

Recerca ex situ sobre *Calotriton arnoldi*

FRANCESC CARBONELL BUIRA¹, MÓNICA ALONSO¹, RAQUEL LARIOS¹, GENÍS PEÑA¹, NEUS OROMÍ², ADRIÀ JORDÀ RAMÍREZ³, MARTÍ PIÑERO FERNÁNDEZ⁴, JOAN GOMÀ MARTÍNEZ⁴ i ALBERT MONTORI FAURA³

¹Centre de Recuperació de Fauna de Torreferrussa

²Department of Animal Science. Universitat de Lleida

³Centre de Recerca i Educació Ambiental de Calafell (CREAC) i Grup de Recerca de l'Escola de la Natura de Parets del Vallès (GRENP)

⁴Departament de Biologia Evolutiva, Ecologia i Ciències Ambientals (BEECA). Departament de Biologia Vegetal, Animal i Ecologia (BABVE). Universitat de Barcelona

Resum

Diversos estudis sobre *Calotriton arnoldi* han requerit experimentació amb exemplars al laboratori, fora de l'ambient natural, i s'han fet a les instal·lacions del Centre de Fauna de Torreferrussa, amb exemplars seus. Els estudis duts a terme fins ara han estat: «Estudi del termopreferendum de *C. arnoldi*»; «Comparació interespecífica i intraespecífica de la norma de reacció de la taxa metabòlica a la temperatura»; «Determinació de les causes de les anomalies òssies observades»; «Anàlisi de la qualitat espermàtica»; «Desenvolupament tècnic dels aquaris naturalitzats» i «Estudi de l'efecte de grup, substrat i dieta sobre el creixement». Es presenten de manera breu alguns dels resultats obtinguts els quals tenen importància per millorar l'efectivitat del centre de cria de *C. arnoldi* i per incorporar a les decisions de les diferents comissions de decisió del programa de conservació de l'espècie.

Paraules clau

Calotriton arnoldi, termopreferendum, creixement, qualitat espermàtica

Resumen

Investigación ex situ sobre *Calotriton arnoldi*

Varios estudios sobre *Calotriton arnoldi* requieren experimentación en el laboratorio, fuera del ambiente natural, y se han llevado a cabo con ejemplares del Centro de Fauna de Torreferrussa y en sus instalaciones. Los estudios hechos hasta ahora han sido: «Estudio del termopreferendum de *C. arnoldi*»; «Comparación interespecífica e intraespecífica de la norma de reacción de la tasa metabólica a la temperatura»; «Determinación de las causas de las anomalías óseas observadas»; «Análisis de la calidad espermática»; «Desarrollo técnico de los acuarios naturalizados» y «Estudio del efecto de grupo, sustrato y dieta sobre el crecimiento». Se presentan de forma breve algunos de los resultados obtenidos que tienen importancia para mejorar la efectividad del centro de cría de *C. arnoldi* y para incorporar a las decisiones de las diferentes comisiones de decisión del programa de conservación de la especie.

Palabras clave

Calotriton arnoldi, termopreferendum, crecimiento, calidad espermática

Abstract

Ex Situ Research on *Calotriton arnoldi*

Several studies on *Calotriton arnoldi* call for laboratory experiments away from the natural environment which have been conducted with specimens from the Torreferrussa Fauna Centre at its facilities. The studies carried out so far are: "Study of the thermopreference of *C. arnoldi*"; "Interspecific and intraspecific comparison of the norm of metabolic rate response to temperature"; "Determination of the causes of observed bone abnormalities"; "Analysis of sperm quality"; "Technical development of naturalised aquariums" and "Study of the effect of group, substrate and diet on growth". Some of the results are briefly presented which are significant for enhancing the effectiveness of the *C. arnoldi* breeding centre and informing the decisions of the decision-making committees in the conservation programme for the species.

Key words

Calotriton arnoldi, thermopreference, growth, sperm quality

Introducció

El tritó del Montseny (*Calotriton arnoldi*) és endèmic del massís del Montseny, PN-RB Montseny, i concretament de la part alta de la conca hidrogràfica de la Torreda. Només s'ha trobat en set torrents i està distribuït en dos nuclis poblacionals separats per uns quants quilòmetres en línia recta però que es mantenen aïllats a causa de l'existència d'un hàbitat desfavorable que actua com a barrera geogràfica. Habita una àrea de menys de 25 km², sumant els trams de torrents habitats per no més de 4 km, i les poblacions ocupen un rang altitudinal de 600-1.200 m. Es troba en aigua freda, neta i oxigenada en ambients poc humanitzats. S'estima que, en els darrers deu anys, la població que té ha minvat un 15 %, per la qual cosa ha estat catalogat com *en perill crític* (CR) a la llista vermella de la Unió Internacional per a la Conservació de la Natura (CARRANZA; MARTÍNEZ-SOLANO, 2009).

La supervivència d'aquesta espècie depèn fonamentalment de la conservació dels medis aquàtics reòfils, però també de les masses forestals que els envolten. L'assecamament dels rierols és la principal amenaça per a l'espècie. La gestió dels recursos hídrics del Massís han estat sempre la font del problema, bé sigui per l'extracció d'aigua per embotellar, bé sigui per una gestió inadequada i no sostenible dels recursos per la població resident. La conseqüència és que el Montseny s'està assecant i, per tant, hi ha el pitjor escenari possible per a la supervivència del tritó del Montseny.

A més, a causa de l'escalfament climàtic, la temperatura mitjana del massís del Montseny ha augmentat més d'un grau en l'últim segle. Aquest increment de la temperatura ha incrementat l'evaporació i l'evapotranspiració, fet que ha provocat que els boscos de faig, els quals conformen la coberta vegetal òptima per al tritó del Montseny, s'hagin desplaçat de mitjana uns 70 metres cap a altituds superiors des del 1945 i que hagin estat substituïts per alzinars (PEÑUELAS; BOADA, 2003).

En aquests efectes de l'escalfament climàtic en el moment actual, hi hem d'afegir les previsions que prediuen a finals de segle una reducció de gairebé un 25 % de la pluja, un increment de 3,4 °C de la temperatura mitjana i una reducció d'un 14,5 % de l'aigua al sòl. Si això no fos prou preocupant, es preveu també un increment de la demanda d'aigua i de la freqüentació humana i un augment del risc d'aparició de les malalties emergents (BORRÀS *et al.*, 2016).

Tot aquest context obliga a actuar de manera immediata, ja que la supervivència d'aquesta espècie endèmica del Montseny està en risc. Amb la finalitat de revertir les amenaces que actualment es detecten s'ha executat el projecte «Life Tritó Montseny» (LIFE15 NAT/ES000757). Ja se sap que cal un bon coneixement de la biologia i l'ecologia de l'espècie per poder gestionar correctament el problema, detectar d'una manera més acurada les amenaces reals i dur a terme una gestió integral molt més efectiva de les poblacions que encara hi sobreviuen.

Manquen encara moltes dades sobre la biologia i l'ecologia d'aquesta espècie. Algunes es poden investigar al camp amb la recerca i el seguiment de les pobla-

cions salvatges. Ara bé, altres paràmetres biològics i ecològics no es poden estudiar al camp i la recerca s'ha de fer *ex situ*, i aprofitar els exemplars establats que hi ha al Centre de Fauna de Torreferrussa com a part del programa de reproducció en captivitat de *Calotriton arnoldi* de la Generalitat de Catalunya.

En aquest treball es presenten breument alguns dels treballs fets com a mostra de la diversitat d'estudis i resultats que es poden obtenir amb tritons del Programa de Reproducció en Captivitat i que no es podrien obtenir amb exemplars de les poblacions naturals atès l'estat crític de les poblacions.

Metodologia

La metodologia és molt diversa en funció del tipus d'estudi practicat. Per aquest motiu, es descriurà en l'apartat de cadascun dels estudis. Els treballs que es descriuran són els següents:

- Estudi del termopreferèndum i temperatura crítica de *Calotriton arnoldi*.
- Comparació interespecífica i intraespecífica de la norma de reacció de la taxa metabòlica a la temperatura.
- Determinació de les anomalies òssies observades.
- Anàlisi de la qualitat espermàtica.
- Desenvolupament tècnic dels aquaris naturalitzats.
- Anàlisi de l'efecte de la temperatura i els raigs UVB en la reproducció.
- Anàlisi de l'efecte de grup, substrat i i dieta sobre el creixement.

Resultats

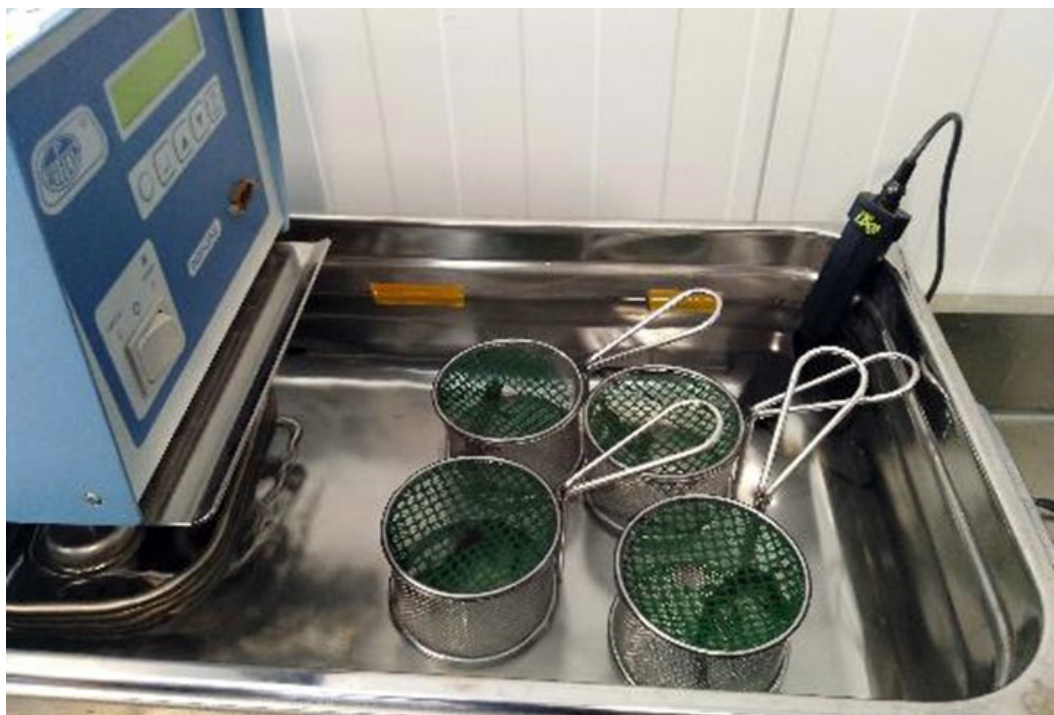
Estudi del termopreferèndum i temperatura crítica de *Calotriton arnoldi*

Aquest estudi va ser el projecte de final de màster del Màster en Biodiversitat de la UB de Jenifer Contreras (CONTRERAS, 2019) i es va estimar la temperatura crítica màxima, la tolerància al fred i el termopreferèndum del tritó del Montseny.

L'estudi de la TC_{màx} i TC_{mín} es va dur a terme en grups de sis individus en un tanc d'acer ple d'aigua dels aquaris on viuen els tritons, i l'aigua es va escalfar o refredar amb una unitat termostàtica d'immersió (figura 1). El punt final de l'experiment de TC Màx es va determinar quan els tritons presentaven espasmes continus i pèrdua de la locomoció (ΔT 1 °C/3').

Per al termopreferèndum (Tp) es va dissenyar un canal d'aigua amb un gradient de temperatura des de 3,5 °C fins a 28 °C. Els exemplars eren dipositats al centre del canal i esperàvem 40 minuts per veure la temperatura de l'aigua seleccionada.

Figura 1. Cubeta tèrmica on es practicaven les anàlisis de TCMàx i TCmín



Tots els experiments es van elaborar per als dos nuclis poblacionals (oriental i occidental) per separat i tot mantenint les normes de bioseguretat (FERNÁNDEZ-GUIBERTEAU *et al.*, 2020).

En l'anàlisi de les dues poblacions en conjunt, es va determinar que la TCMàx dels mascles (N = 12) és de 31,7 ($\pm 0,04$); en femelles (N = 12) és de 31,42 ($\pm 0,05$); en els juvenils (N = 12) és de 31,53 ($\pm 0,15$); en les larves del 2017 (N = 12) és de 32,51 ($\pm 0,32$); i en les larves del 2018 (N = 12) és de 31,69 ($\pm 0,19$).

En l'anàlisi en conjunt de les dues poblacions, els mascles (N = 12) tenien una *t* de 14,89 °C ($\pm 0,92$) que anava des d'un rang d'11,7 a 19,48 °C. Les femelles (N = 12) van presentar una *t* de 17,51 °C ($\pm 0,67$) que anava des d'un rang de 15,22 a 20,88 °C. Finalment, els juvenils (N = 12) van presentar una *t* mitjana de 18,24 °C ($\pm 0,87$) que anava des d'un rang de 13,79 a 21,5 °C.

Comparació interespecífica i intraespecífica de la norma de reacció de la taxa metabòlica a la temperatura

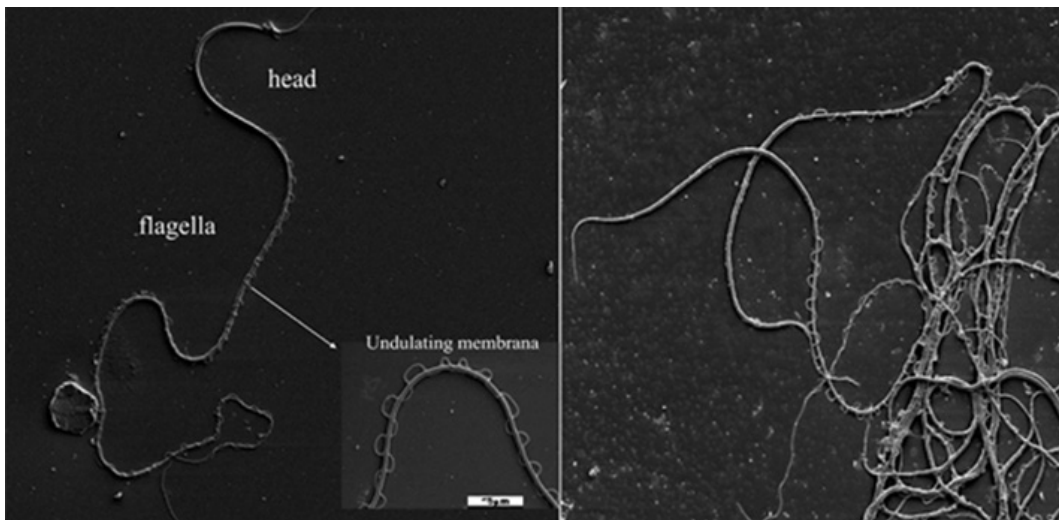
Aquest estudi també correspon a un treball de final de grau de Biologia de la UB, en aquest cas, de Martí Piñero (PIÑERO, 2021). Aquest estudi utilitza dades metabòliques com la «taxa metabòlica en repòs» per estudiar les diferències fisiològiques entre les dues espècies de tritó del gènere *Calotriton* (*C. asper* i *C. arnoldi*) i entre les dues subpoblacions de *Calotriton arnoldi*. En aquest cas no exposarem la metodologia ni donarem resultats perquè són objecte d'un article separat en aquest volum.

Anàlisi de la qualitat espermàtica

Amb l'objectiu de determinar les causes de la fecunditat baixa, observada en les parelles que inclouen mascles nascuts en captivitat, l'esperma ha estat estudiat a fons mitjançant diferents tècniques. També s'ha fet un seguiment del comportament reproductiu per detectar possibles conductes anòmales.

Per a l'avaluació de la qualitat de l'esperma, es va utilitzar el tritó del Montseny en captivitat (fundadors i nascuts en captivitat). Es van analitzar mostres d'espermatozòfors de 17 mascles adults que conformen el programa de cria. La qualitat dels espermatozoides dels diferents grups es considera pel que fa a la mobilitat, el nombre d'espermatozoides i les anomalies morfològiques observades.

Figura 2. Imatge de microscòpia Scanning de l'espermatozoide de *Calotriton arnoldi* que en mostra el cap, el flagel i la membrana ondulant



La tècnica d'observació d'espermatozoides amb microscopi electrònic d'escaneig (SEM) es va desenvolupar amb la col·laboració de Xavier Calomarde (Servei Electrònic de Microscòpia de la UdL). A la **figura 2** es pot veure un espermatozoide de *Calotriton arnoldi*. Podem observar que els espermatozoides són filiformes, amb un flagel amb membrana ondulant. La longitud mitjana total és de 0,191 mm (cap de 0,057 mm, peça central i cua de 0,133 mm). Pel que fa a la longitud dels espermatozoides, no hi ha diferències significatives entre les dues poblacions (F: 3,491, valor P: 0,0715).

L'any 2019 es van registrar 344 amplexus que pertanyen a totes dues poblacions. Les mostres de dades del 2020 han estat inferiors al que s'esperava a causa de les restriccions de la pandèmia. De totes les parelles establertes el 2019 (49 occidentals i 43 orientals) es va observar com a mínim un amplexus en 40 de l'occidental i 28 de l'oriental (**taula 1**). De fet, el 55 % de les parelles ponedores d'ous eclosionen amb èxit i donen lloc a larves viables (65 % occidental, 35 % oriental). No s'ha trobat cap motiu que expliqui les diferències d'èxit reproductor entre les dues subpoblacions.

Sembla, però, que aquest fet també es deu donar a la natura, ja que les poblacions orientals presenten efectius menors que les occidentals.

Taula 1. Resultats reproductors de les parelles controlades l'any 2019

	Població	Parelles	Parelles amb amplexus	Parelles amb posta d'ous	Parelles reproductores efectives	Ous totals	Larves eclosionades
	Oriental	43	28	17	6	291	38
2019	Occidental	49	40	36	23	1247	272
	Total	92	68	53	29	1538	310

Desenvolupament tècnic dels aquaris naturalitzats

L'objectiu d'aquesta acció és investigar com els canvis en les condicions ambientals poden afectar la cria en captivitat i les implicacions que tindrà per al futur de les poblacions silvestres de l'espècie. Amb la informació dels sensors instal·lats als rierols s'han obtingut valors de referència per a les condicions reals del camp. El control i la configuració dels paràmetres de l'aquari s'ha fet manualment. Malgrat els reptes, s'han pogut aconseguir resultats significatius.

Figura 3. Aquari naturalitzat d'estudi. En la imatge s'observa una de les càmeres aèries



S'han enjardinat quatre aquaris amb dissenys que recreen les rieres habitades per l'espècie (figura 3). S'ha instal·lat un sistema de videovigilància amb quatre càmeres submarines per controlar el comportament dels exemplars dins dels aquaris. El sistema proporciona una gravació per a un estudi posterior, així com la transmissió en directe al YouTube. Aquest canal de YouTube està obert al públic en general i es pot visitar a través del web del projecte.

Aquests seguiments han confirmat l'ús per part dels tritons d'espais fora de la massa d'aigua. Aquests llocs eren sempre forats amb abundant vegetació (molsa) i un cabal d'aigua lleuger. Aquests espais es podrien assimilar a salts d'aigua amb diferents nivells d'estratificació de blocs rocosos presents en alguns trams de rierol habitat. Això reforçaria l'argument que aquestes cascades de bloc són molt importants per determinar la idoneïtat dels hàbitats potencials.

Anàlisi de l'efecte de la temperatura i els raigs UVB en la reproducció

L'objectiu d'aquest experiment era intentar determinar com un augment de la temperatura o els canvis en la radiació UVB poden afectar la reproducció de l'espècie. Durant els anys 2019 i 2020 s'han allotjat setze parelles de cada població en diferents entorns. La meitat de les parelles es van mantenir a una temperatura semblant a la que es troba als rierols habitats. L'altra meitat es van exposar a una temperatura 2-3 graus més elevada. Per a cadascun d'aquests grups, la meitat va rebre una il·luminació addicional mitjançant una làmpada UVB i l'altra meitat només va rebre llum natural segons el fotoperíode.

Per a la població oriental, el nombre de parelles ponedores d'ous va ser massa baix per obtenir resultats. Només es van poder analitzar estadísticament per a la població occidental. Contràriament al que s'esperava, un augment de la temperatura d'aquesta magnitud ha tingut efectes positius en l'èxit de la cria. El nombre d'ous mostra un augment lleuger a temperatures més altes, tot i que això no és estadísticament significatiu.

S'observa un augment estadísticament significatiu de la fertilitat dels ous a temperatura més elevada. Sembla que l'augment de la temperatura ha afavorit l'activitat o la fecunditat masculina. Això s'observa lleugerament el primer any, però no és estadísticament significatiu, i és clarament més pronunciat i significatiu el segon any ($F = 13,7$; $DF: 12$; $P: 0,003$). No s'ha detectat cap influència de la radiació UVB, potser pel fet que es tracta d'una espècie bàsicament aquàtica, amb un fototropisme negatiu i que habita un medi on hi ha una taxa baixa de penetració dels raigs UVB a l'aigua.

Anàlisi de l'efecte de grup, substrat i dieta sobre el creixement

L'objectiu d'aquest estudi és determinar l'efecte de diferents factors ambientals en el creixement o mida dels tritons d'ambdues subpoblacions. Els factors ambien-

tals considerats han estat: el tipus d'aliment (viu o mort) utilitzat, el tipus de substrat (vidre o pedres) i l'origen de la població (oriental i occidental).

En primer lloc, hi ha grans diferències entre poblacions. Així els tritons de l'oest són més grans que els orientals. El model ha mostrat diferències significatives en el pes (estadística $F = 22,85$; $p < 0,001$) entre poblacions (occidental i oriental). Independentment de la població, vam observar efectes del tipus d'aliment i dels diferents substrats. De la mateixa manera, pel que fa al pes, el model ha mostrat diferències significatives (estadística $F = 10,01$; $p < 0,001$) entre la longitud dels individus i els factors ambientals. Com en el cas anterior, hi ha diferències significatives entre poblacions (occidentals i orientals). Independentment de la població, vam observar efectes de diversos factors ambientals. De fet, el model ha suggerit un efecte del tipus d'aliment i dels diferents substrats, de manera que la mida i el pes són més grans amb aliment viu i substrat rocallós ([gràfic 1](#)). El tipus d'aliment és clarament significatiu ([gràfic 1](#) a dalt) mentre que el tipus de substrat, tot i no ser significatiu ([gràfic 1](#) a baix) sí que s'observa una tendència a tenir dimensions més grans en aquells individus amb substrat rocallós.

Si avaluem per separat les diferències de pes i longitud dins d'una mateixa població obtenim els resultats següents. Tenint en compte la població occidental, el model va suggerir diferències significatives ($F = 0,94$, $p < 0,001$) pel tipus d'aliment i substrat. El model demostra un efecte positiu del pes en individus alimentats amb aliments vius en comparació amb els animals alimentats amb aliments normals/estàndards. També vam observar un efecte positiu del pes en individus col·locats en substrats rocósos en comparació amb els que estan situats en substrats plàstics o de vidre, Tanmateix, la població oriental no té cap efecte significativament diferent en referència a cap factor ambiental analitzat.

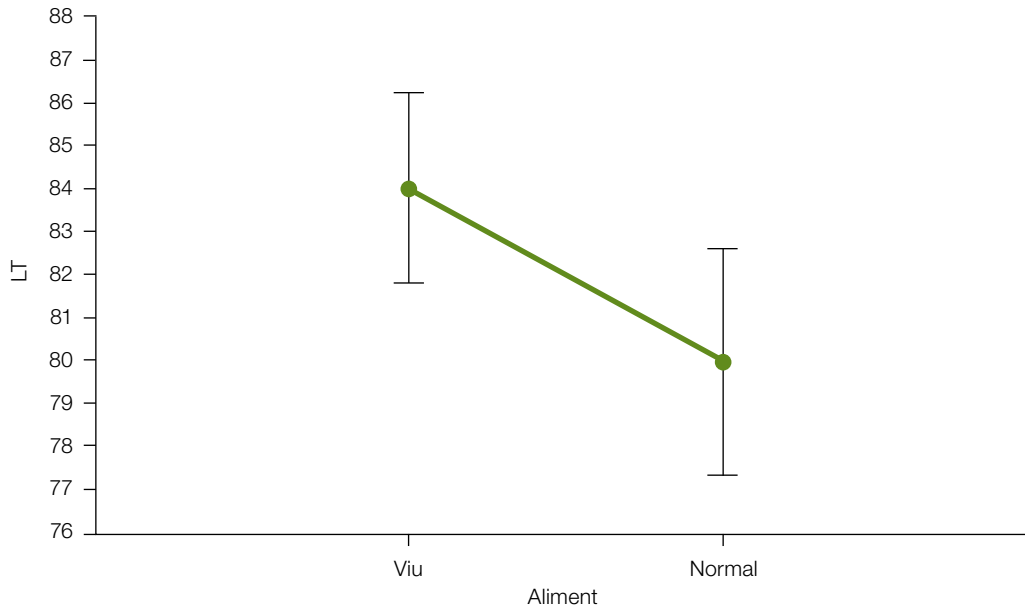
Per observar l'efecte de grup sobre el creixement, es van analitzar dues mesures de longitud de 87 individus (56 occidentals i 31 orientals): la longitud del musell al vent (SVL) i la longitud de la cua. Les mesures les vam prendre en dos moments diferents, separats entre tres mesos cadascun (juny i setembre). Hem treballat amb SVL i cua, i el creixement d'aquests tres mesos com a variable que cal estudiar.

Els ANOVA d'una via, tant en la població oriental com en l'occidental, mostren que hi ha un creixement significativament més gran (SVL i cua) quan les larves es troben a les instal·lacions sense compartir aigua. En el [gràfic 2](#) es pot observar gràficament aquest efecte per a les dues poblacions i la longitud del cos (SVL).

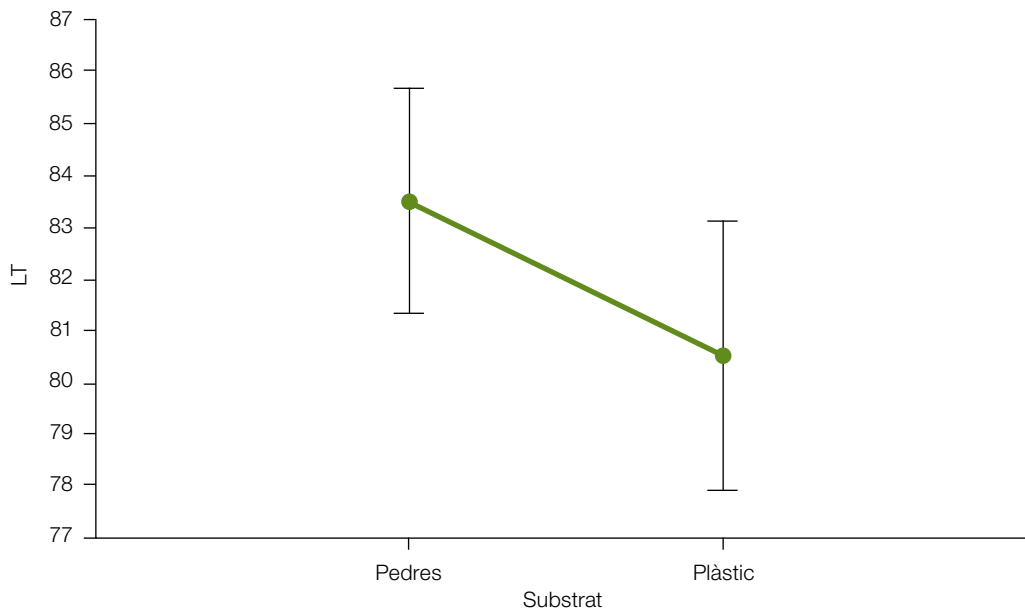
Pel que fa al nombre d'individus compartint aigua ([gràfic 3](#)) podem observar com la longitud del cos és menor a mesura que hi ha més tritons en un mateix aquari ([gràfic 3](#) a dalt), fet que confirmaria l'efecte de grup. Però, a més, si analitzem la longitud del cos quan els tritons comparteixen aigua a través del circuit d'aigua però no són al mateix aquari ([gràfic 3](#) a baix), podem observar que quan el nombre d'individus va augmentant, la mida és més petita, amb tota seguretat a causa d'un creixement menor per efecte de grup. En el cas extrem de compartir aigua molts individus (18, [gràfic 3](#) a baix), la longitud del cos és significativament

menor. Aquest resultat ens indica que hi ha un reconeixement químic entre els individus, tot i que no són al mateix aquari, i per tant es confirma l'efecte de grup.

Gràfic 1. Efecte del tipus de dieta (a dalt) i els substrats (a baix) sobre el creixement de *Calotriton arnoldi*. Els resultats corresponen a uns tres mesos de creixement

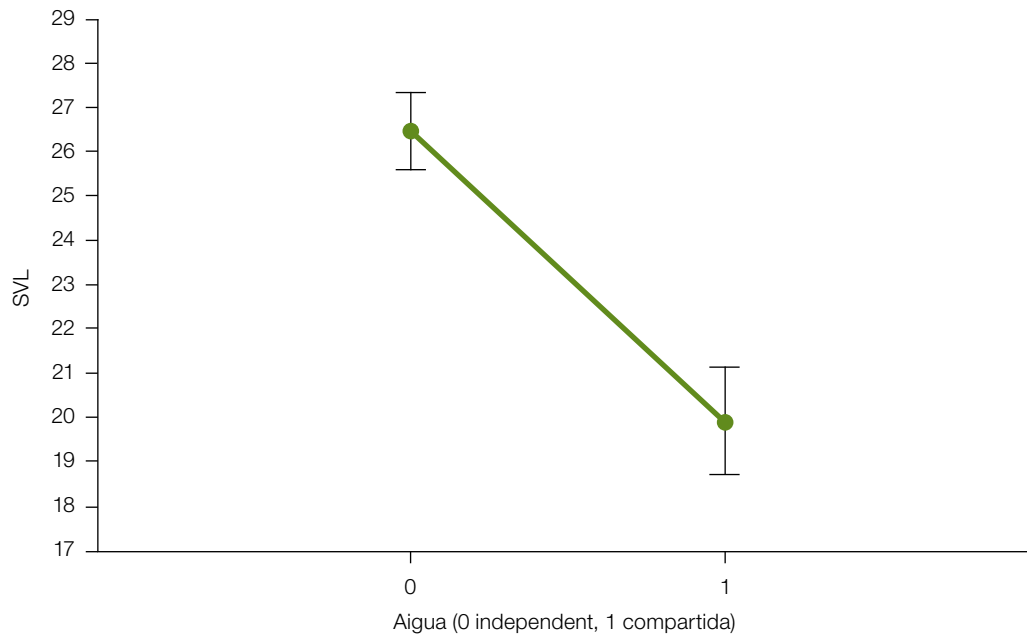


Substrate: LS Means
Current effect: $F(1, 86) = 5,4756$, $p = 08160$
Effective hypothesis decompositions
Vertical bars denote 0,95 confidence intervals
Exclude condition: Any = 2019

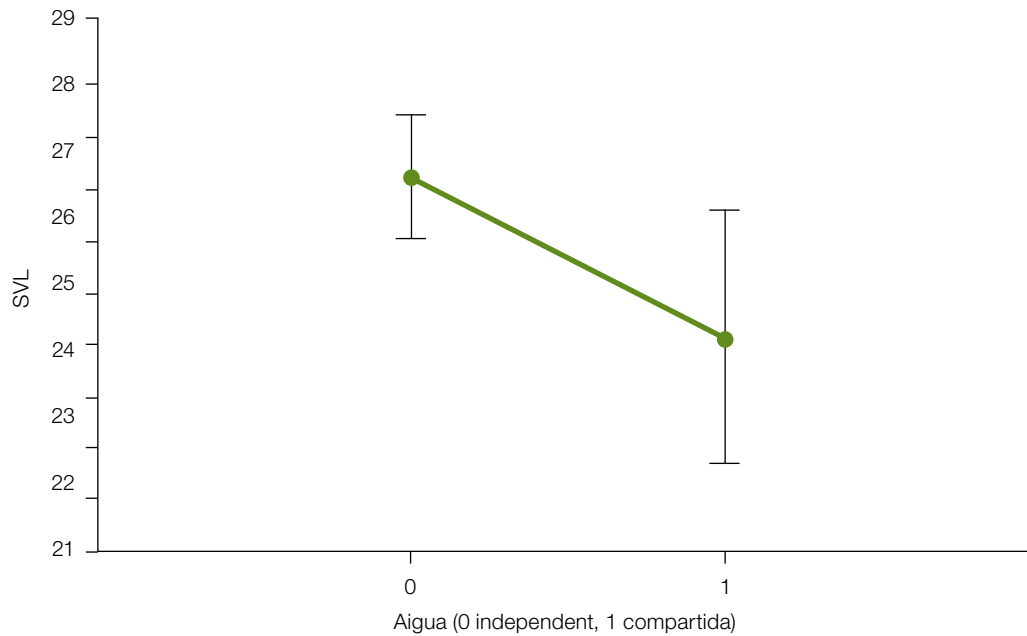


Substrate: LS Means
Current effect: $F(1, 86) = 3,0075$, $p = 08646$
Effective hypothesis decompositions
Vertical bars denote 0,95 confidence intervals
Exclude condition: Any = 2019

Gràfic 2. Creixement estimat i interval de confiança del 95% del creixement larvari de juny a setembre en funció de si els individus estaven sols o compartien aigua. A dalt: població occidental. A baix: població oriental. En tots dos casos les diferències són significatives

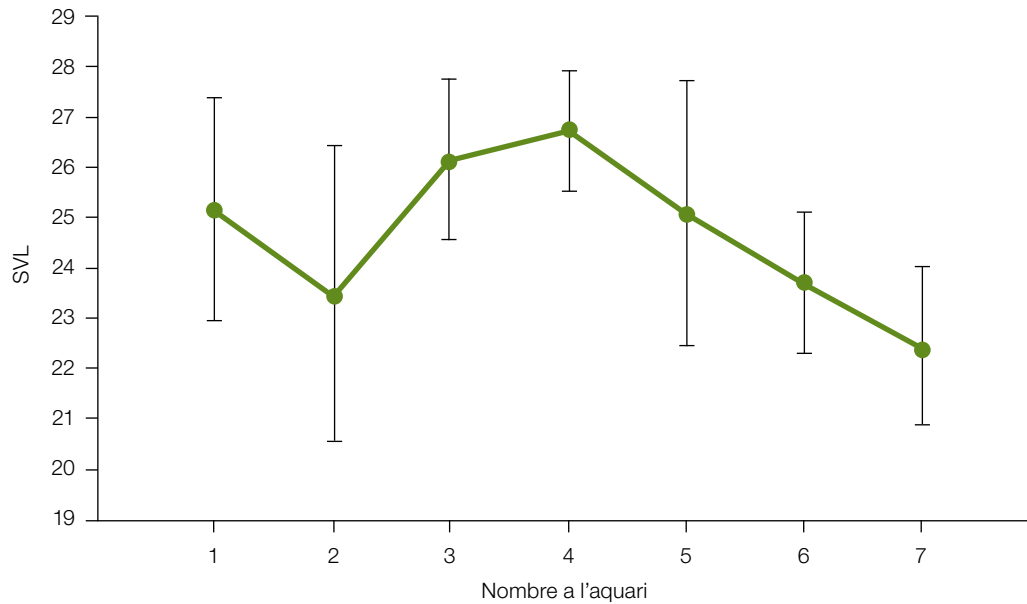


Aigua (0 independent, 1 compartida); LS Means
Current effect: $F(1, 110) = 74,891, p = 00000$
Effective hypothesis descompositions
Vertical bars denote 0,95 confidence intervals

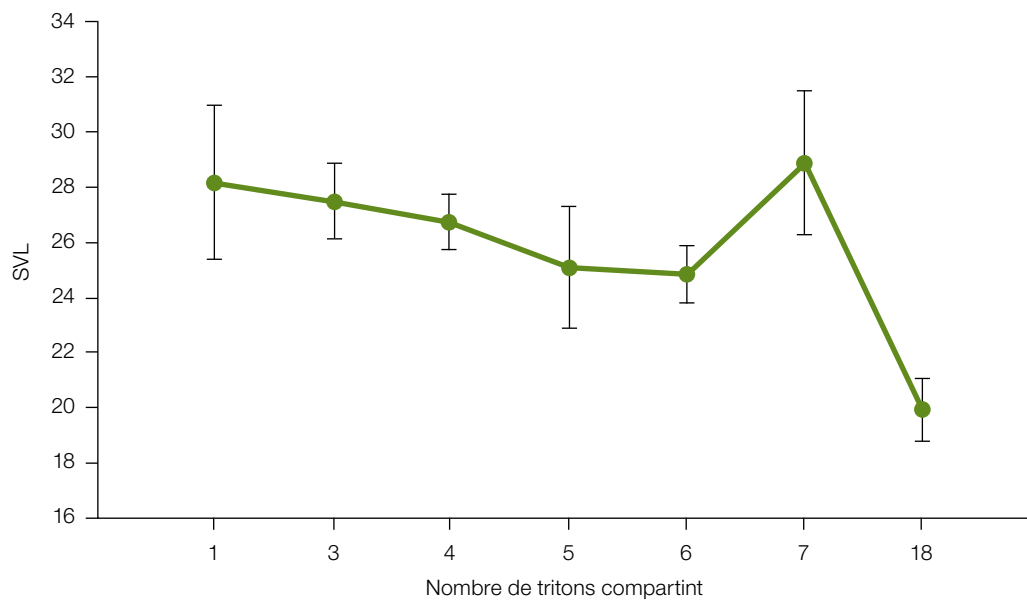


Aigua (0 independent, 1 compartida); LS Means
Current effect: $F(1, 60) = 5,2236, p = 02583$
Effective hypothesis descompositions
Vertical bars denote 0,95 confidence intervals

Gràfic 3. Creixement de juny a setembre dels individus larvaris en funció del nombre d'individus que compartien aigua, ja sigui en el mateix aquari o perquè compartien l'aigua pel circuit entre aquaris. A dalt: Creixement segons el nombre d'individus en un mateix aquari. A baix: Creixement segons el nombre d'individus que compartien aigua pel circuit entre aquaris



Nombre a l'aquari; LS Means
Current effect: $F(6, 164) = 4,1796, p = ,00061$
Effective hypothesis decompositions
Vertical bars denote 0,95 confidence intervals

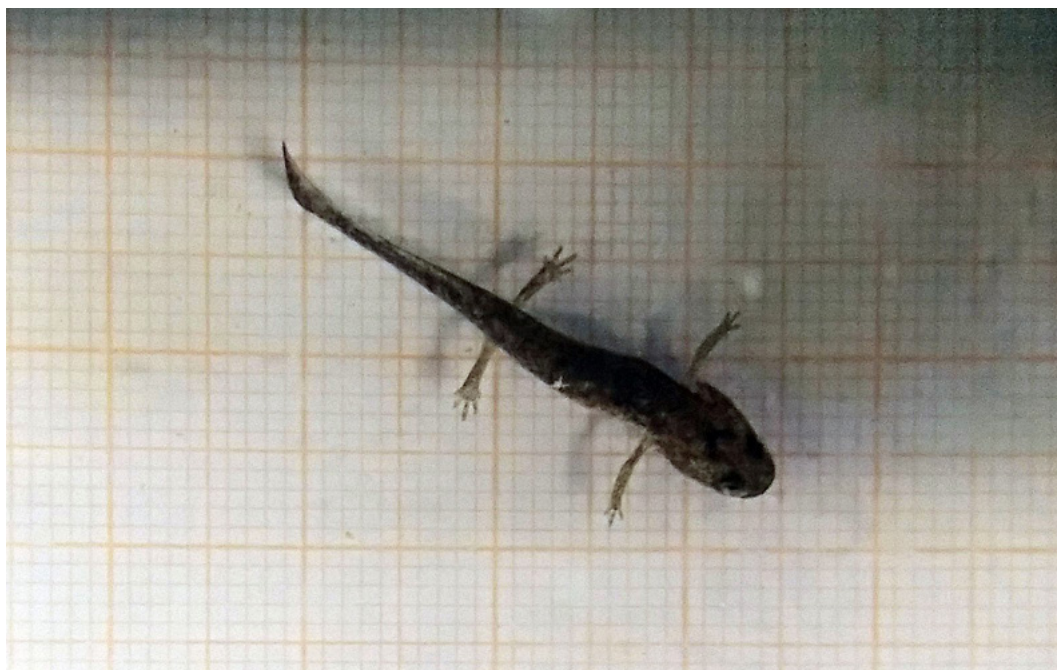


Nombre de tritons compartint; LS Means
Current effect: $F(6, 167) = 19,038, p = ,00000$
Effective hypothesis decompositions
Vertical bars denote 0,95 confidence intervals

Determinació de les anomalies òssies observades

Per tal de determinar la possible afectació de la dieta i el substrat en el desenvolupament ossi i per descartar que poguessin ser la causa d'algunes malformacions observades en alguns exemplars, tots els exemplars procedents dels diferents grups de l'experiment «Anàlisi de l'efecte de grup, substrat i de dieta sobre el creixement» han estat analitzats amb la col·laboració del doctor Xavier Valls, veterinari d'exòtics.

Figura 4. Exemplar larvari de *Calotriton arnoldi* amb una malformació a la columna



Els resultats de l'anàlisi d'osteologia indiquen que el teixit ossi és òptim en tots els individus, independentment de la dieta i el substrat. Alguns exemplars presentaven callositats òssies, fractures antigues, que poden ser atribuïbles a la manipulació a l'aquari. Unes altres presenten desviacions a la columna que poden ser congènites (figura 4). Totes les anomalies detectades representen el 10 % del total i no afecten l'animal ni la seva supervivència.

Bibliografia

- BORRÀS, G.; CAMPENY, R.; FERRER, E. (2016): *Estudi dels efectes del canvi climàtic en el Montseny: diagnosi, impactes i vulnerabilitats* [informe inèdit]. LIFE Clinomics. Acció A1. Minuartia.
- CARRANZA, S.; MARTÍNEZ-SOLANO, I. (2009): *Calotriton arnoldi*. The IUCN Red List of Threatened Species 2009. e.T136131A4246722. [Consulta: 31 agost 2019].

- CONTRERAS, J. (2019): *Temperatura crítica máxima, tolerancia al frío y termopreferèndum del tritón del Montseny* (*Calotriton arnoldi*). TFM de Biodiversitat UB, 24 p.
- FERNÁNDEZ-GUIBERTEAU, D.; MONTORI, A. (2020): *Les malalties infeccioses en amfibis, Manual de bones pràctiques en les activitats educatives de descoberta*. PASCUAL, G.; VICENS, N.; GUINART, D. (coord.). *Life tritó del Montseny*, 20 p.
- PEÑUELAS J.; BOADA, M. (2003): «A global change-induced biome shift in the Montseny mountains (NE Spain)». *Global Change Biology*, vol. 9, núm. 2; p. 131-140.
- PIÑERO, M. (2021): *Norma de reacció de la taxa metabòlica a la temperatura. Comparació intraespecífica i interespecífica en dos tritons del clade monofilètic Calotriton: C. arnoldi i C. asper*. TFG de Biologia de la UB, 34 p.