

# Seguimiento y recuperación de las poblaciones de conejo europeo (*Oryctolagus cuniculus cuniculus*) en Mallorca (Illes Balears) (2016-2019)

María MUÑOZ<sup>1</sup>, Antoni BARCELÓ<sup>1</sup>, Catalina RAYÓ<sup>1</sup>, Margarita BERNAT<sup>1</sup>, Joana M. BARCELÓ<sup>1</sup>, Vanesa CASTILLO<sup>1</sup>, Francisca CASTRO<sup>2,3</sup>, Patricia H. VAQUERIZAS<sup>3,4</sup>, José Antonio BLANCO-AGUIAR<sup>5,6</sup>, Fernando APARICIO<sup>3,4</sup>, Bartomeu SEGUÍ<sup>1</sup> y Rafael VILLAFUERTE<sup>3,4</sup>



SOCIETAT D'HISTÒRIA  
NATURAL DE LES BALEARS



Consell de  
Mallorca

■ Departament de  
Desenvolupament Local

Muñoz, M., Barceló, A., Rayó, C., Bernat, M., Barceló, J.M., Castillo, V., Castro, F., Vaquerizas, P.H., Blanco-Aguilar, J.A., Aparicio, F., Seguí, B. y Villafuerte, R. 2019. Seguimiento y recuperación de las poblaciones de conejo europeo (*Oryctolagus cuniculus cuniculus*) en Mallorca (Illes Balears) (2016-2019). In: Pons, G.X., Barceló, A., Muñoz, M., del Valle, L. i Seguí, B. (editors). Recerca i gestió dins l'àmbit cinegètic. Mon. Soc. Hist. Nat. Balears, 28: 21-40. ISBN 978-84-09-11001-8.

El conejo europeo (*Oryctolagus cuniculus*) es una especie clave y de gran interés económico y ecológico en los ecosistemas Mediterráneos. Durante las últimas décadas los drásticos cambios en los usos del territorio han transformado parte de él, modificando los hábitats naturales, problemática que se ha visto agravada con la incidencia de dos enfermedades víricas, la mixomatosis y la enfermedad hemorrágica (RHD), lo que ha provocado un importante declive de las poblaciones de conejo en Mallorca. La conservación de la especie se ha basado en determinadas ocasiones en la realización de repoblaciones. En este trabajo se muestran los resultados de un estudio iniciado en Mallorca cuya finalidad última es la de minimizar los riesgos asociados con esta medida de gestión, y establecer las bases metodológicas para una correcta recuperación de la especie. Por todo ello, se ha llevado a cabo un muestreo de las poblaciones de conejo susceptibles de ser donadoras, analizando sus características genéticas y sanitarias, a la par que se realiza una prospección de la situación de las poblaciones de conejo silvestre de Mallorca. De esta forma, la administración cinegética de Mallorca ha desarrollado durante los años 2016 y 2019 la cría experimental de conejo de campo partir de seis poblaciones donadoras en condiciones controladas de semi-libertad en el Centre Cinegètic de Mallorca. Los conejos obtenidos han servido para repoblar zonas en las que la densidad de conejo era baja o nula. Las bajas causadas por la nueva variante de la RHD (virus RHDV-2) en los núcleos de cría, y la depredación en las áreas de repoblación, han sido las causas de mortalidad más importantes. Posteriormente, se han observado tasas de mortalidad menores, lo que sugiere una mayor capacidad de respuesta inmunológica natural a la RHD, y las siguientes repoblaciones realizadas en la isla hasta la actualidad han mostrado altas tasas de supervivencia y adaptación de los ejemplares.

**Palabras clave:** conejo, enfermedad hemorrágica, mixomatosis, sarna sarcóptica, *Oryctolagus cuniculus*, repoblación, Mallorca, gestión cinegética.

SEGUIMENT I RECUPERACIÓ DE LES POBLACIONS DE CONILL EUROPEU (*Oryctolagus cuniculus cuniculus*) A MALLORCA (ILLES BALEARS) (2016-2019). El conill europeu (*Oryctolagus cuniculus*) és una espècie clau i de gran interès econòmic i ecològic als ecosistemes Mediterranis. Durant les últimes dècades els dràstics canvis en els usos del

territori han transformat part d'ell, modificant els hàbitats naturals, problemàtica que s'ha vist agreujada amb la incidència de dues malalties víriques, la mixomatosi i la malaltia hemorràgica (RHD), el que ha provocat un important declivi de les poblacions de conill a Mallorca. La conservació de l'espècie s'ha basat en determinades ocasions en la realització de repoblacions. En aquest treball es mostren els resultats d'un estudi iniciat a Mallorca la finalitat última és la de minimitzar els riscos associats amb aquesta mesura de gestió, i establir les bases metodològiques per a una correcta recuperació de l'espècie. Per tot això, s'ha dut a terme un mostreig de les poblacions de conill susceptibles de ser donadores, analitzant les seves característiques genètiques i sanitàries, al mateix temps que es realitza una prospecció de la situació de les poblacions de conill silvestre de Mallorca. D'aquesta manera, l'administració cinegètica de Mallorca ha desenvolupat durant els anys 2016 i 2019 la cria experimental de conill de camp partir de sis poblacions donadores en condicions controlades de semi-llibertat al Centre cinegètic de Mallorca. Els conills obtinguts han servit per a repoblar zones en què la densitat de conill era baixa o nul·la. Les baixes causades per la nova variant de la RHD (virus RHDV-2) en els nuclis de cria, i la depredació en les àrees de repoblació, han estat les causes de mortalitat més importants. Posteriorment, s'han observat taxes de mortalitat menors, el que suggereix una major capacitat de resposta immunològica natural a l'RHD, i les següents repoblacions realitzades a l'illa fins a l'actualitat han mostrat altes taxes de supervivència i adaptació dels exemplars.

**Paraules clau:** conill, malaltia hemorràgica, mixomatosi, sarna sarcòptica, *Oryctolagus cuniculus*, repoblació, Mallorca, gestió cinegètica.

MONITORING AND RECOVERY OF EUROPEAN RABBIT POPULATIONS (*Oryctolagus cuniculus cuniculus*) IN MALLORCA (BALEARIC ISLANDS) (2016-2019). The European rabbit (*Oryctolagus cuniculus*) is a key species of great ecological and economical interest in the Mediterranean ecosystem. During the last decades important changes in the land use have transformed part of its natural habitat, a problem that has been aggravated by the incidence of two viral diseases, myxomatosis and hemorrhagic disease (RHD) causing a major decline in the populations of Mallorca. The conservation of the species has been based on certain occasions in the realization of repopulations. This paper shows the results of a study initiated in Mallorca whose ultimate purpose is to minimize the risks associated with this management measure, and establish the methodological basis for a correct recovery of the species. Therefore, a sampling of the rabbit populations susceptible of being donors has been carried out, analyzing their genetic and sanitary characteristics, at the same time that a survey of the situation of the wild rabbit populations of Mallorca has been carried out. In this way, the hunting administration of Mallorca has developed during the years 2016 and 2019 the field rabbit experimental breeding from six donor populations in controlled conditions of semi-freedom in the Center Cinegètic de Mallorca. The rabbits obtained have served to repopulate areas in which rabbit density was low or zero. The losses caused by the new variant of the RHD (virus RHDV-2) in the breeding nuclei, and the predation in the areas of repopulation, have been the most important causes of mortality. Subsequently, lower mortality rates have been observed, suggesting a greater natural immune response capacity to the RHD, and the following repopulations carried out on the island until now have shown high rates of survival and adaptation of the specimens.

**Keywords:** rabbit, hemorrhagic disease, myxomatosis, sarcoptic mange, *Oryctolagus cuniculus*, repopulation, Mallorca, hunting management.

1. Servei de Caça del Departament de Desenvolupament Local del Consell de Mallorca. Llar de la Joventut. General Riera, 111, 07010 Palma (Mallorca) Illes Balears.
2. Departamento de Didáctica de las Ciencias Sociales y Experimentales. Facultad de Ciencias de la Educación. Universidad de Córdoba. Avda. San Alberto Magno s/n, 14071 Córdoba.
3. Departamento de Zoología, Universidad de Córdoba. Campus de Rabanales, 14071

Córdoba.

4. Instituto de Estudios Sociales Avanzados (IESA-CSIC). Campo Santo de los Mártires 7, 14004 Córdoba.
  5. Instituto de Investigación en Recursos Cinegéticos (IREC). Ronda de Toledo s/n, 13005 Ciudad Real.
  6. CIBIO/InBIO, Centro de Investigação em Biodiversidade e Recursos Genéticos, Universidade do Porto, Vairao, Portugal.
- Autor de correspondencia: María del Carmen Muñoz Muñoz, Servei de Caça del Consell Insular de Mallorca, Departament de Desenvolupament Local, General Riera, 111, 07010 Palma de Mallorca, España, Tel: +34971219846  
Email: mmunoz1@conselldemallorca.net

## Introducción y antecedentes

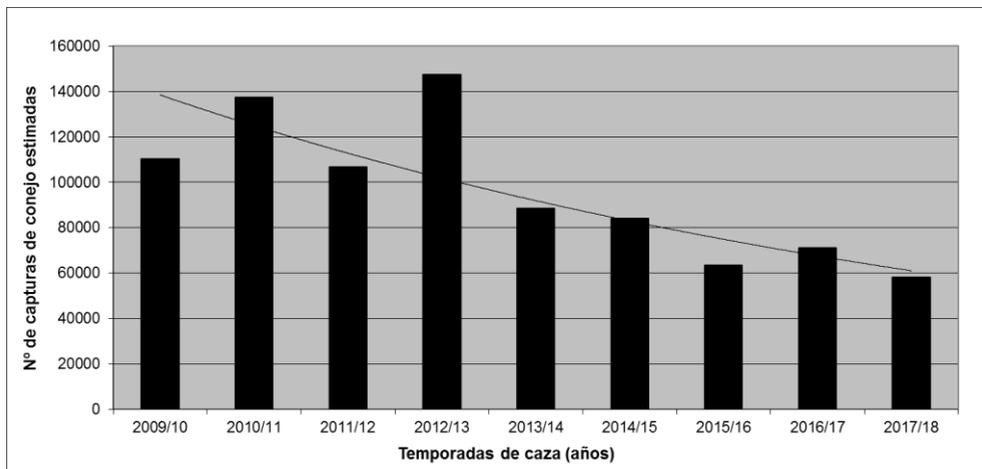
El conejo europeo, también llamado de campo, de monte o silvestre (*Oryctolagus cuniculus* Linnaeus, 1758) pertenece al grupo de los Euterios, orden de los Lagomorfos y familia Lepóridos. Es un endemismo ibérico (Camps, 2000) que parece haberse originado durante el Pleistoceno Medio en el sureste peninsular (López Martínez, 1989). Durante las diferentes glaciaciones e interglaciaciones ocurridas en el Pleistoceno la distribución del conejo se expandió y contrajo de forma sucesiva, favoreciendo la existencia de dos subespecies; *O. cuniculus algirus* y *O. cuniculus cuniculus*, segregadas espacialmente entre sí, aunque se ha descrito la existencia de una estrecha franja de hibridación entre ambas subespecies, que transcurre desde el noroeste hasta el sureste peninsular, sugiriendo que ambas subespecies se encuentran en un nivel muy avanzado de especiación (Rafati *et al.*, 2018). Los Pirineos actuaron como una barrera que no permitió su expansión hasta el incremento de la temperatura en el Holoceno (Branco *et al.*, 2000; 2002; Ferrand, 2008). La presencia generalizada en buena parte del mundo obedece a traslados realizados por los humanos, especialmente a partir del imperio romano (Thompson y King, 1994). De esta forma, *O. cuniculus algirus* se encuentra presente exclusivamente en la mitad sur-occidental de la Península, habiendo sido introducida en las islas Canarias y las Azores. Por su parte, *O. cuniculus cuniculus* es la subespecie más cosmopolita y de la que han derivado todas las formas domésticas (Carneiro *et al.*, 2014).

Respecto a la introducción del conejo en las Illes Balears cabe destacar que el registro fósil más antiguo no proviene de ningún yacimiento arqueológico, sino de las calas realizadas a la brecha fosilífera del Pas d'en Revull, en Menorca. Entre la fauna recuperada, junto con las especies autóctonas, había restos de fauna introducida. Un hueso de conejo datado con C<sup>14</sup> proporcionó una fecha situada a grandes rasgos entre 800-500 a.C. (Quintana *et al.*, 2016). No obstante, Seixas *et al.* (2014) indican que las estimaciones moleculares de los eventos de colonización sugieren que el conejo fue introducido en Mallorca hace unos 4.000 años por los primeros habitantes de la isla. A pesar de que Gibb (1990) sugirió que los conejos de las Illes Balears correspondían a *O. c. algirus*, supuestamente liberados en tiempos fenicios, los haplotipos mitocondriales de los conejos de Mallorca y su comparación con los de poblaciones continentales sugieren que la introducción se realizó con la subespecie *O. cuniculus cuniculus* (Seixa *et al.*, 2014).

El conejo es considerado "especie clave" de los ecosistemas mediterráneos (Delibes-Mateos *et al.*, 2007). Se han citado más de 40 especies que consumen ocasional o frecuentemente conejos como parte de su dieta en nuestras latitudes (Delibes e Hiraldo, 1981; Palomares, 2001; Delibes-Mateos y Gálvez-Bravo 2009), y es la presa principal de especies endémicas y amenazadas. Entre éstas destacan en las Illes Balears el águila de Bonelli (*Aquila fasciata*) y el milano real (*Milvus milvus*). Se considera una de les especies cinegéticas más importantes junto con la perdiz roja (*Alectoris rufa*), tanto por el número de animales cazados, como por los cazadores que la demandan (Villafuerte *et al.*, 1998).

Además, históricamente ha supuesto un recurso de subsistencia en la economía rural (Barceló, 2009).

En Mallorca es considerada una especie con gran valor por ser la base de la caza social y pieza objeto de modalidades de caza tradicionales tan especializadas como la que emplea podencos ibicencos, una raza de perro que encuentra su hábitat idóneo para la caza en las marinas litorales de las Illes Balears, y que sufre significativamente la falta de un recurso tan importante. El monográfico sobre esta raza *El ca eivissenc: l'alternativa* (Elena y Chamberoque, 1987) pone de manifiesto que en la década de 1980 eran unas 1.500 personas en Balears las que se dedicaban a la cría, adiestramiento y caza con estos perros, y que aún hoy, pese a que el número de cazadores ha disminuido, sigue siendo una modalidad de caza muy popular. No obstante, la disminución generalizada (ya sea con esta o cualquier otra la modalidad de caza) que hoy se observa en Mallorca en el número de ejemplares de conejos capturados viene a confirmar el descenso de la especie como recurso cinegético (Fig.1).



**Fig. 1.** Número de conejos silvestres que se estiman capturados durante las temporadas de caza 2009/10 a 2017/18 en Mallorca. Datos registrados por el Servei de Caça del Consell Insular de Mallorca – Illes Balears.

*Fig. 1. Number of wild rabbits captured during the hunting seasons 2009/10 to 2017/18. Data registered by the Servei de Caça of the Consell Insular of Majorca - Balearic Islands.*

A esto hay que unir que el conejo europeo en los últimos años ha experimentado un descenso en la mayoría de sus poblaciones (Delibes-Mateos *et al.*, 2009) a causa de la confluencia de varios factores, entre los que destacan la enfermedad hemorrágica vírica del conejo (RHD, por sus siglas en inglés *Rabbit Haemorrhagic Disease*) y la mixomatosis, que prácticamente lo han hecho desaparecer de amplias zonas de Mallorca, donde era la especie más abundante.

La mixomatosis es una enfermedad causada por un poxvirus y que se transmite a través de pulgas y mosquitos. Es originaria de Sudamérica y se introdujo voluntariamente en Europa en 1952, extendiéndose rápidamente y causando altas tasas de mortalidad (Fenner y Ross, 1994). En la península Ibérica los primeros casos de mixomatosis se detectaron en los meses de septiembre-octubre de 1953, en la provincia de Girona (Sánchez *et al.*, 1954). Entre los años 1950 y 1970, se desarrollan formas menos virulentas de la mixomatosis y la mortalidad descendió, permitiendo una leve recuperación de las poblaciones que

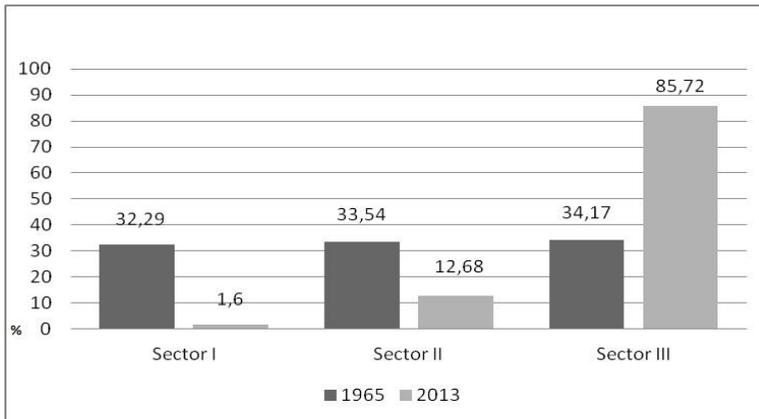
sobrevivieron al primer impacto de la enfermedad. Actualmente, la mixomatosis es una enfermedad endémica de las poblaciones silvestres españolas (Villafuerte *et al.*, 2017).

A finales de los años 80 se origina la RHD, enfermedad que supuso un acusado descenso de las poblaciones de conejo, con una mortalidad entre el 50% y el 80% (Villafuerte *et al.*, 1995). El agente que causa la RHD, denominado virus de la enfermedad hemorrágica de los conejos (RHDV), es un miembro de la familia *Caliciviridae* y fue descrito por primera vez en 1990 (Parra y Prieto, 1990; Ohlinger *et al.*, 1990). Este virus se transmite por contacto directo, casi siempre por vía oral, nasal o conjuntival, y a través de cadáveres o materiales contaminados (excrementos de conejo, patas de las aves, insectos, botas, neumáticos, etc.). El periodo de incubación es muy corto, entre 1 y 3 días, transcurrido el cual los conejos mueren súbitamente. En 2011 aparecieron en varias granjas de la península Ibérica casos atípicos de la enfermedad, provocados por una cepa variante de la RHD que producía la muerte de gazapos de entre 11 y 40 días, más jóvenes que los afectados por la estirpe clásica (mayores de 50 días). Desde 2012, la nueva variante de RHDV se ha detectado en la mayoría de las granjas de conejos del país y en varias poblaciones silvestres distribuidas en España y Portugal, lo que sugiere que se ha extendido rápidamente por toda la península Ibérica (Dalton *et al.*, 2012; Delibes-Mateos *et al.*, 2014).

Otra enfermedad presente en las Illes Balears es la sarna sarcóptica causada por el ácaro *Sarcoptes scabiei*. No se trata ni mucho menos de una patología nueva, los primeros casos en una población de conejo silvestre se registraron en una zona de caza en Mallorca (Millán, 2009) y desde entonces se han descrito casos en nuevas localidades (Millán *et al.*, 2012), esta afección está contribuyendo junto con las dos anteriores a dificultar la recuperación de las poblaciones de conejo. Y es que, aunque los conejos pueden superar esta enfermedad de forma natural, tanto su coexistencia con las otras patologías como la confluencia de condiciones ambientales adversas (escasez de alimento, depredación, etc.) puede llegar a determinar que el estado de las poblaciones empeore drásticamente (Millán *et al.*, 2012).

De forma simultánea al efecto de las enfermedades, la situación de muchas poblaciones se ha visto agravada por la falta de un hábitat adecuado o por un déficit en su gestión. Los cambios en el modelo socioeconómico insular, muy condicionados por el devenir turístico, han suscitado también variaciones de los usos agrarios (Barceló, 2015). En sentido territorial amplio, si bien la agricultura tradicional se caracterizaba por un uso extensivo y alternante de cultivos, con ausencia de mecanización, abonos naturales y uso de técnicas tradicionales, la agricultura moderna es opuesta, con uso intensivo del suelo, mecanización y productos químicos abundantes (López Ontiveros, 1992).

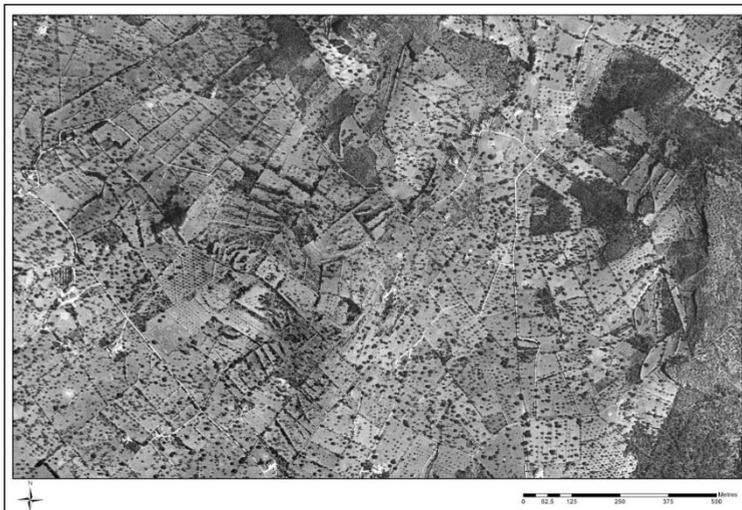
Entre 1965 y 2013 se pasó, en el sector primario (I), de una ocupación del 32,29 % a tan solo el 1,6%. En cambio, el sector servicios (III) pasó de una ocupación del 34,17% a un 85,72 % (Fig. 2). Así en cuanto a la fauna, la menor actividad en el campo ha provocado que muchos espacios agrarios queden sin gestionar, y en consecuencia disminuyen los hábitats adecuados y la disponibilidad de alimento (Barceló, 2015; IBESTAT, 2013). El abandono de las tierras de cultivo y el fenómeno de la rururbanización (Bauer, 1993; Dezert *et al.*, 1991) han contribuido al descenso del hábitat idóneo para la especie, como puede observarse en las Figs. 2 y 3, en las que se muestra el aumento de urbanización rural e incremento de superficie forestal a partir tierras de cultivo.



**Fig. 2.** Porcentajes de ocupación por sectores económicos entre 1965 y junio de 2013. Fuentes: año 1965, Barceló *et al.* (1995), Geografía Universal, Volumen X, Illes Balears (pág. 307). Año 2013: IBESTAT.

**Fig. 2.** Percentages of occupation by economic sectors between 1965 and June 2013. Sources: year 1965, Barceló *et al.* (1995), Universal Geography, Volume X, Illes Balears (page 307). Year 2013: IBESTAT.

En la región mediterránea europea, y como resultado de la tendencia generalizada al abandono de tierras agrícolas, su posterior ocupación por matorral y bosque de las últimas décadas, han surgido grandes desafíos de conservación (González Bernáldez, 1991; Romero-Calcerrada y Perry, 2004). Esto ha conducido a pérdidas de hábitat para especies asociadas con la vegetación de sucesión temprana y hábitats de borde, que se han beneficiado de la estructura de mosaico creada por el manejo tradicional de los paisajes mediterráneos (Farina, 1998; Morera *et al.*, 2010).



**Fig. 3.** Ortofotó 1956. Proximidades de Cas Concos - Es Carritxó (TM de Felanitx). Fuente: [www.ideib.cat](http://www.ideib.cat).

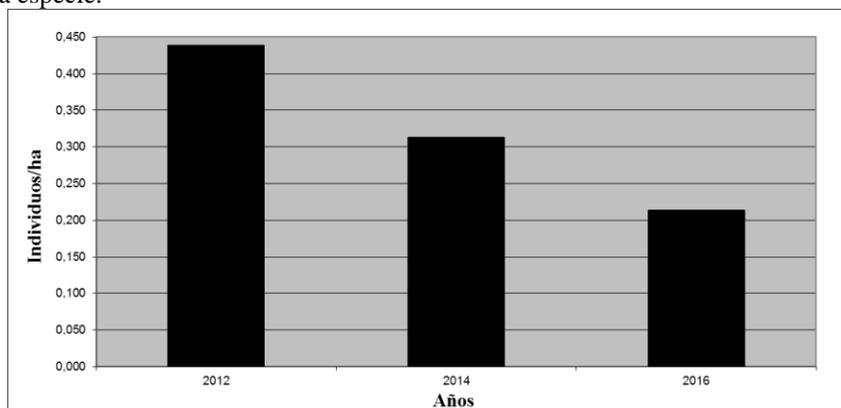
**Fig. 3.** Orthophoto 1956. Proximities of Cas Concos - Es Carritxó (Felanitx municipality). Source: [www.ideib.cat](http://www.ideib.cat).



**Fig. 4.** Ortofoto 2012. Área de Cas Concos - Es Carritxó (TM de Felanitx). Fuente: [www.ideib.cat](http://www.ideib.cat).

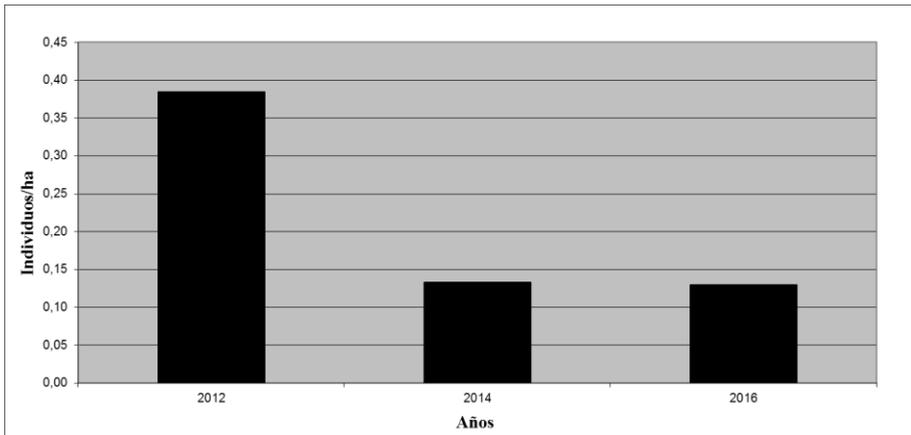
**Fig. 4.** Orthophoto 2012. Cas Concos area - Es Carritxó (Felanitx municipality). Source: [www.ideib.cat](http://www.ideib.cat).

Con la finalidad de conocer la evolución de la densidad de las poblaciones de conejo de campo, la administración cinegética de Mallorca, en el ámbito de sus competencias, y a partir de la campaña de seguimiento poblacional de los años 2012, 2014 y 2016 analizó los datos obtenidos mediante transectos (nocturnos en vehículo) con una variante simple basada en el método d'Emlen, denominado coloquialmente "método truncado" (Prohens *et al.*, 2019) y Distance Sampling 6.2 (Thomas *et al.*, 2003; Buckland *et al.*, 2004). A partir de estos datos se detectó una reducción significativa de las densidades de conejo desde el año 2012 (Fig. 5) en el conjunto de la isla. Tal disminución resultó aún más acusada en aquellas comarcas cinegéticas, como las "garrigas y montes" (Barceló *et al.*, 2018), a las que la densidad resultaba tradicionalmente baja al tratarse en su conjunto de un hábitat subóptimo para la especie.



**Fig. 5.** Densidad estimada de conejo de campo (*O. cuniculus*) en Mallorca (modificada a partir de Prohens *et al.*, 2019).

**Fig. 5.** Estimated density of wild rabbit (*O. cuniculus*) in Majorca (modified from Prohens *et al.*, 2019).



**Fig. 6.** Densidad estimada de conejo de campo (*O. cuniculus*) en la comarca cinegética de "garrigas y montes" (modificación a partir de Prohens *et al.* (2019)). Comarca diversa, con espacios de contacto litoral y próximos a la Sierra de Tramuntana (caza mayor y bajas densidades de caza menor) y zona más interior que presenta similitudes con la *Marina* (mayores densidades de conejo). Barceló *et al.* (2018).

**Fig. 6.** *Estimated density of wild rabbit (*O. cuniculus*) in the hunting region of "Garrigas y montes" (modified from Prohens *et al.* (2019)). Diverse region, with spaces of coastal contact and near the Sierra de Tramuntana (big game and low densities of small game) and more interior area that has similarities with the *Marina* (higher rabbit densities). Barceló *et al.* (2018).*

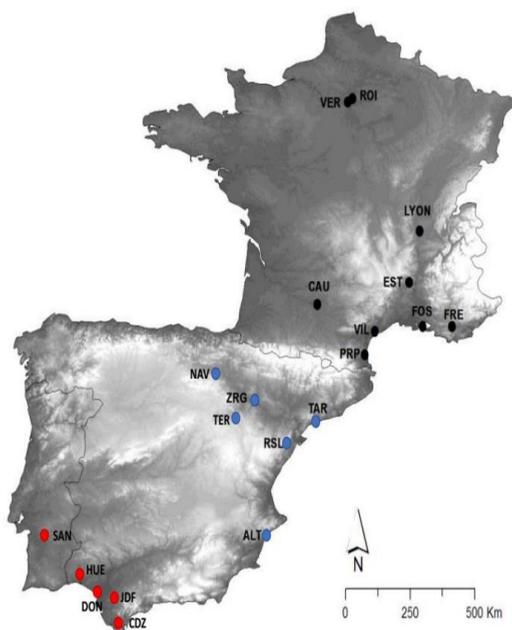
Teniendo en cuenta todo lo expuesto anteriormente se puso de manifiesto la necesidad de desarrollar un proyecto de recuperación del conejo, que partiendo de experiencias previas fuese capaz de favorecer la recuperación de las poblaciones de la isla de Mallorca a largo plazo. En la península Ibérica tales experiencias se basan en mantener altas las prevalencias de animales con anticuerpos naturales frente a la mixomatosis y la RHD, lo que se traduce en el menor efecto de esas enfermedades (Cotilla *et al.*, 2010; Villafuerte *et al.*, 2017). Para ello, es necesario incrementar puntualmente las densidades de las poblaciones de conejo, pero manteniendo el virus en circulación (Rouco, 2008), lo que provoca que el nivel de inmunidad natural incremente a la vez que se mantienen altas las abundancias poblacionales (Cotilla *et al.*, 2010). De esta forma no se requiere ni una inmunización artificial (vacunas), que además se han mostrado del todo ineficaces en conejos silvestres, ni evitar la presencia de las enfermedades, del todo imposible en el medio natural (Ferreira *et al.*, 2009).

Así pues, se planteó el objetivo final de recuperar las poblaciones de conejo en Mallorca, generando poblaciones de alta densidad (núcleos de cría de alta densidad) a partir de manejos de hábitat que permitan la colonización de ejemplares procedentes de núcleos de cría, y creando al mismo tiempo, otras áreas de dispersión, capaces de albergar buena parte de los animales procedentes de dichos núcleos. De esta forma, se generan áreas de alta densidad de animales con altos niveles de anticuerpos frente a las enfermedades víricas. Por consiguiente, el proceso de recuperación requiere (1) analizar la situación de las poblaciones de conejo en Mallorca, estudiando no solo las abundancias y tendencias poblacionales, sino también las características sanitarias, y sobre todo genéticas de las poblaciones; (2) la creación de los núcleos de alta densidad, y (3) la selección, captura y liberación de los animales silvestres susceptibles de ser empleados para la colonización de



Como muestras de referencia se utilizaron individuos de diferentes poblaciones silvestres (Fig. 8) dentro del rango de subespecies de *O. c. algirus* (n=64), *O. c. cuniculus* silvestre de Iberia (n=59), *O. c. c. cuniculus* silvestre de Francia (n=44), así como conejos domésticos (n=133) pertenecientes a 16 razas (Alves *et al.*, 2015). La extracción de ADN de conejos silvestres y domésticos y los procedimientos de PCR se describen en Alves *et al.* (2015).

Aplicamos el procedimiento de agrupamiento bayesiano implementado en STRUCTURE, versión 2.3.3 (Pritchard *et al.*, 2000), para un conjunto de datos compuesto por todos los conejos silvestres, domésticos y conejos de Mallorca. La estructura genética fue investigada usando enfoques distintos. El análisis se realizó utilizando el modelo de mezcla y otro sin mezcla para poder valorar tanto la diferenciación como las similitudes de las poblaciones de Mallorca con las poblaciones de referencia. Como el conejo de Mallorca se considera una especie introducida, se valoró la similitud de las poblaciones de estudio con las poblaciones de referencia, pero por otro lado se valoró si la estructura genética de las poblaciones de estudio presentaban una estructura genética independiente o no. Partiendo de ese criterio, aquellas con menor influencia externa y pertenecientes al genotipo mallorquín, se seleccionaron las poblaciones que podrían ser las más adecuadas como poblaciones donadoras.



**Fig. 8.** Localidades de las muestras de referencia utilizadas en este estudio. En rojo *O. c. algirus*, en azul *O. c. cuniculus* ibéricos y en negro *O. c. cuniculus* en Francia.

**Fig. 8.** Locations of the reference samples used in this study. In red *O. c. algirus*, in blue Iberian *O. c. cuniculus* and in black *O. c. cuniculus* in France.

Siguiendo la metodología empleada en diferentes estudios realizados por miembros del equipo (ej. Rouco, 2008; Ferreira *et al.*, 2014; Rouco *et al.*, 2011) se construyeron tres núcleos de cría de alta densidad, dos de ellos con una superficie de 2500 m<sup>2</sup> y nueve vivares (madrigueras artificiales o majanos) en el interior, y otro núcleo de 1075 m<sup>2</sup> con cinco

vivares de idénticas características (Figs. 9 y 10). Los núcleos se construyeron en el Centre Cinegètic de Mallorca (CCM) siguiendo el modelo disponible en la página web del Consell Insular de Mallorca (<https://seu.conselldemallorca.net/ca/fitxa?key=25223>, Documento CE12).



**Fig. 9.** Foto aérea mostrando un núcleo de alta densidad con nueve vivares en su interior (término Municipal de Lluçmajor, Centre Cinegètic de Mallorca).

*Fig. 9. Aerial photo showing a high density nucleus with nine “vivares” inside (Municipality of Lluçmajor, Centre Cinegètic of Majorca).*



**Fig. 10.** Foto de un vivar de uno los núcleos de cría. Se aprecia la valla perimetral que servirá tanto para la adaptación de los conejos introducidos como para la captura (ver texto para más detalles).

*Fig. 10. Photo of one “vivar” of one the breeding nuclei. The perimeter fence is appreciated that will serve both for the adaptation of the introduced rabbits and for their capture (see text for more details).*

A finales del mes de septiembre de 2016 se introdujeron los conejos de las localidades seleccionadas en los vivares de los núcleos de cría. En cada uno de los vivares se introdujeron una media de tres o cuatro hembras y dos machos, previamente identificados mediante crotales numerados (Chevillot, marca Quick). Cada vivar posee un cercado perimetral de malla con 1m de altura y enterrado en el suelo 0,5m (Fig. 10), en el que se dispone una jaula-trampa que constituye el lugar de entrada y salida habitual del vivar. Las

jaulas-trampa están dotadas de un sistema que permite la captura de los conejos siempre que es necesario.

La alimentación se realizó a base de pienso (*Cuniunic*, NANTA, de alta seguridad digestiva y con una relación proteína-fibra óptima), alfalfa fresca y seca según disponibilidad, con suministro de agua constante mediante bebederos de coto. Durante los primeros días la cantidad de pienso ofrecida se midió, aumentando progresivamente la cantidad desde aproximadamente 20g por individuo el primer día de adaptación hasta alcanzar los 60g por individuo el séptimo día, y finalmente alimentación *ad libitum*, siguiendo las recomendaciones de Calvete *et al.* (2005). Una vez adaptados, el consumo medio diario de pienso compuesto por animal y día oscila entre los 46 y los 68 g, con una media de 56,6g administrado *ad libitum* o libre disposición (Arenas, 2002).

Para la realización de las repoblaciones hay que tener en cuenta que el periodo reproductivo (típicamente entre noviembre y junio) está influenciado por las condiciones locales de temperatura e intensidad de lluvias (Gonçalves *et al.*, 2002; Soriguer y Rogers, 1981; Villafuerte *et al.*, 1997). En el caso de las Illes Balears la sequía estival requiere de la presencia de un suministro de agua constante, evitando para las translocaciones zonas de inundación y períodos de lluvias torrenciales, por lo que la introducción de los ejemplares se realizó entre los meses de julio a octubre (años 2017 y 2018), siendo durante este último mes menos frecuente la introducción de ejemplares, con el fin de favorecer su adaptación antes del inicio de la época reproductora (Moreno *et al.*, 2004).

Según Wood (1980) los juveniles salen de las madrigueras con unas tres semanas de vida y con un peso medio de 150-200g, pero para las translocaciones se seleccionaron conejos mayores de tres meses con la finalidad de aumentar sus expectativas de supervivencia, debido a las altas tasas de depredación que sufren los gazapos, de hasta el 80% en los primeros tres meses de vida (Myers *et al.*, 1994).

Para la introducción de los ejemplares se asesoró a los colaboradores en la construcción y distribución de los vivares en cada coto, según el modelo anteriormente expuesto e idéntica alimentación que la ofrecida en los núcleos de origen durante la primera semana. Teniendo en cuenta que el área de campeo tiene una superficie media de unas tres hectáreas (Kolb, 1990; Parer y Libke, 1985; Villafuerte, 1994) y en las cuales deben existir zonas de refugio, alimentación y de cría. Todo ello con la finalidad de optimizar la adaptación y supervivencia del mayor número de individuos posible.

En cuanto al control sanitario de los ejemplares y la determinación de la causa de baja de los individuos muertos en los núcleos de cría de alta densidad, se recogieron muestras de hígado fresco que fueron congeladas (-18°C) y analizadas mediante PCR frente a la nueva variante del virus de la RHD en el Laboratorio Central de Veterinaria de Algete (Madrid).

La incidencia de mixomatosis fue detectada de manera visual, y especialmente en el período habitual de mayor aparición de la enfermedad. Los brotes de esta enfermedad son estacionales, siendo más frecuentes durante los meses templados (Alda *et al.*, 2008), puesto que es cuando existe mayor cantidad de animales susceptibles (Calvete *et al.* 2002). La detección de sarna sarcóptica se basó en los signos clínicos (presencia de piel costrosa o escamosa) y la evidencia de ácaros o sus estadios de desarrollo en raspados de piel del hospedador (Kettle, 1995), seguida de confirmación de los casos por microscopía directa. También se realizó un control de la presencia de depredadores con la instalación de cámaras de fototrampeo (BLK-10, con LED infrarrojo invisible) y seguimiento de los ejemplares gracias a las mismas.

La tasa de supervivencia de los conejos introducidos en los núcleos de cría fue calculada de manera cuantitativa, mediante la prospección periódica (cada 2 o 3 días) en busca de los individuos fallecidos en el área. La determinación de los factores de mortalidad se realizó

mediante inspección, y en su caso disección, del cadáver. Se consideró muerte por depredación cuando los restos tenían evidentes signos de depredación (plumas, mechones de pelo y restos de huesos largos), o mamíferos (ej. marcas claras de dentición, excrementos, etc.). Las muertes por enfermedad se determinaron analíticamente cuando fue posible, pero también por exámenes *post-mortem* buscando las lesiones típicas, como las lesiones cutáneas de la mixomatosis, las hemorragias petequiales y escasa coagulación de la RHD, o las mencionadas escamaciones de la piel producidas por la sarna sarcóptica.

El seguimiento de los ejemplares en las áreas de repoblación se realizó mediante conteo de indicios de la presencia de la especie (excrementos, letrinas, escaraduras y madrigueras) recorriendo entre tres y cinco kilómetros, obviamente sin incluir los núcleos de cría ni las zonas más cercanas a ellos, de forma que se obtuviera un índice relativo de abundancia de conejos con el que valorar la evolución de la población de conejo a lo largo del tiempo (ej. Villafuerte *et al.*, 1998). Igualmente se realizaron transectos en vehículo (ej. Moreno *et al.*, 2007), debiendo repetirse ambas tareas en el futuro para conseguir resultados en cuanto a la evolución de las poblaciones objeto de translocación.

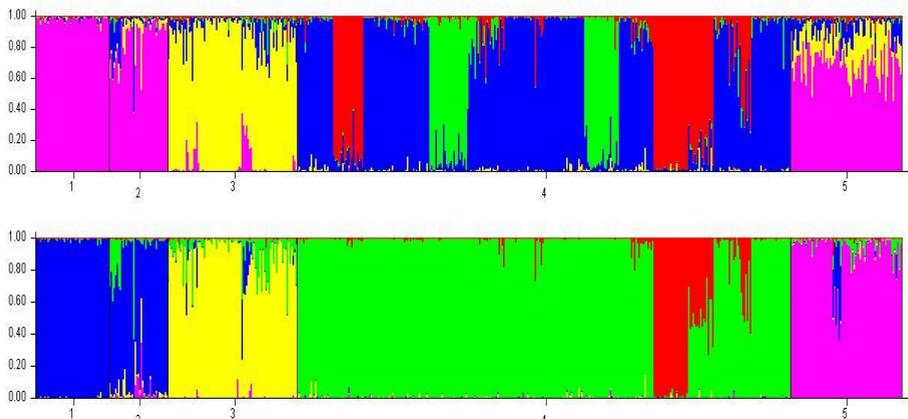
## Resultados

Los resultados del estudio genético indican que las poblaciones analizadas presentan señales genéticas compatibles con un origen diverso (Fig. 11). La comparación con las poblaciones de referencia indica que los conejos mallorquines se corresponderían con animales pertenecientes al cluster ibérico (color rosa en la Fig. 11), teniendo también cierta señal de *cuniculus* franceses (amarillo y azul). Aunque no se puede descartar que compartan una estructura genética procedente de conejos domésticos, este patrón genético puede estar más relacionado con el hecho de que los conejos domésticos proceden de poblaciones de conejos silvestres franceses. De forma complementaria, los análisis genéticos también sugieren que las poblaciones de Mallorca tienen una estructura genética independiente de las poblaciones de referencia usadas, pudiendo tener cierta identidad propia.

La tasa de supervivencia de los conejos introducidos en los núcleos de cría del CCM fue del 94% durante los primeros diez días de adaptación, siendo las causas de mortalidad derivadas de la captura y estrés provocado por el traslado de los ejemplares. En el año 2017, el 88,8% de la mortalidad registrada conocida fue debida a la RHD, mientras que el 6,1% fue asignada a la depredación, el 5,1% a la sarna sarcóptica (*S. scabiei*), y hubo ausencia de bajas por mixomatosis. En cambio, en el año 2018 la mortalidad registrada conocida se redujo al 56,3% por RHD, un 22,5% por mixomatosis, un 21,3% por depredación y ausencia de bajas por sarna sarcóptica (Fig. 12).

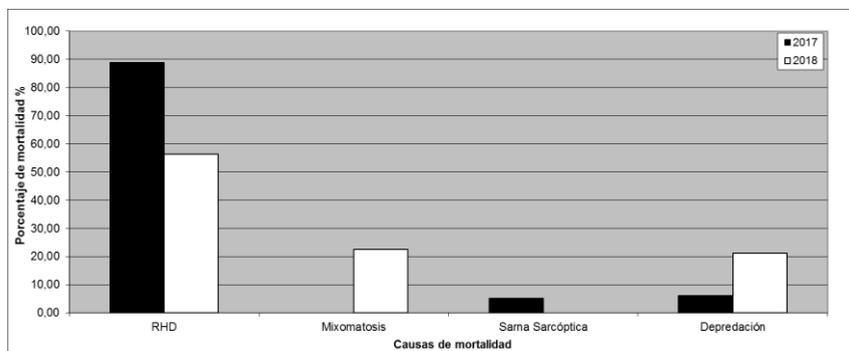
Respecto a la repoblación en zonas con baja o nula densidad de la especie, durante los años 2017 y 2018 se translocaron en Mallorca un total de 194 ejemplares, de los cuales el 65% son procedentes de los núcleos de cría del CCM, y un 35% de actuaciones de control y recuperación de ejemplares en zonas muestreadas con ejemplares sanitaria y genéticamente adecuados.

En las zonas repobladas la tasa de supervivencia aproximada ha sido del 93% (teniendo en cuenta que no todos los individuos que han causado baja pueden haber sido ser detectados), siendo la causa de baja más frecuente la depredación, seguida de la inundación de los vivares y en menor porcentaje el estrés debido al transporte, manejo y adaptación de los ejemplares (Fig. 13).



**Fig. 11.** Resultados de los análisis genéticos de las poblaciones de conejo según su origen. 1 *Algirus* Iberia, 2 *Cuniculus* Iberia, 3 *Cuniculus* Francia, 4 Domésticos, 5 Mallorca. a) Arriba: similitud de las poblaciones de Mallorca con las poblaciones de referencia. b) Abajo: muestra la estructuración genética independiente de las poblaciones de Mallorca respecto a las poblaciones de referencia.

**Fig. 11.** Results of genetic analysis of rabbit populations according to their origin. 1 *Algirus* Iberia, 2 *Cuniculus* Iberia, 3 *Cuniculus* France, 4 Domestic, 5 Mallorca. a) Above: similarity of Majorca's populations with the reference populations. b) Below: shows the independent genetic structure of the populations of Majorca with respect to the reference populations.

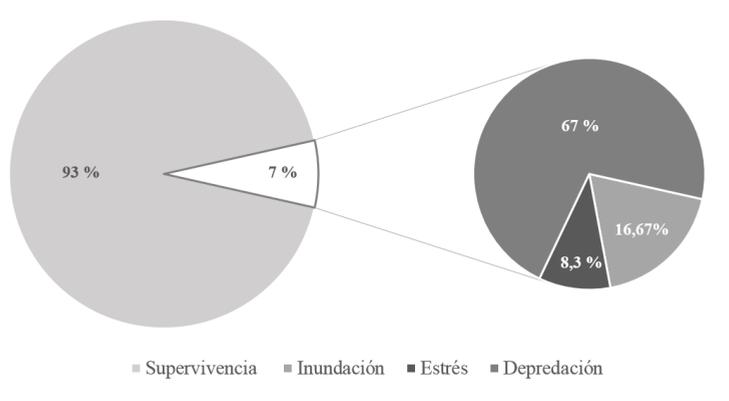


**Fig. 12.** Causas de la mortalidad de ejemplares en los núcleos de cría del CCM. Años 2017 y 2018 (TM de Lluçmajor - Mallorca - Illes Balears).

**Fig. 12.** Causes of mortality of specimens in the breeding nuclei of the CCM. Years 2017 and 2018 (Lluçmajor municipality - Majorca - Balearic Islands).

## Discusión

De los resultados genéticos obtenidos (Fig. 11), se desprende que las poblaciones de conejo de Mallorca pueden tener un origen diverso, siendo los resultados concordantes con los descritos recientemente por Seixà *et al.* (2014), en los que se negaba la existencia de *O. c. algirus* liberados en tiempos fenicios (Gibb, 1990). Además los resultados de estos análisis indican que las poblaciones de conejo de Mallorca presentan cierta estructuración genética, aunque sin llegar a diferenciarse de otras poblaciones de la subespecie *O. c. cuniculus* presentes en la península Ibérica. Estas diferencias que podrían haberse produci-



**Fig. 13.** Porcentajes de supervivencia (93%) y mortalidad (7%) de conejos a la izquierda, y causas de la mortalidad en las zonas repobladas (subgráfico de la derecha): depredación, inundación y estrés causado por captura y traslado.

**Fig. 13.** Survival percentages (93%) and mortality (7%) of rabbits on the left, and causes of mortality in the repopulated zones (right subgraph): predation, flood and stress caused by capture.

do por el aislamiento entre las poblaciones continentales y por la deriva genética podrían también haber sido originados por procesos de selección y que hubieran favorecido su adaptación y supervivencia en el ecosistema insular, por lo que el hecho de proveerse para la realización de repoblaciones en Mallorca de individuos autóctonos supondría una ventaja adaptativa y competitiva. Además, es importante evitar la introducción de ejemplares híbridos que podrían alterar el patrimonio genético de las poblaciones autóctonas e incrementar los riesgos ecológicos y sanitarios. De tal forma que las translocaciones también pueden representar una amenaza para la conservación de la diversidad genética del conejo si no se realizan bajo el protocolo adecuado (Delibes-Mateos *et al.*, 2008).

La introducción de conejo de campo ha sido una práctica habitual en la isla. Esto se ha visto confirmado con los resultados de algunas de las localidades analizadas, que han presentado evidencias de mezclas genéticas recientes probablemente debidas a la liberación reciente de ejemplares procedentes de la península Ibérica, incluyendo algunos ejemplares de la subespecie *O. cuniculus algirus*. Este mestizaje probablemente ha sido muy habitual, pero ha tenido poco éxito debido a que se estima que las repoblaciones llevadas a cabo con el denominado método de "suelta dura" (liberación sin ningún tipo de manejo de hábitat) tienen una baja proporción de éxito, ya que menos del 5% de los animales sobreviven a la primera semana tras su liberación (Calvete *et al.*, 1997). Tampoco puede descartarse la introducción de ejemplares de origen doméstico, y aunque su tasa de supervivencia es muy baja debida a su escasa adaptabilidad al medio, suponen un importante riesgo para la conservación de la especie (Piorno *et al.*, 2015). Además, al quedar bajísimos niveles de abundancia en las poblaciones tampoco tiene lugar una recuperación natural de la especie conformando lo que se denomina "trampa o pozo de la depredación" (Fernández de Simón *et al.*, 2015).

En cuanto a la presencia de la RHD queda confirmada la presencia de la estirpe RHDV-b o RHDV-2 en Mallorca, tal y como se esperaba tras su propagación por la P. Ibérica. Esta segunda variante provocó una gran mortalidad en los núcleos de alta densidad, aunque la menor incidencia registrada en el año 2018 sugiere que los conejos han desarrollado cierta capacidad de respuesta inmunológica frente al virus. No obstante, la posible aparición de nuevas variantes es un riesgo a tener en cuenta a la hora de realizar estimaciones de la

evolució de las poblaciones isleñas, por lo que disponer de poblaciones de la especie con una buena densidad facilitaría la capacidad y variedad de respuesta de la especie ante esta situación cambiante y de coevolución constante entre las cepas víricas y sus hospedadores.

Los casos de mixomatosis fueron detectados en primavera, verano y finales de otoño, coincidiendo con la mayor presencia de vectores que transmiten la enfermedad en la zona de cría, y sobre todo con la mayor abundancia de animales susceptibles (Ferreira *et al.*, 2009). De esta manera, aunque no existen estudios concluyentes, podría asumirse que el mayor control de los vectores (pulgas y mosquitos fundamentalmente) podría reducir la incidencia de la enfermedad.

Los resultados obtenidos para la supervivencia de los ejemplares en las repoblaciones realizadas muestran una alta tasa de supervivencia (un 93% a los 10 días de su translocación). Este valor es excepcionalmente alto si se compara con la suelta de conejos tradicional, la denominada suelta dura (sin construcción de vivares ni cercados de aclimatación), en la que la supervivencia a los 10 días de la suelta era de sólo el 3% y la mayoría había muerto a los tres meses (Calvete *et al.*, 1997). Así, las sueltas blandas en las que se liberan animales en cantidades reducidas, pero en áreas concentradas (5-10 individuos por vivar) son, como en este caso, más efectivas que aquellas en las que se libera un elevado número de animales al medio (Moreno *et al.*, 2004; Rouco *et al.*, 2010).

En este trabajo se ha pretendido poner de manifiesto que son muchas las variables implicadas en la gestión de las poblaciones de conejo en Mallorca, y que la recuperación requiere de un esfuerzo múltiple y continuo. Especialmente en el ámbito de medidas de manejo en las que se recurre a la captura y traslado de animales silvestres, es necesaria una gestión integrada, que tenga en cuenta todo el conjunto de factores que pueden influir en la recuperación de la especie, puesto que los riesgos, ecológicos, sanitarios y genéticos, pueden ser muy elevados (ej. Delibes *et al.*, 2008).

La gestión de las poblaciones debe tener en cuenta por tanto, desde la adecuada selección de individuos que será un elemento clave en el éxito de la repoblación (siendo mejores aquellos que provienen de áreas cercanas a la que se desea repoblar), el método de cría y manejo de los ejemplares (minimizando condiciones de estrés y asegurando las mejores condiciones sanitarias), la correcta gestión del hábitat (herramienta fundamental sobretodo en el caso de poblaciones con baja densidad), la metodología utilizada para llevar a cabo las repoblaciones (ubicación, estructura y distribución de los vivares en zonas de refugio y alimentación), y la formación y coordinación del personal implicado. Teniendo en cuenta el número de animales liberados, condiciones en que se realiza y el momento del año en que tiene lugar la repoblación, todo ello determinante para el éxito adaptativo y reproductivo.

Medidas de gestión multiobjetivo, como la que aquí se presentan, requieren de la colaboración de todos los colectivos implicados (administración, agricultores, investigadores, cazadores, conservacionistas y sociedad en general). No puede tratarse de medidas puntuales en el espacio y en el tiempo. La compleja situación del conejo requiere que en el futuro se amplíe la aplicación de un plan de gestión a largo plazo, realizando el correspondiente seguimiento y evaluación de la recuperación de las poblaciones.

## **Agradecimientos**

Se agradece en primer lugar su colaboración a todos los cazadores y asociaciones de cazadores de Mallorca que han participado en las tareas de muestreo, captura y

translocación de ejemplares, especialmente a Colau Roig Obrador, Antoni Sastre Mulet, Joan Ferretjans Capellà, Bartolomé Trobat Fontiroig, Sebastià Abraham Vila y Damià Garí Rosselló, sin su ayuda no hubiese sido posible llevar a cabo este trabajo.

Cabe agradecer también el trabajo realizado al personal del Laboratori de Sanitat Animal (Serveis de Millora Agrària i Pesquera - SEMILLA - CAIB), y los programas del SOIB "VISIBLES 2016, 2017, 2018 y 2019", financiados por el Ministerio de Trabajo, Migraciones y Seguridad Social y "SOIB JOVES - QUALIFICATS ENTITATS LOCALS 2017 y 2018", financiados con fondos del SOIB, del Servei Públic d'Ocupació Estatal (SEPE) y el cofinanciamiento del Fondo Social Europeo (FSE), que han permitido disponer de técnicos colaborando en este estudio, así como agradecer su apoyo e implicación a los guardas y agentes del Servei de Caça del Consell Insular de Mallorca.

## Referencias bibliográficas

- Abrantes, J., Van der Loo, W., Le Pendu, J. y Esteves, P.J. 2012. Rabbit haemorrhagic disease (RHD) and rabbit haemorrhagic disease virus (RHDV): a review. *Veterinary Research* 43: 1-19.
- Alda, F., Gaitero, T., Alcaraz, L., Zardoya, R., Doadrio, I. y Suárez, M. 2008. Coevolución de los virus de la mixomatosis y de la enfermedad hemorrágica del conejo (*Oryctolagus cuniculus* L. 1758) en la Península Ibérica. Proyectos de investigación en parques nacionales: 2003-2006.
- Alves, J.M., Carneiro, M., Afonso, S., Lopes, S., Garreau, H., Boucher, S., Allain, D., Queney, G., Esteves, P.J. y Bolet, G. 2015. Levels and patterns of genetic diversity and population structure in domestic rabbits. *PLoS one* 10 (12), e0144687.
- Arenas, A. 2002. Manual para la cría controlada de conejo de monte con fines de repoblación. Federación Andaluza de Caza y Consejería de Medio Ambiente de la Junta de Andalucía.
- Barceló, A. 2009. La caça a Mallorca; història, societat, economia, territori i medi ambient.
- Barceló, A., Grimalt, M. y Binimelis, J. 2015. Implicaciones territoriales, sociales y ambientales de las sociedades de cazadores locales en Mallorca. In: De la Riva, J., Ibarra, P., Montorio, R., Rodrigues, M. (Eds). *XXIV Congreso de la Asociación de Geógrafos Españoles. Análisis espacial y representación geográfica: innovación y aplicación*. Zaragoza: Departamento de Geografía y Ordenación del Territorio, Universidad de Zaragoza, pp 1543-1552.
- Barceló, A., Grimalt, M. y Binimelis, J. 2018. Planificación y ordenación territorial de la caza *Cuadernos Geográficos*, 57(2): 138-161.
- Bauer, I. 1993. Le "suburbia", sommes-nous concernés?, *Urbanisme* 1: 67-88.
- Branco, M., Ferrand, N. y Monnerot, N. 2000. Phylogeography of the European rabbit (*Oryctolagus cuniculus*) on the Iberian Peninsula inferred from RFLP analysis of the cytochrome b gene. *Heredity*, 85: 307-317.
- Branco, M., Ferrand, N., Monnerot, N. y Templeton, A.R. 2002. Postglacial dispersal of the European Rabbit (*Oryctolagus cuniculus*) on the Iberian Peninsula reconstructed from nested clade and mismatch analyses of mitochondrial DNA genetic variation. *Evolution*, 56 (4): 792-803.
- Branco, M. y Ferrand, N. 2003. Biochemical and population genetics of the rabbit, *Oryctolagus cuniculus*, carbonic anhydrases I and II, from the Iberian Peninsula and France. *Biochemical Genetics*, 41 (11-12): 391-404.
- Buckland, ST., Anderson, D.R., Burnham, K. P., Laake, J. L., Borchers, D. L. y Thomas, L. 2004. *Advanced Distance Sampling*. Oxford University Press, Oxford. 416 pp.
- Calvete, C., Villafuerte, R., Lucientes, J. y Osacar, J.J. 1997. Effectiveness of traditional wild rabbit restocking in Spain. *Journal of Zoology*, 241 (2): 271-277.
- Calvete, C., Estrada, R., Villafuerte, R., Osacar, J.J. y Lucientes, J. 2002. Epidemiology of viral haemorrhagic disease (VHD) and myxomatosis in free-living population of wild rabbits. *Veterinary Records*, 150: 776-82.

- Calvete, C., Angulo, E., Estrada, R., Moreno, S. y Villafuerte, R. 2005. Quarantine length and survival of translocated European wild rabbits. *Journal of Wildlife Management* 69(3), 1063-1072.
- Calvete, C. 2006. Modeling the effect of population dynamics on the impact of rabbit hemorrhagic disease. *Conservation Biology* 20(4): 1232-1241.
- Camps, J. 2000. Evolución y taxonomía de los lepóridos y el exclusivo origen ibérico de los conejos de monte y los domésticos. *Lagomorpha* 111.
- Carneiro, M., Rubin, C.J., Di Palma, F., Albert, F.W., Alföldi, J., Barrio, A.M., Pielberg, G., Rafati, N., Sayyab, S., Turner-Maier, J., Younis, S., Afonso, S., Aken, B., Alves, J.M., Barrell, D., Bolet, G., Boucher, S., Burbano, H.A., Campos, R., Chang, J.L., Duranthon, V., Fontanesi, L., Garreau, H., Heiman, D., Johnson, J., Mage, R.G., Peng, Z., Queney, G., Rogel-Gaillard, C., Ruffier, M., Searle, S., Villafuerte, R., Xiong, A., Young, S., Forsberg-Nilsson, K., Good, J.M., Lander, E.S., Ferrand, N., Lindblad-Toh, K. y Andersson, L. 2014. Rabbit genome analysis reveals a polygenic basis for phenotypic change during domestication. *Science* (6200): 1074-1079.
- Cotilla, I., Delibes-Mateos, M., Ramírez, E., Castro, F., Cooke, B.D. y Villafuerte, R. 2010. Establishing a serological surveillance protocol for rabbit hemorrhagic disease by combining mathematical models and field data: implication for rabbit conservation. *European Journal Of Wildlife Research* 56(5): 725-733.
- Dalton K.P., Nicieza, I., Balseiro, A., Muguerza, M.A., Rosell, J.M., Casais, R., Alvarez, A.L. y Parra, F. 2012. Variant hemorrhagic disease virus in young rabbits, Spain. *Emerg Infect Dis.* 18: 2009-2012.
- Delibes, M. y Calderón, J. 1979. Datos sobre la reproducción del conejo, *Oryctolagus cuniculus* (L.), en Doñana, S.O. de España, durante un año seco. *Doñana Acta Vertebrata*, 6 (1): 91-99.
- Delibes, M. y Hiraldo, F. 1981. The rabbit as prey in the Iberian Mediterranean ecosystem. En: Myers, K., MacInnes, C.D. (Eds.). *Proceedings of the world lagomorph conference*. University of Guelph. Ontario.
- Delibes-Mateos, M., Ramírez, E., Ferreras, P. y Villafuerte, R. 2008. Translocations as a risk for the conservation of European wild rabbit *Oryctolagus cuniculus* lineages. *Oryx*, 42 (2): 259-264.
- Delibes-Mateos, M., Ferreras, P. y Villafuerte, R. 2009. European rabbit population trends and associated factors: a review of the situation in the Iberian Peninsula. *Mammal Review*, 39(2): 124-140.
- Delibes-Mateos, M., Ferreira, C., Carro, F., Escudero, M. A. y Gortázar, C. 2014. Ecosystem effects of variant rabbit hemorrhagic disease virus, Iberian Peninsula. *Emerging infectious diseases*, 20 (12): 2166-2168.
- Dezert, B., Matton, A. y Steinberg, J. 1991. Periurbanisation en France, París: SEDES.
- Elena, M. y Camberoque, C. 1987. *Ca eivissenc: l'alternativa*. Sa Nostra, Caixa de Balears, Palma. 172 pp.
- Evanno, G., Regnaut, S., Goudet, J. 2005. Detecting the number of clusters of individuals using the software structure: a simulation study. *Molecular Ecology*, 14: 2611-2620.
- Esteve, P.J., Alves, P.C., Ferrand, N. 2006. O uso de marcadores genéticos na gestão e conservação de populações de coelho-bravo (*Oryctolagus cuniculus*). Pp. 11-30. En: Federação Alentejana de Caçadores (Eds.). *Gestão e conservação de populações de coelho-bravo*. 188 pp.
- Farina, A. 1998. Principles and Methods En: *Landscape Ecology*. Chapman & Hall. London.
- Fernández de Simón, J., Díaz-Ruiz, F., Rodríguez-de la Cruz, M., Delibes-Mateos, M., Villafuerte, R. y Ferreras, P. 2015. Can widespread generalist predators affect keystone prey? A case study with red foxes and European rabbits in their native range. *Population Ecology*, 57 (4): 591-599.
- Ferrand, N. 2008. Inferring the evolutionary history of the European rabbit (*Oryctolagus cuniculus*) from molecular markers. En: Alves, P.C., Ferrand, N., & Hackländer, K. (Eds) *Lagomorph biology: evolution, ecology and conservation*. Springer-Verlag, Berlin Heidelberg, Pp. 47-63.
- Ferreira, C., Ramírez, E., Castro, F., Ferreras, P., Alves, P.C., Redpath, S. y Villafuerte, R. 2009. Field experimental vaccination campaigns against myxomatosis and their effectiveness in the wild. *Vaccine* 27(50): 6998-7002.

- Ferreira, C., Villafuerte, R., Villar, N., Castro, F., Ferreras, P., Rouco, C., Alves, P., Reyna, L., Redpath, S. 2014. Experimental study on the effect of cover and vaccination on the survival of juvenile European rabbits. *Population Ecology* 56(1): 195-202.
- Fenner, F., Ross, J. 1994. Myxomatosis. Pp. 205-240. En: Thompson, H.V., King, C.M. (Eds.). *The European rabbit. The history and biology of a successful colonizer*. Oxford University Press, Oxford.
- Gibb, J.A. 1990. The European rabbit *Oryctolagus cuniculus*. In: Chapman JA, Flux J eds. Rabbits, hares and pikas: status survey and conservation action plan. Gland: International Union for Conservation of Nature and Natural Resources, 116–120.
- Kettle, D.S. 1995. Medical and Veterinary Entomology, Second Edition. CAB International, Wallingford, Oxon OX10 8DE, UK.
- Kolb, H.H. 1990. Use of burrows and movements of wild rabbits (*Oryctolagus cuniculus*) in an area of hill grazing and forestry. *Journal of Applied Ecology*, 28: 282-905.
- Gonçalves, H., Alves, P.C. y Rocha, A. 2002. Seasonal variation in the reproductive activity of the wild Rabbit (*Oryctolagus cuniculus algirus*) in a Mediterranean ecosystem. *Wildlife Research* 29: 165-173.
- López Martínez, N. 1989. Revisión sistemática y biostratigráfica de los lagomorfos (Mammalia) del Terciario y Cuaternario de España. *Memorias del Museo Paleontológico de la Universidad de Zaragoza* 3 (3): 343
- López Ontiveros, A. 1992. La investigación sobre la actividad cinegética en España: Estado de la cuestión. En: *VI Coloquio de Geografía Rural. Ponencias* (pp. 145-188). Departamento de Geografía, Universidad de Madrid, Madrid.
- Millán, J. 2009. First description of sarcoptic mange in wild European rabbit (*Oryctolagus cuniculus*). *European Journal of Wildlife Research* 56 (3): 455-457.
- Millán, J., Casais, R., Delibes-Mateos, M., Calvete, C., Rouco, C., Castro, F., Colomar, V., Casas-Díaz, E., Ramírez, E., Moreno, S., Prieto, J. M., Villafuerte, R. 2012. Widespread exposure to *Sarcoptes scabiei* in wild European rabbits (*Oryctolagus cuniculus*) in Spain. *Veterinary Parasitology* 183 (3-4): 323-329.
- Moreno, S., Villafuerte, R., Cabezas, S. y Lombardi, L., 2004. Wild rabbit restocking for predator conservation in Spain. *Biological Conservation*, 118: 183-193.
- Moreno, S., Beltrán, J.F., Cotilla, I., Kuffner, B., Laffite, R., Jordán, G., Ayala, A., Quintero, C., Jiménez, A., Castro, F., Cabezas, S. y Villafuerte, R. 2007. Long-term decline of the European wild rabbit (*Oryctolagus cuniculus*) in south-western Spain. *Wildlife Research* 34: 652–658.
- Morera, B., Pintó, J. y Marilyn, R. 2010. Paisaje, Procesos de fragmentación y redes ecológicas: aproximación conceptual. San José, Costa Rica. Imprenta Nacional. P.p. 11-47.
- Myers, K., Parer, I., Wood, D. y Cooke, B.D. 1994. The rabbit in Australia. Pp. 108-157. En: Thompson, K., King, C. M. (Eds.). *The European Rabbit. The history and biology of a successful colonizer*. Oxford University Press, Oxford.
- Ohlinger, V.F., Haas, B., Meyers, G., Weiland, F. y Thiel, H.J. 1990. Identification and Characterization of the virus causing rabbit hemorrhagic disease. *Journal of Virology* 64 (7): 3331-3336.
- Parer, I. y Libke, J.A. 1985. Distribution of rabbit, *Oryctolagus cuniculus*, warrens in relation to soil type. *Australian Wildlife Research*, 12: 387-405.
- Parra, F. y Prieto, M. 1990. Purification and characterization of a calicivirus as the causative agent of a lethal hemorrhagic disease in rabbits. *Journal of Virology*, 64: 4013-4015.
- Piorno, V., Villafuerte, R., Branco, M., Carneiro, M., Ferrand, N. y Alves, P.C. 2015. Low persistence in nature of captive reared rabbits after restocking operations. *European Journal of Wildlife Research* 61(4), 591-599.
- Pritchard, J.K., Stephens, M. y Donnelly, P. 2000. Inference of Population Structure Using Multilocus Genotype Data. *Genetics*, 155: 945-959.
- Queney, G., Ferrand, N., Weiss, S., Mougél, F. y Monnerot, M. 2001. Stationary distributions of microsatellite loci between divergent population groups of the European rabbit (*Oryctolagus cuniculus*). *Molecular Biology and Evolution*, 18 (12): 2169-2178.

- Quintana J., Ramis, D. y Bover, P. 2016. Primera datació d'un mamífer no autòcton (*Oryctolagus cuniculus* [Linnaeus, 1758]) (Mammalia: Lagomorpha) del jaciment holocènic del Pas d'en Revull (barranc d'Algendar, Ferreries). *Revista de Menorca*, 95: 185-200.
- Rafati, N., Blanco-Aguilar, J.A., Rubin, C.J., Sayyab, S., Sabatino, S.J., Afonso, S., Feng, C., Alves, P.C., Villafuerte, R., Ferrand, N., Andersson, L. y Carneiro, M. 2018. A genomic map of clinal variation across the European rabbit hybrid zone. *Molecular Ecology*, 27(6): 1457-1478.
- Romero-Calcerrada, R. y Perry, G.L.W. 2004. The Role of Land Abandonment in Landscape Dynamics in the SPA "Encinares del río Alberche y Cofio" Central Spain, 1984-1999. *Landscape and Urban Planning*, 66(4): 217-232.
- Rouco, C. 2008. Restauración de las poblaciones de conejo de monte y mejora de la gestión para su conservación. Tesis doctoral. IREC, Ciudad Real, Universidad de Castilla-La Mancha.
- Rouco, C., Ferreras, P., Castro, F. y Villafuerte, R. 2010. A longer confinement period favors European wild rabbit (*Oryctolagus cuniculus*) survival during soft releases in low-cover habitats. *European Journal of Wildlife Research*, 56: 215-219.
- Rouco, C., Villafuerte, R., Castro, F. y Ferreras, P. 2011. Effect of artificial warren size on a restocked European wild rabbit population. *Animal Conservation*, 14(2): 117-123.
- Sánchez, B.C., Arroyo, C., Blanco, A., 1954. Myxomatosis in rabbits in Spain. *Revista del Patronato de Biología Animal*, 1:75-77.
- Seixas, F.A., Juste, J., Campos, P.F., Carneiro, M., Ferrand, N., Alves, P.C. y Melo-Ferreira, J. 2014. Colonization history of Mallorca Island by the European rabbit, *Oryctolagus cuniculus*, and the Iberian hare, *Lepus granatensis* (Lagomorpha: Leporidae). *Biological Journal of the Linnean Society* 111 (4): 748-760.
- Soriguer, R.C. 1979. Biología y dinámica de una población de conejos (*Oryctolagus cuniculus*) en Andalucía Occidental. Tesis doctoral. Universidad de Sevilla.
- Soriguer, R.C. 1981. Biología y dinámica de una población de conejos (*Oryctolagus cuniculus*) en Andalucía Occidental. *Doñana Acta Vertebrata* 8 (Volumen especial 3): 1-379.
- Soriguer, R.C., Rogers, P.M. 1981. The European wild rabbit in Mediterranean Spain. Pp. 600-613. En: Myers, K., McInnes, C.D. (Eds). *Proceedings of the World Lagomorph Conference*. University of Guelph, Ontario.
- Thomas, L, J.L. Laake, S. Strindberg, F.F.C. Marques, S.T. Buckland, D.L. Borchers, D.R. Anderson, K.P. Burnham, S.L. Hedley, J.H. Pollard y J.R.B. Bishop. 2003. Distance 4.1 Release 2. Research Unit for Wildlife Population Assessment, University of St. Andrews, UK.
- Thompson, H.V. y King, C.M. 1994. The European rabbit: History and biology of a successful colonizer. Oxford University Press: Oxford, UK.
- Villafuerte, R. 1994. Riesgo de predación y estrategias defensivas del conejo (*Oryctolagus cuniculus*) en el Parque Nacional de Doñana. Tesis Doctoral. Universidad de Córdoba.
- Villafuerte, R., Calvete, C., Blanco, J.C., and Lucientes, J. 1995. Incidence of viral hemorrhagic disease in wild rabbit populations in Spain. *Mammalia* 59 (4): 651-659.
- Villafuerte, R., Lazo, A. y Moreno, S. 1997. Influence of food abundance and quality on rabbit fluctuations: conservation and management implications in Doñana National park (SW Spain). *Revue d'écologie -La Terre et la Vie* 52: 345-356.
- Villafuerte, R., Viñuela, J. y Blanco J.C. 1998. Extensive predator persecution caused by population crash in a game species: the case of red kites and rabbits in Spain. *Biological Conservation* 84: 181-188
- Villafuerte, R., Castro, F., Ramírez, E., Cotilla, I., Parra, F., Delibes-Mateos, M., Recuerda, P. y Rouco, C. 2017. Large-scale assessment of myxomatosis prevalence in European wild rabbits (*Oryctolagus cuniculus*) 60 years after first outbreak in Spain. *Research in Veterinary Science*, 114: 281-286.
- Wood, D.H. 1980. The demography of a rabbit population in an arid region of New South Wales Australia. *Journal of Animal Ecology*, 49: 55-79.