

GEA, FLORA ET FAUNA

Característiques poblacionals de la tortuga mediterrània *Testudo hermanni hermanni* Gmelin a la serra de l'Albera (Reptilia: Testudinidae)

Albert Bertolero*, Joan Budó** & Nil Torres***

* Associació Ornitològica Picapall de les Terres de l'Ebre. 43870 Amposta. Catalunya. A/e: albertb@tinet.org** Centre de Reproducció de Tortugues de l'Albera (CRT l'Albera). 17780 Garriguella. Catalunya. A/e: crt@tortugues.cat*** Societat Catalana d'Herpetologia. Museu de Ciències Naturals de Barcelona. Plaça Leonardo da Vinci, 4-5. 08019 Barcelona. Catalunya. A/e: nil.torres.orriols@gmail.comAutor per a la correspondència: Albert Bertolero. A/e: albertb@tinet.org

Rebut: 20.03.2020; Acceptat: 14.06.2020; Publicat: 30.06.2020

Resum

Durant el 2019 s'ha censat la població de tortuga mediterrània en cinc zones de la serra de l'Albera amb la metodologia de captura-marcatge-recaptura. L'àrea total mostrejada va ser de 95,7 ha. Durant aquest seguiment també s'ha recollit informació dels paràmetres demogràfics de sex-ratio i de classes d'edat, així com de biometria de les tortugues. En total s'han localitzat 174 tortugues en les parcel·les de cens i s'ha estimat que la densitat del conjunt de tortugues (classes d'edat i de sexe combinades) variava entre les 0,7 i les 11,5 tortugues/ha. La sex-ratio va estar esbiaixada cap a les femelles (1,0M:1,6F) i la classe d'edat dels adults va representar el 85,6 % de la població. Les tortugues adultes van presentar un marcat dimorfisme sexual en les mides, essent les femelles més grans que els mascles (16 % més grans en la longitud recta de la closca i 39 % en el pes). L'avaluació d'aquests paràmetres demogràfics ha permès identificar que hi ha zones de l'Albera on es mantenen nuclis poblacionals amb bones densitats, que poden servir com a zones de refugi i d'expansió de l'espècie. La repetició d'aquests censos al llarg dels anys ha de ser una valuosa eina per determinar l'evolució d'aquestes poblacions.

Paraules clau: abundància, biometria, captura-recaptura, Catalunya, densitat, quelonis, rèptils, sex-ratio, *Testudo hermanni hermanni*.

Abstract

Population characteristics of the Hermann's tortoise *Testudo hermanni hermanni* Gmelin in the Albera Mountains (Reptilia: Testudinidae).

During 2019, the population of the Hermann's tortoise in the Albera Mountains (Girona, Catalonia) has been censused using the capture-mark-recapture method. The total sampled area was 95.7 ha. Furthermore, demographic parameters such as sex-ratio and age class data of the tortoises as well as biometric measurements have been collected. In total, 174 tortoises have been found throughout the sampled parcels and the tortoise density estimation (combining age and sex classes) has varied between 0.7 and 11.5 tortoises/ha. The sex-ratio has shown a bias to the females (1.0M:1.6F) and the adult age class represented the 85.6 % of the population. The adult tortoises show a high sexual dimorphism according to size, being females bigger than males (16 % larger -in straight carapace length- and 39 % heavier). The evaluation of demographic parameters has allowed the identification of some zones with a good population density. These zones could be safe areas and be used as an expansion nucleus for the species. Repeating the census over the coming years could become an appreciated tool to determine the evolution of Albera's population.

Key words: abundance, biometry, capture-recapture, Catalonia, chelonian, density, reptile, sex-ratio, *Testudo hermanni hermanni*, Western Hermann's tortoise.

Introducció

Dins del context actual de crisi de la biodiversitat, el segon grup de vertebrats amb major proporció d'espècies amenaçades és el dels quelonis, només superat pel dels primats (Rhodin *et al.*, 2018). A la península Ibèrica la tortuga mediterrània (*Testudo hermanni hermanni* Gmelin, 1798) està catalogada en perill d'extinció, ja que es considera que l'única població autòctona que queda és la de l'Albera, amb

una distribució molt restringida (Llorente *et al.*, 2002). Entre els principals factors d'amenaça d'aquesta població trobem la pèrdua continuada d'hàbitats favorables, els canvis en els usos del sòl, els incendis forestals, l'espoli que va hi va haver fins als anys 1980 d'exemplars amb finalitats comercials i la depredació de postes, de juvenils i, fins i tot, d'adults (Budó *et al.*, 2004).

Degut a la crítica situació en què es troba la població de tortuga mediterrània a l'Albera, cal tenir estimes acurades

de la seva mida poblacional o de les seves densitats, que ens permetin determinar quina és la seva tendència en el temps (si la població és estable, augmenta o disminueix). Però, per determinar-ne l'abundància els recomptes directes no són possibles, ja que no tots els individus que componen la seva població són detectables (les probabilitats de ser contactats són < 1). Per aquesta raó, s'han desenvolupat diferents mètodes que permeten incorporar en les estimes d'abundància la fracció de la població que no és contactada i, a més a més, a l'emprar aquestes metodologies estandarditzades es poden comparar les dades al llarg del temps. Entre els diferents mètodes emprats per estimar la mida de les poblacions de tortugues terrestres destaquen els de captura-marcatge-recaptura, els transsectes, i, més recentment, els d'ocupació. D'aquests tres mètodes, el que presenta resultats no esbiaixats quan les probabilitats de detecció són baixes és el de captura-marcatge-recaptura (Couturier *et al.*, 2013). Per això, l'objectiu d'aquest treball és determinar l'abundància de la tortuga mediterrània en diversos sectors de la serra de l'Albera emprant la metodologia de captura-marcatge-recaptura. D'altra banda, aquest tipus de protocol de seguiment permet recollir tota una sèrie de dades complementàries, com ara l'estructura d'edats, la sex-ratio i la biometria, que ens informa de les característiques demogràfiques d'aquesta població i ens permet valorar la situació de conservació en què es troba.

Material i mètodes

Dins de la zona de distribució de la tortuga mediterrània al massís de l'Albera (nord de Girona) es van seleccionar cinc parcel·les d'estudi (P2, P4, P8, P9 i P13) per fer un seguiment de la població amb la metodologia de marcatge-captura-recaptura (per raons de seguretat de l'espècie no indiquem les localitzacions exactes; totes es troben dins de l'Espai d'Interès Natural Massís de l'Albera, a excepció de la P9). En aquests sectors ja es coneixia que hi havia tortugues, ja que aquestes noves parcel·les de cens inclouen unes parcel·les de cens més petites (4 ha) que havien estat censades amb una altra metodologia en els anys 2008 i 2017 (Couturier *et al.*, 2014a; Bertolero, 2017). La mida de cada parcel·la va variar entre les 14,3 i 27,4 ha (mitjana \pm SD: $19,1 \pm 5,8$ ha; en conjunt van sumar 95,7 ha; Taula 1). Les parcel·les es trobaven separades entre si i repartides en un polígon de $8,6 \times 4,4$ km (distància mitjana \pm SD entre centroides de les parcel·les de $4,5 \pm 1,7$ km, distància mínima de 2,6 km i màxima de 8,3 km). Totes es trobaven entre els 70 i els 210 metres sobre el nivell del mar i presentaven una morfologia similar amb un fons de vall amb disponibilitat d'aigua i vessants als quatre punts cardinals. La vegetació dominant és la de brolles litorals silicícules (*Cisto-Sarothamnetum catalaunici*) amb zones amb suredes (*Viburno-Quercetum ilicis* subs. *suberetosum*) i alzinars (*Viburno-Quercetum ilicis*). Una de les característiques comunes és la presència, al fons de la vall de cada parcel·la, de zones amb esbarzers (*Rubus ulmifolius*), que representen un molt bon refugi per les tortugues. La coberta vegetal és també similar en totes elles i el grau de cobertura vegetal varia en funció de l'orientació de cada vessant. Per a

una descripció més detallada dels hàbitats, podeu consultar Fèlix (1999) i Vilardell (2015). Els censos es van fer entre l'1 de maig i el 30 de juny de 2019, període en què es van fer nou censos a cada parcel·la, menys a una, on només se'n van fer vuit (total 44 censos). El 81,8 % dels censos els va fer un sol observador (NT) i en la resta, 18,2 %, va estar acompanyada d'una segona persona. La durada de cada cens va variar entre 1:40 h i 6:30 h (mitjana \pm SD: $4:10 \pm 0:50$ hores) depenent de les condicions meteorològiques, amb un temps acumulat de mostreig de 183:30 hores.

Totes les tortugues trobades, així com altres indicis de la seva presència (nius depredats i restes de closques d'animals morts) van ser registrats. De cada observació es va determinar les coordenades amb un GPS. Així mateix, de cada individu es va registrar el sexe, la classe d'edat (Bertolero *et al.*, 2011b), la longitud recta de la closca amb un peu de rei digital ($\pm 0,01$ mm, abreviada per LRC; Bertolero *et al.*, 2008), el pes de la tortuga amb una bàscula digital (± 1 g, LYISET-KE-5) i l'hora de l'observació.

Durant els censos cada tortuga es va marcar de forma permanent amb la metodologia habitual que es fa servir per als seguiments de quelonis a llarg termini (codi de petites osques a la closca) i es van registrar totes les captures, tot diferenciant quan eren primeres captures o recaptures. La mida de la població va ser estimada amb els mètodes de captura-marcatge-recaptura per a poblacions tancades (Otis *et al.*, 1978), amb el programa Mark (White & Burnham, 1999) i amb la parametrització de probabilitat condicional de Huggins, en la qual la mida de la població no s'inclou en la funció de probabilitat, sinó que és un paràmetre derivat (Lukacs, 2007). Es van provar models constants (M_0), dependents del temps (M_t), dependents del comportament associat amb la primera captura (M_b), que inclouen heterogeneïtat individual en les probabilitats de captura (M_h) i una combinació d'aquests models (M_{th} i M_{tb} ; per a més detalls vegeu Williams *et al.*, 2001). En el cas dels models amb heterogeneïtat individual la parametrització està basada en combinacions finites (Pledger, 2005). Aquesta parametrització estima la probabilitat que un individu pertanyi a una combinació determinada (fixada prèviament en dues; p_j), la probabilitat de captura en el primer encontre (p) i la probabilitat de recaptura en els encontres posteriors (c). Així mateix, p i c poden variar amb el temps (p_t , c_t), ser constants (p , c) o ser iguals ($p = c$). Cal tenir present que en els models amb heterogeneïtat individual no es pot assignar una tortuga en particular a cap dels dos grups. Aquest és un procediment estadístic que permet incloure l'heterogeneïtat que hi ha en les probabilitats de captura entre els diferents individus i que, en aquest cas, es preselecciona entre dos grups. La selecció dels models que millor s'ajustaven a les dades es va fer mitjançant el criteri d'informació d'Akaike (AIC), que es basa en la deviance del model i el nombre de paràmetres que té (Burnham & Anderson, 2004). Es considera que el model amb AIC més baix és el més parsimoniós (que millor s'ajusta a les dades). Aquest es compara amb la resta de models restant els seus valors d'AIC, amb la qual cosa s'obté el Δ AIC. Dins aquest procés, es considera que tots els models que presenten un Δ AIC < 2 presenten prou suport empíric.

Es va emprar el test ANOVA per comparar la biometria entre mascles i femelles adults. Prèviament es van transformar el pes i la LRC amb la funció logaritme neperià i es va comprovar que les dades complien les condicions de normalitat i homoscedasticitat. Les anàlisis estadístiques generals i la figura es van fer amb el programa R (R Development Core Team, 2018). Les mitjanes de les mides poblacionals es presenten \pm l'error estàndard (ES) i per a la resta de paràmetres \pm la desviació estàndard (SD).

Resultats

Es van localitzar 176 de tortugues mediterrànies diferents (incloent-hi dues trobades fora de les parcelles de cens). D'aquestes, el 5,7 % (10 exemplars) van presentar l'ampuació d'almenys una de les potes per intents de depredació, trobant-se la major part (6 tortugues) en la parcel·la de cens P4. A més a més, es van trobar sis tortugues mortes i 44 nius depredats (Taula 1).

La proporció de femelles adultes localitzades va ser més alta que la de mascles, fent que la sex-ratio estigui esbiaixada cap a les femelles (1,0M:1,6F; $\chi^2 = 4,12$ p = 0,042). Els adults van representar el 85,6 % dels individus localitzats, mentre que els juvenils (incloent-hi els subadults) van ser el 14,4 % (proporció d'adults juvenils de 5,96:1,00). Com és habitual en aquesta espècie, els adults van presentar dimorfisme sexual en les mides, sent les femelles més grans que els

mascles (ANOVA LRC: $F_{1,149} = 324,0$ p < 0,001; pes: $F_{1,149} = 339,4$ p < 0,001; Taula 2). Així, les femelles adultes van tenir una mitjana de LRC un 16,0% més gran que els mascles adults, mentre que per al pes la diferència va ser del 39,0 %. Les mides màximes assolides per una femella adulta van ser de 199,46 mm de LRC i 1674 g de pes, mentre que el mascle més gran va mesurar 158,11 mm de LRC i 790 g de pes.

De les 174 tortugues diferents localitzades durant els censos de les parcelles, 46 van ser recapturades en sessions posteriors (total de 220 localitzacions). El 79,9 % de les tortugues es van capturar només una vegada, el 15,5 % dues vegades, el 2,9 % tres vegades i el 1,7 % fins a quatre vegades.

Es va estimar la mida de la població dins de les parcelles de cens per al conjunt de totes les tortugues (i.e. classes d'edat i de sexes combinades). Amb aquesta parametrització, el model que millor es va ajustar va ser el que considerava que hi havia heterogeneïtat individual en les captures (considera que hi ha dos grups de tortugues, un amb unes probabilitats de captura més baixes que l'altre) i que aquestes van variar en el temps (model M_{th} , $\Delta AIC = 0$; el següent model que es va ajustar va ser el M_t amb un $AIC = 2,033$). Segons el model M_{th} les probabilitats de captura van ser baixes i totes es van situar per sota del 26 % (amb uns amplis intervals de confiança; Fig. 1). D'altra banda, aquest model va considerar que la probabilitat de captura (primer encontre) van ser igual a la probabilitat de recaptura en les següents encontres ($p_i = c_i$).

El nombre total de tortugues estimat (classes d'edat i sexe conjuntes) per a cada parcel·la va variar entre les 10 tortugues

Taula 1. Nombre de tortugues mediterrànies trobades vives i mortes a cada parcel·la segons classes d'edat i sexe, així com el nombre de nius depredats. Entre parèntesi s'indica el percentatge d'individus de cada categoria d'edat i sexe.

Parcel·les	P2	P4	P8	P9	P13
Tortugues diferents	3	34	36	50	51
Mascles adults	-	5 (14,7)	17 (47,2)	17 (34,0)	18 (35,3)
Femelles adultes	3	24 (70,6)	16 (44,4)	27 (54,0)	22 (43,1)
Juvenils + subadults	-	5 (14,7)	3 (8,3)	6 (12,0)	11 (21,6)
Tortugues mortes	5	-	1	-	-
Nius depredats	-	3	9	12	20
Superfície de la parcel·la (ha)	14,3	23,2	16,0	14,8	27,4

Taula 2. Característiques biomètriques de les tortugues mediterrànies segons classes d'edat i sexe localitzades a l'Albera durant el seguiment de la població de 2019. LRC = longitud recta de la closca, SD = desviació estàndard

	LRC \pm SD (mm)	Pes \pm SD (g)	n
Mascles adults	133,4 \pm 6,8	513 \pm 74	57
Femelles adultes	158,9 \pm 10,0	841 \pm 153	94
Mascles subadults	114,5 \pm 6,8	305 \pm 118	7
Femelles subadultes	113,7 \pm 6,5	349 \pm 88	4
Juvenils	76,4 \pm 24,7	130 \pm 92	14

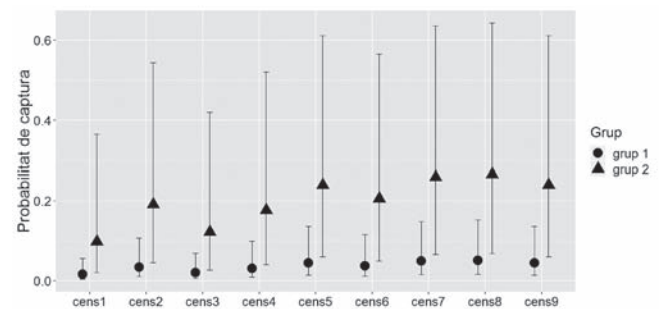


Figura 1. Probabilitats de captura segons el model M_{th} per al conjunt de totes les tortugues. Aquest model considera que hi ha heterogeneïtat individual (2 grups de tortugues segons les seves probabilitats de captura). Les barres indiquen els intervals de confiança al 95 %.

Taula 3. Nombre estimat de tortugues a cada parcel·la (N; model M_{th} per al conjunt de totes les tortugues i per als adults; model M_0 per als juvenils) amb el seu error estàndard (ES), l'interval de confiança al 95 % (IC 95 %) i la densitat de tortugues segons parcel·la (t/ha = tortugues/hectàrea). Els juvenils inclouen els mascles i femelles subadultes.

Parcel·les	Classes	P2	P4	P8	P9	P13
N ± ES	Totes	10 ± 6	115 ± 48	122 ± 50	170 ± 69	173 ± 70
IC 95 %		5 - 35	62 - 270	66 - 285	92 - 390	94 - 398
Densitat (t/ha)		0,7	5,0	7,6	11,5	6,3
N ± ES	Adults	11 ± 8	104 ± 57	119 ± 64	158 ± 85	144 ± 78
IC 95 %		5 - 42	49 - 310	56 - 351	75 - 464	68 - 423
Densitat (t/ha)		0,8	4,5	7,4	10,7	5,2
N ± ES	Juvenils	-	17 ± 9	10 ± 7	21 ± 11	38 ± 18
IC 95 %		-	8 - 52	5 - 36	10 - 60	19 - 100
Densitat (t/ha)		-	0,7	0,6	1,4	1,4

de la P2 i les 173 de la P13 (Taula 3) i en conjunt sumen una estima de 590 tortugues. En el cas de considerar els adults i els juvenils (incloent-hi mascles i femelles subadultes) per separat, els resultats van coincidir força amb els de la població total (Taula 3): 536 adults (model M_{th}) i 86 juvenils (per a aquesta classe d'edat el model seleccionat va ser el M_0), en conjunt 622 tortugues.

Discussió

Durant el mostreig de 2019 s'ha tornat a trobar una sex-ratio de les tortugues adultes esbiaixada cap a les femelles (1M:1,6F), com ja s'havia trobat en treballs previs d'aquesta població (1M:1,2F i 1M:2,46F; Fèlix *et al.* 1989, Vilardell *et al.*, 2011). Tot i que també hi ha referències a una sex-ratio favorable als mascles quatre anys després dels incendis forestals de 1986 (0,77F:1,00M; Fèlix 1999). En general, la major part de poblacions occidentals de tortuga mediterrània presenten una sex-ratio equilibrada de 1M:1F (Stubbs & Swingland, 1985; Nougarede, 1998; Bertolero, 2006; Mazzotti *et al.*, 2007), però s'ha indicat que en les poblacions en declivi estaria desequilibrada cap a les femelles (Cheylan, 2001). Es considera que la població de tortuga mediterrània de l'Albera es troba en declivi (Llorente *et al.*, 2002; Budó *et al.*, 2004) i, per tant, la sex-ratio observada també podria ser un indicador més d'aquesta mala situació.

S'ha registrat la depredació de nius de tortuga mediterrània en diverses de les seves poblacions (revisió en Bertolero *et al.*, 2011a), que en alguns casos pot arribar al 95,6 % dels nius (Swingland & Stubbs, 1985). En l'Albera la depredació de nius també és molt freqüent (Budó *et al.*, 2003) i s'ha identificat que la fagina, el senglar i el teixó, en ordre d'incidència, són els principals depredadors potencials (Vilardell *et al.*, 2008). Malgrat que el nombre de nius depredats detectats el 2019 va ser força important (44 nius, que representen uns 176 ous), no va ser possible determinar quin percentatge representa del total de nius que es van dipositar en aquesta zona, ja que requeriria saber amb anterioritat el nombre de nius en situació de risc. Per tant, tot i que les altes taxes de depredació de nius són un factor negatiu que s'afegeix a empitjorar l'estat de conservació d'aquesta espècie, caldria quantificar-ne l'impacte

real en les taxes de creixement de la població mitjançant, per exemple, modelitzacions demogràfiques.

Una de les poques vegades que s'ha quantificat l'amputació de potes en una població natural de tortuga mediterrània ha estat en la del Massif des Maures (França), on fins a un 7 % dels individus els faltava, com a mínim, una de les potes (Couturier *et al.*, 2014b). Els autors van considerar que totes aquestes amputacions havien estat produïdes per atacs de gossos, ja que també estaven acompanyades de nombroses ferides en les closques i la població estudiada estava molt a prop d'un poble i amb cases disperses als voltants. En la població de l'Albera, no es va poder identificar els depredadors que havien ocasionat aquestes ferides, però és possible que, a banda dels gossos, també les puguin produir els diversos carnívors que hi ha a la zona, com ara les fagines, les guineus, i els teixons. Tant en el cas dels gossos, guineus i teixons, molts cops aquestes amputacions van acompanyades de conspicües marques de les dents a la closca; en canvi, les fagines no solen deixar traces de les dents marcades a la closca (Budó & Bertolero, *obs. pers.*). Com que la major part de tortugues amb potes amputades no van presentar ferides a la closca (70 %), suposem que la fagina va ser la responsable d'aquestes amputacions. Però, cal tenir present que, tot i que la dieta de la fagina és molt generalista, s'alimenta majoritàriament de micromamífers i fruits (Mangas, 2017). Així, aquestes depredacions sobre les tortugues poden ser fruit d'especialitzacions de poques fagines i no pas d'un comportament habitual de l'espècie.

En el context de les poblacions occidentals de tortuga mediterrània, la LRC de les tortugues adultes de l'Albera es pot considerar com mitjana dins del rang de variació (Cheylan, 2001), trobant-se les més petites en algunes poblacions d'Itàlia continental (Biaggini *et al.*, 2017) i les més grans a Còrsega (Nougarede, 1998). El dimorfisme sexual en la LRC (16 %) ha estat una mica més marcat que l'indicat pel conjunt de l'espècie, que està al voltant del 12 % (Bertolero *et al.*, 2011b). D'altra banda, les importants diferències entre les mitjanes del pes de mascles i femelles (39 %) es poden deure al fet que les femelles presenten un major volum corporal, ja que tenen closques més altes quan s'estandarditza per a una mateixa longitud de closca (Djordjejić *et al.*, 2011) i, a més a més, que durant la primavera les femelles fan les postes i, per tant, poden portar ous que fan incrementar el seu pes corporal.

La metodologia emprada ha permès estimar la mida de la població i tenir en compte les probabilitats de detecció. S'ha demostrat que quan les probabilitats de detecció són baixes, com en el cas de la tortuga mediterrània a l'Albera ($0,192 \pm 0,121$ de mitjana el 2019), la metodologia que dona resultats no esbiaixats en l'estima de la mida de la població és la de captura-marcatge-recaptura (Couturier *et al.*, 2013). Malauradament, l'única manera d'incrementar aquestes taxes de captura és augmentar l'esforç de prospecció incrementant el nombre de visites, per la qual cosa caldria disposar de més recursos econòmics.

Malgrat la selecció de cinc parcel·les favorables de presència de tortugues per fer l'estudi, es va trobar que aquestes presentaven diferències notables, tant per la densitat d'individus, com per la sex-ratio i la proporció de juvenils (Taula 1 i 3). La parcel·la que amb diferència va presentar els pitjors resultats va ser la P2 on, a més a més, es van acumular el major nombre de tortugues mortes trobades (malgrat que en aquesta zona s'havien trobat fins a vuit tortugues en anys anteriors amb una metodologia de cens diferent). Aquesta situació es pot deure a la presència de depredadors que estiguin actuant de manera selectiva sobre les tortugues d'aquesta zona (depredadors especialitzats). D'altra banda, la parcel·la que va presentar una major proporció de juvenils va ser la P13, on també es van trobar la major part de nius depredats. Possiblement això indica que aquesta parcel·la es troba en una zona favorable per a la reproducció de les tortugues (malgrat que aquesta concentració de nius també ocasiona una alta taxa de depredació). Cal remarcar que la parcel·la P9, on la densitat de tortugues va ser la més alta ($11,5$ t/ha), es troba fora de tota figura de protecció de l'hàbitat de l'Albera, ja que no queda inclosa dins de l'EIN Massís de l'Albera, ni dins de la Xarxa Natura 2000. Per això, seria recomanable modificar els límits d'aquests espais per incloure aquesta zona.

La densitat de tortugues va ser bona en quatre de les cinc parcel·les estudiades ($\geq 5,0$ t/ha). Però, en un context general de l'espècie, les densitats estimades es poden considerar com mitjanes (<10 t/ha) i dins del rang en què es troben diverses poblacions occidentals (Cheylan 2001). Així, per exemple, al delta de l'Ebre les densitats d'adults a la zona principal són entre 7 i 8 t/ha (Bertolero *et al.*, 2018), mentre que en diverses zones de Menorca superen les 20 t/ha (Bertolero *et al.*, 2011b). D'altra banda, cal tenir present que aquestes densitats no són comparables a les obtingudes amb els models de *N-mixture* (Royle, 2004) dels censos anteriors per al conjunt de l'Albera (Couturier *et al.*, 2014a), ja que amb aquesta metodologia es van obtenir resultats globals per a les grans àrees de distribució censades. Així, el 2008 la densitat va dependre de si la parcel·la de cens es trobava en una zona que s'havia cremat o no amb anterioritat, estimant-se una densitat mitjana de només $0,67$ t/ha (IC 95 % $0,49-0,91$) en les zones no cremades i de $0,46$ t/ha (IC 95 % $0,35-0,61$) en les cremades (Couturier *et al.*, 2014a).

Gràcies a aquest estudi s'ha pogut comprovar que hi ha sectors de l'Albera on la tortuga mediterrània manté nuclis poblacionals amb bones densitats. Des d'un punt de vista de la conservació de l'espècie, és important identificar aquestes zones, ja que poden servir com a nuclis de resistència, des

dels quals poden emigrar individus per mantenir les poblacions dels voltants. D'altra banda, la identificació d'aquestes zones també és fonamental per poder garantir-ne la preservació davant d'actuacions de perturbacions que puguin modificar els seus hàbitats. La repetició d'aquests censos al llarg dels anys ha de ser una eina que permeti determinar l'evolució d'aquestes poblacions i si en determinades circumstàncies calen mesures de gestió per afavorir l'espècie.

Agraïments

Volem agrair la col·laboració durant part dels censos a Andreu Cufí (tècnic del CRT de l'Albera), Elena Puigdemasa, Arnau Brugués, Miguel Pablos, Guillem Montañés, Beate i Klaus Pfau. Aquest treball ha estat finançat a través del CRT de l'Albera gràcies a l'ajut econòmic 6/2019 del Paratge Natural d'Interès Nacional de l'Albera. També volem agrair els comentaris i suggeriments de M. Boada Juncà i d'un revisor anònim. La captura i la manipulació de les tortugues es van fer amb el permís de captura científica SF/0529/2019 expedid per la Direcció General de Polítiques Ambientals i Medi Natural de la Generalitat de Catalunya.

Bibliografia

- BERTOLERO, A. 2006. La tortue d'Hermann *Testudo hermanni* sur les îles de Majorque et Minorque. *Chéloniens*, 1: 12-19.
- 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., CHEYLAN, M. & PRETUS, J. 2008. ¿Dos métodos de medir el espaldar en la tortuga mediterránea dan resultados comparables? *Boletín de la Asociación Herpetológica Española*, 19: 54-57.
- BERTOLERO, A., CHEYLAN, M., HAILEY, A., LIVOREIL, B. & WILLEMSEN, R. 2011a. *Testudo hermanni* (Gmelin 1789) – *Hermann's tortoise*. P. 59.1-59.20. In: Rhodin, A. G. J., Pritchard, P. C. H., van Dijk, P. P., Saumure, R. A., Buhlmann, K. A., Iverson, J. B., Mittermeier, R. A. (eds.). *Conservation Biology of Freshwater Turtles and Tortoises: A Compilation Project of the IUCN/SSC Tortoise and Freshwater Turtle Specialist Group*. Chelonian Research Monographs No. 5. Disponible en: https://iucn-tftsg.org/wp-content/uploads/file/Accounts/crm_5_059_hermann_v1_2011.pdf [Data de consulta: 13 març 2020].
- BERTOLERO, A., PRETUS, J. & MASSANA, M. 2011b. *Características genéticas y demográficas de las poblaciones de tortuga mediterránea en Menorca*. P. 41-45. In: Mateo, J. A. (ed.). *La conservación de las tortugas de tierra en España*. Conselleria de Medi Ambient i Mobilitat, Govern de les Illes Balears. Palma. Espanya. 72 p.
- BERTOLERO, A., PRETUS, J. & ORO, D. 2018. The importance of including survival release costs when assessing viability in reptile translocations. *Biological Conservation*, 217: 311-320.
- BIAGGINI, M., BASSU, L., DI CERBO, A.R., DI TIZIO, L., LEONETTI, F. L., MASTROPASQUA, F., ROMANO, A. & CORTI, C. 2017. *Notes on patterns of variation of body condition in Testudo hermanni in Italy*. P. 303-309. In: Menegon, M., Rodriguez-Prieto, A. & Deflorian, M.C. Atti XI Congresso

- Nazionale della Societas Herpetologica Italica, Trento 2016. Ianieri Edizioni. Pescara. 408 p.
- BUDÓ, J., CAPALLERAS, X., MASCORT, R. & FÈLIX, J. 2003. Estudi de la depredació de postes de tortuga mediterrània *Testudo hermanni hermanni* (Gmelin, 1789) a la serra de l'Albera (Pirineu Oriental, Catalunya). *Butlletí de la Societat Catalana d'Herpetologia*, 16: 73-76.
- BUDÓ, J., CAPALLERAS, X., FÈLIX, J. & MASCORT, R. 2004. La tortuga mediterrània (*Testudo h. hermanni*) a l'Albera: causes de regressió, estat actual de les poblacions i perspectives de futur. CoHloqui Internacional l'Albera i el patrimoni en l'espai transfronterer. Disponible en: http://tortugues.cat/wp-content/uploads/2019/04/05_tortuga_mediterranea.pdf [Data de consulta: 13 març 2020].
- BURNHAM, K. P. & ANDERSON, D. R. 2004. Understanding AIC and BIC in model selection. *Sociological Methods & Research*, 33: 261-304.
- CHEYLAN, M. 2001. *Testudo hermanni Gmelin, 1798 - Griechische Landschildkröten*. P. 179-289. In: Fritz, U. (ed.). *Handbuch der reptilien und amphibien Europas*. Band 3/IIIA: Schildkröten (Testudines) I (Bataguridae, Testudinidae, Emydidae). Aula-Verlag. Wiebelsheim. Alemanya. 594 p.
- COUTURIER, T., BESNARD, A., BERTOLERO, A., BOSCH, V., ASTRUC, G., CHEYLAN, M., 2014a. Factors determining the abundance and occurrence of Hermann's tortoise *Testudo hermanni* in France and Spain: fire regime and landscape changes as the main drivers. *Biological Conservation*, 170: 177-187.
- COUTURIER, T., CHEYLAN, M., BERTOLERO, A., ASTRUC, G. & BESNARD, A. 2013. Dealing with activity patterns: a comparison of three methods for assessing population trends of the Hermann's tortoise. *Journal of Wildlife Management*, 77: 454-462.
- COUTURIER, T., TILLION-LACAZALE, L., BESNARD, A., ASTRUC, G. & CHEYLAN, M. 2014. Déclin d'une population de Tortue d'Hermann (*Testudo hermanni hermanni* Gmelin, 1789) en milieu forestier. Effets combinés de plusieurs facteurs anthropiques. *Revue d'Ecologie*, 69: 142-150.
- DJORDEJIĆ, S., DJURAKIĆ, M., GOLUBOVIĆ, A., AJTIĆ, R., TOMOVIĆ, L. & BONNET, X. 2011. Sexual body size and body shape dimorphism of *Testudo hermanni* in central and eastern Serbia. *Amphibia Reptilia*, 32: 445-458.
- FÈLIX, J. 1999. Avaluació d'una població de tortuga mediterrània (*Testudo hermanni hermanni* Gmelin, 1789), la incidència d'un incendi forestal i la cicatrització de la població en els quatre anys següents. *Butlletí de la Societat Catalana d'Herpetologia*, 14: 78-94.
- FÈLIX, J., CAPALLERAS, X., BUDÓ, J. & FARRÉ, M. 1989. Estructura de una població de tortuga mediterrània (*Testudo hermanni robertmertensis*, Wermuth), antes y después de un incendio forestal. *Treballs de la Societat Catalana d'Ictiologia i Herpetologia*, 2: 210-223.
- LLORENTE, G. A., MONTORI, A., CARRETERO, M. A., SANTOS, X. 2002. *Testudo hermanni (Gmelin, 1789). Tortuga mediterrània*. P. 151-153. In: Pleguezuelos, J.M., R. Márquez & M. Lizana (eds.). *Atlas y libro rojo de los Anfibios y Reptiles de España*. Dirección general de Conservación de la Naturaleza – Asociación Herpetológica Española. Madrid. Espanya. 587 p.
- LUKACS, P. 2007. *Closed population capture-recapture methods. Chapter 14*. In: Cooch, E. & White, G. (eds.). *Program Mark, a gentle introduction*. Disponible en: <http://www.phidot.org/software/mark/docs/book/> [Data de consulta: 10 març 2020].
- MANGAS, J.G. 2017. *Garduña – Martes foina*. In: Salvador, A. & Barja, I. (eds.). *Enciclopedia Virtual de los Vertebrados Españoles*. Museo Nacional de Ciencias Naturales, Madrid. Disponible en: <http://www.vertebradosibericos.org/> [Data de consulta: 19 març 2020].
- MAZZOTTI, S., BERTOLUCCI, C., FASOLA, M., LISI, I., PISAPIA, A., GENNARI, R., MONTABAN, S. & VALLINI, C. 2007. La popolazione Della testuggine di Hermann (*Testudo hermanni*) del Bosco della Mesola. *Quaderni della Stazione di Ecologia Civico Museo di Storia Natural di Ferrara*, 17: 91-104.
- NOUGARÈDE, J.-P. 1998. *Principaux traits d'histoire naturelle d'une population de tortue d'Hermann (Testudo hermanni) dans le sud de la Corse*. Diplôme de l'Ecole Pratique des Hautes Etudes. Montpellier. 346 p.
- OTIS, D.L., BURNHAM, K.P., WHITE, G.C. & ANDERSON, D.R. 1978. Statistical inference from capture data on closed animal populations. *Wildlife Monograph*, 62: 1-135.
- PLEDGER, S. 2005. The performance of mixture models in heterogeneous closed population capture-recapture. *Biometrics*, 61: 868-873.
- R Development Core Team. 2018. R: A Language and Environment for Statistical Computing. R Foundation for Statistical Computing, Vienna. Disponible en: <http://www.R-project.org/> [Data de consulta: 12 març 2020].
- RHODIN, A.G. J., STANFORD, C.B., VAN DIJK, P.P., EISEMBERG, C., LUISELLI, L., MITTERMEIER, R.A., HUDSON, R., HORNE, B.D., GOODE, E.V., KUCHLING, G., WALDE, A., BAARD, E.H.W., BERRY, K.H., BERTOLERO, A., BLANCK, T.E.G., BOUR, R., BUHLMANN, K.A., CAYOT, L.J., COLLETT, S., CURRYLOW, A., DAS, I., DIAGNE, T., ENNEN, J.R., FORERO-MEDINA, G., FRANKEL, M.G., FRITZ, U., GARCÍA, G., GIBBONS, J. W., GIBBONS, P. M., GONG, S., GUNTORO, J., HOFMEYR, M. D., IVERSON, J. B., KIESTER, A. R., LAU, M., LAWSON, D. P., LOVICH, J. E., MOLL, E. O., PÁEZ, V. P., PALOMO-RAMOS, R., PLATT, K., PLATT, S. G., PRITCHARD, P. C. H., QUINN, H. R., RAHMAN, S. C., RANDRIANJAFIZANAKA, S. T., SCHAFFER, J., SELMAN, W., SHAFFER, H. B., SHARMA, D. S. K., SHI, H., SINGH, S., SPENCER, R., STANNARD, K., SUTCLIFFE, S., THOMSON, S. & VOGT, R.C. 2018. Global conservation status of turtles and tortoises (Order Testudines). *Chelonian Conservation and Biology*, 17: 135-161.
- ROYLE, J. A. 2004. N-Mixture Models for estimating population size from spatially replicated counts. *Biometrics*, 60: 108-115.
- STUBBS, D. & SWINGLAND, I. R. 1985. The ecology of a Mediterranean tortoise (*Testudo hermanni*): a declining population. *Canadian Journal of Zoology*, 63: 169-180.
- 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. 279 p.
- VILARDELL, A., BUDÓ, J., CAPALLERAS, X., FERRER, J. & FILELLA, E. 2011. Dades sobre la incidència d'un incendi forestal en la població de tortuga mediterrània (*Testudo hermanni*) a la serra de l'Albera (Alt Empordà; Catalunya). *Butlletí de la Societat Catalana d'Herpetologia*, 19: 152-156.
- VILARDELL, A., CAPALLERAS, X., BUDÓ, J., MOLIST, F. & PONS, P. 2008. Test of the efficacy of two chemical repellents in the control of Hermann's tortoise nest predation. *European Journal of Wildlife Research*, 54: 745-748.
- WHITE, G.C. & BURNHAM, K.P. 1999. Program MARK: survival estimation from populations of marked animals. *Bird Study*, 46: S120-S139.
- WILLIAMS, B. K., NICHOLS, J. D. & CONROY, M. J. 2001. *Analysis and management of animal populations*. Academic Press. San Diego. 817 p.