



DISMINUCIÓ DE LA DETECCIÓ DE NOUNATS I JUVENILS DE TORTUGA  
MEDITERRÀNIA (*TESTUDO HERMANNI HERMANNI* GMELIN, 1789) A LA SERRA DE  
L'ALBERA

DECLINE IN THE DETECTION OF HATCHLINGS AND JUVENILES OF HERMANN'S  
TORTOISE (*TESTUDO HERMANNI HERMANNI* GMELIN, 1789) IN THE ALBERA  
MOUNTAINS

Nil Torres-Oriols<sup>1</sup>, Adrià Caballé<sup>2</sup>, Joan Budó<sup>1,3</sup>

---

**Resum**

El reclutament juvenil és clau per la supervivència d'una població animal, fins i tot per a espècies de vida llarga i baixa natalitat com la tortuga mediterrània (*Testudo hermanni*). A la serra de l'Albera la proporció d'individus juvenils (de menys de 100 mm de longitud) trobats durant els diferents estudis realitzats entre 1986 i 2021 ha disminuït significativament amb el temps, evidenciant una disminució en la detecció d'aquesta classe d'edat. Les causes podrien estar relacionades amb un increment de la depredació de postes i juvenils de tortuga per part del porc senglar, la fagina, el teixó o la guineu, les densitats poblacionals dels quals haurien augmentat durant els anys estudiats. L'augment i la densificació de la coberta arbustiva al llarg de les darreres dècades també podria estar influïnt a la detectabilitat dels juvenils, fent-los menys visibles pels mostrejadors. Finalment, la recent detecció de Picornavirus a la població de tortugues salvatges de l'Albera podria estar tenint una incidència greu sobre les tortugues petites, ja que en captivitat s'han detectat grans episodis de mortalitat ocasionats per aquest virus.

**Paraules clau:** reclutament juvenil, classe d'edat, supervivència, depredació, conservació de tortugues.

---

<sup>1</sup> Societat Catalana d'Herpetologia. Museu de Ciències Naturals de Barcelona. Plaça Leonardo da Vinci, 4-5, 08019 Barcelona, Catalunya. Nil.torres.oriols@gmail.com.

<sup>2</sup> Institute for Research in Biomedicine (IRB Barcelona), Parc Científic de Barcelona, Baldiri Reixac, 10, 08028, Barcelona, Catalunya. Acaballe.mestres@gmail.com.

<sup>3</sup> Centre de Reproducció de Tortugues de l'Albera (CRT l'Albera). 17780 Garriguella, Catalunya. Crt@tortugues.cat



## Abstract

Juvenile recruitment is a key element for animal population survival, even for long-lived species with low natality like Hermann's tortoise (*Testudo hermanni*). A significant reduction in young individuals (length less than 100 mm) proportion was observed during all field work carried out between 1986-2021 in the Albera mountains, evidencing a decrease in the detection of juvenile age class. This may be related to an increment of predation on nest and young individuals by species like wild boar, beech marten, badger and fox, which populations experimented an increment during the studied years. An increase of scrub density and cover during the last decades could also be influencing juvenile tortoise detectability, making them less visible during surveys. Finally, recent detection of Picornavirus in the Albera's wild tortoise population could be having a serious impact, as high mortality episodes by the virus have been detected in young captive Hermann's tortoises.

**Keywords:** juvenile recruitment, age class, survival, depredation, tortoise conservation.



## Introducció

La tortuga mediterrània (*Testudo hermanni*) és una de les espècies de tortuga més amenaçades d'Europa (Cheylan, 1984) i és especialment preocupant l'estat de conservació de les poblacions de la subespècie occidental (Henry *et al.*, 1998; van Dijk *et al.*, 2009). A la serra de l'Albera, l'espècie ocupa una petita àrea de 130 km<sup>2</sup> (Bertolero, 2014). En el conjunt de tota la zona on és present, s'estima que la densitat poblacional és molt baixa, de menys de 1 individu/ha (Bertolero, 2017). Segons Cheylan (2001), densitats tant baixes farien inviable qualsevol població de tortuga, la qual acabaria per extingir-se. No obstant, hi ha nuclis de l'Albera on s'hi mantenen densitats mitjanes d'entre 5 i 8 individus/ha (Bertolero, 2019, 2020a; Bertolero & Torres-Oriols, 2021), i fins i tot en algunes valls concretes s'hi concentren varies desenes d'individus (N. Torres-Oriols, observació personal), fent més factible la prosperitat de l'espècie. Una població de tortugues no pot perdurar en absència de reproducció o sense un reclutament juvenil suficient (Swingland & Coe, 1979; Díaz-Paniagua *et al.*, 2001). Això és cert fins i tot per la tortuga mediterrània, que és una espècie estratègia de la K, cosa que implica una baixa natalitat i una elevada longevitat (Soler & Martínez, 2005). Així doncs, i tot i que no és gens desitjable, en un escenari on les taxes de

reproducció i reclutament juvenil fossin molt baixes, la presència d'individus adults podria perdurar durant anys abans que la població s'extingís definitivament (Cheylan, 2001).. Lamentablement, la complexitat per localitzar nounats i juvenils a la natura fa molt difícil l'estimació de les seves taxes de supervivència o reclutament (Ballouard *et al.*, 2013), sobretot degut a la mida i als patrons d'activitat que presenten les tortugues durant els primers estadis de la seva vida (Stubbs & Swingland, 1985; Kazmaier *et al.*, 2001; Lagarde *et al.*, 2003; Blomberg & Shine, 2004; Pike & Grosse, 2006; Pike & Reeder, 2006).

Tot i que els exemplars juvenils solen representar un percentatge baix en el còmput de tortugues localitzades durant un cens, hi ha constància d'algunes poblacions on els individus d'aquesta classe d'edat poden tenir una detectabilitat molt elevada i arribar a representar el 50% de les captures (Bertolero, 2011a). Aquesta proporció en la detecció de les tortugues joves depèn de molts factors difícilment controlables, i per això, un baix nombre de localitzacions d'exemplars juvenils no sempre es correspon amb un declivi real de la població (Pike *et al.*, 2008). La baixa detectabilitat de les tortugues petites respecte a les més grans condiona la precisió en estimacions poblacionals, i el percentatge d'individus juvenils trobats durant un cens sol



donar una subestimació de la seva proporció real dins la població (Pike *et al.*, 2008; Ballouart *et al.*, 2013).

Des de la dècada dels 80 s'estan realitzant estudis i seguiments per tal de conèixer l'estat de conservació, la tendència poblacional i les característiques demogràfiques de l'espècie a l'Albera així com les amenaces a les que s'enfronta. En el transcurs d'aquests estudis s'han capturat i marcat centenars d'exemplars de diverses classes d'edat. El percentatge de juvenils localitzats en cada estudi ha variat però s'intueix una tendència a la baixa al llarg dels anys. Per això, el present estudi posa el focus en la detecció d'una disminució continuada del percentatge de juvenils localitzats durant els censos realitzats a l'Albera en els darrers 40 anys i en les causes que podrien explicar aquesta situació.

## Materials i Mètodes

S'han recopilat les dades de camp dels estudis realitzats a l'Albera durant els anys 1986, 1990, 2000, 2006, 2007, 2008, 2010, 2017, 2019, 2020 i 2021. Tots els exemplars trobats al llarg dels diferents treballs van ser mesurats de manera precisa.

Pel present estudi s'ha considerat la longitud de la gualdrapa com a longitud total de cada animal. S'ha considerat que una tortuga és vulnerable a la depredació fins que assoleix una longitud total de 100 mm (Bertolero *et al.*, 2011b). Seguint aquestes consideracions, s'ha calculat la proporció d'exemplars amb una longitud inferior o igual a 100 mm de cada un dels estudis analitzats (Taula 1).

Per avaluar la significació estadística de la baixada en la proporció de la població juvenil (o vulnerable) al llarg del temps, s'han agrupat els censos en tres blocs: [bloc 1] finals de sXX (3 primers censos), [bloc 2] principis dels 2000s (4 següents) i [bloc 3] finals dels 2010s (4 darrers); per comparar les proporcions entre els tres blocs de mostres s'aplica un model logístic (Wald's test) i un ajust de p-valors per comparacions múltiples (Hothorn *et al.*, 2008). P-valors ajustats inferiors a 0.00001 es marquen amb 4 estrelles (\*\*\*\*). Les anàlisis estadístiques s'han realitzat amb el programari R, versió 4.0.3 (R Core Team, 2022).



Taula 1: Coeficients model logístic que compara la hipòtesis nul·la d'igualtat de probabilitat de detectar una tortuga juvenil en tres blocs de Tortugues capturades durant els 11 anys en que s'han realitzat estudis, ordenades segons la longitud de la gualdrapa i separades en els 3 blocs d'anàlisi. \* Per motius tècnics l'any 2017 no es va poder determinar la longitud dels exemplars superiors a 150 mm i per això s'agrupen tots dins el rang 150-159 mm encara que alguns individus presentaven mides superiors.

Longitud (mm)	Bloc 1			Bloc 2				Bloc 3				
	1986	1990	2000	2006	2007	2008	2010	2017	2019	2020	2021	
Juvenils	30-39	1	0	1	0	1	6	0	1	2	0	2
	40-49	1	2	6	2	1	6	0	2	1	3	3
	50-59	4	12	7	2	0	2	0	1	1	1	0
	60-69	3	4	6	2	1	1	1	1	1	0	2
	70-79	5	4	8	6	1	4	1	2	2	0	1
	80-89	6	3	3	1	1	4	0	1	0	0	0
	90-99	10	1	10	1	2	11	0	3	5	1	2
Adults	100-109	5	3	8	4	2	8	0	2	6	3	1
	110-119	5	7	11	3	2	13	0	5	6	1	5
	120-129	10	16	32	3	6	50	0	7	20	10	18
	130-139	20	29	38	20	12	50	2	13	32	26	19
	140-149	19	25	15	19	9	56	3	18	20	9	24
	150-159	15	18	21	25	6	62	6	70*	56	23	27
	160-169	5	7	14	23	6	38	5	0	31	30	45
	170-179	0	1	3	10	1	8	0	1	8	7	8
	180-189	0	0	0	0	0	1	0	0	2	1	0
	190-199	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0
	200-209	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	n	109	132	183	121	51	320	18	127	194	115	157
% juvenils	27,5	19,7	22,4	11,6	13,7	10,6	11,1	8,7	6,2	4,3	6,4	
% adults	72,5	80,3	77,6	88,4	86,3	89,4	88,9	80,7	93,8	95,7	93,6	

## Resultats

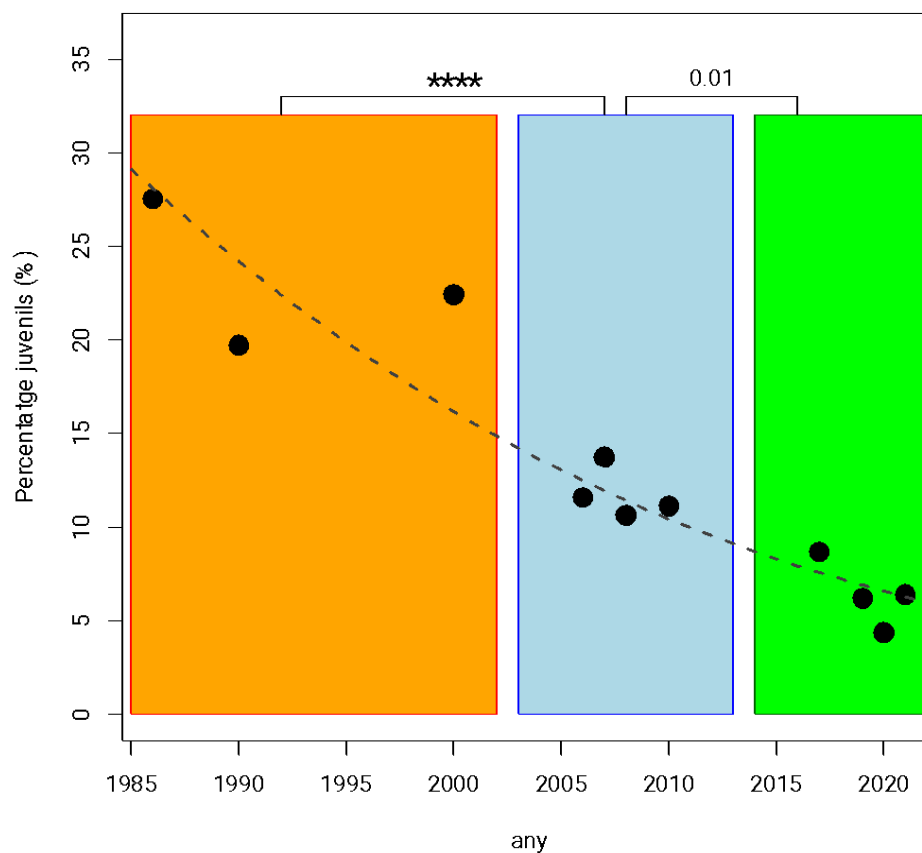
La proporció de tortugues juvenils detectades a la Serra de l'Albera ha minvat de manera substancial al llarg de les darreres 4 dècades, passant d'un percentatge del 20-30% de tots els exemplars censats a finals del segle XX, a 12% a

principis dels 2000s i fins a només un 6% als darrers censos fets a finals dels 2010s (Fig. 1, Taula 2). En base als resultats dels models estadístics, aquesta baixada és molt poc probable que sigui atribuïble a l'aleatorietat dels mostrejos. La disminució relativa de població



juvenil/vulnerable en els últims anys es manté per a la població de tortugues de mida intermèdia (entre 100-149mm) i contrasta amb un únic

increment de població adulta de mida més gran ( $\geq 150\text{mm}$ ) (Fig. 2).



**Figura 1:** Percentatge de tortugues juvenils detectades als diferents estudis realitzats a la serra de l'Albera en els darrers 40 anys. Els rectangles de colors separen tres blocs d'estudis, el bloc 1 (3 anys, 424 captures), el bloc 2 (4 anys, 510 captures) i el bloc 3 (4 anys, 593 captures). La línia discontinua dona el percentatge esperat de deteccions en base a l'estimació d'un model logístic emprant l'any de l'estudi com a variable explicativa. L'avaluació estadística compara els percentatges entre parelles de blocs 1-2 i blocs 2-3 fent ús de models logístics (Wald's test, p-valors ajustats per tests múltiples). La davallada del percentatge de deteccions juvenils es mostra consistent en els varis censos realitzats dins de cada període estudiat.

**Taula 2:** Coeficients model logístic que compara la hipòtesis nul·la d'igualtat de probabilitat de detectar una tortuga juvenil en tres blocs de censos. P-valors són inferiors al límit de 0.05, rebutjant la hipòtesis nul·la i donant força evidència a la baixada de la proporció de tortugues juvenils detectades a l'Albera.

Comparació	Coef	CI 95%	p-value	Adjusted p-value
Bloc 2 – Bloc 1	-0.86	[-1.26, -0.46]	2.33e-06	4.88e-06
Bloc 3 – Bloc 2	-0.61	[-1.09, -0.12]	0.0054	0.0104

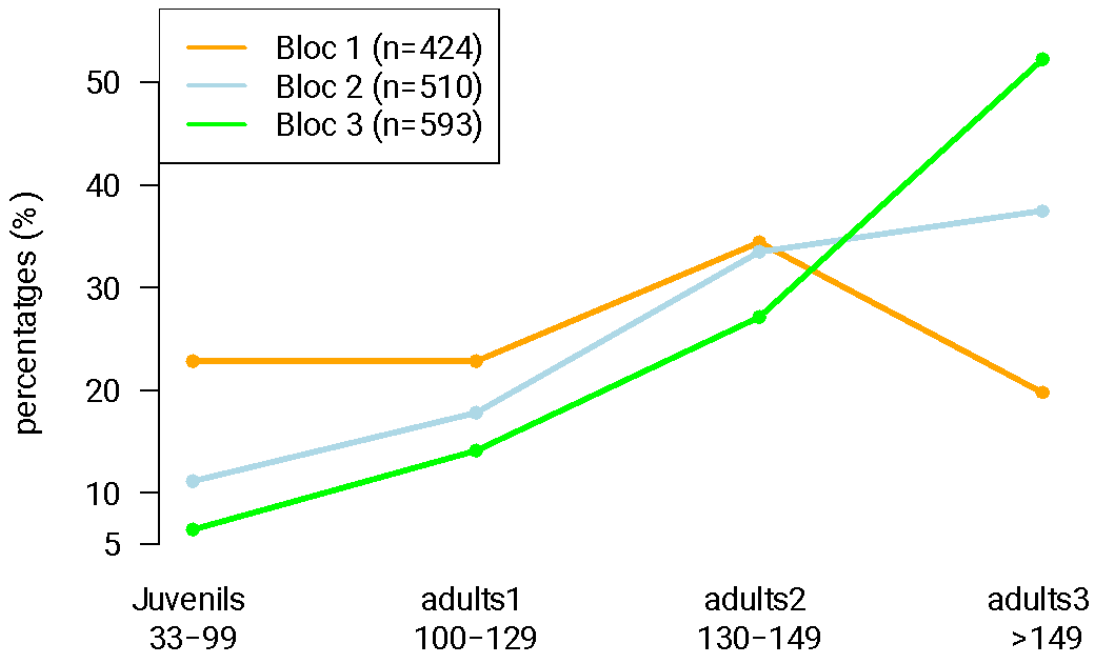


Figura 1: Percentatges de captures en cada bloc de censos segons la mida de l'exemplar. S'ajunten tots els exemplars juvenils (de 33 a 99 mm de longitud) i es distingeix entre tres mides d'exemplars adults (de 100-129 mm, de 130-149 mm i superiors a 149 mm). El percentatge d'adults superiors a 149 mm presenta un 52% de totes les captures en l'últim bloc de censos, contrastant amb el 37% i 20% de les captures al bloc 2, i bloc 1, respectivament.

## Discussió

Hi ha múltiples factors que poden fer variar la capacitat de detecció de les diferents poblacions de tortugues que conviuen a l'Albera. La mida dels animals, el moment del dia en que es produeix el mostreig o la traça dels observadors en detectar-los poden tenir una gran influència en la detecció de tortugues (Bertolero, 2017). En aquest estudi hi ha una diferència de 35 anys entre el primer i l'últim cens realitzat i durant aquest període s'han produït canvis en les metodologies de mostreig i en les persones encarregades de realitzar els censos. Aquestes

alteracions poden ser determinants per a observar diferències en la probabilitat de detecció d'exemplars any rere any, però es podria assumir que aquestes no guarden cap relació amb la longitud de l'exemplar. D'aquesta manera, les variacions metodològiques s'espera que puguin afectar l'estimació del nombre total de tortugues, però en menys mesura la composició de la població observada.

Diversos estudis apunten a que el baix nombre d'individus juvenils localitzats a la natura estaria relacionat amb una elevada mortalitat infantil deguda, entre d'altres causes, a la depredació



(Morafka, 1994, Heppell *et al.*, 1996, Bodie & Semlitsch, 2000, Morafka *et al.*, 2000). Actualment, una de les principals amenaces a les que s'enfronta l'espècie és la depredació de nius i juvenils de tortuga (Budó *et al.*, 2004). La fagina (*Martes foina*), el porc senglar (*Sus scrofa*), el teixó (*Meles meles*) i la guineu (*Vulpes vulpes*) són els principals depredadors de nius i juvenils de tortuga a l'Albera (Vilardell *et al.*, 2008; Vilardell *et al.*, 2012). Els gossos domèstics també tindrien un impacte important sobre els juvenils (Stubbs & Swingland, 1985; Bertolero, 2014).

Encara que la depredació sigui un factor natural, una sèrie de desequilibris ecològics estarien magnificant l'impacte que té sobre la població de tortuga mediterrània de l'Albera, podent arribar a condicionar-ne el futur (Budó *et al.*, 2003). La comunitat de mesocarnívors es trobaria en densitats elevades a causa de l'absència de depredadors apicals a la zona, com el llop (*Canis lupus*) o el linx (*Lynx sp.*), els quals regulen les poblacions de petits i mitjans carnívors amb qui conviuen (Crooks i Soulé, 1999; Ripple *et al.*, 2013; Jiménez *et al.*, 2019). A més, a partir dels inicis de la dècada dels 70, el porc senglar va experimentar un gran creixement poblacional i una expansió cap a zones de l'Albera on no era freqüent. Actualment, l'Alt Empordà és la comarca amb més densitat de senglars de tot Catalunya (Grabulosa, 1992; Rosell *et al.*, 2021).

Finalment, el declivi del conill de bosc (*Oryctolagus cuniculus*) per culpa de les malalties víriques podria estar forçant als mesocarnívors a sobreexplotar altres recursos alimentaris, entre els quals es trobarien les tortugues (Budó *et al.*, 2003; Cabezas-Díaz *et al.*, 2008). No obstant, la relació entre la baix nombre de localitzacions d'exemplars juvenils i l'elevada depredació és difícil de comprovar precisament per la baixa detectabilitat de les tortugues petites (Pike *et al.*, 2008).

De fet, un altre factor que podria estar alterant la proporció de juvenils que s'observen en els censos és precisament la seva detectabilitat. És a dir, la capacitat de detectar nounats i juvenils de tortuga mediterrània es podria veure influïda pel grau de cobertura vegetal de la zona. Això és visible a les poblacions de Menorca, que són les que es troben en un millor estat de conservació de totes les romanen de la subespècie occidental, mostrant densitats d'entre 10 i 40 individus/ha segons la zona (Bertolero, 2020b). No obstant, la proporció de juvenils detectats durant els seguiments difereix enormement entre les diverses zones estudiades, variant del 10 al 50% de les localitzacions realitzades (Bertolero *et al.*, 2011a). Aquestes diferències poden estar relacionades amb el tipus d'hàbitat estudiat, ja que els hàbitats oberts sembla que permetrien una major detectabilitat d'exemplars juvenils (A.



Bertolero, comunicació personal). Així, el nombre d'exemplars juvenils detectats en hàbitats dunars, amb vegetació baixa i dispersa és molt superior respecte a les zones d'alzinar amb sotabosc arbustiu estudiades (Bertolero, 2020b). La realitat paisatgística de l'Albera es caracteritza per la presència d'extenses zones de matollar dens i boscos. L'abandonament de les activitats agrícoles tradicionals produït sobretot durant la segona meitat del segle XX, van donar pas a un procés de successió vegetal que ha acabat donant lloc a un paisatge homogeneïtzat i més tancat (Vilardell, 2015). Així, aquest augment de la cobertura vegetal arbustiva podria ser una de les causes de la disminució en la detectabilitat dels juvenils, que portaria a una aparent detecció menor en proporció, tot no haver-n'hi cap davallada.

Per acabar, val la pena fer esment d'un altre factor que podria estar afectant la població juvenil de tortugues. Recentment s'ha detectat la presència de diversos patògens a les poblacions salvatges de l'Albera entre els quals destaca el Picornavirus, present en el 67% dels exemplars analitzats (Martínez-Silvestre *et al.*, 2021). Aquest virus és una de les principals causes de mortalitat en tortugues nounades d'arreu del món (Paries *et al.*, 2019) i, sempre en captivitat, s'ha observat que en *Testudo hermanni* és especialment virulenta en exemplars juvenils de

menys de 3 anys (Martínez-Silvestre *et al.*, 2020). L'elevada prevalença del virus en exemplars salvatges adults -i asimptomàtics- detectada a l'Albera indica que els animals han passat la malaltia i en són portadors (Martínez-Silvestre *et al.*, 2021) pel que no s'ha de descartar que la presència del virus a les poblacions salvatges pugui estar afectant les classes d'edat més vulnerables.

Pel que fa al percentatge de tortugues de mida gran (>149 mm), s'observa un augment al llarg dels anys (Fig. 2). Aquest augment no s'ha de confondre amb un envelliment de la població ja que la mida màxima d'un individu adult no està per força lligat a l'edat, existint exemplars adults joves amb talles superiors a exemplars adults vells (N. Torres-Orriols, observació personal). També estaria relacionat amb el biaix cap a les femelles en la sex-ratio observada els darrers anys (Bertolero *et al.*, 2020), ja que les femelles assoleixen mides superiors.

## Conclusions

La detecció de tortugues nounades i juvenils ha disminuït significativament al llarg de les darreres dècades. Els motius d'aquesta disminució poden ser diversos i amb tota probabilitat es tracta d'una combinació dels diferents factors exposats. La continuïtat dels seguiments és clau per a conèixer la tendència



poblacional de l'espècie a l'Albera, encara que s'haurien d'aplicar noves metodologies que permetin disposar d'un coneixement més ampli de l'estat de conservació de la població juvenil de tortuga mediterrània al massís.

### **Agraïments**

Un especial agraïment a Xavier Capalleras, Ramon Mascort, Jenar Fèlix, Enric Capalleras i Andreu Cufí per tot el treball de camp realitzat durant anys i a Albert Bertolero per la coordinació dels censos realitzats des de l'any 2007. Agraïm també a totes aquelles persones que han contribuït a la recopilació de les dades emprades pel present estudi i al Paratge Natural d'Interès Nacional de l'Albera pel finançament d'alguns dels estudis realitzats.



## Referències

Ballouard, J. M., Caron, S., Lafon, T., Servant, L., Devaux, B., & Bonnet, X. (2013). Fibrocements slabs as useful tools to monitor juvenile reptiles: a study in a tortoise species. *Amphibia-Reptilia*, 34, 1-10.

Bertolero, A. (2014). Tortuga mediterránea - *Testudo hermanni*. A: Salvador, A., Marco, A. Enciclopedia Virtual de los Vertebrados Españoles. Museo Nacional de Ciencias Naturales, Madrid. <http://www.vertebradosibericos.org/reptiles/tesher.html>

Bertolero, A. (2017). *Cens i distribució de la tortuga mediterrània a la serra de l'Albera. Avaluació de la situació durant l'any 2017*. Informe inèdit per als Amics de la Tortuga de l'Albera i el Paratge Natural d'Interès Nacional de l'Albera, 34 p.

Bertolero, A. (2019). *Seguiment de la tortuga mediterrània a la serra de l'Albera 2019*. Informe inèdit per als Amics de la Tortuga de l'Albera i el Paratge Natural d'Interès Nacional de l'Albera, 13 p.

Bertolero, A. (2020a). *Seguiment de la tortuga mediterrània a la serra de l'Albera 2020*. Informe inèdit per als Amics de la Tortuga de l'Albera i el Paratge Natural d'Interès Nacional de l'Albera, 15 p.

Bertolero, A. (2020b). *Seguiment de la tortuga mediterrània a Menorca 2020. Programa de seguiment de la biodiversitat a la Reserva de la Biosfera de Menorca*. Informe final Consell Insular de Menorca, 39 p.

Bertolero, A., & Torres, N. (2021). *Seguiment de la tortuga mediterrània a la serra de l'Albera 2021*. Informe inèdit per als Amics de la Tortuga de l'Albera i el Paratge Natural d'Interès Nacional de l'Albera, 19 p.

Bertolero, A., Budó, J., & Torres-Oriols, N. (2020). Característiques poblacionals de la tortuga mediterrània *Testudo hermanni hermanni* Gmelin a la serra de l'Albera (Reptilia: Testudinidae). *Butlletí de la Institució Catalana d'Història Natural*, 84, 131-136.



Bertolero, A., Cheylan, M., Hailey, A., Livoreil, B., Willemsen, R.E. (2011b). *Testudo hermanni* Gmelin, 1789 Hermann's tortoise. A: Rhodin, A. G. J., Iverson, J. B., van Dijk, P. P., Stanford, C. B., Goode, E. V., Buhlmann, K. A., & Mittermeier, R. A. *Conservation Biology of Freshwater Turtles and Tortoises. A Compilation Project of the IUCN/SSC Tortoise and Freshwater Turtle Specialist Group. Chelonian Research Monographs*, 5, 059.1–059.20.

Bertolero, A., Pretus, J., & Massana, M. (2011a). Características genéticas y demográficas de las poblaciones de tortuga mediterrània en Menorca. A: Mateo, J., *La conservación de las tortugas de tierra en España*, Conselleria de Medi Ambient i Mobilitat, Govern de les Illes Balears, 41-45.

Blomberg, D., Shine, R. (2004). Reptiles. In Sutherland, W., *Practical census techniques for animal populations*, Cambridge University Press, 219-226.

Bodie, J. R., & R. D. Semlitsch (2000). Size-specific mortality and natural selection in freshwater turtles. *Copeia* 2000, 732-739.

Budó, J., Capalleras, X., Mascort, R. & Fèlix, J. (2003). Estudi de la depredació de postes de tortuga mediterrània (*Testudo hermanni hermanni*) a la serra de l'Albera (Pirineu oriental, Catalunya). *Butlletí de la Societat Catalana d'Herpetologia*, 16, 73-79.

Cabezas-Díaz, S., Lozano, J., & Virgós, E. (2008). Justificación de una estrategia nacional de conservación para el conejo (*Oryctolagus cuniculus*). RUNA, *Convergencia rural naturaleza*, 159-168.

Cheylan, M. (1984). The true status and future of Hermann's Tortoise *Testudo hermanni robertmertensi* Wermuth 1952 in Western Europe. *Amphibia-Reptilia*, 5, 17-26.

Cheylan, M. (2001). *Testudo hermanni* Gmelin, 1798 - Griechische Landschildkröten. In Fritz, U. *Handbuch der reptilien und amphibien Europas*. Band 3/IIIA: Schildkröten (Testudines) I (Bataguridae, Testudinidae, Emydidae). Wiebelsheim, Aula-Verlag, 179-289.



Crooks, K. R., & Soulé, M. E. (1999). Mesopredator release and avifauna extinctions in a fragmented System. *Nature*, 563, 563-566.

Díaz-Paniagua, C., Keller, C., & Andreu, A. C. (2001). Long-term demographic fluctuations of the spur-thighed tortoise *Testudo graeca* in SW Spain. *Ecography*, 24, 707-721.

Grabulosa, I. (1992). Evolució demogràfica del senglar (*Sus scrofa*) a l'extrem oriental del Pirineu. *Annals de l'Institut d'Estudis Empordanesos*, 25, 18-31.

Jiménez, J., Nuñez-Arjona, J. C., Mougeot, F., Ferreras, P., González, L. M., García-Domínguez, F., Muñoz-Igualada, J., Palacios, M. J., Pla, S., Rueda, C., Villaespesa, Nájera, F., Palomares, F., & López-Bao, J. V. (2019). Restoring apex predators can reduce mesopredator abundances. *Biological Conservation*, 238, 108234. <https://doi.org/10.1016/j.biocon.2019.108234>

Henry, P., Nougarède, J., Pradel, R., & Cheylan, M. (1998). Survival rates and demography of the Hermann's tortoise *Testudo hermanni* in Corsica, France. In Miaud, C. & Guyétant, R. (Eds.). *Current studies in herpetology* (1999), 189-196.

Heppell, S. S., Crowder, L. B., & Crouse, D. T. (1996). Models to evaluate headstarting as a management tool for long-lived turtles. *Ecological Applications* 6, 556-565.

Hothorn T, Bretz F, Westfall P (2008). "Simultaneous Inference in General Parametric Models." *Biometrical Journal*, 50(3), 346-363.

Kazmaier, R.T., Hellgren, E.C., Synatzske, D.R., & Rutledge, J.C. (2001): Mark-recapture analysis of population parameters in a Texas Tortoise (*Gopherus herlandieri*) population in Southern Texas. *Journal of Herpetology* 35, 410-417.

Lagarde, F., Bonnet, X., Corbin, J., Henen, B., Nagy, K., Mardonov, B., & Naulleau, G. (2003). Foraging behaviour and diet of an ectothermic herbivore: *Testudo horsfieldi*. *Ecography* 26, 236-242.



Martínez-Silvestre, A., Cadenas, V., Soler, J., Martínez, D., Pena, L., & Velarde, R. (2020). Infecció per Picornavirus en tortuga mediterrània (*Testudo hermanni*) en un programa de conservació in situ en Catalunya. *Boletín de la Asociación Herpetológica Española*, 31 (1), 5-9.

Martínez-Silvestre, A., Budó, J., Cufí, A., Soler, J., & Pfau, B. (2021). High prevalence of *Picornavirus* and *Mycoplasma* in free-living Hermann's tortoises *Testudo hermanni* in L'Albera Mountains, Catalonia (NE Spain). *Testudo*, 9 (3), 37-46.

Morafka, D. J. (1994). Neonates: missing links in the life histories of North American tortoises. In R. B. Bury, R. B., & Morafka, D. J., *Biology of North American tortoises*. U.S. Fish and Wildlife Service, Wildlife Research Reports, Washington, D.C., USA, 161-173.

Morafka, D. J., Spangenberg, E. K., & Lance, V. A. (2000). Neonatology of reptiles. *Herpetological Monographs* 14, 353-370.

Paries, S., Funcke, S., Kershaw, O., Failing, K., & Lierz, M. (2019). The role of Virus "X" (*Tortoise Picornavirus*) in kidney disease and Shell weakness syndrome in European tortoise species determined by experimental infection. *Plos One*, 14 (2), e0210790.

Pike, D. A., Grosse, A. (2006). Daily activity of immature gopher tortoises (*Gopherus polyphemus*) with notes on commensal species. *Florida Scientist* 69, 92-98.

Pike, D.A., Pizzatto, L., Pike, B. A., & Shine, R. (2008). Estimating survival rates of uncatchable animals: the myths of high juvenile mortality in reptiles. *Ecology* 89, 607-611.

Pike, D. A., & Reeder, T. W. (2006). Movement patterns, habitat use, and growth of hatchling tortoises, *Gopherus polyphemus*. *Copeia* 2006, 68-76.

R Core Team (2022). R: A language and environment for statistical computing. *R Foundation for Statistical Computing*, Vienna, Austria. URL <https://www.R-project.org/>.



Rosell, C., Pericas, B., Colomer, J., & Navàs, F. (2021). Programa de seguiment de les poblacions de senglar a Catalunya. Informe tècnic. Departament d'Agricultura, Ramaderia, Pesca i Alimentació, Generalitat de Catalunya, 76p.

Ripple, W. J., Wirsing, A. J., Wilmers, C. C., & Letnic, M. (2013). Widespread mesopredator effects after wolf extirpation. *Biological Conservation*, 160, 70-79.

Soler, J., & Martínez, A. (2005). *La tortuga mediterrània a Catalunya*. Edicions l'Agulla de cultura popular, Tarragona, 196p.

Stubbs, D., & Swingland, I. (1985). The ecology of a Mediterranean tortoise (*Testudo hermanni*): a declining population. *Canadian Journal of Zoology*, 63, 169-180.

Swingland, I. R., & Coe, M. (1979). The natural regulation of giant tortoise populations on Aldabra Atoll. Reproduction. *Journal of Zoology*, 186, 285-309.

Van Dijk, P. P., Corti, C., Mellado, V. P., & Cheylan, M. (2009). *Testudo hermanni*. In: IUCN *Red List of Threatened Species*. Version 2009.2. [www.iucnredlist.org](http://www.iucnredlist.org)

Vilardell, A. (2015). Avaluació d'estratègies de conservació de la població de la tortuga mediterrània (*Testudo hermanni hermanni*): reducció de la depredació de nius, gestió de l'hàbitat i custòdia del territori a la serra de l'Albera. [Tesi Doctoral, Universitat de Girona].

Vilardell, A., Capalleras, X., & Budó, J. (2008). Test of efficacy of two chemical repellents in the control of Hermann's tortoise nest predation. *European Journal of Wildlife Research*, 54, 745-748.

Vilardell, A., Capalleras, X., Budó, J., & Pons, P. (2012). Predator identification and effects of habitat management and fencing on depredation rates of simulated nests of an endangered population of Hermann's tortoises. *European Journal of Wildlife Research*, 58, 707-713.