata simulata in assenza di catastrofi (condizioni normali) o al verificarsi di catastrofi di varia entità (distruzione della popolazione dal 5% al 40%) ripetute ogni 50 anni. A sinistra l'andamento del numero degli affettivi, a destra la probabilità di sopravvivenza (valori medi calcolati su 100 iterazioni).

La popolazione iniziale della Val Po, comprensiva di giovani, adulti e subadulti (individui dal primo al ventiduesimo anno di età, esclusi gli individui di classe zero) è stata stimata nel 2004 di 3893 salamandre. Nelle condizioni teoriche ottimali di elevata stabilità ambientale, questo valore si mantiene pressappoco inalterato nel tempo. Anche in corrispondenza di perturbazioni che possono ridurre il contingente della popolazione del 5% o del 10%, con periodicità circa cinquantennale, l'andamento restituito dal modello non denota tendenze negative, mentre l'equilibrio si stabilisce su valori soglia lievemente inferiori. Al termine del periodo analizzato (500 anni) la popolazione stimata conta mediamente 3908.95 esemplari (± 261.42) in condizioni normali; 3821.53 esemplari (± 283.83) con catastrofi ripetute dell'ordine del 5% e 3642.73 (± 410.00) con catastrofi ripetute dell'ordine del 10%. La probabilità di sopravvivenza è sempre massima ($P_{\text{sopravvivenza}} = 0.00$; 0.00 SE) poiché tutte le simulazioni hanno avuto successo e nessun caso di estinzione si è verificato.

La previsione cambia qualora l'entità della catastrofe inizia ad essere più importante. Entro perdite periodiche del 20%, con effetto sia sulla sopravvivenza che sulla riproduzione, la popolazione subisce un importante declino ma ancora riesce a stabilizzarsi; la stima finale conta 2289.70 esemplari (106.95 SE; 1069.52 SD) senza che si verificano casi di estinzione ($P_{\text{sopravvivenza}} = 0.00$; 0.00 SE). La popolazione non è invece in grado di sopportare danni più severi, dell'ordine ad esempio del 40%, alla periodicità di una volta ogni 50 anni. In tali condizioni, 40 simulazioni su 100 hanno dato estinzione ($P_{\text{sopravvivenza}} = 0.60$: 0.0490 SE; $P_{\text{estinzione}} = 0.40$: 0.0490 SE). In 46 simulazioni la popolazione si è estinta almeno una volta, in 141 occasioni si è avuta ricolonizzazione. Il tempo medio di prima estinzione è risultato di 327.85 anni (± 92.87) mentre il tempo medio di ri-colonizzazione 8.12 anni (± 14.67); in 135 casi alla ri-colonizzazione è seguita ri-estinzione ad una distanza di 8.62 anni mediamente (± 18.42). La popolazione superstita al termine del periodo simulato risulta mediamente di appena 316.90 esemplari (± 528.67).

Il quadro simulato denota come la robustezza della popolazione della Val Po non si distingue sostanzialmente da quella della Val Germanasca. Condizioni sperimentali simili dimostrano che entrambe le popolazioni sono in grado di stabilire equilibri durevoli con catastrofi che possano arrecare danni per mortalità al massimo al 20-25% degli effettivi, il cui tempo di ritorno sia stimato dell'ordine di una volta ogni 50 anni. Danni superiori, siano essi di origine naturale o antropica, come pure catastrofi di minore entità ma più frequenti, causerebbero invece un inesorabile declino verso l'estinzione.

Stabilita la soglia di tolleranza alle perturbazioni, si è voluto inoltre valutare l'effetto della frammentazione che sovente accompagna l'artificializzazione dell'habitat. Nelle stesse condizioni sperimentali già esaminate, si è ipotizzato che la popolazione di salamandre della conca del Pian del Re possa risultare divisa in due sotto-popolazioni semisolate, una sul versante destro e una sul versante sinistro, in cui lo scambio di individui ogni anno sia minimo (5% della popolazione totale con una probabilità di sopravvivenza durante la migrazione del 95%). Il caso reale potrebbe essere ad esempio la canalizzazione del corso d'acqua principale (primo affluente sinistro del Po).

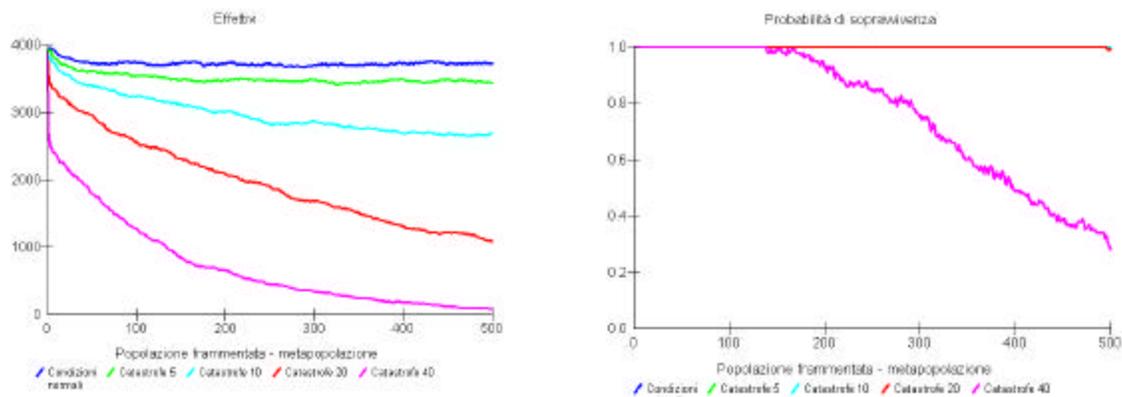


Figura 40. Risposta della popolazione di salamandra di Lanza a possibili perturbazioni ambientali analizzata nell'ipotesi in cui l'artificializzazione dell'habitat comporti la separazione degli individui sui due versanti della conca del Pian del Re, originando due subpopolazioni fra loro parzialmente isolate. Alla metapopolazione derivata sono applicate le stesse condizioni sperimentali della figura precedente.

La frammentazione della popolazione in due nuclei semi isolati produce evidenti effetti negativi. La risposta della popolazione agli stress ambientali più lievi consiste in una riduzione del numero di effettivi in corrispondenza al nuovo valore di equilibrio (plateau); nei casi più gravi invece l'effetto della frammentazione si osserva nell'accelerazione del processo di estinzione (confrontare le figure). Il decremento demografico si registrerebbe soprattutto nel primo periodo con addirittura un crollo istantaneo in corrispondenza della prima catastrofe. Già in corrispondenza di eventi dal potere distruttivo del 20%, ripetuti statisticamente ogni 50 anni, la tendenza verso l'estinzione risulterebbe segnata. In tali condizioni al 500esimo anno di simulazione, benché la probabilità di sopravvivenza si mantenga ancora particolarmente elevata ($P_{\text{sopravvivenza}} = 0.98$) la popolazione risulterebbe meno di un terzo del valore iniziale. Catastrofi di entità superiore determinerebbero di conseguenza crolli ancora più rapidi. Eventi ripetuti in grado di colpire il 40% degli individui, ridurrebbero la popolazione a meno di un terzo nell'arco di appena un secolo e al termine del periodo simulato la probabilità di estinzione risulterebbe superiore a quella di sopravvivenza ($P_{\text{estinzione}} = 0.7450$; $P_{\text{sopravvivenza}} = 0.2550$). La frammentazione si riflette dunque in una riduzione della capacità di recupero della popolazione che, conseguentemente, diviene più vulnerabile alle varie fonti di stress.

I principali parametri da valutare che possono avere effetto sul destino delle popolazioni sono quindi: (1) la frequenza con cui le calamità naturali o di origine antropica, come quelle originate attraverso l'incessante adattamento dell'ambiente al proprio fabbisogno, possono verificarsi, (2) la loro entità ovvero il potere distruttivo di questi fenomeni e (3) gli eventuali effetti permanenti che possono stabilirsi, come la frammentazione dell'habitat, l'isolamento delle popolazioni e la riduzione della capacità portante. Occorre inoltre considerare che gli eventi stocastici (naturali) e deterministici (antropici) possono generare effetti cumulati difficilmente quantificabili.

Volendo invece dare concretezza alla PVA applicando questa metodologia a una problematica in atto, è stata valutata l'incidenza della pressione dovuta alla frequentazione turistica. L'area considerata risulta particolarmente adatta alla presenza della salamandra e allo stesso tempo è meta di un consistente turismo estivo legato all'alpinismo e soprattutto al tempo libero. La causa di impatto antropico, già da tempo individuata, consiste nel concreto rischio di schiacciamento delle salamandre da parte degli autoveicoli privati che raggiungono il sito, alla quota di 2020 m. Com'è stato più volte riscontrato nell'ambito di questo studio e in occasioni

precedenti, ciò si verifica lungo la salita di accesso e soprattutto nel parcheggio campestre, situato nei pressi della torbiera del Pian del Re, a ridosso dell'area a maggior densità di salamandre oggi nota.

La verifica dell'impatto antropico è stata effettuata simulando l'andamento della popolazione in presenza di una perdita minima dello 0.5%, del 1% e del 2% annuo, calcolata sul totale effettivo della popolazione, anno per anno. Tali valori percentuali arbitrari, comprendono quelli reali in parte osservati e in parte stimati. Rispetto alla dimensione della popolazione stimata nel 2004, costituita da 3689 salamandre, la quota dello 0.5% è raggiunta con appena 18 animali, quella dell'1% con 37 animali e quella del 2% da 74 animali. È dunque verosimile che un numero di salamandre ridotto rispetto alla popolazione complessiva, compreso fra 20 e 80, sia annualmente vittima del traffico automobilistico. Nella simulazione la quota di prelievo dello 0.5, 1 o 2% è stata inoltre attribuita esclusivamente agli individui adulti in quanto i giovani, maggiormente schivi e rifugiati, corrono minori rischi di essere investiti dalle automobili.

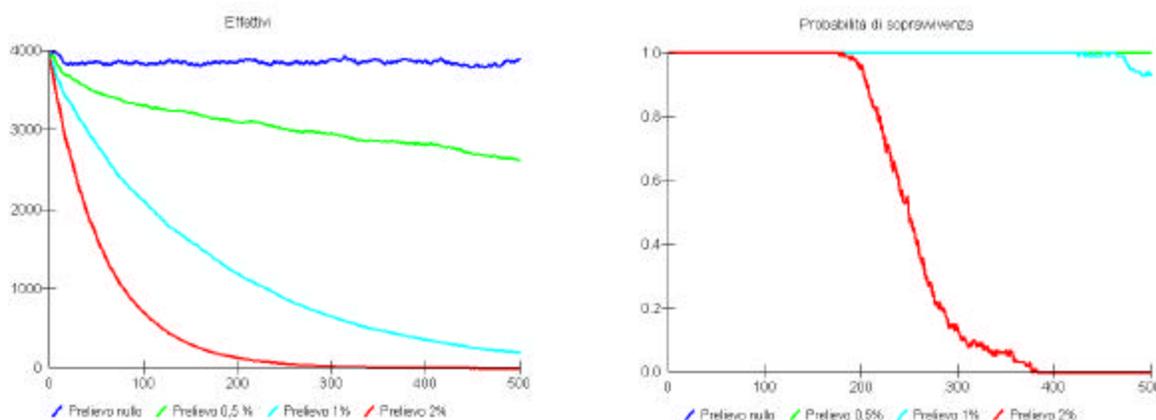


Figura 41. Verifica dell'impatto antropico sulla popolazione di *Salamandra lanzai* della Val Po. Incrementi minimi del valore di mortalità media annua dell'ordine del 1 o 2%, possono avere effetti negativi paragonabili a quelli delle più grandi catastrofi.

Contrariamente a quanto ci si poteva attendere 0.5% della mortalità annua degli adulti, e la conseguente pari riduzione della riproduzione, sono sufficienti a tracciare un andamento evidentemente decrescente. La popolazione finale, a distanza di 500 anni, risulta di 2630 salamandre (52.60 SE; 525.99 SD) è destinata a ridursi ulteriormente nel tempo.

Per quote di prelievo equivalenti all'1% degli effettivi di ogni anno, il modello fornisce una curva decrescente che porta all'estinzione della popolazione con $P_{\text{estinzione}} = 0.0700$ (0.0255 SE) entro un tempo minimo di 468.90 anni (7.72 SE; 24.41 SD). Al termine del periodo simulato la popolazione è composta da soli 195.69 esemplari (11.95 SE; 119.53 SD).

Se invece il numero di animali schiacciati annualmente dovesse essere del 2% la popolazione si estinguerebbe mediamente in 248.27 anni (± 39.19) e nell'arco di un secolo perderebbe i $\frac{3}{4}$ degli effettivi iniziali. Nell'arco del periodo considerato nessuna simulazione ha infatti avuto successo bensì tutte sono andate incontro all'estinzione.

Si ritiene pertanto che la situazione reale della salamandra di Lanza al Pian del Re ricada in una di questi tre possibili scenari e che pertanto allo stato attuale non sia in equilibrio.

La fragilità della specie, la sua estrema vulnerabilità a variazioni minime dei parametri biologici e demografici fondamentali, sarebbero la conseguenza degli adattamenti alla vita nell'ambiente alpino di alta quota, primo fra tutti la strategia riproduttiva di tipo K, attuata da questa specie mediante la viviparità. Il basso numero di piccoli generati annualmente da ogni

femmina determina dinamiche demografiche molto lente, cosicché la ridotta natalità risulta poco più che sufficiente a compensare la mortalità naturale

Una misura di conservazione prioritaria per la specie consiste nella riduzione del traffico veicolare verso il Pian del Re, che potrebbe essere ottenuto attraverso una maggiore regolamentazione e dall'attivazione di un servizio navetta.

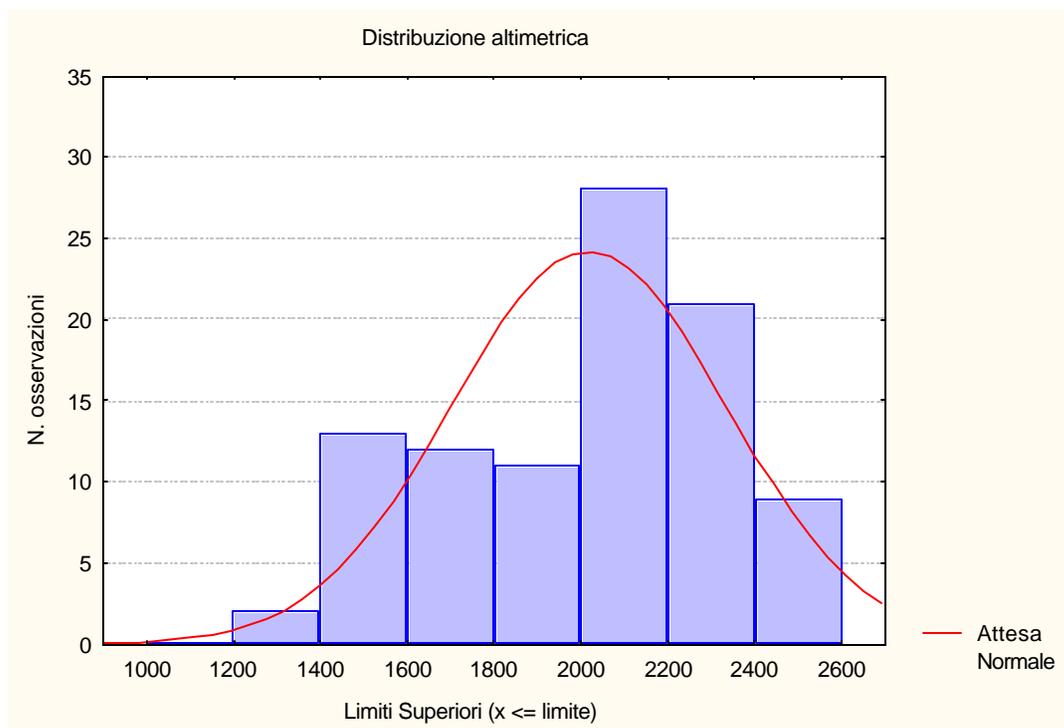
AREALE DISTRIBUTIVO

L'areale distributivo della specie, calcolato col Minimo Poligono Convesso (MPC), misura 670 Km² dei quali 460 in territorio italiano e 210 in territorio francese. Tuttavia la specie non è omogeneamente distribuita all'interno di questo territorio accidentato, comprensivo di vette, pareti, limiti di quota, ma segue una distribuzione aggregata concentrandosi dove si verificano le condizioni ambientali maggiormente idonee. Dalla mappa aggiornata fornita in allegato è infatti evidente che le 166 osservazioni, la maggior parte delle quali riferita all'Italia (125 osservazioni contro 41 per il territorio francese), corrispondono a 97 quadrati UTM di 1 km di lato, rispettivamente 66 per l'Italia e 31 per la Francia. Allo stato attuale delle conoscenze la superficie realmente coperta dalla specie risulta dunque inferiore ai 100 km². E'anche interessante notare che solo 18 quadrati per l'Italia e 5 per la Francia contengono più di una segnalazione; inoltre dei quadrati italiani 45 sono quelli confermati (corrispondenti al 68.2%) mentre per i 31 quadrati francesi solo 10 sono confermati (32.3 %).

Considerando le sole segnalazioni accertate, la specie è presente a partire dai 1200 m nei pressi dell'abitato di Villanova (Comune di Bobbio Pellice), dove le salamandre sono state osservate per la prima volta nel 1968 ed in seguito nel 2000. Il record altitudinale di circa 2560 metri è raggiunto in Val Po alle Balze di Cesare, sotto il Rifugio Quintino Sella lungo il sentiero che scende ai laghi di Pratofiorito, nel comune di Crissolo. Tale record è uguagliato in Val Germanasca, comune di Prali, dove la specie è stata segnalata per la cima Cappello Envie. In Francia la specie sembrerebbe raggiungere quote sensibilmente superiori essendo segnalata al massimo fino a 2650 m. Il limite inferiore in Italia varia secondo la vallata: da 1200 m in Valle Pellice si sale a 1500 in Val Germanasca nei pressi dell'abitato di Ghigo e a 1800 m circa per il Pian della Regina - Pian Fiorenza, in Val Po.

La distribuzione altitudinale per il territorio italiano, realizzata in base a 96 punti quotati, si stabilisce intorno all'altezza di 2000 m circa (SD 316.6).

N Validi	Media	Minimo	Massimo	Dev.Std.
96	2017,24	1201	2559	316,55



Più frequenti risultano le popolazioni comprese nella fascia altimetrica che va dai 2000 ai 2200 m confermando la prateria d'alta quota come habitat elettivo. In particolare, ad eccezione del caso isolato della Valle Pellice, la specie non scende al di sotto dei 1400 m di quota.

Le ricerche sulla distribuzione condotte precedentemente riguardavano soprattutto la Val Germanasca e la Val Pellice. Per la Val Po erano note solo poche segnalazioni storiche nel tempo riconfermate, come quelle per il Pian del Re e per la zona soprastante il Pian della Regina. Con la presente ricerca è stato possibile espandere l'areale di ripartizione noto verso sud, fino al Lago dell'Alpetto, e documentare il nuovo limite altitudinale italiano, passato dai 2300 metri precedenti agli attuali 2560.

INVENTARIO ERPETOLOGICO

Le informazioni disponibili precedenti il nostro studio in merito alla presenza di Anfibi e Rettili in Val Germanasca e in Val Po sono a tuttoggi limitate unicamente ai dati pubblicati nell'atlante erpetologico piemontese (Andreone & Sindaco, 1999).

Per il quadrante inerente la riserva naturale delle sorgenti del Po, oltre alla specie *S. lanzai*, risultano segnalate: rana temporaria (*Rana temporaria*), orbettino (*Anguis fragilis*), ramarro occidentale (*Lacerta bilineata*), lucertola muraiola (*Podarcis muralis*), coronella austriaca (*Coronella austriaca*) e aspide (*Vipera aspis*). Per il ramarro occidentale e la coronella austriaca le segnalazioni sono precedenti al 1980 e in seguito risultano non confermate. Analoga la situazione delle segnalazioni in Val Germanasca dalla quale però la coronella austriaca e il ramarro occidentale sono assenti trovandosi al loro posto la lucertola vivipara (*Zootoca vivipara*).

Le osservazioni condotte all'interno dell'area di studio di Ribba e in parte nell'alta Val Germanasca confermano la presenza delle seguenti specie di anfibi: *Salamandra lanzai* e *Rana temporaria*; e di rettili: *Anguis fragilis*, *Podarcis muralis*, *Zootoca vivipara* e *Vipera aspis*. In alcuna occasione sono stati osservati individui di coronella austriaca, piuttosto rare risultano essere le lucertole vivipare e muraiole mentre gli orbettini risultano essere piuttosto abbondanti nella zona, almeno fino al limite dei 1700 metri di quota. Un unico esemplare di aspide è stato rinvenuto durante l'intero periodo di studio.

Per il Pian del Re sono state invece rivelate le solo specie anfibie *Salamandra lanzai* e *Rana temporaria*, mentre per i rettili è stata osservata la specie *Podarcis muralis* e *Vipera berus*. La rana temporaria è risultata uniformemente presente lungo le sorgenti del Po e i corsi d'acqua principali, nel Lago Fiorenza e nelle pozze temporanee, prati e radure limitrofe. E' stata inoltre riscontrata per i laghetti di Pratofiorito e in alcune piccole torbiere ad *Eriophorum* sopra il Pian del Re (versante sinistroorografico).

Di particolare interesse risulta la popolazione di *Zootoca vivipara* presente a Ribba ascrivibile alla sottospecie *Z. v. vivipara*. L'osservazione di un "parto" viviparo da parte di una femmina gravida temporaneamente tenuta in cattività costituito da 9 uova membranacee e trasparenti contenenti piccoli completamente formati venuti alla luce il giorno successivo la deposizione, insieme a inediti dati genetici confermano l'attribuzione sottospecifica di questa popolazione.

In Piemonte *Z. v. vivipara* è conosciuta per quattro aree apparentemente isolate tra loro mostrando una distribuzione disgiunta dall'altra sottospecie presente *Z. v. carniolica*. Essa risulta presente nell'alta Valle d'Ossola, nel massiccio del M. Mottarone, nelle Prealpi Biellesi e nel massiccio del Monviso.

La situazione di *Zootoca vivipara* riscontrata in Piemonte rappresentata da popolazioni localizzate e apparentemente non in contatto tra loro sottolinea l'importanza di approfondirne la distribuzione e l'importanza della tutela delle popolazioni già note.

CONSIDERAZIONI FINALI E PROPOSTE GESTIONALI

I risultati dello studio confrontati con le realtà precedentemente note hanno permesso di estrapolare lo stato di benessere delle due popolazioni e di valutare e quantificare le fonti di disturbo che su queste insistono o hanno insistito.

Val Germanasca

Per quanto riguarda la popolazione della Val Germanasca (Ribba) risulta evidente come la doppia azione della piena e dell'opera di intervento antropico sia stata particolarmente nefasta per la popolazione stessa. Il contingente è diminuito considerevolmente e l'habitat originario è stato alterato dalla posa di una massicciata di massi. L'area prativa è stata considerevolmente alterata e ridotta e le salamandre hanno perso un habitat originario. La diminuzione della popolazione è stata probabilmente dovuta alla morte diretta di un certo numero di animali (per la piena e per l'opera di sbancamento) nonché per fuga dall'area in conseguenza del disturbo e dell'alterazione. Al momento attuale sopravvive ancora una parte della popolazione, ma non siamo in grado di dire se essa permarrà nell'area o se si disperderà nelle aree limitrofe. Nell'ambito dei limiti analitici e dell'accuratezza di tali stime (per le quali si rimanda ai risultati) sostanziale e inequivocabile rimane il dato di diminuzione del contingente popolazionale. In particolare la popolazione si è ridotta del 44% rispetto alla stima precedente utilizzata per confronto. In genere abbiamo osservato animali in movimento, ed abbiamo ricavato l'impressione che ciò fosse un comportamento in media anomalo. Il numero di maschi è aumentato, mentre è di conseguenza diminuito quello delle femmine, squilibrando la sex-ratio. Fondamentale è stato appurare se tale diminuzione fosse da correlare ad un generale e conseguente declino della popolazione a seguito dell'alterazione dell'habitat (profonda erosione e modifica delle sponde) o se piuttosto fosse da attribuire unicamente all'evento catastrofico circoscritto. Il recupero della popolazione in condizione di assenza di ulteriore disturbo, come da proiezione del programma VORTEX, è assai lungo e non è detto che si verifichi nella situazione attuale. Infatti, non si è trattato solamente di una riduzione di habitat e di perdita di una parte della popolazione, ma anche, e soprattutto, di una alterazione dell'habitat.

Dai risultati emersi dall'applicazione del VORTEX, risulta che la popolazione di salamandra è in grado di resistere a modificazioni ambientali, anche profonde, provocate da fenomeni naturali. In particolare le simulazioni della dinamica di popolazione hanno messo in evidenza l'effetto che queste catastrofi hanno nei meccanismi di regolazione demografica, mantenendo la popolazione al di sotto della soglia critica di saturazione della capacità portante del sistema. Per contro è emerso che i conseguenti interventi antropici di artificializzazioni, responsabili della semplificazione e dell'impoverimento della morfologia del torrente, insieme alla parziale immobilizzazione dell'habitat (sottrazione permanente di porzioni di habitat altrimenti disponibili), possono determinare in tempi brevi un inesorabile declino della popolazione.

All'interno di un approccio ecosistemico per il sito di Ribba risultano dunque evidenti:

- la necessità di conservare la struttura e l'integrità dell'ecosistema torrente con tutte le sue componenti biotiche e abiotiche
- la necessità di proteggere le opere antropiche

In particolare non proponiamo il ripristino dello stato naturale del torrente tale quale era prima dell'alluvione, poichè ulteriori lavori svolti con mezzi meccanici pesanti potrebbero portare un ulteriore danno alla popolazione di salamandre. Inoltre, data la funzione protettiva della prismata lungo la sponda sinistra, a difesa per il piccolo borgo di Ribba, si sconsiglia un ripristino integrale.

Differente risulta la situazione per la sponda destra, corrispondente a parte dell'habitat elettivo utilizzato dalla salamandra. Per questa sponda nel tratto più a monte sono stati ordinati grossi massi a costituire una muraglia mentre più a valle è stato accumulato materiale naturale dragato in alveo a costituire un cordone detritico con funzione di argine. In questo caso si rende necessario interrompere il flusso costante ed unidirezionale dell'acqua forzata dall'argine, in modo da permettere l'interazione con le sponde che ne consentirebbe il rimodellamento naturale e la creazione di preziosi microhabitat. L'intervento avrebbe come principale obiettivo il ripristino e l'accelerazione delle naturali dinamiche fluviali permettendo la rapida ricolonizzazione da parte di fauna e flora.

In termini di proposte gestionali è evidente che, vista l'importanza dell'area per la *Salamandra lanzai*, nonché per il fatto che si tratta di una delle poche stazioni dell'Italia nord-occidentale ove è stata riscontrata la presenza della lucertola vivipara (*Zootoca vivipara*), è auspicabile che il Parco del Po, di concerto con le amministrazioni comunali, promuova la conservazione e la gestione naturalistica di questo sito.

Operativamente si propone di:

- Interrompere la monotonia dell'argine destro del torrente: a monte con lo spostamento di alcuni massi e con la loro deposizione più a valle in alveo; a valle con l'abbassamento dell'argine detritico e la creazione di buche che permettano una parziale esondazione.
- Creare nuovi rifugi con la deposizione di massi, tronchi, etc., in modo da creare un ambiente più eterogeneo e idoneo alla vita delle salamandre.
- L'applicazione di pannelli esplicativi illustranti la presenza di una cospicua popolazione di *Salamandra lanzai* potrebbe avere un effetto positivo soprattutto per l'aumento del livello di conoscenza dei gitaniti e dei turisti che si recano regolarmente nell'area.

Ristabilite le condizioni di naturalità resta da verificare, attraverso studi a lungo termine, se la dinamica demografica della popolazione si atterrà alla previsione, aumentando concretamente i propri contingenti numerici, o se il danno si tradurrà in un recupero assai più lungo.

Auspichiamo quindi che l'amministrazione comunale di Prali, in accordo con la Regione Piemonte e con il Parco del Po, attivi un programma di monitoraggio per i prossimi anni, in modo da garantire un recupero della popolazione.

Val Po

Per quanto riguarda la popolazione della Val Po (Pian del Re) abbiamo osservato come essa sia tuttora particolarmente densa e abbondante. Inaspettatamente le simulazioni effettuate per questa popolazione, aventi come obiettivo la proiezione degli effetti a lungo termine determinati da una mortalità irrisoria (da 20 ad 80 individui l'anno) causata dallo schiacciamento accidentale delle salamandre da parte delle automobili che raggiungono il sito e da guidanti distratti, determina un serio e preoccupante declino. L'intensa e crescente affluenza turistica, nelle condizioni in cui oggi si manifesta, è in grado di compromettere pericolosamente lo stato di salute della popolazione maggiormente significativa della specie e la sua abbondanza. Fortunatamente l'attività delle salamandre non corrisponde appieno con l'attività dei turisti, in quanto la prima privilegia giorni piovosi o comunque coperti, mentre i secondi giorni soleggiati. Ciò significa in buona sostanza che il quantitativo di individui uccisi ogni anno dal traffico automobilistico, benché non trascurabile, rimane sostanzialmente basso. D'altra parte, come abbiamo mostrato nel capitolo di simulazione della PVA, la perdita, anche limitata, ma costante, di individui ogni anno per un tempo sufficientemente lungo, è motivo di seria preoccupazione, perché può portare una popolazione, anche cospicua come quella considerata, ad un collasso. Per tale ragione riteniamo che la principale, se non forse l'unica strategia di conservazione da applicare alla popolazione del Pian del Re, consista nel limitare (o bloccare) il movimento dei veicoli durante il periodo estivo.

Come interventi di tutela e protezione della popolazione di *S. lanzai* insediata al Pian del Re si propone:

- 1) **Attivazione di un servizio navetta.** L'argomento – ovviamente – non è nuovo a chi si occupa di conservazione e di salvaguardia dell'area. Val la pena ricordare come in territorio francese l'accesso all'area del Belvedere du Monviso sia permesso solo a piedi o con l'utilizzo di una navetta comune. Questa sarebbe la soluzione migliore per privilegiare la salvaguardia dell'area e della sua fauna e per evitare che molte salamandre vengano uccise dal massiccio afflusso automobilistico.
- 2) **Area di parcheggio.** Nel frattempo sarebbe auspicabile la riduzione l'area di sosta e parcheggio al Pian del Re, in modo da limitare di fatto l'accesso automobilistico all'area.
- 3) **Posizionamento di cartelloni informativi.** È auspicabile che venga dato il massimo risalto alla presenza della salamandra di Lanza al Pian del Re. Posizionando cartelli informativi già da Crissolo si aumenterà la sensibilità dei turisti che si recano al Pian del Re. Anche lungo la strada asfaltata che porta da Crissolo al Pian del Re sarà utile posizionare una cartellonistica di allerta per l'attraversamento degli anfibi, con l'invito a ridurre la velocità e a prestare una maggiore attenzione durante le giornate piovose.
- 4) **Barriera di contenimento.** Infine, nel tratto terminale della strada, potrebbe essere ipotizzabile la sistemazione (provvisoria) di una barriera in materiale plastico che impedisca (o almeno limiti) il passaggio delle salamandre sull'asfalto.

BIBLIOGRAFIA DI RIFERIMENTO

- Andreone F., 1992. Observations on the territorial and reproductive behaviour of *Salamandra lanzai* and considerations about its protection (Amphibia: Salamandridae). BHS Bull. 39: 31-33.
- Andreone F., De Michelis S., Clima V., 1996 - Preferenze ambientali in una popolazione di *Salamandra lanzai*. Studi Trentini di Scienze Naturali - Acta Biologica, 71 (1994): 137-143.
- Andreone F., Clima V., De Michelis S. 1999 a - On the ecology of *Salamandra lanzai* Nascetti, Andreone, Capula, Bullini, 1988. Size, movements, and influence of climate on activity in a population of the upper Po Valley (Caudata: Salamandridae). Herpetozoa, 12 (1/2): 3-10.
- Andreone F., De Michelis S., Clima V. 1999 b - A montane urodele and its feeding habits: *Salamandra lanzai* (Amphibia, Urodela, Salamandridae) in the Alps of northwestern Italy. Italian Journal of Zoology, 66-45-49.
- Andreone F., Giacoma C., Cavallotto L. & Francillon-Vieillot H., 1996 - Le cycle d'activité de *Triturus alpestris*: influence des facteurs externes. Ecologie et Biogéographie Alpines. Rev. Valdôt. Hist. nat. Supplément, 47 (1993): 63-73.
- Andreone F., Luiselli L. 2000 - The Italian batrachofauna and its conservation status: a statistical assessment. Biological Conservation, 96: 197-208.
- Andreone F., Miaud C., Eusebio Bergò, Doglio S., Stocco P., Ribéron A., Gautier P., 2004 - Living at high altitude: testing the effects of life history traits upon the conservation of *Salamandra lanzai* (Amphibia, Salamandridae). Italian Journal of Zoology, 71 (suppl. 1): 35-43.
- Andreone F., Sindaco R. (Editors) 1999 - Erpetologia del Piemonte e della Valle d'Aosta. Atlante degli Anfibi e dei Rettili. Museo Regionale di Scienze Naturali, Monografie XXVI (1998).
- Audisio P., De Biase A., 1992 - Gli elementi faunistici balcanici e ponto-pannonici nel popolamento delle Alpi Occidentali: casistica, congruenze, possibili interpretazioni biogeografiche. Biogeographia 16: 181-210.
- Beissinger S. R. & McCulloch D. R., 2002. Population Viability Analysis. The University of Chicago Press.
- Clima V., 1994. Adattamento ambientale in un urodele di alta quota, *Salamandra lanzai* (Amphibia, Salamandridae). Tesi di Laurea in Scienze Biologiche, Università degli Studi di Milano.
- De Michelis S., 1994. Aspetti ecologici di una popolazione di *Salamandra lanzai* (Amphibia, Salamandridae) dell'alta Val Po. Tesi di Laurea in Scienze Biologiche, Università degli Studi di Milano.
- De Michelis S., Andreone F., Sindaco R., Clima V. 1999 - Aspetti ecologici e struttura di una popolazione di *Salamandra lanzai* (Urodela: Salamandridae) in Alta Val Pellice (Provincia di Torino). Rivista Piemontese di Storia Naturale, 20: 241-248.
- Donnelly M. A., Guyer C., Juterbock J. E., Alford R. A., 1994 - Techniques for marking amphibians. - In: Heyer W. R., Donnelly M. A. McDiarmid R. W., Hayek L. A. C., Foster M. S. (Eds), *Measuring and Monitoring Biological Diversity. Standard Methods for Amphibians*, pp. 277-284. Washington and London, Smithsonian Institution Press.
- Eusebio Bergò P. 2001 - Biologia di popolazione di *Salamandra lanzai* e sue implicazioni conservazionistiche. Università degli Studi di Torino. Tesi di Laurea in Scienze Naturali.
- Miaud C., Andreone F., Ribéron A., De Michelis S., Clima V., Castanet J., Francillon-Vieillot H., Guyétant R. 2001 - Variations in age, size at maturity and gestation duration among two neighbouring populations of the alpine salamander (*Salamandra lanzai*). Journal of Zoology, London, 254: 251-260.
- Ribéron A., 2003 - La Salamandre de Lanza. In: ACEMAV coll., R. Duguet & F. Melki. (eds), Les Amphibiens de France, Belgique et Luxembourg. Parthénope Collection, Mèze, pp. 286-289.
- Ribéron A., Sotiriou E., Miaud C., Andreone F., Taberlet P., 2001 - Lack of genetic diversity in *Salamandra lanzai* revealed by cytochrome *b* gene sequences. Copeia, 2002 (1): 229-232.
- Veith M., Steinfartz S., Zardoya R., Seitz A., Meyer A., 1998 - A molecular phylogeny of "true" salamanders (family Salamandridae) and the evolution of terrestriality of reproductive modes. J. Zool. Syst. Evol. Res., 36: 7-16.
- Vences M., Grossebacher K., Puente M., Palanca A., Vieites D. R., 2003 - The Cambalès fairy tale: elevational limits of *Rana temporaria* (Amphibia: Ranidae) and other European amphibians revisited. Folia Zool., 52 (2): 189-202.

Tabella 1

Nazione	Regione	Provincia	Valle	Comune	Località	Sublocalità	Quota	X_coord	Y_coord	ID	Anno
Italia	Piemonte	Cuneo	Gesso	Valdieri	Entracque Valdieri					ITA66	1879
					Valdieri					ITA67	1900
			Pellice	Bagnolo Piemonte	Valle del T.Luserna	M.Frioland	1500	353498	4956289	ITA1	2000
					Po	Crissolo	Alta Val Po	Pian del Re	2020	349133	4951674
			Balze di Cesare	Sotto il rifugio Quintino Sella, lungo il sentiero V 9	2515		350537	4947728	ITA115	2004	
					2485		350572	4947622	ITA116	2004	
					2550		350483	4947804	ITA114	2004	
			c/o lago Fiorenza	lungo sentiero V 13	2113		349012	4951259	ITA106	2004	
					sponda E lago Fiorenza		2125	349104	4951162	ITA105	2004
							2120	349071	4950840	ITA107	2004
			c/o lago Superiore		2220		348490	4950859	ITA103	2004	
			Colle della gianna		2380		349828	4953491	ITA134	2004	
			Intorno punta Forcion	lungo sentiero da L Costa grande a P.ta Forcion	2425		351475	4949045	ITA133	2004	
			L. Fiorenza		2111				ITA68	1993	
			Lago Chiaretto	lungo sentiero numero V 13, GTA	2337		349148	4950062	ITA104	2004	
				lungo sentiero V 13	2347		349095	4949986	ITA113	2004	
			NW dal lago Superiore verso le pareti rocciose	Lungo sentiero numero V 17	2013		348519	4951241	ITA128	2004	
			Pendio sopra Pian del Re	sentiero numero V 17 per il lago Superiore	2090		348826	4951681	ITA112	2004	
					2120		348735	4951554	ITA111	2004	
							348803	4951679	ITA123	2004	
			Pian del Re		2020			ITA69	1877		
			Pian della Regina			350329	4951560	ITA70	1953		
			Pianoro soprastante il Pian del Re	Verso C.Ile delle Traversette	2130	348571	4951929	ITA129	2004		
					2167	348362	4952025	ITA130	2004		
			Prato Fiorito	presso pendio NW della torbiera	2325	350934	4947982	ITA117	2004		
			Salita verso il lago Superiore	Lungo sentiero numero V 17	2230	348757	4951490	ITA124	2004		
					2250	348749	4951435	ITA125	2004		

Nazione	Regione	Provincia	Valle	Comune	Località	Sublocalità	Quota	X_coord	Y_coord	ID	Anno				
					sopra lago Fiorenza	lungo sentiero V 13	2257	349375	4950421	ITA109	2004				
							2280	349354	4950311	ITA110	2004				
								349318	4950608	ITA108	2004				
					Sotto Lago Costa Grande	lungo sentiero da L Costa grande a P.ta Forcion	2425	350724	4948100	ITA132	2004				
							Vallone sopra Pian del Re	Verso C.Ile delle Traversette	2258	348387	4952143	ITA131	2004		
									Vicino al Lago Superiore	Lungo sentiero numero V 17	2280	348795	4951290	ITA127	2004
											Oncino	Lago dell'Alpetto	presso Rifugio	2224	351308
					2262	351454	4946905	ITA120	2004						
					2287	351366	4946832	ITA119	2004						
								2262	351540	4946937	ITA122	2004			
				Varaita	Casteldelfino	Rif. Sella, Laghi delle Forciolline		2807			ITA71	1989			
				Torino	Germanasca	Massello	Valle di Massello	"Massello"	2400	341400	4983290	ITA3	1997		
								Balma d. Selle	2160	342411	4982728	ITA4	1996		
								Berg.Ghinivert 1	1500	344600	4980803	ITA5	1997		
								Berg.Ghinivert 2	2370	343440	4979090	ITA6	1997		
		discesa Tampo	2103					342330	4982081	ITA7	1996				
		Fontanette	2127					351656	4982414	ITA8	1996				
		Funs la Pla	2180					342629	4982481	ITA9	1996				
		la Tampo	2140					342335	4982303	ITA10	1996				
		Legno	1987					342907	4982011	ITA11	1996				
		Sopra Lauson	2054					343653	4982957	ITA12	1996				
		Sotto Lauson	1942					343806	4982212	ITA13	1996				
		Vallon Cro	2147					343523	4982496	ITA14	1996				
		Perrero	Valle di Faetto					Alpe Cialancia	1840	350880	4972595	ITA61	1998		
								Laghi Cialancia 1	2460	350197	4970443	ITA63	2000		
						Laghi Cialancia 2	2440	350394	4970383	ITA64	2000				
						Sentiero Lauson - Laz Arà	2100	352576	4973074	ITA62	1998				
		Prali	13 Laghi			13 Laghi - 1	1920	346405	4969977	ITA15	1997				
						13 Laghi - 2	1500	345593	4971794	ITA16	1997				
						13 Laghi - 3	2120	347486	4968340	ITA17	1997				
Drajo	2180					345811	4982496	ITA18	1997						
Lungo sentiero GTA	2080					343490	4969911	ITA101	2003						

Nazione	Regione	Provincia	Valle	Comune	Località	Sublocalità	Quota	X_coord	Y_coord	ID	Anno
						Lungo sentiero GTA	2095	347169	4969889	ITA102	2003
						Miande Lauzarot 1	1780	345820	4970306	ITA19	1996
						Miande Lauzarot 2	2014	346891	4969910	ITA20	1996
						Miande Lauzarot 3	2178	346886	4969688	ITA21	1996
						Miandette	1670	345708	4971106	ITA22	1996
						Sentiero	2110			ITA100	2003
							2350			ITA72	1987
					13 Laghi, Colle Giulian		2480	347333	4967916	ITA73	1987
					Cappello Envie		2559	347893	4970498	ITA24	1996
					Ghigo		1500			ITA74	1988
					Ghigo di Prali	Ribba dx orografica	1550	345393	4970216	ITA25	1996-1997
					Gran Queyron		2224	343569	4968193	ITA26	1996
					La Ribba		1550			ITA75	1987
							1600			ITA76	1989
					Vallone Miniere	Sotto Albergia 2	1616	345449	4970597	ITA27	1996
				Salza	Vallone di Salza	Alpe Penna	1840	342764	4976216	ITA28	1996
						Clot Mouton	2390	342798	4977605	ITA29	1996
			Pellice			Alpe Sella Vecchia	2064	351805	4968739	ITA30	2000
				Angrogna	Alta Valle Angrogna verso P.Cialancia e P.Cornour	C.d.Founs	2253	353292	4967501	ITA31	2000
						L.Laus	2452	350902	4969001	ITA32	2000
						pendici M.Vantacul	2200	353890	4967153	ITA33	2000
					Valle Angrogna	Alpe Giasset	1550	353518	4969329	ITA34	2000
						Alpe Sella	1859	352517	4969352	ITA35	2000
				Bobbio Pellice	Alpeggio Crosenna		1750	344453	4963088	ITA77	1991
					Alta Valle	Col de Bouchet	2600	343605	4964821	ITA41	2001
					Alta Valle	Comba dell'Urina	2100	344040	4960994	ITA36	2000
					Alta Valle	Conca del Prà sx orografica	1670	345167	4960181	ITA37	1994-1995
					Alta Valle	destra orografica, a monte dell'area "Mirabouc"	1550	346036	4961705	ITA38	1999
					Alta Valle	Dx orografica, a valle dell'area "Mirabuc"		345616	4961928	ITA23	1998
					Alta Valle	Mirabuc dx orografica	1450	345398	4961498	ITA39	1998-2000
					Alta Valle	Piano della Crosennetta	2100	343635	4963319	ITA40	2000

Nazione	Regione	Provincia	Valle	Comune	Località	Sublocalità	Quota	X_coord	Y_coord	ID	Anno	
					Alta Valle	Tornante lungo strada per la Conca del Pra		345210	4960584	ITA65	1998	
					Alta Valle	Vallone di Crosenna	1850	344538	4963594	ITA42	2000	
					Cascata del Pis		1600			ITA78	1991	
					Col Barant (=Baracun)		2295	346918	4959468	ITA79	1998	
					Colle Manzol sopra Rif. Barbara		2690	347174	4954652	ITA80	1989	
					Comba Carbonieri	Conca del Rif.Barbara	1900	347676	4956850	ITA43	1999	
					Comba Carbonieri	sentiero 112 per il c.le Manzol	2100	347450	4956800	ITA44	1999	
					Conca del Prà		1710			ITA81	1988	
					Conca del Rif. Barbara		1753	348232	4957114	ITA82	1991	
					Rif Jervis		1800			ITA83	1968	
					Rif. Barbara		1753	348137	4957068	ITA85	1992	
					Rif. Barbara		1800			ITA84	1989	
					Tra Mount e Col Vitrouna		2300			ITA86	1998	
					Vallone Cuzenna		1800			ITA87	1993	
					Vallone Giulian	Bergeria Giulian	2097	347221	4966605	ITA45	2000	
						sotto il Col Giulian	2300	347225	4967309	ITA46	2000	
					Villanova	Villanova pressi dell'abitato	1200	346121	4962518	ITA47	2000	
						Villanova pressi dell'abitato	1200	346084	4962402	ITA88	1968	
							1450	345483	4961572	ITA89	1991	
							1650	345216	4960467	ITA91	1991	
							1700	345110	4960046	ITA90	1991	
							2000			ITA92	1991	
				Rorà	Valle del T.Luserna	La Pala	1623	355807	4958589	ITA48	2000	
							M.Cavallo	1500	354401	4958306	ITA49	2000
							P.ta del Fin	1586	355401	4961099	ITA50	2000
							Punta Cornur	1447	356788	4958808	ITA51	2000
							Valanza	1890	355299	4959490	ITA52	2000
				Rorà e Torre Pellice	Valle del T.Luserna	Pian Pra	1224	357096	4961987	ITA53	2000	
				Villar Pellice	Comba Carbonieri	vallone della Gianna	1565	349130	4957520	ITA54	2000	
							vallone di Fionira 1	1960	350044	4956535	ITA55	2000
							vallone di Fionira 2	1950	350055	4956423	ITA56	2000
							Valle del T. Subiasco in	Alpe Caugis	2007	352812	4966715	ITA57

Nazione	Regione	Provincia	Valle	Comune	Località	Sublocalità	Quota	X_coord	Y_coord	ID	Anno
					sinistra orografica a partire dai 2000m	C.Peyron	2316	352121	4968176	ITA58	2000
						dintorni M.Costiglione	2385	352024	4967956	ITA59	2000
						dintorni P.Vergia (o M.Gautin)	2327	353102	4967283	ITA60	2000
Francia	Hautes - Alpes	Queyras	Guil		Abries: Fontaine			335932	4962536	FRA26	
					Aiguille: Chapelle			330902	4960066	FRA30	
					Apres Faito			345607	4950794	FRA22	
					Bergerie du Peivas			341611	4960517	FRA36	
					Bergerie ruinée du Grand Vallon			345578	4952789	FRA21	
					Col Lacroix			343639	4958981	FRA37	
					Dessus en face Vallon Ruine			344110	4953434	FRA28	
					Dessus parking a droite			344543	4952589	FRA11	
					En face Torrent de ruine			343517	4953101	FRA8	
					Faito (site 500)			344622	4952450	FRA5	
					Faito (site precedente)			344844	4952174	FRA4	
					Faito (site)			344865	4952099	FRA3	
					Fongiallarde			332308	4953827	FRA27	
					Foret de Chanteloup			329848	4958468	FRA34	
					fra Buco di Viso e Colle delle Traversette	Lungo sentiero	2750	346357	4952664	FRA41	
					Lac de Ségure			338092	4955359	FRA33	
					Lac Forèant			340178	4953097	FRA40	
					Les lauzieres			343099	4954931	FRA10	
					Mairif			333180	4965571	FRA12	
					Mairif: dessous Bertin			332900	4964733	FRA24	
					Mairif: dessus Bertin			332618	4965100	FRA23	
					Mairif: desus lac du nord			332050	4965168	FRA25	
					Maloqueste			340089	4958104	FRA2	
					Médille			340551	4956942	FRA20	
					Parking			344154	4952594	FRA6	
					Pic des lauzes (roche écroulée)			340990	4955830	FRA9	
					Roux			336699	4966772	FRA16	
Roux			336629	4966491	FRA17						

Nazione	Regione	Provincia	Valle	Comune	Località	Sublocalità	Quota	X_coord	Y_coord	ID	Anno
					Roux torrent du champ des Royes			336384	4966113	FRA13	
					Torrent de barres			341840	4957823	FRA19	
					Torrent de la Gaffe			342709	4953222	FRA39	
					Torrent de la Muade			339984	4956414	FRA14	
					Torrent de ruine			342904	4952840	FRA7	
					Torrent de Ségure: dans torrent			337216	4958857	FRA32	
					Torrent de Ségure: Virage			337100	4957648	FRA31	
					Torrent du Coin des Souches du Colomb			340517	4957523	FRA38	
					Torrent du Col St Martin			339710	4966845	FRA29	
					Torrent du Pisset			342882	4955725	FRA18	
					Torrent du sellard			343617	4954488	FRA1	
					Torrent d'Urine			340451	4962929	FRA35	
					Virage ciment			343841	4952884	FRA15	