

VIGILANCIA ACTIVA DE LA TUBERCULOSIS BOVINA (*MYCOBACTERIUM BOVIS*) EN POBLACIONES DE JABALÍES (*SUS SCROFA*) DE ANDALUCÍA (ESPAÑA)

Active surveillance of bovine tuberculosis (*Mycobacterium bovis*) among wild boar (*Sus scrofa*) populations of Andalusia (Spain)

Cubero¹, M.J.; Sales^{1*}, M.R.; Miralles¹, A.; Rayas², E.; Zorrilla², I.; Rodríguez², E.; Camacho², L.; Gómez-Guillamón², F.

¹ Departamento de Sanidad Animal. Facultad de Veterinaria. Universidad de Murcia. Campus Universitario de Espinardo, 30100 Murcia.

² Consejería de Medio Ambiente y Ordenación del Territorio. Junta de Andalucía. Málaga 29006.

***Autor para correspondencia:** María José Cubero Pablo. Tlf: +34 868884731. E-mail: mjcupero@um.es

Aceptado: 1 marzo 2016

RESUMEN

El jabalí está considerado como una de las especies cinegéticas más importantes en España y en las últimas décadas ha incrementado notablemente la densidad poblacional. El Programa de Vigilancia Epidemiológica de la fauna silvestre en Andalucía (PVE) se puso en marcha en septiembre del 2009, con el objetivo de determinar el estado sanitario de las especies silvestres y detectar la aparición de enfermedades. La tuberculosis bovina, causada por *Mycobacterium bovis*, es una enfermedad infecciosa extendida por todo el mundo, que afecta a un amplio rango de hospedadores (seres humanos, ganado doméstico y fauna silvestre) y el jabalí ha sido considerado como un reservorio natural de la tuberculosis. Los objetivos del presente estudio fueron: (1) determinar la prevalencia de la tuberculosis bovina en las poblaciones de jabalíes en Andalucía y (2) conocer los principales factores de riesgo asociados con la infección por *Mycobacterium bovis* en esta especie. Se analizaron 190 ejemplares de jabalí (*Sus scrofa*) abatidos en 11 áreas cinegéticas de Andalucía durante 2009 a 2011. En el estudio serológico retrospectivo utilizamos la técnica ELISA indirecta (Vacunek®). Hemos obtenido una elevada prevalencia (38%, 72/190) de infección tuber-

culosa y se han encontrado individuos seropositivos en todas las áreas cinegéticas muestreadas y en todas las provincias andaluzas, lo que indica que la infección por *M. bovis* es endémica en las poblaciones de jabalí de Andalucía. Se encontraron diferencias estadísticamente significativas entre las distintas áreas cinegéticas, detectándose mayor prevalencia en Sierras Sur de Jaén (55%, 10/18) y en Marisma (51%, 17/33). Las muestras del área cinegética Sierras Sur de Jaén procedían de cotos de caza privados, por lo que la alta prevalencia obtenida podría ser consecuencia de los actuales sistemas de gestión cinegética. En el área cinegética "Marisma", que incluye el Espacio Natural Protegido de Doñana, la prevalencia de infección por *Mycobacterium bovis* fue superior en la zona norte, donde la densidad poblacional de jabalíes es mayor, y disminuye hacia la zona sur. Los jabalíes juveniles presentaron significativamente ($p < 0.05$) mayor prevalencia (62%, 10/16) que los adultos (29%, 38/128) y sub-adultos (52%, 24/46). Aunque no se observaron diferencias significativas entre sexos, se detectó mayor prevalencia en las hembras (41%, 39/95) que en los machos (34%, 33/95). La prevalencia estimada en el año 2010 (42%, 30/71) resultó significativamente ($p < 0.05$) mayor que en el año 2009 (7%, 1/15) y fue ligeramente inferior en el 2011 (39%, 41/104). La elevada seroprevalencia frente a *Mycobacterium bovis* detectada en las poblaciones analizadas en el periodo 2009 a 2011 indica que el jabalí actúa como reservorio natural de la tuberculosis en los ecosistemas mediterráneos andaluces lo que va a dificultar el avance favorable de los programas de erradicación en los animales domésticos.

Palabras clave: Tuberculosis, *Mycobacterium bovis*, jabalí, Andalucía, área cinegética.

ABSTRACT

The wild boar is considered one of the most important game species in Spain and in recent decades has significantly increased population density. Epidemiological Surveillance Program of wildlife in Andalusia (PVE) was launched in September 2009, in order to determine the health status of wild species and the occurrence of diseases. Bovine tuberculosis, *Mycobacterium bovis*, is a widespread infectious disease worldwide, affecting a wide range of hosts (humans, domestic animals and wildlife) and wild boar has been considered a natural reservoir of tuberculosis. The objectives of the present study were as it follows: (1) determine the prevalence of bovine tuberculosis in wild boar populations in Andalusia and (2) recognize the main risk factors associated with *M. bovis* infection in this species. 190 specimens of shot down wild boar (*Sus scrofa*) in 11 hunting areas of Andalusia from 2009 to 2011 were analyzed. In the retrospective serological study we used indirect ELISA technique (Vacunek®). A high overall prevalence has been detected (38%, 72/190) and seropositive individuals sampled have been found in all hunting areas and in all Andalusian provinces, indicating that *M. bovis* infection is endemic in wild boar populations of Andalusia. Statistically significant differences were found between different hunting areas, detecting higher prevalence in Sierras Sur de Jaén (55%, 10/18) and Marisma (51%, 17/33). The high prevalence of wild boars from private hunting reserves detected in the hunting area Sierras Sur de Jaén might reflect current hunting management systems. In the hunting area Marisma, included in the P.N.S Doñana, it was observed that the prevalence is higher in the north, where the wild boar population density is higher, and decreases in the south. Young wild boar showed a significant ($p < 0.05$) higher prevalence (62%, 10/16) of tuberculosis than adults (29%, 38/128) and sub-adults (52%, 24/46). Gender did not present statistically significant differences, although, higher prevalence was detected in females (41%, 39/95) than in males (34%, 33/95). The estimated prevalence in 2010 (42%, 30/71) was significantly higher ($p < 0.05$) than in 2009 (7%, 1/15) and was slightly lower in 2011 (39%, 41/104). The high seroprevalence of *Mycobacterium bovis*, and the increasing population densities in recent decades indicate that the wild boar plays an important role as a natural reservoir of tuberculosis in the Andalusian Mediterranean ecosystems which will hinder the favorable progress of eradication programs in domestic animals.

Keywords: tuberculosis, *Mycobacterium bovis*, wild boar, Andalusia, hunting area.

INTRODUCCIÓN

El Programa de Vigilancia Epidemiológica de la fauna silvestre en Andalucía (PVE) se puso en marcha en septiembre del 2009, con el objetivo de determinar el estado sanitario de las especies silvestres, detectar la aparición de enfermedades, y realizar estudios epidemiológicos para conocer los principales factores de riesgo asociados a estas enfermedades, para finalmente establecer junto con las Consejerías competentes de Agricultura y Pesca y de Salud Pública, las medidas de control frente a las enfermedades que afectan a la fauna silvestre (Programa de Vigilancia Epidemiológica de la Fauna Silvestre en Andalucía, 2013). El jabalí ha sido considerado como reservorio natural de diferentes enfermedades relevantes, desde un punto de vista ecológico, de sanidad animal y/o salud pública, un ejemplo de estas enfermedades es la tuberculosis.

Situación de la tuberculosis bovina

La tuberculosis bovina, causada por *Mycobacterium bovis*, es una enfermedad infecciosa extendida por todo el mundo, que afecta a un amplio rango de hospedadores que incluyen los seres humanos, el ganado doméstico y la fauna silvestre (Gortázar y col., 2007).

Aún no se ha logrado su erradicación y en los últimos diez años la prevalencia ha alcanzado una asíntota, a pesar de que con la aplicación de los programas nacionales de erradicación, se redujo la prevalencia de tuberculosis del 11.1% en 1986 al 1,6% a finales de 2009, con un coste estimado de 34,7 millones de euros (García-Bocanegra y col., 2012).

En Andalucía la prevalencia del rebaño ha ido disminuyendo, desde 8,94% en 2009 hasta 5,94% en 2013 (Programa Nacional de Erradicación de Tuberculosis bovina presentado por España para el año 2015-2016). La distribución de ganado vacuno infectado no es uniforme a lo

largo de todo el territorio, las regiones insulares están prácticamente libres de tuberculosis bovina, así como, la mayor parte del norte peninsular, encontrando las mayores prevalencias en los hábitats mediterráneos del sur y oeste de España (Gortazar y col., 2011a; Allepuz y col., 2011).

En el centro, sur y oeste de España, coinciden una serie de factores que favorecen la transmisión de la tuberculosis. En primer lugar, hay una gran variedad de especies salvajes, muchas de ellas susceptibles de ser infectadas; en segundo lugar, la actividad cinegética se ha convertido en una parte esencial de la economía de la agricultura sostenible, y por último, la ganadería en producción extensiva (Aranaz y col., 2004).

Durante los años 2013-2014, según el Sistema Mundial de Información Sanitaria de la OIE, la notificación de focos de tuberculosis en la fauna silvestre en España ha sido registrada en casi todas las comunidades autónomas. Resultan excepcionales Canarias e Islas Baleares, porque no presentan reservorios potenciales silvestres (Boadella y col., 2011a), País Vasco, Región de Murcia y Comunidad Valenciana. El jabalí fue la especie silvestre en la que se notificaron más focos, especialmente en Castilla La Mancha (76) y Andalucía (53).

También se han notificado focos de tuberculosis en el jabalí en ocho países europeos, entre ellos, Francia, con una prevalencia del 42%, norte de Italia con una prevalencia del 3%, Suiza y Liechtenstein con un 3,6% (Muñoz-Mendoza y col., 2013).

Importancia del jabalí en la actualidad

El jabalí es un mamífero salvaje que ha estado ligado al hombre desde épocas muy antiguas. Actualmente, está considerada como una de las especies cinegéticas más relevantes en nuestro país, teniendo una notable repercusión en ámbitos tan importantes como el económico, el social o el sanitario (Risco, 2014).

La importancia del jabalí como trofeo de caza ha aumentado, debido a que la caza recreativa de artiodáctilos salvajes ha sido una de las más lucrativas y en más rápido crecimiento en el oeste de España en los últimos cinco años (Parra y col., 2005).

Este incremento también tiene su impacto en la economía nacional, y es difícil cuantificarlo, debido a que el flujo económico generado por las acciones cinegéticas de esta especie involucran a una gran cantidad de sectores como el de la industria cárnica, la actividad veterinaria, la taxidermia o la hostelería (Garrido, 2012).

Además de la repercusión económica del jabalí, hay que destacar su importancia social, puesto que su notable aumento demográfico ha propiciado la colonización de áreas periurbanas, que desembocan en consecuencias sociales negativas mayoritariamente.

Por otro lado, el jabalí ha adquirido también una gran importancia sanitaria, por el gran número de patógenos que puede albergar y que puede transmitir tanto al hombre como a otros animales domésticos. Debido a los cambios en el manejo de la fauna silvestre y del ganado doméstico, las barreras entre estos y las personas están desapareciendo (Palmer, 2013).

La transmisión de patógenos entre la fauna salvaje y el ganado doméstico es un problema cuya dimensión ha crecido en los últimos años, ya que el aumento en el número de explotaciones extensivas favorece el contacto entre animales salvajes y domésticos. Entre los animales salvajes que pueden ocasionar un riesgo sanitario para la cabaña doméstica, el jabalí ocupa uno de los primeros puestos en el escalafón (Risco, 2014).

Por último, hay que destacar que la presencia de determinados patógenos en el jabalí también puede suponer un riesgo ecológico, ya que podría comprometer el estatus sanitario de las poblaciones de este animal y de otras especies salvajes que cohabitan con él (Meng y Lindsay, 2009).

MATERIALES Y MÉTODOS

Población de estudio

Según el Plan Andaluz de Caza (Decreto 232/2007), Andalucía está dividida en 23 áreas cinegéticas de extensión variable y que han sido establecidas por hábitats homogéneos, las cuales presentan continuidad territorial, características fisiográficas, biológicas y ambientales comunes y están caracterizadas por la presencia de especies cinegéticas representativas.

En el PVE (Programa de Vigilancia Epidemiológica) se muestrearon 11 de estas 23 áreas cinegéticas, que se seleccionaron en base a la presencia del jabalí en las mismas y que se distribuyen entre las 8 provincias andaluzas: Andévalo (1), Sierra Morena (2), Marisma (4), Alcornocales (6), Ronda Grazalema (8), Sierra Sub-bética (12), Tejada y Almirajara (13), Sierras Sur de Jaén (15), Sierras de Cazorla (16), Depresión de Baza (17) y Sierra de Baza (20) (**Figura 1**).

La Consejería de Medio Ambiente y Ordenación del Territorio (CMAOT), con el asesoramiento del Departamento de Sanidad Animal de la Universidad de Córdoba, determinó el número de ejemplares en cada una de las áreas cinegéticas incluidas en el PVE, con el objetivo de detectar la presencia/ausencia de esta enfermedad con una prevalencia mínima esperada del 5% y un nivel de confianza del 95%. Empleando este criterio, el número teórico de jabalíes a muestrear resultaba ser 649 (11 áreas/ 59 ejemplares por área cinegética). El muestreo fue llevado a cabo por dos técnicos veterinarios del PVE de la CMAOT.

En el PVE utilizaron PCR para el diagnóstico rápido de la infección tuberculosa, pero esta técnica no resultó altamente sensible en los jabalíes. Las muestras de suero fueron utilizadas para el diagnóstico de todas las enfer-



Figura 1. Localización de las 11 áreas cinegéticas muestreadas en el PVE de la Fauna Silvestre en Andalucía.

medades del jabalí incluidas en el PVE, y tan solo los sueros restantes se conservaron en un banco de muestras biológicas, con el fin de realizar estudios retrospectivos sobre las enfermedades que suscitaran interés. Posteriormente, nos propusieron realizar el diagnóstico mediante la técnica ELISA aunque el número de sueros de jabalí remitidos para nuestro estudio consistió en 190, inferior al estimado inicialmente, lo que redujo el nivel de confianza al 90%.

Las muestras procedían de 38 de los 82 cotos de caza colaboradores con el PVE, así como de 3 de las 4 Reservas Andaluzas de Caza (RAC de Cazorla-Segura, RAC de Tejada y Almirajara y RAC de Cortes de la Frontera) y de 4 zonas pertenecientes al Espacio Natural Protegido (ENP) de Doñana (El Puntal, Los Sotos, Estación Biológica y Marismillas) (Tabla 1).

Las muestras se obtuvieron mayoritariamente de animales abatidos en las jornadas de caza de tres campañas cinegéticas consecutivas (2009/2010, 2010/2011 y 2011/2012), en el periodo hábil de caza general (de octubre a febrero), y en menor medida se aprovecharon algunas autorizaciones de caza de carácter especial en el ENP de Doñana y de control de poblaciones en las RACs.

Los animales muestreados se clasificaron en tres grupos de edad: juveniles (< 1 año), sub-adultos (1-2 años) y adultos (> 2 años) y por sexos (machos y hembras) (Tabla 1).

Las muestras de sangre de los jabalíes fueron obtenidas del corazón o de la cavidad torácica. Se recogieron en tubos estériles sin anticoagulante y se centrifugaron a 3000 rpm durante 15 minutos. Los sueros se conservaron a -20°C en el Centro de Análisis y Diagnóstico de la Fauna Silvestre (CAD) hasta su remisión a nuestro laboratorio.

Tabla 1. Muestreo de las poblaciones de jabalíes en Andalucía.

Categoría	Valor	Nº muestras analizadas
Año	2009	15
	2010	71
	2011	104
Sexo	Machos	95
	Hembras	95
Edad	Juveniles	128
	Sub-adultos	46
	Adultos	16
Área Cinegética	Andévalo	34
	Sierra Morena	16
	Marisma	33
	Alcornocales	14
	Ronda Grazalema	5
	Sierra Subbética	9
	Tejeda y Almijara	17
	Sierras Sur de Jaén	18
	Sierras de Cazorla	20
	Depresión de Baza	6
Sierra de Baza	18	
Zona de estudio	G. Pública (P.N, RAC)	68
	G. Privada (Cotos)	122
ENP Doñana	El Puntal	5
	Marismillas	5
	E.Biológica	10
	Los Sotos	13
Total de muestras		190

Diagnóstico laboratorial

El análisis serológico se realizó en el Departamento de Sanidad Animal de la Facultad de Veterinaria de la Universidad de Murcia. Para ello, se utilizó un Kit diagnóstico comercial de análisis inmuno-enzimático (ELISA) indirecto

(TB ELISA VK, Vacunek®, Derio, Bizkaia) desarrollado por Aurtinetxe y col. (2008) para la detección de anticuerpos frente a *Mycobacterium bovis* en el suero sanguíneo y plasma procedente de sudos. Esta técnica utiliza como antígeno el derivado proteico purificado de *M. bovis* (DPPb).

Este producto ha sido autorizado por el Ministerio de Agricultura, Ganadería y Medio Ambiente (MAGRAMA) como reactivo de diagnóstico oficial. El método utilizado ha sido validado con una especificidad del 96,43% y una sensibilidad del 72,60%.

Análisis estadístico

La prevalencia individual de tuberculosis bovina en el PVE se estimó a partir del porcentaje de animales seropositivos entre el total de animales analizados.

Los análisis estadísticos se realizaron empleando el software IBM® SPSS® Statistics (Versión 19.0). Se determinó mediante análisis bivalente, empleando el test Chi-cuadrado (χ^2) de Pearson, el efecto de diferentes variables independientes como: la clase de edad (adulto, sub-adulto, juveniles), el sexo (machos y hembras), el año de muestreo (2009, 2010 y 2011), el área cinegética (1, 2, 4, 6, 8, 12, 13, 15, 16, 17 y 20), así como la zona de estudio (ENP, RAC o cotos privados), sobre los resultados serológicos obtenidos.

Todas las variables con un valor de $p < 0,05$ en el análisis bivalente fueron seleccionadas como potenciales factores de riesgo y las variables con un valor de $p < 0,10$, se interpretaban como una mayor tendencia a ser factores de riesgo que el resto de las variables, aunque no existiese una significación estadística.

RESULTADOS

En la población de jabalíes de Andalucía se ha detectado una seroprevalencia de 38 % (72/190) de infección por *Mycobacterium bovis* (Tabla 2).

En los años 2010 (42%, 30/71) y 2011 (39%, 41/104) se detectaron mayores prevalencias que en 2009 (7%, 1/15), pero en el año 2010, hubo mayor número estadísticamente significativo ($p < 0,05$) de jabalíes infectados (Tabla 2).

Respecto a la edad, los jabalíes jóvenes (62,5%, 10/16) resultaron significativamente ($p < 0,05$) más infectados que los adultos (29,6%,

38/128) y sub-adultos (52%, 24/46). Aunque las hembras presentaron mayor prevalencia (41%, 39/95) que los machos (34,7%, 33/95), no se detectaron diferencias estadísticamente significativas (Tabla 2).

En cuanto a las distintas áreas cinegéticas, hubo un mayor número estadísticamente significativo ($p < 0,05$) de jabalíes seropositivos a *M. bovis* en Sierras Sur de Jaén (55%, 10/18) entre las provincias de Jaén y Granada, y en Marisma (51%, 17/33) en la provincia de Huelva (Tabla 2).

El área cinegética Marisma se dividió en 4 zonas de estudio: El Puntal (0%, 0/5), Marismillas (40%, 2/5), Estación Biológica (60%, 6/10) y Los Sotos (69%, 9/13), dentro de estas, la prevalencia estimada entre los años 2009 y 2010 en Los Sotos resultó ser significativamente ($p < 0,05$) mayor, y en Estación Biológica se detectó una tendencia ($p = 0,082$) a presentar un mayor número de animales infectados (Figura 2).

También se observó una gran diferencia en cuanto a la gestión del territorio, ya que se aprecia una tendencia ($p = 0,086$) a que en las zonas cinegéticas de gestión privada (cotos) haya menor número de animales infectados (33,6%, 41/122), mientras que en las zonas de gestión pública la población de jabalíes presenta mayor seropositividad (45,8%, 31/68).

Además en el año 2010 se detectó un mayor número estadísticamente significativo ($p < 0,05$) de animales infectados por *Mycobacterium bovis* en las zonas de gestión pública.

DISCUSIÓN

La técnica ELISA, usando como antígeno el derivado proteico purificado de la tuberculina bovina (DPPb), resulta muy útil como prueba complementaria en el diagnóstico de la tuberculosis en el jabalí, por su alta sensibilidad y especificidad (Aurtenetxe y col., 2008). Este hecho también ha sido demostrado por Boadella y col. (2011b) en su estudio en animales con un estado de infección conocido por *M. bovis*.

Tabla 2. Prevalencia de la infección por *Mycobacterium bovis* en jabalíes de Andalucía.

Categoría	Valor	Nº muestras analizadas	Nº Seropositivos (%)
Año	2009	15	1 (7)
	2010	71	30 (42) *
	2011	104	41 (39)
Sexo	Machos	95	33 (34)
	Hembras	95	39(41)
Edad	Juveniles	16	10 (62) *
	Sub-adultos	46	24 (52)
	Adultos	128	38 (29)
Área Cinegética	Andévalo	34	6 (18)
	Sierra Morena	16	4 (25)
	Marisma	33	17(51) *
	Alcornocales	14	8 (57)
	Ronda Grazalema	5	1(20)
	Sierra Subbética	9	3(33)
	Tejeda y Almirajara	17	8 (47)
	Sierras Sur de Jaén	18	10 (55) *
	Sierras de Cazorla	20	8 (40)
	Depresión de Baza	6	1 (16)
Sierra de Baza	18	6 (33)	
Zona de estudio	G. Pública (P.N, RAC)	68	31 (46) *
	G. Privada (Cotos)	122	41(34)
ENP Doñana	El Puntal	5	0 (0)
	Marismillas	5	2 (40)
	E.Biológica	10	6 (60)
	Los Sotos	13	9 (69) *
Total		190	72 (38)

El estudio de Miralles (2014) demuestra la correlación entre la técnica TB ELISA VACUNEK® y el resto de métodos diagnósticos utilizados para la detección de *Mycobacterium bovis* (lesiones macroscópicas, histopatología y presencia de bacilos ácido-alcohol resistentes).

En la tuberculosis, la determinación de la respuesta inmune humoral resulta muy útil para detectar animales con enfermedad grave, ya que la concentración de anticuerpos está relacionada con la distribución y gravedad de las lesiones, así como con el número de bacilos (Aurtenetxe y col., 2008).

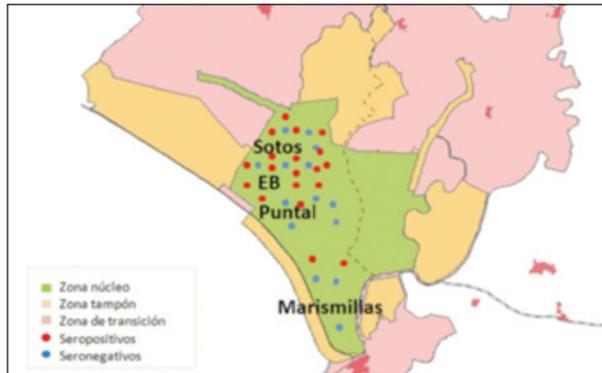


Figura 2. Localización de los jabalíes seropositivos en el ENP de Doñana.

En las provincias andaluzas de Sevilla y Cádiz, se detectaron las mayores prevalencias (75% en Sevilla, 65% en Cádiz). Por lo que en las provincias de Andalucía Occidental el riesgo de detectar un individuo seropositivo se incrementa (Cubero y col., 2015). García-Bocanegra y col. (2012) también encontraron en el periodo 2006 a 2011 la mayor prevalencia en la provincia de Sevilla (76,5%).

La elevada seropositividad global detectada en los jabalíes (38%) durante los años 2009, 2010 y 2011, demuestra que la infección por *Mycobacterium bovis* tiene una presentación endémica en estas poblaciones de Andalucía. Estos resultados son similares a los obtenidos previamente en otros estudios en España, que ponen de manifiesto la elevada prevalencia de esta enfermedad en ungulados silvestres (Hermoso de Mendoza y col., 2006; Gortazar y col., 2008; García-Bocanegra y col., 2012).

La infección en jabalíes está muy extendida en Europa y se ha descrito tanto en países libres como en países afectados de tuberculosis. En los últimos 10 años, diversos trabajos han confirmado la infección en jabalíes de Alemania (1,37%), Croacia (1,45%), Italia (11,40%), Portugal (11,10%), Eslovaquia (19,60) y Francia (37,5%), pero se observan los valores más altos en el sur de la Península ibérica (Wilson y col., 2009). Este hecho demuestra la importancia de

este ungulado con respecto a la tuberculosis bovina en Europa (Muñoz-Mendoza y col., 2013).

En las áreas cinegéticas Marisma y Sierras Sur de Jaén hubo un mayor número estadísticamente significativo ($p < 0,05$) de jabalíes seropositivos a *M. bovis*.

El área cinegética “Marisma” incluye el Espacio Natural Protegido de Doñana, que se considera la mayor reserva ecológica de Europa y fue declarado Patrimonio de la Humanidad por la UNESCO. Este espacio natural es idóneo para el estudio de la ecología de la tuberculosis bovina, ya que no está permitida la alimentación suplementaria o la realización de cercados para la caza y, se siguen utilizando los métodos tradicionales de cría y manejo de ganado vacuno (Gortazar y col., 2008).

La prevalencia obtenida en el área cinegética Marisma fue elevada (51%), similar a las obtenidas en estudios previos (Gortazar y col., 2008; Wilson y col., 2009; Gortazar y col., 2011a). En tres de las cuatro zonas en las que se dividió esta área la prevalencia fue muy elevada: Los Sotos (69%), Estación Biológica (60%) y Marismillas (40%); sin embargo, no se detectaron individuos seropositivos en El Puntal (0%). Podemos observar que las prevalencias son mayores en la zona norte (donde la densidad poblacional de jabalíes es mayor) y que decrecen en el sur. Estos resultados fueron

similares a los obtenidos por Górtazar y col. (2008) en periodo de estudio 2006 y 2007.

El mayor número de animales seropositivos a *M. bovis* en la zona norte del Espacio Protegido de Doñana, puede explicarse por la menor disponibilidad de fuentes de agua, las altas densidades de ungulados silvestres y las características del hábitat. El agua está más disponible en la porción sur del parque, ya que hay numerosas fuentes de agua y lagos, en cambio la disponibilidad de agua en la porción norte del parque es mínima, ungulados silvestres y ganado tienen que compartir abrevaderos, por lo que el contacto tanto directo como indirecto es frecuente (Górtazar y col., 2008), Acevedo y col. (2007) consideran que el mayor factor de riesgo es la agregación espacial, incluso más que la densidad.

El área cinegética Sierra Sur de Jaén se encuentra en la mayor parte de la franja sur de la provincia de Jaén y en el norte de Granada. Es una zona montañosa que abarca Sierra Mágina y las estribaciones de las Sierras Subbéticas. Las muestras obtenidas en esta zona procedían de cotos de caza, por lo que la elevada prevalencia obtenida (55%), podría ser consecuencia de los actuales sistemas de gestión cinegética.

La prevalencia de la tuberculosis está ligada a la agregación espacial y a las altas densidades poblacionales (Vicente y col., 2007; Acevedo y col., 2007). Los cercados en los cotos de caza representan un factor de riesgo, debido a que aumenta la densidad de animales en una misma zona y se reduce su variabilidad genética (Górtazar y col., 2011a). Además, la alimentación suplementaria y las fuentes de agua originan una agregación espacial, debido a que los animales se concentran para beber o comer en las mismas zonas, facilitándose de este modo, la diseminación de la enfermedad.

Sin embargo, en el presente estudio hemos observado una tendencia contraria, ya que en las zonas cinegéticas de gestión privada (cotos) hubo menor número de animales infectados, con respecto a los espacios de gestión pública. Estas zonas de gestión pública son áreas abiertas, sin

vallar, con variaciones en el tiempo y en el espacio de la densidad poblacional del jabalí, donde no está permitida la alimentación suplementaria y la caza está permitida solo para fines de gestión.

En Portugal, Santos y col. (2009) informaron que el jabalí estaba asociado a refugios históricos, en los que había estado presente siempre, y que no estaban ligados a una gestión cinegética privada. Observaron que la infección por *M. bovis* variaba con la distancia a estos refugios, por lo que la tuberculosis en el jabalí pudo estar restringida a estas zonas, y cuando el jabalí se expandió por otros espacios, la infección lo hizo de una forma similar. Esta circunstancia podría ser la explicación de la mayor prevalencia de infección detectada en las zonas de gestión pública como el ENP de Doñana y las RAC de Cazorla-Segura, RAC de Tejada y Almirajara y RAC de Cortes de la Frontera.

En la RAC de Cazorla-Segura (Jaén) ya existían antecedentes de tuberculosis en ungulados silvestres (Miralles, 2014). *M. bovis* estaba presente en el Parque Natural de las Sierras de Cazorla Segura y Las Villas (PNSCSV) desde 1993 (Todó, 2013). García-Bocanegra y col. (2012) encontraron en la zona sur del PNSC una elevada seroprevalencia (43,8%). Todó (2013) detectó un 20% de jabalíes infectados por *M. bovis* en 2013 y Miralles (2014) encontró 15,80% animales infectados en 2014.

En la mayoría de los estudios realizados en España, se detectó mayor prevalencia en los jabalíes adultos (García-Bocanegra y col., 2012; Vicente y col., 2007; Naranjo y col., 2008). Sin embargo, en nuestro estudio se detectó significativamente una mayor prevalencia (62%) en los juveniles. Este hecho podría estar relacionado con los hábitos alimenticios de los individuos menores de un año de edad, que requieren una alimentación más rica en materia de origen animal que los adultos, por lo que el consumo de cadáveres, que pueden estar infectados, se da con más frecuencia en los individuos jóvenes (Parra, 2003). Otra posible ruta de infección podría ser la ingestión de leche materna infectada

(Martín-Hernando y col., 2007). Además, la alta exposición a *M. bovis* puede ocurrir a edades tempranas, como consecuencia de la proximidad entre individuos infectados en el mismo grupo social (Vicente y col., 2013; Gortázar y col., 2011a). Sin embargo, diversos autores sugieren que parte de los individuos infectados juveniles mueren debido a las lesiones de la enfermedad antes de llegar a ser adultos (Gortázar y col., 2008; Martín-Hernando y col., 2007).

Aunque en la prevalencia de tuberculosis bovina no hemos observado diferencias estadísticamente significativas entre sexos, las hembras presentaron mayores tasas (41% hembras y 34% machos). García-Bocanegra y col. (2012) también detectaron mayores prevalencias en las hembras que en los machos, este hecho lo asociaron Santos y col (2010) al comportamiento gregario desarrollado por las hembras, frente al comportamiento solitario de los machos.

La elevada prevalencia de la tuberculosis bovina en los jabalíes de Andalucía, observada en este estudio, parece ser independiente del continuo descenso moderado de la enfermedad en el ganado vacuno durante los años 2009, 2010 y 2011. En el jabalí se observa un pico en la prevalencia de tuberculosis durante el año 2010.

Consideramos que sería interesante comparar los picos epidemiológicos de la tuberculosis en las poblaciones de jabalí con la evolución de la prevalencia en el ganado vacuno, puesto que en diversos estudios se han tipificado a nivel molecular las cepas aisladas de *M. bovis*, revelando que las especies salvajes estaban infectadas por las cepas de mayor prevalencia en el ganado doméstico (Hermoso de Mendoza y col., 2006). Durante los últimos años, Gortázar y col. (2011b) revelan que se han encontrado una mayor variedad de patrones de tipificación de *M. bovis* en la fauna salvaje, al contrario de lo que ha ocurrido en ganado doméstico, donde se han encontrado una menor variedad de cepas con el paso del tiempo, resultado de la eficacia de los programas de erradicación. Lo que hace pensar que se puede estar produ-

ciendo un desplazamiento del nicho ecológico del patógeno, o como sugieren Romero y col. (2008), que *M. bovis* ha podido evolucionar en una mayor variedad de cepas en la fauna silvestre.

Por este motivo, son necesarias medidas de control tanto en la fauna salvaje como en el ganado doméstico (Palmer, 2013), ya que debido a las repercusiones que esta enfermedad ocasiona, es esencial conocer el estado sanitario de las especies silvestres y determinar los principales factores de riesgo asociados a ella, mediante la realización del Programa de Vigilancia Epidemiológica de la Fauna Silvestre. De esta manera se podrán establecer las medidas oportunas de control y lucha de esta enfermedad.

AGRADECIMIENTOS

La toma de muestras ha sido posible gracias a la participación y colaboración de titulares, representantes, gestores y guardas de caza de los cotos colaboradores con el PVE, además del personal adscrito al Espacio Natural de Doñana y a las Reservas Andaluzas de Caza (RACs) existentes en Andalucía.

BIBLIOGRAFÍA

- ACEVEDO. P., VICENTE. J., HÖFLE. U., CASSINELLO. J., RUIZ-FONS. F., GORTÁZAR. C. (2007). Estimation of European wild boar relative abundance and aggregation: a novel method in epidemiological risk assessment. *Epidemiology and Infection*. 135 (3): 519-527
- ALLEPUZ. A., CASAL. J., NAPP. S., SAÉZ. M., ALBA. A., VILAR. M., DOMINGO. M., GONZÁLEZ. M.A., DURAN-FERRER. M., VICENTE. J., ÁLVAREZ. J., MUÑOZ. M., SAÉZ. J.L. (2011). Analysis of the spatial variation of bovine tuberculosis disease risk in Spain (2006-2009). *Preventive Veterinary Medicine*. 100 (1): 44-52.

- ARANAZ. A., DE JUAN. L., MONTERO. N., SÁNCHEZ. C., GALKA. M., DELSO. C., ÁLVAREZ. J., ROMERO. B., BEZOS. J., VELA. A.I., BRIONES. V., MATEOS. A., DOMÍNGUEZ. L. (2004). Bovine tuberculosis (*Mycobacterium bovis*) in wildlife in Spain. *Journal of Clinical Microbiology*. 42 (6): 2602-2608.
- AURTENETXE. O., BARRAL. M., VICENTE. J., DE LA FUENTE. J., GORTAZAR. C., JUSTE. R.A. (2008). DEVELOPMENT AND VALIDATION OF AN ENZYME-LINKED IMMUNOSORBENT ASSAY FOR ANTIBODIES AGAINST *MYCOBACTERIUM BOVIS* IN EUROPEAN WILD BOAR. *BMC Veterinary Research* 4(1): 43. doi: 10.1186/1746-6148-4-43
- BOADELLA. M., ACEVEDO. P., VICENTE. J., MENTABERRE. G., BALSEIRO. A., ARNAL. M., MARTÍNEZ. D., GARCÍA-BOCANEGRA. I., CASAL. C., ÁLVAREZ. J., OLEAGA. Á., LAVÍNS. S., MUÑOZ. M., SÁEZ-LLORENTE. J.L., DE LA FUENTE. J., GORTÁZAR. C. (2011a). Spatio-temporal trends of Iberian wild boar contact with *Mycobacterium tuberculosis complex* detected by ELISA. *EcoHealth*. 8 (4): 478-484.
- BOADELLA. M., LYASHCHENKO. K., GREENWALD. R., ESFANDIARI. J., JAROSO. R., CATA. T., GARRIDO. J.M., VICENTE. J., DE LA FUENTE. J., GORTAZAR. C. (2011b). Serologic test for detecting antibodies against *Mycobacterium bovis* and *Mycobacterium avium* sub-species *paratuberculosis* in Eurasian wild boar (*Sus scrofa scrofa*). *Journal of Veterinary Diagnostic Investigation* 23(1): 77-83.
- CUBERO. M.J., MIRALLES. A., SALES. R., RAYAS. E., CAMACHO. L.N., RODRÍGUEZ. E., ZORRILLA. I., GARCÍA-BOCANEGRA. I., GÓMEZ-GUILLAMÓN. F. (2015). Vigilancia epidemiológica del jabalí (*Sus scrofa*) como reservorio de *Mycobacterium bovis* en ecosistemas mediterráneos de Andalucía. Comunicación a las 33 Récontres GEEFSM, (Balme, Torino, Italia).
- DECRETO 232/2007, de 31 de Julio, por el que se aprueba el Plan Andaluz de Caza y se modifica el Reglamento de Ordenación de la Caza aprobado por Decreto 182/2005, de 26 de julio
- GARCÍA-BOCANEGRA. I., PÉREZ DE VAL. B., ARENAS-MONTES. A., PANIAGUA. J., BOADELLA. M., GORTÁZAR. C., ARENAS. A. (2012). Seroprevalence and risk factors associated to *Mycobacterium bovis* in wild artiodactyl species from southern Spain, 2006–2010 *PLoS ONE* 7(4): e34908
- GARRIDO J. L. (2012). La caza. Sector económico: valoración por subsectores. FEDENCA-EEC, Madrid
- GORTÁZAR. C., FERROGLIO. E., HÖFLE. U., FRÖLICH. K., VICENTE. J. (2007). Diseases shared between wildlife and livestock: a European perspective. *European Journal of Wildlife Research* 53(4) :241-256.
- GORTÁZAR. C., TORRES. M.J., VICENTE. J., ACEVEDO. P., REGLERO. M., DE LA FUENTE. J., NEGRO. J.J., AZNAR-MARTÍN. J. (2008). Bovine tuberculosis in Doñana Biosphere Reserve: the role of wild ungulates as disease reservoirs in the last Iberian lynx strongholds. *PLoS. ONE*. 3(7): e2776.
- GORTÁZAR. C., VICENTE. J., BOADELLA. M., BALLESTEROS. C., GALINDO. R.C., GARRIDO. J., ARANAZ. A., DE LA FUENTE. J. (2011a). Progress in the control of bovine tuberculosis in Spanish wildlife. *Veterinary Microbiology* 151 (1-2):170-178
- GORTÁZAR. C., TORRES. M.J., ACEVEDO. P., AZNAR. J., NEGROS. J.J., DE LA FUENTE. J., VICENTE. J. (2011b). Fine-tuning the space, time, and host distribution of mycobacteria in wildlife. *BMC Microbiology* 11(1):27.

- HERMOSO DE MENDOZA. J., PARRA. A., TATO. A., ALONSO. J.M., REY. J.M., PEÑA. J., GARCÍA-SÁNCHEZ. A., LARRASA. J., TEIXIDO. J., MANZANO. G., CERRATO. R., PEREIRA. G., FERNÁNDEZ-LLARIO. P., HERMOSO DE MENDOZA. M. (2006). Bovine tuberculosis in wild boar (*Sus scrofa*), red deer (*Cervus elaphus*) and cattle (*Bos taurus*) in a Mediterranean ecosystem (1992-2004). *Preventive Veterinary Medicine* 74(2-3): 239-247.
- MARTIN-HERNANDO. M.P., HÖFLE. U., VICENTE. J., RUIZ-FONS. F., VIDAL. D., BARRAL. M., GARRIDO. J., DE LA FUENTE. J., GÓRTAZAR. C. (2007). Lesions associated with *Mycobacterium tuberculosis complex* infection in the European wild boar. *Tuberculosis* 87(4):360-367
- MENG. X.J., LINDSAY D.S. (2009). Wild board as source for infectious diseases in livestock and humans. *Philosophical Transactions of the Royal Society B: Biological Sciences* 364(1530):2697-2707
- Ministerio de Agricultura, Alimentación y Medio Ambiente (MAGRAMA). (2013). Plan Nacional de Vigilancia Sanitaria en Fauna Silvestre.
- MINISTERIO DE AGRICULTURA, ALIMENTACIÓN Y MEDIO AMBIENTE (MAGRAMA). (2015). Programa Nacional de Erradicación de Tuberculosis bovina presentado por España para el año 2015-2016
- MIRALLES. A. (2014). Estudio epidemiológico de la tuberculosis bovina (*Mycobacterium bovis*) en suidos silvestres (*Sus scrofa*) del Parque Natural Sierras de Cazorla, Segura y Las Villas. Tesis Fin de Máster. Departamento de Sanidad Animal. Universidad de Murcia
- MUÑOZ-MENDOZA. M., MARREROS. N., BOADELLA. M., GORTÁZAR. C., MENÉNDEZ. S., DE JUAN. L., BEZOS. J., ROMERO. B., COPANO. M.F., AMADO. J., SÁEZ. J.L., MOURELO. J., BALSEIRO. A. (2013). Wild boar tuberculosis in Iberian Atlantic Spain: a different picture from Mediterranean habitats. *BMC Veterinary Research*. 9 (1):176
- NARANJO. V., GORTÁZAR. C., VICENTE. J., DE LA FUENTE. J. (2008). Evidence of the role of European wild boar as a reservoir of *Mycobacterium tuberculosis complex*. *Veterinary Microbiology*. 127 (1-2): 1-9.
- ORGANIZACIÓN MUNDIAL DE LA SANIDAD ANIMAL (OIE). WAHID. http://www.oie.int/wahis_2/public/wahid.php/Diseaseinformation/statusdetail
- PALMER. M.V. (2013). *Mycobacterium bovis*: Characteristics of Wildlife Reservoir Host. *Transboundary and Emerging Diseases*. 60(1):1-13
- PARRA. A. (2003). Epidemiología de la Tuberculosis en Artiodáctilos salvajes de Extremadura. Tesis doctoral. Departamento de Medicina y Sanidad Animal, Cátedra de patología infecciosa y epidemiología. Universidad de Extremadura. Cáceres
- PARRA. A., GARCÍA. A., INGLIS. N.F., TATO. A., ALONSO. J.M., HERMOSO DE MENDOZA. M., HERMOSO DE MENDOZA. J., LARRASA. J. (2005). An epidemiological evaluation of *Mycobacterium bovis* infections in wild game animals of the Spanish Mediterranean ecosystem. *Research in Veterinary Science* 80 (2):140-146
- RISCO. D. (2014). Caracterización de procesos infecciosos en poblaciones de jabalí del suroeste español. Tesis doctoral. Cátedra de patología infecciosa. Departamento de Sanidad Animal. Universidad de Extremadura.
- ROMERO. B., ARANAZ. A., SANDOVAL. A., ALVAREZ. J., DE JUAN. L., BEZOS. J., SANCHEZ. C., GALKA. M., FERNÁNDEZ. P., MATEOS. A., DOMINGUEZ. L. (2008). Persistence and molecular evolution of *Mycobacterium bovis* population from cattle and wildlife in Doñana National Park revealed by genotype variation. *Veterinary Microbiology*, 132(1-2):87-95.

- SANTOS. N., CORREIA-NEVES. M., GHEBREMICHAEL. S., KALLENIOUS. G., SVENSON. S.B., ALMEIDA. V. (2009). Epidemiology of *Mycobacterium bovis* infection in wild boar (*Sus scrofa*) from Portugal. *Journal of Wildlife Diseases*, 45(4):1048-1061
- SANTOS. N., GERALDES. M., AFONSO. A., ALMEIDA. V., CORREIA-NEVES. M. (2010). Diagnosis of Tuberculosis in the Wild Boar (*Sus scrofa*): A Comparison of Methods Applicable to Hunter-Harvested Animals. *PLoS ONE* 5(9): e12663.
- TODÓ. M. (2013). Estimación de la prevalencia de la tuberculosis bovina (*Mycobacterium bovis*) en los ungulados silvestres (ciervo, gamo y jabalí) en el Parque Natural de las Sierras de Cazorla, Segura y Las Villas (Jaén, España) durante el periodo 1992-2013. Tesis Fin de Máster. Departamento de Sanidad Animal. Universidad de Murcia
- VICENTE. J., HÖFLE. U., GARRIDO. J.M., FERNÁNDEZ-DE-MERA. I.G., ACEVEDO. P., JUSTE. R., BARRAL. M., GORTÁZAR .C. (2007). Risk factors associated with the prevalence of tuberculosis-like lesions in fenced wild boar and red deer in south central Spain. *Veterinary Research* 38 (3): 451-464
- VICENTE. J., BARASONA. A., ACEVEDO. P., RUIZ-FONS. J.F., BOADELLA. M., DIEZ-DELGADO. I., BELTRAN-BECK. B., GONZALEZ-BARRIO. D., QUEIROS. J., MONTORO. V., DE LA FUENTE. J., GORTÁZAR. C. (2013). Temporal Trend of Tuberculosis in Wild Ungulates from Mediterranean Spain. *Transboundary and Emerging Diseases*. 60 (1): 92-103
- WILSON, G., BROUGHAN, J., CHAMBERS, M., CLIFTON-HADLEY, R., CRAWSHAW, T., DE LA FUENTE, J., DELAHAY, R.J., GAVIER-WIDEN, D., GORTÁZAR, C., HEWINSON, G., JACKSON, V., MARTÍN-HERNANDO, M.P., PAZ, M., ALEKSIJA, N., SALGUERO, F.J., VICENTE, J., ALASTAIR, W., MCDONALD, R. (2009). Scientific review on Tuberculosis in wildlife in the EU. 1-117. Technical Report submitted to EFSA. Available: <http://www.efsa.europa.eu/en/supporting/doc/12e.pdf>. Accessed 2011.