

Rospi: gli attributi (il *physique du role*) del colonizzatore di successo ed il loro effetto sull'origine di nuove specie



Atelopus sp.



Bufo marinus

SINTESI ESTREMA

Un processo adattativo graduale che ha portato ad un fenotipo (morfologia) con un'ottimale attitudine alla dispersione è l'evento che ha innescato la radiazione globale (diffusione su scala planetaria) degli anfibii del gruppo dei "rospi" (famiglia Bufonidi).

SINTESI BREVE

Negli ultimi anni molteplici ricerche hanno suggerito che la dispersione (colonizzazione di nuove aree su larga scala) sia un fattore potenzialmente in grado di innescare un processo di speciazione (genesi di nuove specie); fino ad oggi non era stato però ancora chiarito come, in presenza di analoghe condizioni esterne (ambientali), specie diverse mettano a punto differenti "inclinazioni alla mobilità geografica", e come questa attitudine alla dispersione influenzi poi i processi di diversificazione che portano a nuove specie.

La presente ricerca è riuscita ad individuare, all'interno del gran numero di specie di rospi attualmente esistenti, una serie di caratteri (fisici e fisiologici) che sono predittivi (permettono cioè di predire, attendersi o spiegare) l'ampia diffusione di alcune di esse; facendo uso di metodi statistici ha inoltre definito e ricostruito i percorsi evolutivi (filogenesi) che hanno portato ai cosiddetti "fenotipi ottimali per la dispersione" (*ODP = Optimal Dispersion Phenotype*).

In particolare, la ricerca ha dimostrato che, all'interno di una stessa linea filetica (sequenza evolutiva), l'attitudine alla dispersione aumenta via via in seguito all'accumulazione progressiva di peculiarità adattative (utili allo scopo), accumulazione che "culmina" in un organismo che è appunto un ODP perché ha assommato in sé tutta la serie di caratteri che lo rendono atto ad intraprendere la colonizzazione di vaste aree. L'evoluzione di un ODP fa quindi partire l'evento della diffusione su ampia scala (da parte del "rospo di successo") che innesca e pone i presupposti per una successiva diversificazione in numerose nuove specie (radiazione). L'evoluzione di fenotipi generalisti con attitudine alla dispersione permette quindi di spiegare sia i fenomeni di amplissima radiazione che si riscontrano nella storia evolutiva dei "rospi", sia di comprendere in chiave evolutiva l'esplosivo successo e l'invasività di specie a noi contemporanee come il Rospo marino (Cane Toad, *Bufo marinus*).

Tra i fattori di rilievo nel determinare l'attuale distribuzione planetaria della biodiversità un ruolo-chiave si ritiene classicamente da attribuire agli episodi "esplosivi" di diversificazione di un gran numero di specie (in un tempo relativamente contenuto...); queste "speciazioni accelerate" sono state ritenute tipicamente connesse a fenomeni di radiazione adattativa, cioè di progressiva differenziazione ecologica (occupazione di varie nicchie disponibili) all'interno di un gruppo di specie simili (parenti) viventi in una stessa area geografica (cioè in condizioni di simpatria).

Studi recenti hanno però riconosciuto un significato, per la genesi di nuove specie, anche al fenomeno stesso della dispersione: da qui l'interrogativo sul perché, per quanto esposte alle stesse condizioni ambientali, alcune linee evolutive abbiano dato luogo a colonizzazioni massicce di nuovi territori, mentre altre, "meno inclini alla dispersione", siano andate incontro a diversificazioni *in loco*.

L'individuazione dei caratteri o "tratti" che definiscono la "propensione alla dispersione" di una specie è però estremamente difficile con le specie fossili, perché i reperti paleontologici sono in genere frammentari e spesso avari di informazioni sulle strutture o le parti molli di un organismo (di difficile fossilizzazione).

La presente ricerca ha individuato tali caratteri "promotori di mobilità" all'interno delle specie viventi di Bufonidi, confrontando le loro peculiarità con le relative distribuzioni attuali. Una ricostruzione comparata, sia filogenetica che biogeografica, dei percorsi evolutivi che hanno portato alle specie attuali ha permesso di "tracciare" la storia di questi caratteri e valutare la loro influenza sui fenomeni di speciazione.

"Ciò che il lavoro dimostra è che i rospi (ma la cosa potrebbe essere estesa ad altri gruppi) sono in grado di accumulare caratteristiche tali da diventare il "perfetto pioniere", cioè un animale con una struttura adatta a sopportare grandi variazioni di ambiente, in grado di riprodursi ovunque, di difendersi efficacemente dai predatori, di accumulare acqua, ecc. Come se il carro dei pionieri americani con tutta l'attrezzatura, stesse dentro al rospo stesso." Così Michele Menegon, uno degli autori della ricerca, sintetizza il significato e la portata della scoperta. *"Questo kit di caratteri di sopravvivenza ad ampio spettro" – prosegue Menegon – "ha consentito ai rospi di occupare gran parte del pianeta in poco tempo, partendo dal Sud-America (dove è iniziata la loro storia evolutiva), attraverso l'Asia, l'Europa fino in Africa. E ha permesso loro inoltre di diversificarsi e occupare il territorio in forma di molte specie diverse: man mano che la colonizzazione avanza il "rospo pioniere" lascia testimonianza di se stesso in forma di specie adattate ai singoli ambienti specifici. E' una storia di emigrazione e conquista... e del fatto di essere attrezzati per avere successo".*

Per una ricerca che indagli le dinamiche dell'evoluzione, i "rospi" (cioè gli Anfibi della famiglia dei Bufonidi) rappresentano un soggetto di studio ideale, in quanto in un tempo biologico relativamente breve (le più antiche testimonianze fossili di rospi datano a 57 milioni di anni fa) hanno raggiunto una diffusione quasi globale sul pianeta (sub-cosmopolita) e le attuali 500 specie note mostrano in ogni continente un'interessante varietà di adattamenti sia per quanto riguarda la fase adulta che per quella larvale. Agli estremi opposti di questo ventaglio di soluzioni adattative ci stanno, da una parte, specie endemiche di aree estremamente ristrette, altamente specializzate e vulnerabili (come i rospi-arlecchino del genere *Ateolopus*) e, dall'altra, specie generaliste note per la loro adattabilità e capacità di espandere il loro *range* ad un ritmo sorprendentemente rapido (come il rospo marino, *Bufo marinus*, una delle specie invasive con capacità di colonizzazione pressoché illimitate).

Questa diversificazione di forme si presta dunque ad un'analisi comparativa per individuare i tratti intrinseci del "successo pionieristico" (cioè responsabili e promotori dell'attitudine alla colonizzazione) e la loro influenza sull'evoluzione e l'origine di nuove specie. Tali caratteri sono stati individuati in virtù della loro correlazione con l'estensione della distribuzione attuale di ogni singola specie testata (228 su 500, circa il 43% delle specie note), considerata un buon indicatore (*proxy*) di vagilità o capacità di dispersione.

Sette i “caratteri da pioniere” per i quali è stata documentata un’influenza positiva sull’attitudine alla dispersione:

- ❑ l’indipendenza, allo stadio adulto, dalla presenza di corsi d’acqua, elevata umidità atmosferica o substrato umido (conseguente ad una maggior tolleranza nei confronti del disseccamento ed una più elevata concentrazione salina –osmolarità- del plasma sanguigno);
- ❑ la presenza, ai lati della testa, di ghiandole parotoidi in grado di secernere sia sostanze velenose o irritanti per potenziali predatori, sia macromolecole glucidiche in grado di trattenere grandi quantità di acqua;
- ❑ la presenza di “fat bodies” (corpi grassi) inguinali, organi deputati alla deposizione di grassi da utilizzare come sostanze di riserva durante i periodi di magra;
- ❑ una taglia adulta di grandi dimensioni, che in virtù del più basso rapporto superficie/volume determini una perdita d’acqua, per traspirazione attraverso la cute, in proporzione minore;
- ❑ un utilizzo “opportunistico” di una vasta gamma di corpi d’acqua diversi (tra cui le raccolte temporanee conseguenti alla pioggia) per la deposizione delle uova, che non vincoli la riproduzione alla presenza di ambienti specifici;
- ❑ la riproduzione tramite larve (girini) di piccole dimensioni alla nascita, che si accrescono poi assumendo sostanze nutritive dall’ambiente (esotrofia), esimendo la madre da un grosso investimento energetico iniziale;
- ❑ la deposizione di uova che, in quanto piccole e relativamente povere di nutrienti, possono venir prodotte in grandi numeri (le specie che si affidano a girini già grandi alla nascita devono al contrario deporre uova grandi e ricche di tuorlo per consentire il primo sviluppo della larva a carico dell’uovo stesso –endotrofia- e questo impedisce la deposizione di grandi numeri di uova).

La presenza combinata di tutti sette i caratteri promotori di dispersione avrebbe così portato ad un organismo con “fenotipo ottimale per la dispersione” o ODP, mentre altre combinazioni di presenza/assenza di tali tratti avrebbe prodotto organismi con vari gradi di attitudine alla colonizzazione di nuove aree, tanto meno adatti quanto minore era il numero di caratteri presenti. Ovviamente una specie priva di tutti e sette i caratteri risulta fundamentalmente inadatta a fare il pioniere ed è in genere fortemente e specialisticamente legata all’ambiente “circoscritto” in cui abitualmente vive.

Della presenza e progressiva cumolazione di questi caratteri promotori di dispersione si è cercato di fare una tracciatura “a ritroso” attraverso la storia evolutiva dei Bufonidi. L’analisi comparata del DNA su 228 specie attuali ha *in primis* consentito di stabilire le reciproche parentele e relazioni filogenetiche, come pure di valutare i tempi di separazione secondo cui le specie attuali si sono reciprocamente differenziate e “definite” nella loro entità di specie distinte. Una complessa analisi statistica ha poi permesso di stimare la probabilità della presenza o assenza dei caratteri “*dispersal-promoters*” negli antenati fossili delle specie attuali.

L’approccio statistico ha evidenziato che la prima grossa cumolazione dei caratteri “da pioniere” sarebbe avvenuta proprio in corrispondenza dell’iniziale periodo di colonizzazione trans-continentale, quando i “rospi”, a partire dal Sud-America, si sono diffusi negli altri continenti (Asia, Europa ed infine Africa).

In seguito la capacità di dispersione conseguente dall’assommarsi di tali tratti ha subito varie oscillazioni nel corso della seguente storia evolutiva, con ricorrenti aumenti culminati in momenti di rapida colonizzazione di grandi porzioni di territorio durante i quali, inoltre, il tasso di speciazione (la “velocità” con cui si originano nuove specie) ha subito una brusca accelerazione in seguito al fatto che nei nuovi territori sono state rapidamente occupate molte nuove nicchie disponibili.

Ipotizzando che le dinamiche evolutive messe in luce da questa ricerca siano estendibili ad altre specie animali, si può affermare che l’espansione di areale sia un potente motore di speciazione.

I sette caratteri del rospo "pioniere"



indipendenza,
allo stadio adulto,
da ambienti acquatici

grosse ghiandole parotoidi
in grado di secernere
sostanze velenose o irritanti

presenza di corpi grassi
inguinali da utilizzare
come sostanze di riserva



gran numero
di uova deposte
ad ogni riproduzione

taglia adulta di grandi dimensioni

utilizzo "opportunistico" di corpi d'acqua
diversi per l'ovodeposizione



Bufo marinus - Cane Toad (in blu l'areale originario)



Bufo bufo



Epidaleia viridis

Le due specie italiane di Bufonidi, il rospo comune ed il rospo smeraldino.