

- Graciá, E., Giménez, A., Anadón, J.D., Harris, J.D., Fritz, U. & Botella, F. 2013a. The uncertainty of Late Pleistocene range expansions in the western Mediterranean: a case study of the colonization of south-eastern Spain by the spur-thighed tortoise, *Testudo graeca*. *Journal of Biogeography*, 40: 323-334.
- Graciá, E. 2013b. *Patrones genéticos y cambios en la distribución de especies: filogeografía de la tortuga mora* (Testudo graeca L.) en el Mediterráneo Occidental. Tesis doctoral inédita. Universidad Miguel Hernández.
- Graciá, E., Botella, F., Anadón, J.D., Edelaar, P., Harris, D.J. & Giménez, A. 2013c. Surfing in tortoises? Empirical signs of genetic structuring owing to a range expansion. *Biology Letters*, 9:20121091.
- Graciá, E., Rodríguez-Caro, R.C., Botella, F., Fritz, U., Andreu, A.C. & Giménez, A. 2014. Mixed ancestries of spur-thighed tortoises in Doñana as consequence of their historic management. XIII Iberian Congress of Herpetology. Universidade de Aveiro. Portugal.
- Graciá, E., Botella, F., Rodríguez-Caro, R., Anadón, J.D., Fritz, U. & Giménez, A. 2015a. ¿Autóctona o introducida? Origen de la población de tortuga mora en el sureste ibérico. *Quercus*, 347: 32-40.
- Graciá, E., Rodríguez-Caro, R.C., Botella, F., Fritz, U., Andreu, A.C. & Giménez, A. 2015b. Unexpected consequences of population management: strong genetic impact of historic reinforcements on a population of the endangered spur-thighed tortoises. 27th International Congress for Conservation Biology and the 4th European Congress for Conservation Biology (ICCB-ECCB). Montpellier, France.
- Granados, M. 1987. *Transformaciones históricas de los ecosistemas del Parque Nacional de Doñana*. Tesis Doctoral. Universidad de Sevilla. Sevilla.
- Klopfstein, S., Currat, M. & Excoffier, L. 2006. The fate of mutations surfing on the wave of a range expansion. *Molecular Biology and Evolution*, 23: 482-490.
- López-Jurado, L.F., Talavera, P.A., Ibáñez, J.M., Mac Ivor, J.A. & García, A. 1979. Las tortugas terrestres *Testudo graeca* y *Testudo hermanni* en España. *Naturalia Hispanica*, 17: 61pp.
- Lortet, L. 1887. Observations sur les tortues terrestres et paludines du Bassin de la Méditerranée. *Archives du Muséum d'Histoire Naturelle de Lyon*, 4: 1-26.
- Loveridge, A. & Williams, E.E. 1957. Revision of the African tortoises and turtles of the suborder Cryptodira. *Bulletin of the Museum of Comparative Zoology*, 115: 163-557.
- Mayol, J. 2003. Rèptils i Amfibis de les Balears. *Manuals d'Introducció a la Natura*, 6. Editorial Moll. Palma.
- Mikulíček, P., Jandzik, D., Fritz, U., Schneider, C. & Široký, P. 2013. AFLP analysis shows high incongruence between genetic differentiation and morphology-based taxonomy in a widely distributed tortoise. *Biological Journal of the Linnean Society*, 108: 151-160.
- Morales-Pérez, J.V. & Sanchís-Serra, A. 2009. The Quaternary fossil record of the genus *Testudo* in the Iberian Peninsula. Archaeological implications and diachronic distribution in the western Mediterranean. *Journal of Archaeological Science*, 36: 1152-1162.
- Pérez, I., Anadón, J.D., Díaz, M., Nicola, G.G., Tella, J.L. & Giménez, A. 2012. What is wrong with current translocations? A review and a decision-making proposal. *Frontiers in Ecology and the Environment*, 10: 494-501.
- Pinya, S. 2011. Situación actual de la Tortuga Mora (*Testudo graeca* L.) en la isla de Mallorca. 7-12. In: Mateo, J. A. (ed.), *La conservación de las tortugas de tierra en España*. Conselleria de Media Ambient i Mobilitat, Govern de les Illes Balears. Palma de Mallorca.
- Salvador, A. 1974. *Guía de los anfibios y reptiles españoles*. ICONA. Madrid.
- Straus, L.G. 2001. Africa and Iberia in the Pleistocene. *Quaternary International*, 75: 91-102.
- Valverde, J.A. 1967. *Estructura de una comunidad de vertebrados terrestres*. Monografías de la Ciencia Moderna, nº76, reeditada en Monografías de la Estación Biológica de Doñana 1 (1984). CSIC. Madrid.

La tortuga mediterránea (*Testudo hermanni*) en las islas Baleares

Albert Bertolero¹ & Joan Lluís Pretus²

¹ Associació Ornitològica Picampall de les Terres de l'Ebre. Cl. La Galera, 53. 43870 Amposta. C.e.: albert.bertolero@gmail.com

² Departament d'Ecologia. Universitat de Barcelona. Avda. Diagonal, 645. 08028 Barcelona.

La tortuga mediterránea, *Testudo hermanni*, es una especie exclusivamente europea, que se encuentra en las regiones de clima mediterráneo y submediterráneo. Con dos subespecies habitualmente reconocidas, la que nos ocupa en esta revisión es la occidental, *Testudo hermanni her-*

manni (Figura 1), que se distribuye por España, Francia e Italia, así como por sus principales islas (Mallorca, Menorca, Córcega, archipiélago Toscano, Cerdeña y Sicilia) (Bertolero *et al.*, 2011).

La posición más generalizada sobre las poblaciones de *T. h. hermanni* en las islas Baleares es

que es alóctona, debido a que no se han encontrado restos de esta especie en los yacimientos fósiles de estas islas (Alcover & Mayol, 1981). Aunque la aparición de una especie en el registro fósil es un criterio muy utilizado para determinar su condición de autóctona, su no aparición no es un criterio suficiente para considerarla alóctona (Webb, 1985), ya que los registros fósiles distan de ser exhaustivos (Foote & Raupe, 1996). Los restos más antiguos que se conocen de *Testudo* sp. son los encontrados en el talaiot de s'Illot (Manacor, Mallorca) por Uerpmann (1971, citado en Alcover & Mayol [1981]), quien indicó que se encontraban en un estrato del 1.100 a.e.c. Sin embargo, estos restos no se dataron directamente, por lo que su edad no se conoce con exactitud (A. Alcover, comunicación personal).

La primera información de carácter histórico que se conoce sobre la presencia de tortugas terrestres en las islas Baleares es la publicada por el gobernador inglés Armstrong (1752), que indica que era una especie común en Menorca. A partir de entonces se encuentran referencias en otros tratados sobre la fauna balear, como los de Ramis i Ramis (1814), que señala su presencia en Menorca; el de Barceló & Combis (1876), que la

cita en las islas de Mallorca, Menorca e Ibiza; o el catálogo de Boscá (1877). Muy posteriormente, López-Jurado *et al.* (1979) señalan que una antigua tradición balear (Mallorca) atribuye un origen fenicio a las tortugas terrestres. Sin embargo, tanto Alcover & Mayol (1981) como los autores de este trabajo, desconocen totalmente esta posible tradición, ya sea en Mallorca o en Menorca.

Otra fuente que puede ofrecer información sobre el origen de *T. h. hermanni* en las islas Baleares se refiere a las relaciones genéticas entre sus poblaciones actuales. Los diferentes trabajos que hasta la fecha han abordado la genética de *T. h. hermanni* han considerado directamente las poblaciones de las islas Baleares como introducidas (van der Kuyl *et al.*, 2002; Fritz *et al.*, 2006; Perez *et al.*, 2013). El primer trabajo que se realizó es el de van der Kuyl *et al.* (2002) a partir del gen mitocondrial 12S rRNA, cuyo objetivo era determinar relaciones filogenéticas entre especies del género *Testudo*. Su muestra incluía cuatro tortugas de la Albera (Girona) y dos de Mallorca, en una muestra total de 40 individuos de *T. h. hermanni*. Según estos autores, la falta de variabilidad encontrada en el gen 12S rRNA indicaría una reciente radiación desde un único refugio pleistocénico en el sur de Italia, proponiendo que desde Sicilia se habrían originado, mediante el transporte humano, todas las poblaciones actuales españolas. Posteriormente, el trabajo de Fritz *et al.* (2006), estudió la filogeografía de *T. hermanni* en todo su rango de distribución a partir del ADN mitocondrial del citocromo *b*. Este trabajo incluyó una muestra de 31 ejemplares de *T. h. hermanni* (entre las cuales había dos tortugas de la Albera, dos de Mallorca y tres de Menorca) e identificó un doble origen de las tortugas de las islas Baleares, que atribuyó también a un transporte humano. Propuso que el origen de las tortugas de Mallorca y las del norte de Menorca sería proba-



Foto Albert Bertolero

Figura 1: *Testudo hermanni hermanni* en un hábitat de encinar en Menorca.

blemente el noreste de la península ibérica, ya que presentan el mismo haplotipo H3 que se encuentra actualmente en la población de la Albera. Por su parte, las tortugas del sur de Menorca estarían relacionadas con las poblaciones de Córcega, Cerdeña y Sicilia, al encontrarse en todas ellas el haplotipo H5 (si bien en Córcega y Cerdeña se registraron también otros haplotipos). El trabajo de Perez *et al.* (2013) vuelve a proponer un origen siciliano de todas las poblaciones españolas. Sin embargo, la proposición resulta un tanto curiosa, ya que su muestra no incluyó ni tortugas de la Albera ni de las islas Baleares, y se basó únicamente en muestras del Delta del Ebro, que es una población reintroducida a partir de individuos de origen diverso (Bertolero, 2010, 2014a).

Un último trabajo que analiza específicamente la estructura genética de las poblaciones de *T. h. hermanni*, es el de Zenboudji *et al.* (en prensa). Este, que prácticamente incluye todas las poblaciones de *T. h. hermanni* (con excepción de Mallorca y algunas zonas de Italia continental), analiza 17 loci microsátélites polimórficos en una muestra de 357 tortugas (de las cuales 30 son de la Albera y 75 de Menorca). Para Menorca se identificaron nuevamente dos grupos bien diferenciados genéticamente. El primero de ellos está claramente relacionado con las poblaciones continentales de España, Francia e Italia. Este grupo presenta un coeficiente de endogamia (F_{is}) que sugiere un efecto fundador reciente en las islas Baleares, sin que por el momento se haya podido datar el momento en el que se habría producido. Por otra parte, los datos del segundo grupo resultan particularmente interesantes, ya que indican que, si bien estaría relacionado con las poblaciones insulares de Córcega, Cerdeña y Sicilia, está lo suficientemente diferenciado como para formar un grupo independiente, tanto de estas islas como de las poblaciones continentales actuales.

El coeficiente de endogamia de este grupo indica que su llegada fue bastante anterior a la del primer grupo, pero tampoco se ha podido datar.

Según los datos genéticos, que son los que aportan mayor información actualmente, en las islas Baleares se pueden distinguir dos grupos de *T. h. hermanni* diferenciados genéticamente. El grupo relacionado con las poblaciones continentales de España, Francia e Italia no provendría directamente de ninguna de ellas, sino de una población continental actualmente extinta y tendría un origen relativamente reciente (¿cientos de años?) en Menorca y Mallorca. Por ello es bastante probable que se trate de una introducción humana en tiempos históricos. El segundo grupo, que se encuentra en Menorca (en Mallorca su presencia aún está pendiente de confirmar), sería de origen desconocido y de colonización relativamente antigua (¿miles de años?), y estaría claramente diferenciado genéticamente del resto de poblaciones continentales e insulares de *T. h. hermanni*.

Desde una perspectiva de conservación, las poblaciones insulares de *T. h. hermanni* de las islas Baleares y de Córcega presentan, en general, un buen estado de conservación, a diferencia de la mayor parte de poblaciones continentales, que se encuentran en regresión o en fuerte declive (Bertolero, 2006; Bertolero *et al.*, 2011). Esta situación es paradójica, ya que habitualmente la fauna insular se encuentra en peor estado de conservación y presenta más especies al borde la extinción o extinguidas en tiempos modernos (e.g., Frankham, 1998).

Por otra parte, no hay constancia de que la presencia de *T. h. hermanni* haya afectado o esté afectando negativamente a ninguna especie animal o vegetal, ya sean endémicas o no de las islas Baleares. En el caso de Menorca, hay que señalar que en algunas de las localidades más representativas de su flora endémica (Fraga *et al.*, 2014) se encuentran buenas poblaciones de *T. h. hermanni*.

Independientemente de cómo llegó *T. h. hermanni* a las islas Baleares, actualmente estas poblaciones son extremadamente importantes para garantizar la preservación de este taxón a largo plazo, tanto en un contexto ibérico como en el conjunto de su distribución. Las principales razones que lo justificarían serían, en primer lugar, su amplia distribución insular, particularmente en Menorca, donde ocupa la mayor parte de la isla (Aguilar, 1997; Bertolero & Pretus, 2012). Además, presenta poblaciones viables que no se encuentran en regresión, al menos en Menorca, donde se realizan estudios detallados que han documentado densidades importantes y altas proporciones de juveniles (Bertolero, 2006, 2014b). Estas islas también carecen de la mayor parte de los depredadores que se encuentran en las poblaciones continentales y sus poblaciones

se han visto menos afectadas por los incendios forestales (aunque la pérdida de hábitats por urbanización, construcción de infraestructuras y cambios en las prácticas agrícolas y ganaderas implica una amenaza para su conservación). Por último, presentan una alta diversidad genética y características genéticas únicas que no se encuentran en ninguna otra de las poblaciones continentales o insulares del Mediterráneo (Zenboudji *et al.*, in press). Por todo ello, *T. h. hermanni* en las islas Baleares debería mantener su categoría de protección estricta. En particular, se debería considerar que las poblaciones de Mallorca y las del noroeste de Menorca contribuyen significativamente en la conservación *ex situ* del linaje continental, y que debería garantizarse la conservación de las poblaciones del sudeste de Menorca, dada su exclusividad genética.

REFERENCIAS

- Aguilar, J.S. 1997. Situación actual de las poblaciones de *Testudo graeca* y *Testudo hermanni* en las Baleares. 50-61. In: *Jornadas de Conservación de la Tortuga Mediterránea*. Conselleria de Medio Ambiente, Generalidad Valenciana.
- Alcover, J.A. & Mayol, J. 1981. Espècies reliquies d'amfibis i de rèptils a les Balears i Pitiüses. *Bolletí de la Societat d'Història Natural de les Balears*, 25: 151-167.
- Armstrong, J. 1752. History of the island of Minorca. <<https://books.google.es/books?id=gw4MAAAAYAA>> [Consulta: 14 octubre 2015].
- Barceló y Combis, F. 1876. *Catálogo de los reptiles y de los moluscos terrestres y de agua dulce observados en las islas Baleares*. Imprenta de Pedro José Gelabert. Palma de Mallorca.
- Bertolero, A. 2006. La tortue d'Hermann *Testudo hermanni* sur les îles de Majorque et Minorque. *Chéloniens*, 1: 12-19.
- Bertolero, A. 2010. Tortuga mediterránea *Testudo hermanni*. In: Salvador, A. & Marco, A. (eds.), *Enciclopedia Virtual de los Vertebrados Españoles*. Museo Nacional de Ciencias Naturales, Madrid. <<http://www.vertebradosibericos.org/>> [Consulta: 14 octubre 2015].
- Bertolero, A. 2014a. *Testudo hermanni* Gmelin, 1789. 217-236. In: Salvador, A. (coord.), *Reptiles, 2ª edición, revisada y aumentada*, Ramos, M.A. *et al.*, (eds.), *Fauna Ibérica, vol. 10*. Museo Nacional de Ciencias Naturales. CSIC. Madrid.
- Bertolero, A. 2014b. Statut, répartition actuelle et réintroduction de la tortue d'Hermann en Espagne. *Chelonii*, 9: 38-43.
- Bertolero, A. & Pretus, J., 2012. Distribució actual de la tortuga mediterrània a Menorca. *Revista de Menorca*, 91: 177-186.
- Bertolero, A., Cheylan, M., Hailey, A., Livoreil, B. & Willemsen, R. 2011. *Testudo hermanni* (Gmelin 1789) – Hermann's tortoise. 059.1-059.20. 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. <<http://www.iucn-tftsg.org/cbfit/>> [Consulta: 14 octubre 2015].
- Boscá, E. 1877. Catálogo de los reptiles y anfibios observados en España, Portugal é islas Baleares. *Anales Sociedad Española de Historia Natural*, 6: 39-69.
- Foote, M & Raup, D.M. 1996. Fossil preservation and the stratigraphic ranges of taxa. *Paleobiology*, 22: 121-140.
- Fraga i Arguimbau, P., Estaún Clarisó, I., Comas Casademont, M. & Cardona Pons, E. 2014. *Plantes de Menorca*. Consell Insular de Menorca. Menorca.
- Frankham, R. 1998. Inbreeding and extinction: island populations. *Conservation Biology*, 12: 665-675.
- Fritz, U., Auer, M., Bertolero, A., Cheylan, M., Fattizzo, T., Hunds-dörfer, A., Martín Sampayo, M., Pretus, J., Široký, P. & Wink, M. 2006. A rangewide phylogeography of Hermann's tortoise, *Testudo hermanni* (Reptilia: Testudines: Testudinidae): implications for taxonomy. *Zoologica Scripta*, 35: 531-543.
- López Jurado, L.F., Talavera Torralba, P.A., Ibañez González, J.M., MacIvor, J.A., García Alcazar, A. 1979. Las tortugas terrestres *Testudo graeca* y *Testudo hermanni* en España. *Naturalia Hispanica*, 17: 1-63.
- Perez, M., Livoreil, B., Mantovani, S., Boisselier, M.-C., Crestanello, B., Abdelkrim, J., Bonillo, C., Goutner, V., Lambourdière, J., Pieraoli, M., Sterijovski, B., Tomovic, L., Vilaça, S.T., Mazzotti, S. & Bertorelle, G. 2013. Ge-

- netic variation and population structure in the endangered Hermann's tortoise: The roles of geography and human-mediated processes. *Journal of Heredity*, 105: 70–81.
- Ramis i Ramis, J. 1814. *Specimen animalium, vegetabilium et mineralium in insula Minorca frequentiorum ad normam Linneani sistemat. Exaratum. Accedunt nomina Vernacula in quantum fieri potuit*. Excudebat. Petrus Antonius Serra. Maó, Menorca.
- van der Kuyl, A.C., Ballasina, D.L.Ph., Dekker, J.T., Maas, J., Willemsen, R.E. & Goudsmit, J. 2002. Phylogenetic relationships among the species of the genus *Testudo* (Testudines: Testudinidae) inferred from mitochondrial 12S rRNA gene sequences. *Molecular Phylogenetics and Evolution*, 22: 174–183.
- Webb, D.A. 1985. What are the criteria for presuming native status? *Watsonia*, 15: 231–236.
- Zenboudji, S., Cheylan, M., Arnal, V., Bertolero, A., Leblois, R., Astruc, G., Bertorelle, G., Pretus, J.L.L., Lo Valvo, M., Sotgiu, G. & Montgelard, C. *in press*. High genetic structure and contrasting demographic history in the endangered Mediterranean tortoise *Testudo hermanni hermanni*. *Biological Conservation*.

El galápagos leproso (*Mauremys leprosa*) en la península ibérica e islas Baleares

Guillermo Velo-Antón¹ & Samuel Pinya²

¹ CIBIO/InBIO, Centro de Investigação em Biodiversidade e Recursos Genéticos. Laboratório Associado. Universidade do Porto. Campus Agrário de Vairão. 4485-661 Vairão. Portugal. C.e.: guillermo.velo@gmail.com

² Grupo de Ecología Interdisciplinar. Universidad de las Islas Baleares. Ctra. Valldemossa, km 7,5. 07122 Palma. Islas Baleares. España.

Mauremys leprosa está ampliamente distribuido en el Magreb, desde Marruecos hasta el oeste de Libia, y en la mayor parte de la península ibérica (Fritz *et al.*, 2006). También se encuentra presente en el suroeste de Francia, donde sus poblaciones son reducidas (Palacios *et al.*, 2015), y en las islas Baleares (Figura 1; Pinya & Carretero, 2011). Existen también registros en el norte de Níger y en las montañas del sur de Argelia (Iverson, 1992), aunque estas observaciones no han podido confirmarse y podría tratarse de una confusión con *Pelomedusa subrufa*. Los registros fósiles indican que esta especie ha podido estar presente en la península ibérica desde el Plioceno, aunque solo los restos fósiles del Holoceno están bien conservados (Félix *et al.*, 2006; de Soler *et al.*, 2012).

Mediante el análisis filogenético (ADN mitocondrial) de muestras africanas e ibéricas se encontraron dos grupos genéticos bien diferenciados, y que sirvieron como base para definir dos subespecies. La primera, *Mauremys leprosa leprosa*, agruparía las poblaciones de la península ibérica y del norte de la cadena montaño-

sa del Alto Atlas en Marruecos, mientras que la segunda, *Mauremys leprosa saharica*, incluiría las poblaciones al sur y norte del Alto Atlas, junto con poblaciones argelinas y tunecinas (Fritz *et al.*, 2006). Este patrón genético ha sido interpretado como derivado de la existencia de una barrera geográfica en las montañas del Alto Atlas, posibilitando la diferenciación genética mediante la limitación de flujo genético a ambos lados de la cadena montañosa durante el Plioceno, y una posterior diferenciación dentro de cada subespecie durante los periodos glaciares e interglaciares del Pleistoceno (Fritz *et al.*, 2006).

Al igual que el linaje ibero-magrebí de *Emys orbicularis* (Velo-Antón *et al.*, 2015), con quien coincide en la mayor parte de su distribución, *M. leprosa* también colonizó recientemente la península ibérica desde Marruecos (Figura 2). Esta hipótesis está apoyada por la presencia de una sola subespecie en la península ibérica, *M. l. leprosa*, y por la escasa diversidad y diferenciación genética en Europa en comparación con la observada en Marruecos (G. Velo-Antón,