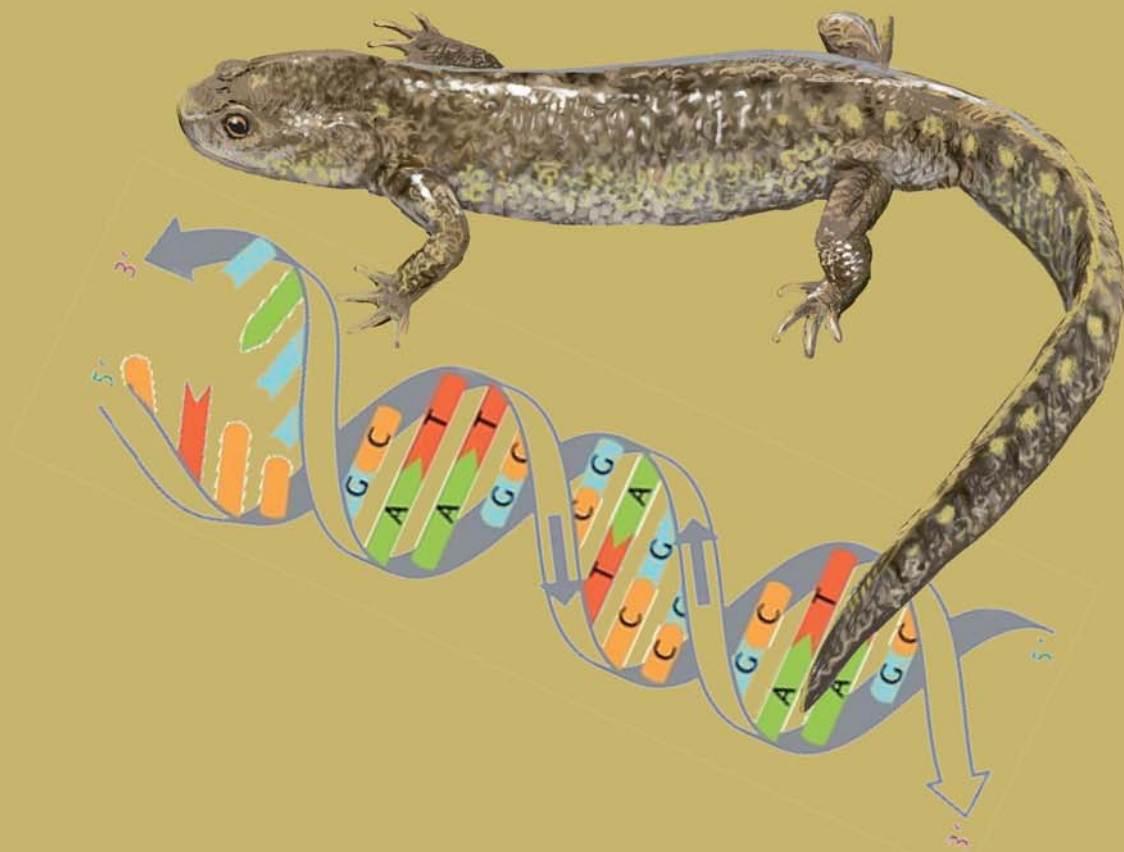


Tesi doctoral

Conservation genetics of the critically
endangered Montseny brook newt
(*Calotriton arnoldi*)



Emilio Valbuena Ureña
2015

Lots of people talk to animals. Not very many listen, though. That's the problem!

Benjamin Hoff



1. Els resultats moleculars a partir del Cyt *b* i RAG1 confirmen que no hi ha cap senyal de flux genètic entre les dues espècies del gènere *Calotriton*, tot i ser ecològicament similars i geogràficament molt properes. Es corrobora la validesa taxonòmica de les dues espècies i es refuta que hi hagi hagut hibridació entre *C. asper* i *C. arnoldi* posterior al procés de vicariància.
2. En aquesta tesi, es descriuen quinze loci polimòrfics per a *C. arnoldi* que, juntament amb els nou loci desenvolupats anteriorment per *C. asper* i que amplifiquen amb èxit en *C. arnoldi*, proporcionen una eina poderosa per dur a terme estudis de genètica de conservació.
3. Els nivells de diversitat genètica de *C. arnoldi* són comparables als d'altres espècies d'amfibis amb rangs de distribució molt més grans.
4. Les xarxes haplotípiques, els resultats de l'AMOVA i IBD, i nivells d' F_{ST} basats en gens mitocondrials, nuclears de còpia única i microsatèl·lits, mostren una elevada estructura genètica de les poblacions de tritó del Montseny, tot i el seu reduït rang de distribució.
5. Les anàlisis moleculars suggereixen dos grups poblacionals geogràficament diferenciats, amb absència de flux genètic entre ells, els sectors oriental i occidental, sent el sector oriental més divers genèticament que l'occidental.
6. Existeixen diferències morfològiques entre els individus del sector oriental i occidental, tant a nivell morfomètric com de patrons de pigmentació de la pell.
7. Les dades moleculars i morfològiques, juntament amb la distribució geogràfica, suggereixen l'existència de dues unitats evolutives significatives (ESUs), el sector oriental i el sector occidental. Per a la conservació i gestió d'aquesta espècie es recomana el maneig dels dos sectors per separat.
8. Dins de cada sector, les poblacions A3 i B3, per al sector oriental i occidental respectivament, queden clarament diferenciades de la resta. La població B3 presenta una situació crítica pels seus baixos nivells de diversitat genètica i baixa mida efectiva estimada ($N_e < 10$).
9. Les estimes de la mida poblacional efectiva suggereixen valors críticament baixos per a totes les poblacions ($N_e < 100$); no obstant, no s'ha trobat evidència d'alts nivells de consanguinitat entre els individus dins de les poblacions.
10. Es suggereix que la fragmentació de l'hàbitat natural d'aquesta espècie no va tenir efectes negatius en una escala de temps evolutiu, i que l'espècie ha pogut sobreviure gràcies a



estratègies reproductives (per exemple, la selecció de parella o *mate choice*) per fer front als problemes que afronten les poblacions de mida petita.

11. Es confirma l'estat de conservació de l'espècie com a críticament amenaçada, i s'adverteix que la fragmentació natural de l'hàbitat ha de ser avaluat com un factor diferent de la pèrdua o degradació de l'hàbitat, en la planificació de les estratègies de conservació d'aquesta espècie.

12. Es recomana dur a terme un monitoratge a llarg termini de les poblacions, per tal de detectar qualsevol fluctuació demogràfica o genètica que pugui agreujar l'estat de conservació d'aquestes poblacions.

13. Es suggereix mantenir dues línies de cria en captivitat diferents, en concordança amb les ESUs anteriorment definides, i evitar la fecundació creuada entre elles, per tal de conservar el potencial evolutiu de l'espècie, i evitar possibles problemes de depressió per exogàmia.

14. La diversitat genètica i representativitat de les poblacions captives és bona però no òptima. L'estoc captiu actual conté el 82% dels al·lels presents en les poblacions salvatges, sent aquest el 74% pel sector oriental i el 78% per l'occidental. L'actual diferenciació genètica entre les poblacions captives i les salvatges està al voltant del 5-7%, excedint el 2.5% desitjat per tal d'obtenir una òptima representativitat.

15. Es proposa que ha de ser incorporat nou material genètic a través de la introducció de nous individus no relacionats o del seu esperma a través de femelles gràvides, seguint les propostes basades en els resultats genètics obtinguts.

16. Es recomana mantenir un programa ex situ obert que permeti un flux genètic continu de les poblacions salvatges a les poblacions captives per tal d'evitar, en les successives generacions, l'adaptació al captiveri.

17. Les dades obtingudes podran servir de referència en la monitorització de la variació genètica de les poblacions naturals i captives, necessària per a la conservació i gestió d'aquesta espècie.

Those who wish to pet and baby wild animals "love" them. But those who respect their natures and wish to let them live normal lives, love them more

Edwin Way Teale



- Alonso M (2013) *Influència de l'edat en la cria en captivitat del Tritó del Montseny (Calotriton arnoldi)*. Treball final de carrera, Universitat de Lleida.
- Allendorf FW, Luikart G (2007) *Conservation and the genetics of populations*. Blackwell, Oxford.
- Allentoft M, O'Brien J (2010) Global amphibian declines, loss of genetic diversity and fitness: a review. *Diversity* **2**, 47-71.
- Amat F (2004) Distribució del tritó pirinenc (*Euproctus asper*) a la conca de la Tordera del Parc Natural del Montseny. Fase 2004, pp. 90-93. Servei de Parcs Naturals de la Diputació de Barcelona, Barcelona.
- Amat F, Carranza S (2005) Estudi demogràfic del tritó del Montseny (*Calotriton arnoldi*) al Parc Natural i Reserva de la Biosfera del Montseny, pp. 85-86. Servei de Parcs Naturals de la Diputació de Barcelona, Barcelona.
- Amat F, Carranza S (2006) Aproximació a l'evolució i biologia del tritó del Montseny. In: *Monografies del Montseny* (ed. Pladevall A), pp. 165-193. El Ciervo, Barcelona.
- Amat F, Carranza S (2007a) Conservació del tritó del Montseny (*Calotriton arnoldi*) en l'àmbit del Parc Natural del Montseny, pp. 1-67. Forestal Catalana i Departament de Medi Ambient i Habitatge de la Generalitat de Catalunya, Barcelona.
- Amat F, Carranza S (2007b) Projecte de conservació del tritó del Montseny (*Calotriton arnoldi*) en l'àmbit del Parc Natural del Montseny, pp. 1-127. Servei de Parcs Naturals de la Diputació de Barcelona i Departament de Medi Ambient i Habitatge de la Generalitat de Catalunya, Barcelona.
- Amat F, Carranza S (2009) Projecte de conservació del tritó del Montseny (*Calotriton arnoldi*) a l'àmbit del PN-MaB del Montseny, pp. 88-89. Servei de Parcs Naturals de la Diputació de Barcelona, Barcelona.
- Amat F, Carranza S (2011) Opportunistic predation of salamandra larvae (*Salamandra salamandra terrestris*) by the Montseny brook newt (*Calotriton arnoldi*). *Butlletí de la Societat Catalana Herpetologia* **19**, 66 - 69.
- Amat F, Carranza S, Valbuena-Ureña E, Carbonell F (2014) Saving the Montseny brook newt (*Calotriton arnoldi*) from extinction: an assessment of eight years of research and conservation. In: *FroLog*, pp. 55 - 57.



- AmphibiaWeb (2015) *Information on amphibian biology and conservation*. AmphibiaWeb, Berkeley, California. <http://amphibiaweb.org>. Consultat: 24/05/2015
- Angulo A, Rueda-Almonacid JV, Rodríguez-Mahecha JV, La Marca E (2006) *Técnicas de inventario y monitoreo para los anfibios de la región tropical andina. Conservación Internacional. Serie Manuales de Campo N° 2*. Panamericana Formas e Impresos S.A., Bogotá, Colombia.
- Barber J, Guinart D, Solórzano S, Vicens N (2014) Pla de conservació del Parc Natural del Montseny. Reserva de la Biosfera, p. 561. Diputació de Barcelona, Barcelona.
- Baucells J, Camprodon J, Ordeix M (1998) *Fauna vertebrada d'Osona*. Lynx Edicions, Barcelona.
- Beebee TJC, Griffiths RA (2005) The amphibian decline crisis: a watershed for conservation biology? *Biological Conservation* **125**, 271-285.
- Beissinger SR, Westphal MI (1998) On the use of demographic models of population viability in endangered species management. *The Journal of Wildlife Management* **62**, 821-841.
- Blank L, Sinai I, Bar-David S, Peleg N, Segev O, Sadeh A, *et al.* (2013) Genetic population structure of the endangered fire salamander (*Salamandra atra*) at the southernmost extreme of its distribution. *Animal Conservation* **16**, 412-421.
- Bosch J (2003) Nuevas amenazas para los anfibios: enfermedades emergentes. *Munibe* **16**, 56-73.
- Bosch J, Martínez-Solano I, García-París M (2001) Evidence of a chytrid fungus infection involved in the decline of the common midwife toad (*Alytes obstetricans*) in protected areas of central Spain. *Biological Conservation* **97**, 331-337.
- Boulenger G (1917) Les batraciens urodèles rapportés au genre *Euproctus*; leurs rapports éthologiques et phylogénétiques. *Comptes Rendus de l'Académie des Sciences Paris* **164**, 709-712.
- Braby MF, Eastwood R, Murray N (2012) The subspecies concept in butterflies: has its application in taxonomy and conservation biology outlived its usefulness? *Biological Journal of the Linnean Society* **106**, 699-716.

- Bretman A, Newcombe D, Tregenza TOM (2009) Promiscuous females avoid inbreeding by controlling sperm storage. *Molecular Ecology* **18**, 3340-3345.
- Carbonell F, Alonso M, Larios R, Obon E, Valbuena-Ureña E (2011) Conservació del tritó del Montseny. *Ponències. Revista del Centre d'Estudis de Granollers*, 11-30.
- Carbonell F, Alonso M, Larios R, Obon E, Valbuena-Ureña E, Amat F (2014a) Montseny Brook Newt *ex situ* conservation program. In: *Amphibian Ark Newsletter*, pp. 11-12.
- Carbonell F, Obon E, Alonso M, Valbuena-Ureña E, Larios R (2010) Reserva genètica i cria en captivitat del tritó del Montseny (*Calotriton arnoldi*). In: *Activitats realitzades pel centre de fauna de Torreferrussa. Informe inèdit*. (eds. Such-Sanz À, Mayné J, Pomarol M), pp. 54 - 69. Departament d'Agricultura, Ramaderia, Pesca, Alimentació i Medi Natural - Forestal Catalana, S.A., Barcelona.
- Carbonell F, Obon E, Alonso M, Valbuena-Ureña E, Larios R (2014b) Reserva genètica i cria en captivitat del tritó del Montseny (*Calotriton arnoldi*). In: *Activitats realitzades pel centre de fauna de Torreferrussa. Informe inèdit*. (eds. Such-Sanz À, Mayné J, Pomarol M). Departament d'Agricultura, Ramaderia, Pesca, Alimentació i Medi Natural - Forestal Catalana, S.A., Barcelona.
- Carranza S, Amat F (2005) Taxonomy, biogeography and evolution of *Euproctus* (Amphibia: Salamandridae), with the resurrection of the genus *Calotriton* and the description of a new endemic species from the Iberian Peninsula. *Zoological Journal of the Linnean Society* **145**, 555-582.
- Carranza S, Martínez-Solano I (2009) *Calotriton arnoldi*. The IUCN Red List of Threatened Species. Version 2015.1. www.iucnredlist.org. Consultat: 9/4/2015
- Caughley G (1994) Directions in conservation biology. *Journal of Animal Ecology* **63**, 215-244.
- Cushman SA (2006) Effects of habitat loss and fragmentation on amphibians: a review and prospectus. *Biological Conservation* **128**, 231-240.
- Chambers GK, MacAvoy ES (2000) Microsatellites: consensus and controversy. *Comparative Biochemistry and Physiology Part B: Biochemistry and Molecular Biology* **126**, 455-476.
- Despax R (1923) *Contribution à l'étude anatomique et biologique des batraciens urodèles du groupe des Euproctes*. Tesis doctoral.



- Di Rienzo A, Peterson AC, Garza JC, Valdes AM, Slatkin M, Freimer NB (1994) Mutational processes of simple-sequence repeat loci in human populations. *Proceedings of the National Academy of Sciences* **91**, 3166-3170.
- Edmands S (2007) Between a rock and a hard place: evaluating the relative risks of inbreeding and outbreeding for conservation and management. *Molecular Ecology* **16**, 463-475.
- Ellegren H (2000) Microsatellite mutations in the germline: implications for evolutionary inference. *Trends in Genetics* **16**, 551-558.
- Fernández-Cebrián R (2011) *Estructura poblacional y demografía genética en poblaciones de trucha común (Salmo trutta) del Pirineo catalán*. Tesis doctoral, Universitat de Girona.
- Fisher MC, Garner TWJ (2007) The relationship between the emergence of *Batrachochytrium dendrobatidis*, the international trade in amphibians and introduced amphibian species. *Fungal Biology Reviews* **21**, 2-9.
- Frankel OH (1970) Variation - the essence of life. Sir William Macleay Memorial Lecture. *Proceedings of the Linnean Society of New South Wales* **95**, 158-169.
- Frankel OH, Soulé ME (1981) *Conservation and Evolution*. Cambridge University Press, Cambridge.
- Frankham R (1995) Conservation genetics. *Annual Review of Genetics* **29**, 305-327.
- Frankham R (2005) Genetics and extinction. *Biological Conservation* **126**, 131-140.
- Frankham R (2010) Challenges and opportunities of genetic approaches to biological conservation. *Biological Conservation* **143**, 1919-1927.
- Frankham R, Ballou JD, Briscoe DA (2010) *Introduction to conservation genetics*. 2nd edn. Cambridge University Press, Cambridge.
- Frankham R, Ballou JD, Eldridge MDB, Lacy RC, Ralls K, Dudash MR, *et al.* (2011) Predicting the probability of outbreeding depression. *Conservation Biology* **25**, 465-475.
- Frankham R, Bradshaw CJA, Brook BW (2014) Genetics in conservation management: revised recommendations for the 50/500 rules, Red List criteria and population viability analyses. *Biological Conservation* **170**, 56-63.
- Franklin IR (1980) Evolutionary change in small populations. In: *Conservation biology: an evolutionary-ecological perspective* (eds. Soulé ME, Wilcox BA), pp. 135-149. Sinauer Associates, Sunderland, Massachusetts.

- Frost DR (1985) *Amphibian species of the world: a taxonomic and geographical reference*. Allen Press, Lawrence, Kansas.
- Funk WC, Tallmon DA, Allendorf FW (1999) Small effective population size in the long-toed salamander. *Molecular Ecology* **8**, 1633-1640.
- García-González C (2012) *Variabilidad genética poblacional de anfibios en hábitats urbanos y rurales. Aplicaciones para la conservación*. Tesis doctoral, Universidad de Oviedo.
- Gascon C, Collins JP, Moore RD, Church DR, McKay JE, Mendelson JRI, *et al.* (2007) *Amphibian conservation action plan*. IUCN/SSC Amphibian Specialist Group. Gland, Switzerland and Cambridge, United Kingdom.
- Gasser F (1975) *Recherches sur l'estatus microévolutif de deux amphibiens Urodèles, l'espèce pyrénéenne Euproctus asper Dugès et l'espèce paleartique Salamandra salamandra L.: proteines et groupes sériques, cycles sexuels des femelles et morphologie*. Tesis doctoral, Université de Toulouse.
- Gilbert T (2011) *The sustainability of endangered species under intensive management: the case of the scimitarhorned oryx Oryx dammah*. Tesis doctoral, University of Southampton.
- Gippoliti S, Amori G (2007) The problem of subspecies and biased taxonomy in conservation lists: the case of mammals. *Folia Zoologica* **56**, 113-117.
- Glaw F, Köhler J (1998) Amphibian species diversity exceeds that of mammals. *Herpetological Review* **29**, 11-12.
- Godinho R, Crespo EG, Ferrand N (2008) The limits of mtDNA phylogeography: complex patterns of population history in a highly structured Iberian lizard are only revealed by the use of nuclear markers. *Molecular Ecology* **17**, 4670-4683.
- Gompert Z, Nice CC, Fordyce JA, Forister ML, Shapiro AM (2006) Identifying units for conservation using molecular systematics: the cautionary tale of the Karner blue butterfly. *Molecular Ecology* **15**, 1759-1768.
- Haig SM, Beever EA, Chambers SM, Draheim HM, Dugger BD, Dunham S, *et al.* (2006) Taxonomic considerations in listing subspecies under the U.S. Endangered Species Act. *Conservation Biology* **20**, 1584-1594.
- Hoban S, Arntzen JW, Bertorelle G, Bryja J, Fernandes M, Frith K, *et al.* (2013) Conservation genetic resources for effective species survival (ConGRESS): bridging the divide between conservation research and practice. *Journal for Nature Conservation* **21**, 433-437.



- Hoffman EA, Blouin MS (2004) Historical data refute recent range contraction as cause of low genetic diversity in isolated frog populations. *Molecular Ecology* **13**, 271-276.
- Hoffmann M, Hilton-Taylor C, Angulo A, Böhm M, Brooks TM, Butchart SHM, *et al.* (2010) The impact of conservation on the status of the world's vertebrates. *Science* **330**, 1503-1509.
- Howard SD, Bickford DP (2014) Amphibians over the edge: silent extinction risk of Data Deficient species. *Diversity and Distributions* **20**, 837-846.
- Hurtado L, Santamaria C, Fitzgerald L (2012) Conservation genetics of the Critically Endangered Saint Croix ground lizard (*Ameiva polops* Cope 1863). *Conservation Genetics* **13**, 665-679.
- IUCN, Conservation International and NatureServe (2008) *An analysis of amphibians on the 2008 IUCN Red List*. www.iucnredlist.org/amphibians. Consultat: 24/5/2015
- James FC (2010) Avian subspecies: Introduction. *Ornithological Monographs* **67**, 1-5.
- Jensen J, Camp C (2003) Human exploitation of amphibians: direct and indirect impacts. In: *Amphibian Conservation*, pp. 199-213, Smithsonian Institution, Washington.
- Joyce DA, Dennis RLH, Bryant SR, Shreeve TG, Ready JS, Pullin AS (2009) Do taxonomic divisions reflect genetic differentiation? A comparison of morphological and genetic data in *Coenonympha tullia* (Müller), Satyrinae. *Biological Journal of the Linnean Society* **97**, 314-327.
- Kats LB, Ferrer RP (2003) Alien predators and amphibian declines: review of two decades of science and the transition to conservation. *Diversity and Distributions* **9**, 99-110.
- Köhler J, Vieites DR, Bonett RM, García FH, Glaw F, Steinke D, *et al.* (2005) New amphibians and global conservation: a boost in species discoveries in a highly endangered vertebrate group. *BioScience* **55**, 693-696.
- Kraaijeveld-Smit FJL, Beebee TJC, Griffiths RA, Moore RD, Schley L (2005) Low gene flow but high genetic diversity in the threatened Mallorcan midwife toad *Alytes muletensis*. *Molecular Ecology* **14**, 3307-3315.
- Kühnel S, Reinhard S, Kupfer A (2010) Evolutionary reproductive morphology of amphibians: an overview. *Bonn Zoological Bulletin* **57**, 119-126.

- Lacy R, Vargas A (2004) Informe sobre la gestión genética y demográfica del programa de cría para la conservación del lince Ibérico: escenarios, conclusiones y recomendaciones **11**.
- Lacy RC (2009) Stopping evolution: genetic management of captive populations. In: *Conservation genetics in the age of genomics* (eds. Amato G, DeSalle R, Ryder OA, Rosenbaum HC), pp. 58 - 81. Columbia University Press, New York.
- Lawrence HA (2008) *Conservation genetics of the world's most endangered seabird, the Chatham Island tāiko (Pterodroma magentae)*. Tesis doctoral.
- Leus K (2011) Captive breeding and conservation. *Zoology in the Middle East* **54**, 151-158.
- Leus K, Lacy RC (2009) Genetic and demographic management of conservation breeding programmes oriented towards reintroduction. In: *Iberian Lynx ex situ conservation: an interdisciplinary approach* (eds. Vargas A, Breitenmoser C, Breitenmoser U), pp. 75-84. Fundación Biodiversidad, Madrid, Spain.
- Li WH (1997) *Molecular evolution*. Sinauer Associates, Sunderland, Massachusetts.
- Li YC, Korol AB, Fahima T, Beiles A, Nevo E (2002) Microsatellites: genomic distribution, putative functions and mutational mechanisms: a review. *Molecular Ecology* **11**, 2453-2465.
- Martel A, Blooi M, Adriaensen C, Van Rooij P, Beukema W, Fisher MC, *et al.* (2014) Recent introduction of a chytrid fungus endangers Western Palearctic salamanders. *Science* **346**, 630-631.
- Martel A, Spitzen-van der Sluijs A, Blooi M, Bert W, Ducatelle R, Fisher MC, *et al.* (2013) Batrachochytrium salamandrivorans sp. nov. causes lethal chytridiomycosis in amphibians. *Proceedings of the National Academy of Sciences* **110**, 15325-15329.
- Martínez-Silvestre A, Amat F, Bargalló F, Carranza S (2011) Incidence of pigmented skin tumors in a population of wild Montseny brook newt (*Calotriton arnoldi*). *Journal of Wildlife Diseases* **47**, 410-414.
- Martínez-Silvestre A, Amat F, Carranza S (2014) Natural incidence of body abnormalities in the Montseny newt, *Calotriton arnoldi* Carranza and Amat, 2005. *Herpetology Notes* **7**, 277-279.
- Martínez MLM (2014) *Evaluación de la diversidad genética y estructura poblacional del berberecho Cerastoderma edule mediante marcadores microsatélite y de ADN mitocondrial*. Tesis doctoral, Universidade da Coruña.



- Montori A, Campeny R (1991) Situación actual de las poblaciones de tritón pirenaico *Euproctus asper* en el macizo del Montseny. *Boletín de la Asociación Herpetológica Española* **2**, 10-12.
- Montori A, Llorente GA (2014) Tritón pirenaico – *Calotriton asper* (Dugès, 1852). In: *Enciclopedia Virtual de los Vertebrados* eds. Salvador A, Martínez-Solano I), p. 28. Museo Nacional de Ciencias Naturales, Madrid.
- Montori A, Pascual X (1981) Nota sobre la distribución de *Euproctus asper* (Dugès, 1852) en Cataluña: I. Primera localidad para el macizo del Montseny. *Publicaciones del Departamento de Zoología* **6**, 85-88.
- Moritz C (1994) Defining ‘Evolutionarily Significant Units’ for conservation. *TRENDS in Ecology and Evolution* **9**, 373-375.
- Obon E, Carbonell F, Valbuena-Ureña E, Alonso M, Larios R, Fernández-Beaskoetxea S, *et al.* (2013) Chytridiomycosis surveillance in the critically endangered Montseny brook newt, *Calotriton arnoldi*, northeastern Spain. *The Herpetological Journal* **23**, 237-240.
- Palstra FP, Ruzzante DE (2008) Genetic estimates of contemporary effective population size: what can they tell us about the importance of genetic stochasticity for wild population persistence? *Molecular Ecology* **17**, 3428-3447.
- Pechmann JH, Wilbur HM (1994) Putting declining amphibian populations in perspective: natural fluctuations and human impacts. *Herpetologica* **50**, 65-84.
- Peñuelas J, Boada M (2003) A global change-induced biome shift in the Montseny mountains (NE Spain). *Global Change Biology* **9**, 131-140.
- Piña S (2014) *Biología y Conservación del Ferreret (Alytes muletensis)*. Tesis doctoral, Universitat de les Illes Balears.
- Pleguezuelos JM (2002) Las especies introducidas de anfibios y reptiles. In: *Atlas y Libro Rojo de los anfibios y reptiles de España* (eds. Pleguezuelos JM, Márquez R, Lizana M), pp. 501-532. Dirección General de Conservación de la Naturaleza-Asociación Herpetológica Española, Madrid.
- Price Stephen J, Garner Trenton WJ, Nichols Richard A, Balloux F, Ayres C, Moracabello de Alba A, *et al.* (2014) Collapse of amphibian communities due to an introduced *Ranavirus*. *Current Biology* **24**, 2586-2591.
- Primack RB, Bacon EE (2011) Evolution and biodiversity conservation. In: *Grzimek's animal life encyclopedia: evolution* (ed. Hutchins M), pp. 335-345. Gale, Detroit.

- Rice KJ, Emery NC (2003) Managing microevolution: restoration in the face of global change. *Frontiers in Ecology and the Environment* **1**, 469-478.
- Roelants K, Gower DJ, Wilkinson M, Loader SP, Biju SD, Guillaume K, *et al.* (2007) Global patterns of diversification in the history of modern amphibians. *Proceedings of the National Academy of Sciences* **104**, 887-892.
- Sagvik J, Uller T, Olsson M (2005) Outbreeding depression in the common frog, *Rana temporaria*. *Conservation Genetics* **6**, 205-211.
- Scott JM, Carpenter JW (1987) Release of captive-reared or translocated endangered birds: what do we need to know? *Auk* **104**, 544-545.
- Sgrò CM, Lowe AJ, Hoffmann AA (2011) Building evolutionary resilience for conserving biodiversity under climate change. *Evolutionary Applications* **4**, 326-337.
- Sherman CDH, Wapstra E, Uller T, Olsson M (2008) Males with high genetic similarity to females sire more offspring in sperm competition in Peron's tree frog *Litoria peronii*. *Proceedings of the Royal Society B: Biological Sciences* **275**, 971-978.
- Sherwin WB, Timms P, Wilcken J, Houlden B (2000) Analysis and conservation implications of koala genetics. *Conservation Biology* **14**, 639-649.
- Snyder NFR, Derrickson SR, Beissinger SR, Wiley JW, Smith TB, Toone WD, *et al.* (1996) Limitations of captive breeding in endangered species recovery. *Conservation Biology* **10**, 338-348.
- Sodhi NS, Bickford D, Diesmos AC, Lee TM, Koh LP, Brook BW, *et al.* (2008) Measuring the meltdown: drivers of global amphibian extinction and decline. *PLoS ONE* **3**, e1636.
- Soulé ME (1980) Thresholds for survival: maintaining fitness and evolutionary potential. In: *Conservation biology: an evolutionary-ecological perspective* (eds. Soulé ME, Wilcox BA), pp. 151-170. Sinauer Associates, Sunderland, Massachusetts.
- Stanford C (2001) The subspecies concept in primatology: the case of mountain gorillas. *Primates* **42**, 309-318.
- Steinfartz S, Hwang UW, Tautz D, Öz M, Veith M (2002) Molecular phylogeny of the salamandrid genus *Neurergus*: evidence for an intrageneric switch of reproductive biology. *Amphibia-Reptilia* **23**, 419-431.



- Stuart SN, Chanson JS, Cox NA, Young BE, Rodrigues ASL, Fischman DL, *et al.* (2004) Status and trends of amphibian declines and extinctions worldwide. *Science* **306**, 1783-1786.
- Temple HJ, Cox NA (2009) *European red list of amphibians*. Office for Official Publications of the European Communities, Luxembourg.
- Valbuena-Ureña E, Amat F, Carranza S (2013) Integrative Phylogeography of *Calotriton* Newts (Amphibia, Salamandridae), with Special Remarks on the Conservation of the Endangered Montseny Brook Newt (*Calotriton arnoldi*). *PLoS ONE* **8**, e62542.
- Vasconcelos R (2010) *Integrative approaches to the systematics and conservation of the reptiles of the Cape Verde islands*. Tesis doctoral, Universidade do Porto.
- Vieites DR, Wollenberg KC, Andreone F, Köhler J, Glaw F, Vences M (2009) Vast underestimation of Madagascar's biodiversity evidenced by an integrative amphibian inventory. *Proceedings of the National Academy of Sciences* **106**, 8267-8272.
- Vignal A, Milan D, SanCristobal M, Eggen A (2002) A review on SNP and other types of molecular markers and their use in animal genetics. *Genetics Selection Evolution* **34**, 275-305.
- Wake DB (1991) Declining amphibian populations. *Science* **253**, 860.
- Wake DB (2012) Facing extinction in real time. *Science* **335**, 1052-1053.
- Wan Q-H, Wu H, Fujihara T, Fang S-G (2004) Which genetic marker for which conservation genetics issue? *Electrophoresis* **25**, 2165-2176.
- Wang X, Tan X, Zhang P, Zhang Y, Xu P (2014) Recombination-activating gene 1 and 2 (RAG1 and RAG2) in flounder (*Paralichthys olivaceus*). *Journal of Biosciences* **39**, 849-858.
- Waples RS (1995) Evolutionarily significant units and the conservation of biological diversity under the Endangered Species Act. *American Fisheries Society Symposium* **17**, 8-17.
- Young BE, Lips KR, Reaser JK, Ibáñez R, Salas AW, Cedeño JR, *et al.* (2001) Population declines and priorities for amphibian conservation in Latin America. *Conservation Biology* **15**, 1213-1223.
- Zhang P, Papenfuss TJ, Wake MH, Qu L, Wake DB (2008) Phylogeny and biogeography of the family Salamandridae (Amphibia: Caudata) inferred from

complete mitochondrial genomes. *Molecular Phylogenetics and Evolution* **49**, 586-597.

Zink RM (2004) The role of subspecies in obscuring avian biological diversity and misleading conservation policy. *Proceedings of the Royal Society of London. Series B: Biological Sciences* **271**, 561-564.

Zippel K, Johnson K, Gagliardo R, Gibson R, McFadden M, Browne R, *et al.* (2011) The Amphibian Ark: a global community for ex situ conservation of amphibians. *Herpetological Conservation and Biology* **6**, 340-352.

But, about that, the last word has not yet been spoken

Helfer i Schlottke, 1935



Universitat Autònoma de Barcelona
Facultat de Biociències
Departament de Biologia Animal, Biologia Vegetal i Ecologia
Unitat de Zoologia