

**Ecologia și Paleoecologia Comunităților Din Peșteri:
de la Biomolecule Vechi la Sisteme Interconectate**

Rezumatul în Limba Română al Tezei de Abilitare

Ioana-Nicoleta MELEG

Cluj-Napoca, septembrie 2020

Această teză de abilitare prezintă direcțiile de cercetare pe care m-am axat după obținerea titlului de doctor în biologie (decembrie 2013) până în prezent: ecologia și paleoecologia comunităților din peșteri. Cercetarea a fost derulată la Institutul de Speologie "Emil Racoviță" al Academiei Române unde ocup poziția de Cercetător științific gradul II și unde lucrez de 13 ani, având o activitate recunoscută la nivel internațional (indicele Hirsch este 9, 190 de citări conform *Web of Science* și 230 de citări conform *Scopus*. Conform *Google scholar* indicele Hirsch este 10, 323 de citări).

Rezultatele științifice prezentate în această teză au fost publicate în articole și capitole de carte indexate în *Web of Science Core Collection*, o parte din ele fiind prezentate la conferințe de prestigiu în domeniile biologiei evoluționiste și paleoecologiei.

Teza este împărțită în trei părți: în Partea A descriu în linii generale caracterul interdisciplinar al cercetării pe care o derulez și vizibilitatea activității mele de cercetare; Partea B, rezumată în paginile care urmează, este axată pe realizările științifice trecute și prezente, abordate în două capitole corelate cu direcțiile de cercetare pe care le urmez: 1) ecologia peșterilor și a sistemelor carstice, 2) paleoecologie și paleogenomică în medii subterane; Partea C e dedicată perspectivei de dezvoltare a domeniului paleoecologiei în România în contextul proiectelor pentru care am primit finanțare, în domeniile paleogenomicii și paleoecologiei (grantul Marie Skłodowska-Curie finanțat prin programul Orizont 2020 pentru cercetare și inovare al Comisiei Europene și proiectul de cercetare finanțat de Unitatea Executivă pentru Finanțarea Învățământului Superior, a Cercetării, Dezvoltării și Inovării, Proiecte de cercetare pentru stimularea tinerelor echipe independente, Identificator: PN-III-DCD-RU-TE-2019-2), cât și cu suportul rețelei de colaboratori dezvoltată în cadrul grantului de cercetare postdoctorală finanțat de Fundația Alexander von Humboldt: Dr. Axel Barlow, domeniu Ecologie Moleculară și Evoluționistă, School of Science and Technology, Nottingham Trent University; Profesor Hervé Bocherens, domeniu Palaeobiologie-Biogeologie, Director al Grupului de Cercetare în Biogeologie, Centrul Senckenberg pentru Evoluție Umană și Paleomediul și Universitatea din Tübingen; Profesor Love Dalén, domeniu Genetică Evoluționistă, Departamentul de Bioinformatică și Genetică, Muzeul de Istorie Naturală al Suediei și Universitatea din Stockholm; Profesor Michael Hofreiter, domeniu Genomică Adaptativă Evoluționistă, Institutul pentru Biochimie și Biologie, Departamentul de Matematică și Științe Naturale, Universitatea din Potsdam.

1) Ecologia peșterilor și a sistemelor carstice

Copepodele reprezintă un grup de crustacee abundent în mediile acvative subterane, fiind sensibile la modificări ale calității apei datorate impactului antropic, ceea ce le face un grup potrivit pentru testarea ipotezelor privind: i) utilizarea acestora ca bioindicatori ai calității apelor subterane și conectivitatea suprafață - subteran; ii) dinamica populațiilor subterane în relație cu strategia de prelevare.

i) Distribuția copepodelor subterane poate să reflecte persistența comunităților în relație cu starea de echilibru/sănătate a ecosistemelor de la suprafață, aflate în strânsă conexiune cu ecosistemul subteran. Prin urmare, pe baza prezenței copepodelor epigee (de suprafață) și hipogee (din subteran) în diverse habitate subterane (gururi și interstiții) din Carpații României, au fost stabilite acele zone care au potențial de a adăposti faună subterană, prin modelarea persistenței în subteran a șapte specii de copepode utilizând sistemul de informare geografică (GIS). Modelarea pe baza habitatului, utilizând regresia celor mai mici pătrate și regresia ponderată geografic, a fost utilă în identificarea factorilor de predicție care explică habitatele și zonele adecvate pentru copepode. Predictorul cel mai constant a fost acoperirea terenului, o măsură a impactului antropic, urmat de precipitație și altitudine. Rezultatele evidențiază pentru prima dată faptul că: a) distribuția organismelor în subteran și habitatele adecvate pentru acestea sunt în strânsă conexiune cu modul de utilizare a terenului și a impactului antropic; b) variabilele climatice sunt corelate cu prezența speciilor epigee, fiind cei mai importanți factori care au dus la prezența acestora în subteran. Prezența scăzută prezisă, pentru speciile studiate, în zone cu impact antropic ridicat sugerat de modificări ale utilizării terenului asociate cu variații climatice, scoate în evidență potențialul de utilizare a copepodelor ca bioindicatori pentru dinamica sistemului suprafață-subteran. Rezultatele demonstrează importanța unui management durabil al ecosistemelor de la suprafață în zone carstice pentru conservarea biodiversității subterane.

ii) Strategia de prelevare a probelor poate avea impact asupra tendințelor de distribuție și diversitate specifică identificate la diverse scări spațiale și temporale. Acest aspect a fost evaluat prin examinarea impactului frecvenței colectării asupra dinamicii comunităților de copepode din Peștera Ciur Izbuca (Munții Pădurea Craiului). Am utilizat hărți/rețele cu auto-organizare pentru a explora diferențele observate în tendințele de distribuție și diversitate ale copepodelor în funcție de strategia de prelevare: lunară timp de un an, sezonieră timp de patru ani; la două zile timp de o săptămână. Prelevarea lunară și cea sezonieră au

surprins numărul maxim de specii. Heterogenitatea spațială a distribuției speciilor a crescut în cei patru ani de colectare sezonieră.

Rezultatele scot în evidență importanța alegerii strategiei de prelevare în evaluarea biodiversității, iar tendințele de distribuție evidențiază: a) că dinamica spațială și temporală la un anumit moment depinde de strategia de prelevare; b) distribuții diferite în funcție de perioada de prelevare și independente de parametrii de mediu, care nu au variat semnificativ de-a lungul perioadelor de prelevare; c) că prezența speciilor la nivel de stație de prelevare, în abundențe mari sau reduse, depinde de durata prelevării, fără a avea o tendință generală de distribuție spațială și temporală pe perioada celor cinci ani de prelevare.

Am demonstrat că perioada și frecvența prelevării au un impact important asupra evaluării tendințelor de distribuție ale faunei acvatice subterane și pe baza rezultatelor am sugerat alegerea cu atenție a strategiei de prelevare a faunei acvatice (frecvența, scară temporală și spațială) în funcție de scopul cercetării și interpretarea cu precauție a rezultatelor în funcție de metoda de prelevare.

2) *Paleoecologie și paleogenomică în medii subterane*

Urșii de peșteră sunt printre cele mai bine studiate specii extinse de mamifere mari din Pleistocen datorită existenței în Europa a depozitelor masive de resturi fosile aparținând acestor specii. Urșii de peșteră sunt specii emblematice ale Pleistocenului, care au dispărut acum 25.000 de ani și sunt înrudiți cu ursul brun și ursul polar, de care s-au separat acum aproximativ 1,6 milioane de ani. Spre deosebire de rudele în viață, ursul de peșteră era considerat ca având o dietă erbivoră pe baza trăsăturilor morfologice (morfologia dentară, tipare de microuzură pe suprafața ocluzală, musculatura capului).

În acest context, întrebarea este: ursul de peșteră, unul dintre cele mai mari mamifere terestre aparținând ordinului Carnivora avea o ecologie paradoxală fără echivalent în ecosistemele moderne: un corp foarte mare cu o dietă strict erbivoră într-un mediu rece și uscat? Erbivoria pare neplauzibilă, iar în prezent carnivorele cu dietă erbivoră sunt de dimensiuni mai mici și trăiesc în medii subtropicale (ursul panda, binturong).

Analizele izotopilor stabili efectuate pe probe de colagen ($\delta^{13}\text{C}$ and $\delta^{15}\text{N}$) realizate în ultimele trei decenii au confirmat erbivoria în majoritatea indivizilor de urs de peșteră din regiunea Alpină și zone adiacente, Spania, sud-vestul Franței, Belgia și din centrul și estul Europei. Cu toate acestea, pentru unii indivizi din Carpații României au fost înregistrate valori remarcabile ale izotopilor stabili din colagen ($\delta^{15}\text{N}$ ajungând și până la 10 ‰), care

au fost interpretate ca reflectând dietă omnivoră sau erbivoră influențată de climatul local. Aceste excepții au dus la o dezbatere intensă în ultimul deceniu privind dieta și ecologia urșilor de peșteră.

Prin analizarea biomoleculilor vechi (proteine și ADN fosil) pentru indivizi cu semnal izotopic particular, am oferit răspunsuri privind ecologia acestei specii. Pe baza izotopilor stabili din colagen ($\delta^{13}\text{C}$ and $\delta^{15}\text{N}$) am identificat acei indivizi care reflectă o variație largă a $\delta^{15}\text{N}$. Dintre cei cu variație largă a $\delta^{15}\text{N}$ am selectat indivizi pentru care a fost evaluată compoziția izotopică a aminoacizilor individuali: $\delta^{15}\text{N}$ a glutamatului și fenilalaninei ($\delta^{15}\text{N}_{\text{Glx}}$ și $\delta^{15}\text{N}_{\text{Phe}}$), metodă care are avantajul de a fi un instrument puternic în identificarea nivelului trofic al animalului, fără a fi influențat de variația $\delta^{15}\text{N}$ în diverse ecosisteme. Genomurile mitocondriale au fost generate pentru a estima vârsta moleculară a indivizilor analizați, pentru a evalua alături de datările cu carbon radioactiv perioada de timp din care aceștia provin. Au fost identificate trei intervale temporale (peste 40.000 de ani înainte de prezent; între 30.000 și 40.000 de ani înainte de prezent; sub 30.000 de ani înainte de prezent), în fiecare dintre acestea înregistrându-se atât valori mari (peste 8 ‰), cât și valori mici ale $\delta^{15}\text{N}$ din colagen, independent de peștera din care proveneau indivizii. Rezultatele $\delta^{15}\text{N}$ a glutamatului și fenilalaninei au confirmat că toți indivizii analizați, din diverse perioade de timp, erau erbivori, reconfirmând că urșii de peșteră din Europa analizați până în prezent erau erbivori. În concluzie, variabilitatea ridicată a valorilor de $\delta^{15}\text{N}$ din colagenul indivizilor din Carpații României reflectă partiționarea nișei într-un context trofic general erbivor.

Reconstrucția paleoecologiei și paleogenomicii animalelor extinse e esențială în înțelegerea proceselor și cauzelor care au dus la extincția acestora. Datorită particularităților ecologice menționate anterior, ursul de peșteră din Carpații României este un candidat perfect în studierea paleoecologiei și paleogenomicii acestei specii în context evoluționist.