

Călătoria Biomoleculelor Vechi: Ecologia Evoluționistă a Populațiilor

Rezumatul în limba română a Tezei de Abilitare

Ioana-Nicoleta MELEG

Cluj-Napoca, octombrie 2022

Această teză de abilitare prezintă direcția de cercetare pe care m-am axat după obținerea titlului de doctor în biologie (decembrie 2013) până în prezent: paleogenomică în context interdisciplinar. Cercetarea în paleogenomică a fost derulată prin granturi finanțate de Fundația Alexander von Humboldt și Programul de cercetare și inovare al Uniunii Europene Orizont 2020 prin acțiunile Marie Skłodowska-Curie, cu suportul rețelei de colaboratori dezvoltată în cadrul acestor granturi: Dr. Axel Barlow, domeniu Ecologie Moleculară și Evoluționistă, School of Natural Sciences, Bangor University; Profesor Hervé Bocherens, domeniu Palaeobiologie-Biogeologie, Director al Grupului de Cercetare în Biogeologie, Centrul Senckenberg pentru Evoluție Umană și Paleomediu 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. Începând cu octombrie 2013 am ocupat poziția de Cercetător științific gradul III și apoi din 2019 Cercetător științific gradul II la Institutul de Speologie "Emil Racoviță" al Academiei Române. În prezent ocup poziția de Cercetător științific gradul II la Institutul Emil G. Racoviță pentru Studiarea Vieții în Condiții Extreme al Universității Babeș-Bolyai. Activitatea derulată este recunoscută la nivel internațional (indicele Hirsch este 11 conform *Web of Science* și *Scopus*; 270 de citări conform *Web of Science*; 313 de citări conform *Scopus*. Conform Google scholar indicele Hirsch este 12, cu 439 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/paleoecologiei.

Teza este focusată pe trei părți: în Partea A descriu în linii generale caracterul interdisciplinar al cercetării pe care o derulez cu accent pe drumul urmat spre o activitate de cercetare independentă și vizibilitatea activității mele de cercetare; Partea B este axată pe realizările științifice trecute și prezente în domeniul paleogenomicii/paleoecologiei în care am combinat analiza izotopilor stabili cu cea a ADN-ului fosil pentru urșii de peșteră din România; Partea C e dedicată perspectivei de dezvoltare a domeniului paleoecologiei în România în contextul proiectului pe care îl derulez în prezent, în domeniile paleogenomicii și paleoecologiei (proiect *aDNA history* finanțat de Unitatea Executivă pentru Finanțarea Învățământului Superior, a Cercetării, Dezvoltării și Inovării, Proiecte de

Cercetare Exploratorie, număr proiect PN-III-P4-ID-PCE-2020-0518, <https://adnahistory.wixsite.com/website>).

Cercetarea dinamicii faunistice cu ajutorul biomoleculilor vechi

Animalele au fost întotdeauna parte a istoriei omului și au modelat această istorie. De asemenea, oamenii, din timpuri preistorice, au jucat un rol important în modelarea diversității și dinamicii populațiilor animale. Dacă în trecut, oamenii au avut un impact limitat asupra faunei și diversității genetice a acestora prin competiție pentru resurse comune, în istoria mai recentă presiunea antropică s-a intensificat (prin degradare și pierdere de habitat, diversitate redusă), având un impact negativ asupra speciilor, unele ajungând să fie pe cale de dispariție.

În consecință, este foarte important să înțelegem diversitatea și dinamica paleofaunei, la care uneori avem acces doar prin fosile sau reprezentări artistice realizate de oameni în urmă cu multe milenii. Deși paleomica și paleoecologia sunt domenii cu multe provocări metodologice datorate degradării moleculelor după moartea indivizilor, dezvoltarea continuă în aceste direcții de cercetare fac din ce în ce mai accesibilă cercetarea diversității faunistice vechi.

Până în prezent a fost utilizată o gamă largă de biomolecule, care include proteine, acizi nucleici, lipide, conservate în fosile, artefacte, sedimente sau alte substraturi. La început studiile s-au focusat pe reconstrucția paleoecologiei și a paleodietei faunei fosile pe baza semnăturii isotopice din colagen ($N(^{15}N)/N(^{14}N)$ care reprezintă raportul pentru azot, abreviat în continuare ca $\delta^{15}N$ și $N(^{13}C)/N(^{12}C)$ care reprezintă raportul pentru carbon, abreviat în continuare $\delta^{13}C$), sau a $\delta^{13}C$ din apatit, sau în ultimul deceniu valori $\delta^{15}N$ a aminoacizilor din colagen. Simultan, în 1980 a fost izolată cu succes prima secvență de ADN fosil din specia extinctă quagga (*Equus quagga quagga*). Aproximativ trei decenii mai târziu, a fost obținut primul genom complet al unui mamut lânos, la rezoluție ridicată.

Toate aceste realizări de frontieră în cercetarea biomoleculilor vechi din ultimele decenii sunt instrumentale în deschiderea de noi perspective asupra diversității extinse și extante și istoria veche a acestora, ecologiei și tendințelor evolutive.

Ursul de peșteră, specie emblematică a Pleistocenului

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 un complex de specii emblematic ale Pleistocenului, care au devenit extinse 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, musculatură craniană).

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? Ierbivoria pare neplauzibilă, iar în prezent carnivorele cu dietă ierbivoră sunt de dimensiuni mai mici și trăiesc în medii subtropicale (ursul panda, binturong).

Analizele pe baza izotopilor stabili din colagen ($\delta^{13}\text{C}$ and $\delta^{15}\text{N}$) realizate în ultimele trei decenii au confirmat ierbivoria 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 biomoleculelor vechi (proteine și ADN fosil) pentru indivizi cu semnal izotopic particular, am oferit răspunsul 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 trofice a animalului, fără să fie 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 provin. Am descoperit 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.

Extincția ursului de peșteră

Chiar dacă s-au făcut progrese în ceea ce privește înțelegerea paleobiologiei ursului de peșteră și istoriei evolutive a acestuia, cauzele care au dus la extincția acestuia rămân în continuare dezbătute. Majoritatea studiilor sugerează că impactul antropocenic ar fi fost cauza

majoră care ar fi dus la extincția acestui complex de specii, în lipsa aparentă a unor modificări climatice substanțiale. Cu toate acestea, arhivele paleoclimatice indică faptul că ar fi fost condiții dificile contemporane cu evenimentele evolutive deduse și care ar fi putut să contribuie la declinul populațiilor de urs de peșteră, care a început acum aproximativ 50.000–40.000 de ani. Astfel de evenimente majore ar fi fost Heinrich 4, un eveniment extrem de uscat și rece și erupția vulcanică masivă Campanian Ignimbrite. Acestea au modificat drastic peisajul Europei cu impact major asupra ecosistemelor (de exemplu au dus la resurse de hrană diminuate), ceea ce a afectat în cascadă erbivorele mari și alte mamifere. Aceste aspecte indică faptul că lipsa de plasticitate ecologică a ursului de peșteră, ar fi putut contribui la declinul și extincția acestuia, comparativ cu ursul brun, care având o dietă mai diversificată a reușit să se adapteze la modificările ecosistemice și să supraviețuiască.

Concluzie și perspective

Reconstrucția paleoecologiei și paleogenomicii animalelor extinse e esențială în înțelegerea proceselor și cauzelor care au dus la extincția acestora. Ursul de peșteră din Carpații României este un candidat perfect în studierea particularităților paleoecologice și paleogenomice a acestor indivizi în context evoluționist.

Studii interdisciplinare care integrează procesele evolutive și de paleomediu au un potențial ridicat în a aduce informații noi privind extincția la rezoluții temporale și spațiale ridicate. Aceste informații, comunicate factorilor de interes și de decizie politică, au potențialul de a îmbunătăți măsurile de management și conservare pentru rudele și speciile sălbatice extante.