



Curso 2014-2015



Universidad de Castilla-La Mancha



Máster en Investigación Básica y Aplicada en Recursos Cinegéticos



ANÁLISIS ECONÓMICO DE LA VACUNACIÓN ORAL FRENTE A TUBERCULOSIS BOVINA

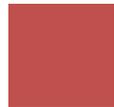
Autor: Mata Sánchez, Álvaro. Alumno Máster en Investigación Básica y Aplicada en Recursos Cinegéticos, Instituto de Investigación en Recursos Cinegéticos (IREC).
alvaromatasanchez@gmail.com

Tutores: Gortázar Schmidt, Christian. SaBio-IREC. christian.gortazar@uclm.es.
Boadella Caminal, Mariana. SABIOtec. mariana.boadella@gmail.com.



SABIO

Sanidad y Biotecnología
Health and Biotechnology



Índice

Resumen	2
Introducción	4
Vacunación	5
El experimento de vacunación en campo	7
Material y métodos	13
Resultados	13
Discusión	26
Conclusiones	27
Agradecimientos	27
Bibliografía	28



Resumen

El incremento en la incidencia de la tuberculosis bovina (TB) en algunos países desarrollados se debe principalmente a la infección de reservorios silvestres, destacando la importancia del jabalí europeo (*Sus scrofa*) como principal reservorio en España. La vacunación oral empleando cebos constituye una prometedora alternativa para el control de la TB.

Las acciones para el control de una enfermedad deben ser económicamente sostenibles. Por lo tanto, el análisis del coste-beneficio en las estrategias de vacunación pasa a ser imprescindible. Es por ello que este trabajo tiene como objetivo principal determinar los costes directos e indirectos asociados a la vacunación oral empleada de forma experimental en jabalí en España. Este análisis económico permitirá definir los costes de la vacunación en relación al impacto económico que conlleva en ganadería el sacrificio obligatorio de los animales afectados con *M. bovis*.

Palabras clave

Tuberculosis bovina; *Mycobacterium bovis*; Jabalí; Vacunación; Economía



Abstract

The incidence increase of bovine tuberculosis (TB) in some developed countries is mainly due to wild reservoirs infections, highlighting the importance of the wild boar (*Sus scrofa*) as main reservoir in Spain. Oral vaccination using baits constitutes a promising alternative for TB control.

Actions to control a disease must be economically sustainable. Therefore, the cost-benefit analysis in vaccination strategies becomes essential. That is why this work has as main objective to identify direct and indirect costs associated with the oral vaccination used experimentally in wild boar in Spain. This economic analysis will define the costs of vaccination in relation to the economic impact of the sacrifice of animals affected with *M. bovis* in livestock.

Keywords

Bovine tuberculosis; *Mycobacterium bovis*; Wild Boar; Vaccination; Economics.



Introducción

La tuberculosis bovina (TB), causada por *Mycobacterium bovis* y otros microorganismos estrechamente relacionados del complejo *Mycobacterium tuberculosis* (MTC) es una enfermedad crónica que causa un enorme impacto socio-económico en ganadería, como consecuencia del sacrificio obligatorio de los animales infectados, las compensaciones por el mismo, el descenso en la producción y las limitaciones en el comercio de los animales y sus productos. Adicionalmente la TB tiene un gran impacto en la gestión cinegética, el bienestar animal y la conservación de la biodiversidad, afectando incluso a la supervivencia de especies en grave riesgo de extinción como el lince ibérico (*Lynx pardinus*) ¹. La principal importancia de la TB resulta de su carácter zoonótico afectando a millones de personas en todo el mundo, principalmente en países en vías de desarrollo donde causa alrededor del 10% de los casos de esta enfermedad en humanos ².

La prevalencia de la TB ha sido reducida en el ganado, obteniéndose su erradicación en muchos países europeos gracias al éxito de las campañas de saneamiento. El aumento en la incidencia de la TB en algunos países desarrollados, como España, se debe en parte al contacto con animales silvestres que actúan como reservorios de *M. bovis* ³. Por este motivo, se han incrementado en los últimos años la vigilancia epidemiológica sobre estos reservorios silvestres y las actuaciones para limitar la prevalencia de la infección.

En Europa se han identificado numerosos animales silvestres que pueden infectarse por el MTC, siendo los principales reservorios el tejón europeo (*Meles meles*) en Reino Unido e Irlanda y el jabalí euroasiático (*Sus scrofa*) en España y Portugal. La prevalencia estimada de la TB en tejones en Reino Unido oscila en diferentes áreas entre el 2% y el 37% ⁴, mientras en Irlanda la prevalencia en cuatro regiones fue de 19% ⁵.

La infección en jabalíes es muy frecuente en Europa y se ha descrito tanto en países libres como no libres de TB. Varias investigaciones han corroborado la infección en Hungría, Croacia, Francia, Alemania, Italia, Portugal, Eslovaquia y

España en la última década. La mayoría de los estudios proceden de países mediterráneos donde la prevalencia de la infección en jabalíes varía entre el 1% y el 52%, hallándose los valores más elevados en el sur de la Península Ibérica ⁶. En España, el jabalí es el principal reservorio de TB debido a la alta densidad de esta especie, su carácter gregario, la posibilidad de consumir carroña tuberculosa, y su capacidad para acceder por las cercas contactando con el ganado ⁷.

La TB en cérvidos se ha descrito en diferentes especies en Estados Unidos, Canadá y Europa. Aunque el reservorio más estudiado es el ciervo de cola blanca (*Odocoileus virginianus*) en América del Norte, en Europa todavía se debate la función de los cérvidos como reservorio de la infección. La prevalencia de la infección en cérvidos en nuestro continente varía según la región entre el 1% y el 27%. En España, la infección se distribuye principalmente en la población silvestre de ciervo (*Cervus elaphus*) y gamo (*Dama dama*) ⁷.

- *Vacunación*

La vacunación para el control de enfermedades en reservorios silvestres se presenta como una alternativa valiosa, más tolerable por la opinión pública que el control poblacional ⁸. De las tres principales herramientas de intervención, es decir, las medidas de bioseguridad, el control poblacional y la vacunación, es probable que sea esta última la que proporcione esperanza en la próxima década. Esto se debe a que las medidas de bioseguridad únicamente favorecen una reducción de la prevalencia de TB en el ganado sin lograr la erradicación del CMT ⁹. Y el sacrificio es considerado como una herramienta de control de la enfermedad no sostenible a largo plazo ¹⁰.

El principal objetivo de la vacunación es reducir la prevalencia de la infección y limitar la excreción de la micobacteria por los reservorios salvajes. La vacunación de jabalíes en cautiverio, con cepas vivas e inactivadas, ha mostrado ser segura y otorgar un nivel significativo de protección con ambas vacunas ^{11, 12}. La captura de animales silvestres para vacunarlos de manera individual es compleja y costosa ¹³, de forma que la vacunación oral empleando

cebos ha sido ampliamente utilizada en fauna silvestre. Por ejemplo en el control de la rabia vulpina ¹⁴, donde dio como resultado el éxito en el control de esta enfermedad en Europa Occidental ¹⁵, además de otras enfermedades como la peste porcina clásica ¹⁶. La vacunación oral constituye una prometedora alternativa también para el control de la TB ¹⁷.

Los programas de vacunación oral requieren una adecuada eficacia en el consumo del cebo por la especie diana, que obedece en gran medida al método de distribución empleado. Los comederos selectivos han de evitar consumos por especies no diana o por jabalíes adultos, ya que la vacunación está dirigida hacia las crías o rayones. Para el éxito del programa vacunal se necesita el desarrollo de unos cebos orales que aseguren sobre el terreno el consumo por la especie objetivo, seguridad, un coste adecuado, y el cumplimiento de las normativas ¹⁸. Se han llevado a cabo programas para vacunar oralmente a tejones (*Meles meles*) en Irlanda y, zarigüeyas (*Trichosurus vulpecula*) en Nueva Zelanda y recientes estudios indican su utilidad para el control de la TB. ^{19, 20}. Sin embargo, en Nueva Zelanda, a pesar del éxito de la vacunación oral en la reducción de la tuberculosis bovina en zarigüeyas en condiciones de campo, el análisis económico determinó que el control poblacional mediante tóxicos sigue siendo la estrategia de control más eficaz contra la enfermedad ²¹. Obviamente, el uso de tóxicos no es una alternativa en Europa.

Los cebos empleados hasta la actualidad están elaborados con una base de cereales, parafina y azúcar que alberga una cápsula en el interior para vehicular la vacuna ²².

Las acciones para el control de una enfermedad deben ser económicamente sostenibles. Por lo tanto, el análisis del coste-beneficio en las estrategias de vacunación pasa a ser imprescindible. Es por ello que este trabajo tiene como objetivo principal determinar los costes directos e indirectos asociados a la vacunación oral empleada de forma experimental en jabalí en España. Este análisis económico permitirá definir los costes de la vacunación en relación al

impacto económico que conlleva en ganadería el sacrificio obligatorio de los animales afectados con *M. bovis*.

A continuación se definen los objetivos específicos de este trabajo: (1) describir el coste real del programa de vacunación oral en jabalí contra la tuberculosis bovina en los hábitats mediterráneos; (2) comparar los costes de vacunas vivas (BCG) con los de la vacuna inactivada de nuevo desarrollo; y (3) evaluación de la relación coste/beneficio (CBB) del programa vacunal oral en reservorios silvestres en el escenario actual de control de la TB del ganado en España. Estos análisis, además, serán útiles también en el caso de que la vacunación o el sacrificio sean considerados en el futuro como una herramienta para el control de enfermedades exóticas como la peste porcina clásica en hábitats mediterráneos.

- *El experimento de vacunación de campo*

El experimento de vacunación comprende un período entre julio de 2012 e invierno de 2015/16. Se lleva a cabo en tres fincas, una de titularidad pública (Figura 1), y las otras dos de titularidad privada, con una superficie total de 9.800 ha. Las fincas se ubican dentro de los Montes de Toledo y presentan una orografía similar con alturas comprendidas entre los 1.000 y 1.200 m. Dentro de las fincas existen puntos de agua, los cuales se asociaron a los puntos de vacunación.



Figura 1. Vista panorámica de la finca de titularidad pública (Autoría A. Mata)

Para llevar a cabo la vacunación fue necesaria la utilización de cebos específicos para vehicular las vacunas orales a la especie de destino, el uso de comederos selectivos (rayoneras), así como el diseño de estrategias apropiadas para su administración en campo. Previamente a la colocación de las rayoneras en el monte se realizó un estudio cartográfico de las fincas para posteriormente ubicarlas en zonas adyacentes a puntos de agua, ya que de esta manera hay una mayor probabilidad de que los jabalíes las localicen.

Para realizar el estudio comparativo, se procedió a la división de la finca de titularidad pública en dos zonas, Norte y Sur. En el caso de las fincas de titularidad privada, al ser colindantes entre sí, también se realizaría dicho estudio de forma comparada. Las fincas presentaban una extensión, orografía y densidad de jabalíes similar ²³.

En el estudio empleamos un modelo de comedero selectivo para rayones diseñado y patentado por el Instituto de Investigación en Recursos Cinegéticos (IREC) con una forma triangular, de una altura comprendida entre 50-60cm (Nº publicación Oficina Española de Patentes y Marcas ES-2385373B1). Los comederos, contruidos con varillas de hierro electro-soldado y fijados al suelo mediante piquetas o pasadores, crean unos espacios internos de aproximadamente 15 cm, lo que permite únicamente el paso a crías de jabalí de hasta 6 meses de edad (Figura 2). No obstante algunas especies no objetivo de pequeño tamaño como zorros, tejones o garduñas pueden penetrar y acceder a los cebos ^{24, 25}.



Figura 2, 3. Comederos selectivos y cebos empleados en el estudio. Se observa el vial con la vacuna en su interior. (Autoría SaBio-IREC)

En la finca de titularidad pública se repartieron uniformemente 15 pares de rayoneras en cada zona, mientras que en las fincas de titularidad privada se repartieron 10 pares de rayoneras en cada finca. En total fueron instalados 100 comederos selectivos para el estudio. Los comederos selectivos se separaron un kilómetro entre sí, mientras que cada rayonera del par se situaba a 100 metros de la otra.

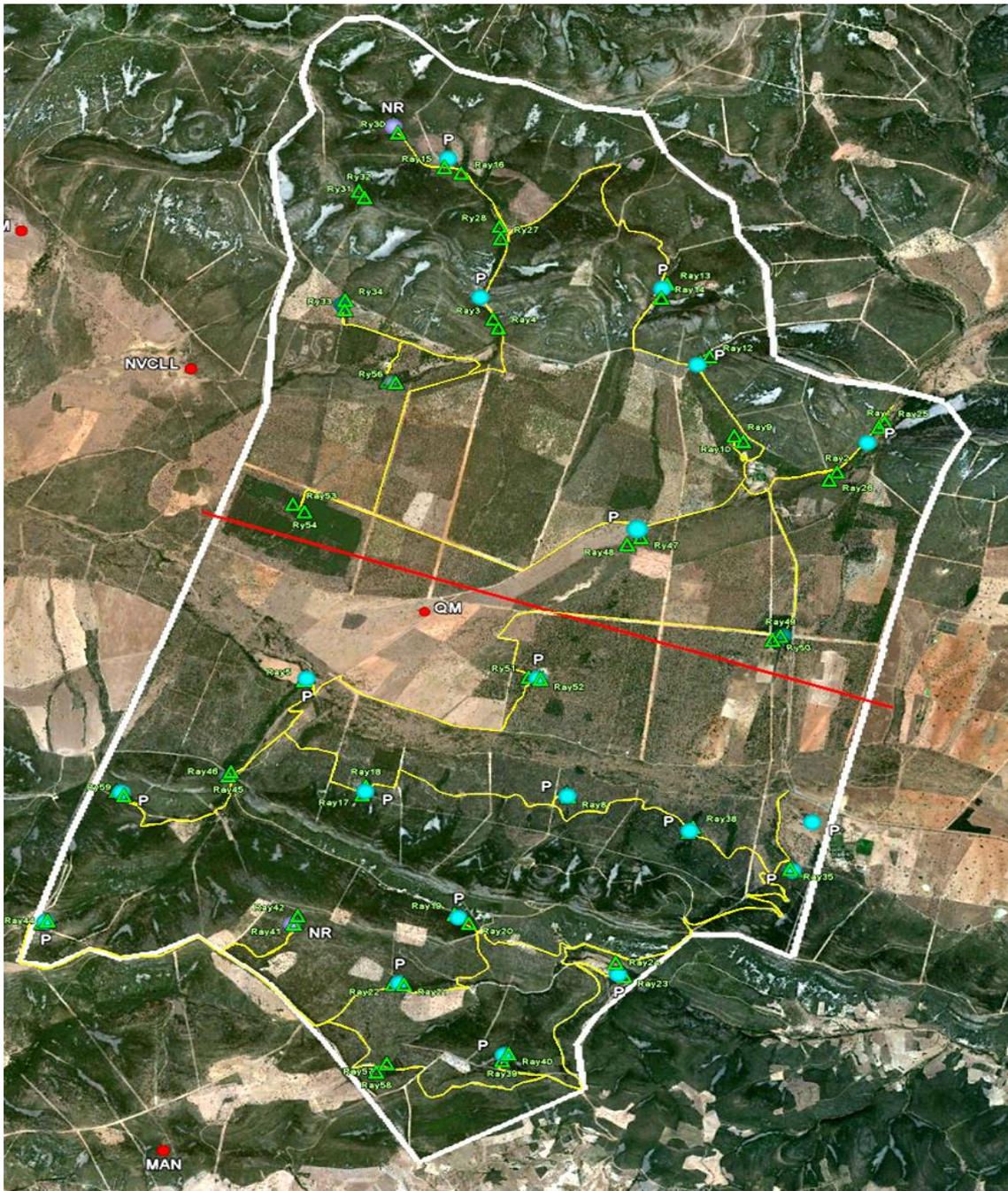


Figura 4. Imagen satélite de la finca de titularidad pública (Autoría SaBio-IREC)

Se empleó un modelo de cebo (Figura 3) que se caracteriza por su forma hemiesférica ($\varnothing 3.4 \times 1.6 \text{ cm}$), estando compuesto por una matriz de pienso de lechón, harina de trigo, parafina, sacarosa y aromatizante de trufa y canela. Los cebos contienen en su interior unas cápsulas de polietileno (vial) donde se encuentra alojada la vacuna ^{11, 22, 24, 25} (Nº publicación Oficina España de Patentes y Marcas ES-2327378A1).

Los citados cebos fueron marcados con ácido iofenóxico en dos formas (etil y metil), lo que permite valorar su consumo por los jabalíes. Los marcadores se pueden detectar en el suero hasta 18 meses después del consumo del cebo ^{26, 27}.

Para favorecer el consumo de los cebos se procedió a realizar un cebado previo en la semana anterior al inicio de la vacunación oral. De esta forma los animales se habitúan a alimentarse en el lugar donde posteriormente se distribuirán los cebos ²⁵.

En la vacunación se emplearon dos tipos de vacunas frente a la tuberculosis para poder comparar la eficacia protectora que confiere cada una de ellas. Las vacunas vivas se elaboraron en VISAVET (Universidad Complutense de Madrid) a partir de la cepa BCG de referencia danesa (CCUG 27863). Las vacunas inactivadas fueron elaboradas por Neiker-Tecnalia (Instituto Vasco de Investigación y Desarrollo Agrario) a partir de una cepa de campo de *Mycobacterium bovis*. Ambas vacunas se alojaron en viales dentro de los cebos. La trituración de los cebos durante su consumo produce la rotura de su base y genera bordes cortantes que producen pequeñas laceraciones en la mucosa oral facilitando así la inmunización ^{11, 12}.

Se procedió a repartir un total de 69120 cebos en los cuatro años de estudio (17280/año). Con la finalidad de mantener la viabilidad de la vacuna viva, cuyo margen de supervivencia es de 25 a 37°C ²², el reparto de los cebos se efectuó a partir de las 19:00 horas, asegurando mediante el uso de termómetros de mediciones múltiples que la temperatura era inferior a 37°C.

Con el objetivo de corroborar la entrada y el consumo de los cebos tanto por la especie diana, como por las diversas especies que cohabitan en la finca, se instaló una cámara de fototrampeo (*NightTrakker NT50 IR*, Uway[®]) por cada par de rayoneras, con una orientación Norte-Sur. Las citadas cámaras fueron programadas para captar tres imágenes consecutivas por cada variación de luz o movimiento (Figura 5).



Figura 5. Imagen captada por la cámara de fototrampeo (Autoría SaBio-IREC)

A las 7:00 del día siguiente a la vacunación, se procedió a estimar el consumo de cebos. Éste se valoró con el recuento de viales vacíos y triturados. (Figura 5). De acuerdo a los conocimientos previos sobre los comportamientos de otros animales, la observación de viales intactos, abiertos sin masticar o la desaparición del cebo, se atribuyó al consumo por especies no objetivo. Este criterio se corrobora en el momento del recuento, visualizando las imágenes de las cámaras de fototrampeo. De igual forma se contaron los cebos no consumidos.



Figura 6. Vial masticado y abierto, como consecuencia del consumo por rayones. (Autoría A. Mata)

Material y Métodos

Para la realización del análisis económico de este estudio se ha llevado a cabo una revisión exhaustiva de la totalidad de las facturas correspondientes al programa vacunal de I + D. En la evaluación comparativa con el coste de la tuberculosis bovina en España se han tenido en cuenta datos oficiales del MAGRAMA y de diferentes cooperativas ganaderas.

Resultados

A continuación se exponen los resultados del análisis de costes del programa vacunal, diferenciando los costes iniciales del proyecto (1º año) y los costes anuales de vacunación:

Tabla 1. Costes iniciales, únicamente necesarios el 1º año

Concepto	BASE IMPONIBLE	IMPORTE (IVA)
Thermomix [®] (VORWERK TM31)	810,17	956
Rayoneras (100 unidades)	3.745	4.419,10
Moldes y envases	585,38	690,75
Termoagitador	328	400
Total	5.468,55 €	6.465,85 €

Justificación: Para la elaboración de los cebos se hace necesario disponer de una Thermomix[®] o similar, y un termoagitador que junto con los moldes y envases darán forma y servirán de almacenamiento para los cebos. Las rayoneras (comederos selectivos) son indispensables para distribuir los cebos en el interior de las mismas.

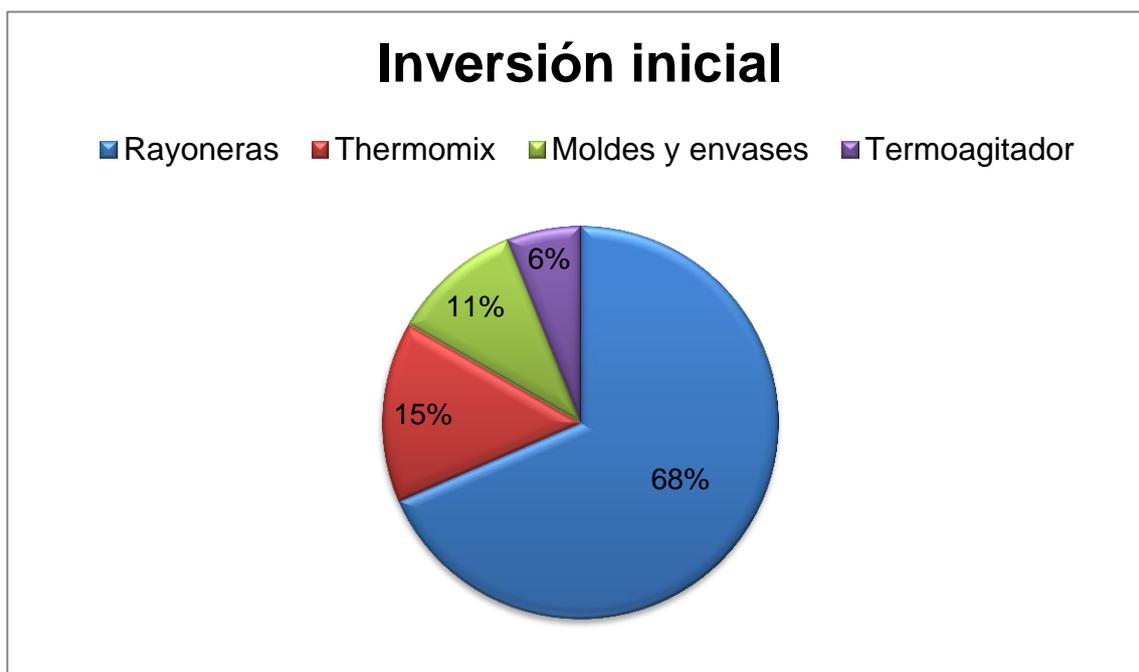


Gráfico 1. Desglose de la inversión inicial

Tabla 2. Costes anuales, necesarios para cada año de vacunación

Concepto	BASE IMPONIBLE	IMPORTE (IVA)
<i>Producción cebos</i>		
Pienso para cebos (160 kg)	60,92	65,79
Parafina (80 kg)	635,60	750
Azúcar, harina y leche condensada (60 + 80 kg)	122,62	131,78
Material laboratorio	2.805,30	3.350,82
Aroma (8 kg) Pedido mínimo de 25 kg*	85,50	95
Total producción cebos	3.709,94 €	4.393,39 €
<i>Vacuna</i>		
Vacuna BCG (6 €/dosis)	51.840	62.726,40
Vacuna inactivada (3 €/dosis)	25.920	31.363,20
Total vacuna	77.760 €	94.089,60 €
<i>Marcado</i>		
Biomarcador 1	9.041,16	9.041,16

Biomarcador 2	1.958,83	1.958,83
Total mercado	11.000 €	11.000 €
	<i>Pre-cebado</i>	
Maíz (11510 kg)	4.568,52	4.753,69
	<i>Material Rayoneras</i>	
Malla, bridas, machos rosca	138,71	163,68
	<i>Material Seguimiento</i>	
Pilas alcalinas	434,60	513,58
Total	97.611,77 €	114.913,94 €

Los costes anteriormente descritos se hacen necesarios para cada año de vacunación; con respecto a la producción de cebos sin biomarcar, el importe ascendería a 3.709,94 €, donde el coste unitario de producción para cada cebo sería de **0,21 €**. La vacuna *M.bovis* BCG tendría un coste de **6€/dosis** presentando una mayor dificultad logística que la vacuna inactivada que sería de **3€/dosis**. Cabe mencionar que el precio de ambas vacunas es aproximado, el cual varía en función de variables no cuantificables en este estudio.

En el proyecto el uso del biomarcador ofrece la posibilidad de identificar aquellos individuos que consuman el cebo, de este modo la producción de cebos biomarcados se encarecería hasta alcanzar un importe de 14.709,94 €, siendo en este caso el coste unitario de producción de **0,85 €**.

Tanto el maíz para el pre-cebado, la malla y las bridas para la restauración de cualquier deterioro efectuado en las rayoneras entre los periodos vacunales, y las pilas para el seguimiento del programa vacunal mediante las cámaras de fototrampeo son costes que habrá que tener en cuenta con periodicidad anual.

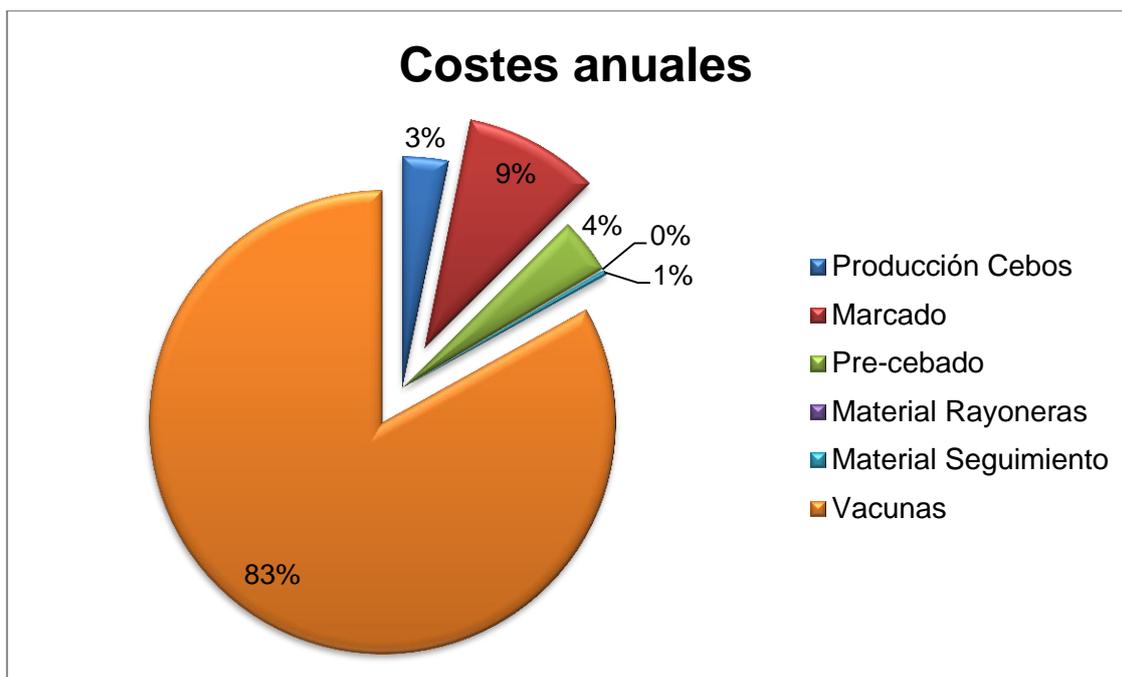


Gráfico 2. Desglose de los costes anuales del programa vacunal

- *Evolución anual de los costes*

Tabla 3. Costes por ha. el primer año de tratamiento

Año 1º	BASE IMPONIBLE	IMPORTE (IVA)
Total Materiales	103.080,32 €	121.379,79 €
Hectáreas Tratamiento (9.800 ha)		
Total € / ha	10,51 €	12,38 €

Tabla 4: Costes por ha. los años posteriores de tratamiento

Años posteriores	BASE IMPONIBLE	IMPORTE (IVA)
Total Materiales	97.611,77 €	114.913,94 €
Hectáreas Tratamiento (9.800 ha)		
Total € / ha	9,96 €	11,72 €

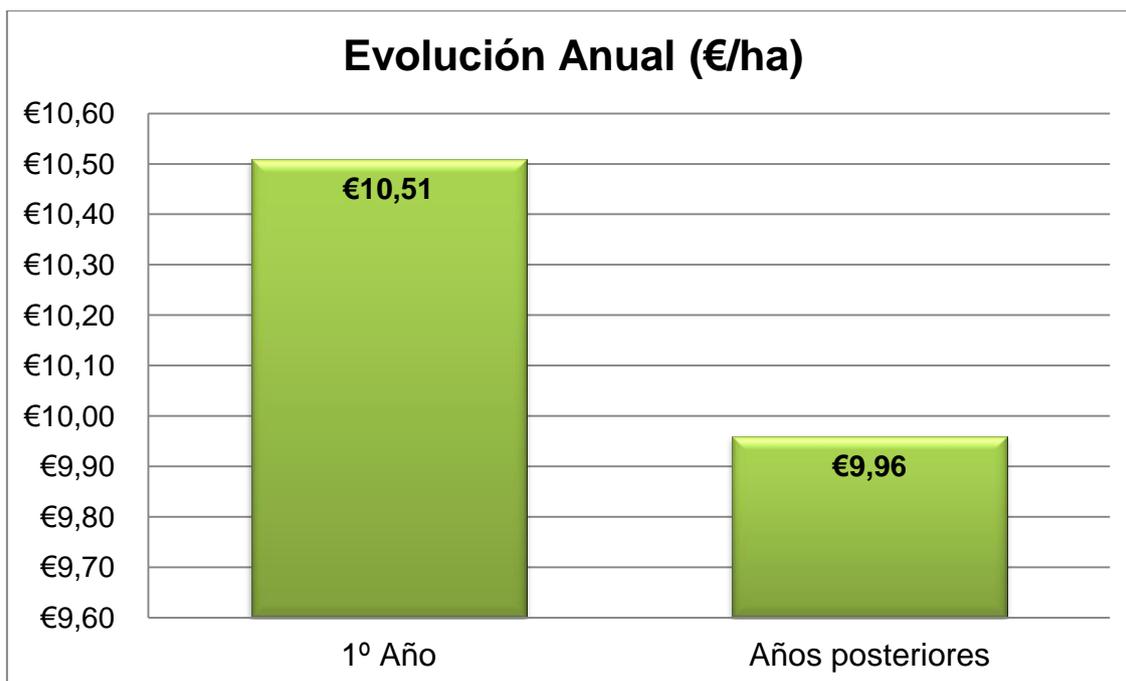


Gráfico 3. Evolución anual de los costes de materiales por ha. de tratamiento

- *Coste anual de vehículos*

Tabla 5. Costes anuales del uso de vehículos para el proyecto

Concepto	UNIDADES	BASE IMPONIBLE	IMPORTE (IVA)
Amortización todo-terreno	3	5.925	7.500
Amortización otros vehículos	2	2.460	3.000
Gasoil automoción (otras actividades)	960 km	149,56	182,40
Gasoil automoción (vacunación)	10.260 km	1.540,02	1.949,40
Reparaciones automóviles		4.738,84	5.998,52
Total		14.813,42 €	18.630,32 €

Justificación: La totalidad de los vehículos son empleados para trabajos de campo en el proyecto, se asume una amortización de los mismos a 10 años con precios del año 2012 y un IVA (impuesto sobre el valor añadido) del 21%. El gasoil de automoción está dividido en los costes propios de la vacunación

(instalación de rayoneras, pre-cebado, reparto de cebos, revisiones de consumo...), y el coste del gasoil utilizado para otras actividades dentro del programa vacunal. En cuanto a las reparaciones de automóviles el coste engloba cambio de ruedas, de motores y de turbo.

- *Coste anual de personal*

Tabla 6. Costes anuales del personal contratado para el proyecto

Concepto	FUNCIONES	UNIDADES	PERIODO	IMPORTE
Personal técnico	Fabricación cebos	7 personas	8 horas / 30 días	12.446,14 €
Personal técnico	Instalación rayoneras	8 personas	5 días	2.370,80 €
Personal técnico	Cebado previo	4 personas	29 días	6.875,32 €
Personal técnico	Vacunación	6 personas	42 días	14.936,04 €
Total				36.628,30 €

Justificación: Se asume que el coste mensual de un técnico es de 1.778,02 €.

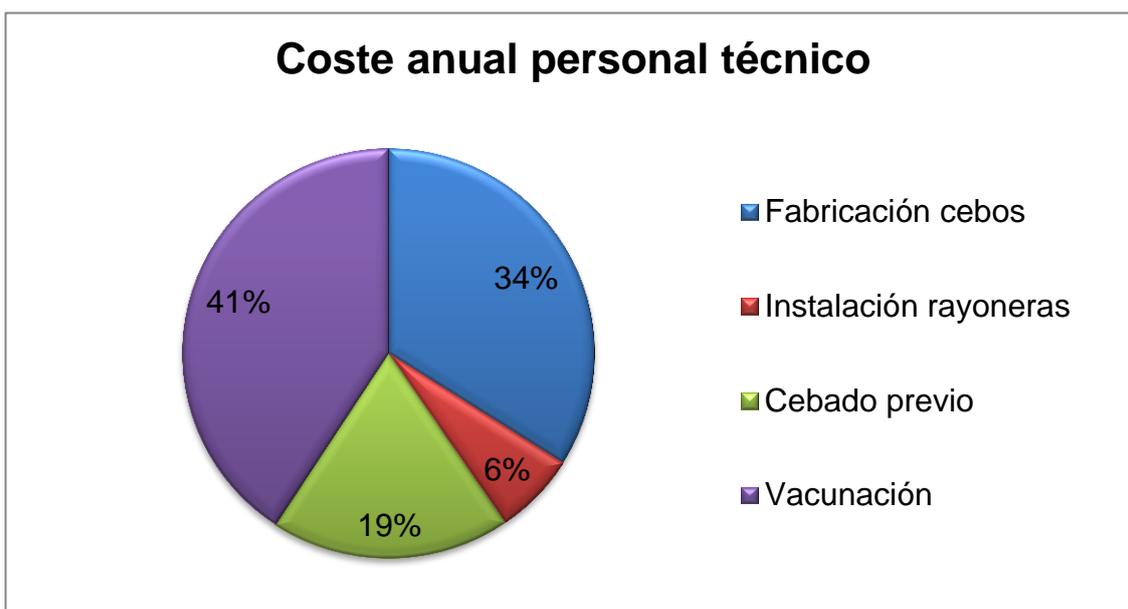


Gráfico 4. Desglose de los costes anuales por personal técnico



- *Otros gastos adicionales*

Tabla 7. Costes de manutención y alojamiento para el personal del proyecto

Concepto	UNIDADES	PERIODO	BASE IMPONIBLE	IMPORTE (IVA)
Manutención	6 personas	24 días	3.240 €	3.600 €
Alojamiento	6 personas	24 noches	3.240 €	3.600 €
Total			6.480 €	7.200 €

Justificación: Tanto los gastos de manutención, como los de alojamiento están calculados en base a los días pernoctados, (24 noches en 6 semanas de vacunación) y los días de manutención en las fincas de tratamiento (24 días en 6 semanas). Se asume un importe medio de 25 € al día por persona para la manutención, y 50 € por noche para 2 personas en el caso de la pernoctación. Asumimos también un IVA (impuesto sobre el valor añadido) del 10%.

- *Costes anuales totales del proyecto*

Es importante señalar que a estos costes anuales totales (tabla 8), habría que sumarle la amortización anual de los costes iniciales del proyecto (costes de inversión), la Thermomix[®], con un coste total de 810,17 € (956 € con IVA) y el termoagitador con un coste total de 328 € (400 € con IVA) tendrían una amortización a 5 años, de forma que el coste anual sería de **227,63 €** (271,20 € con IVA). En caso de los comederos selectivos para rayones, con un coste total de 3.745 € (4.419,10 € con IVA) la amortización sería a 10 años, el coste anual sería por lo tanto de **374,50 €** (441,91 € con IVA). Por último, los moldes y envases con un coste total de 585,38 € (690,75 € con IVA) la amortización sería a 5 años, obteniendo un coste anual de **117,07 €** (138,15€ con IVA).



Tabla 8. Costes anuales totales del proyecto I + D

Concepto	BASE IMPONIBLE	IMPORTE (IVA)
Producción de cebos	3.709,94 €	4.393,39 €
Vacunas	77.760 €	94.089,60 €
Marcado	11.000 €	11.000 €
Pre-cebado	4.568,52 €	4.753,69 €
Material rayoneras	138,71 €	163,68 €
Material seguimiento	434,60 €	513,58 €
Vehículos	14.813,42 €	18.630,32 €
Personal	36.628,30 €	36.628,30 €
Gastos adicionales	6.480 €	7.200 €
Amortización costes iniciales	719,20 €	851,26 €
Total	156.252,69 €	178.223,82 €

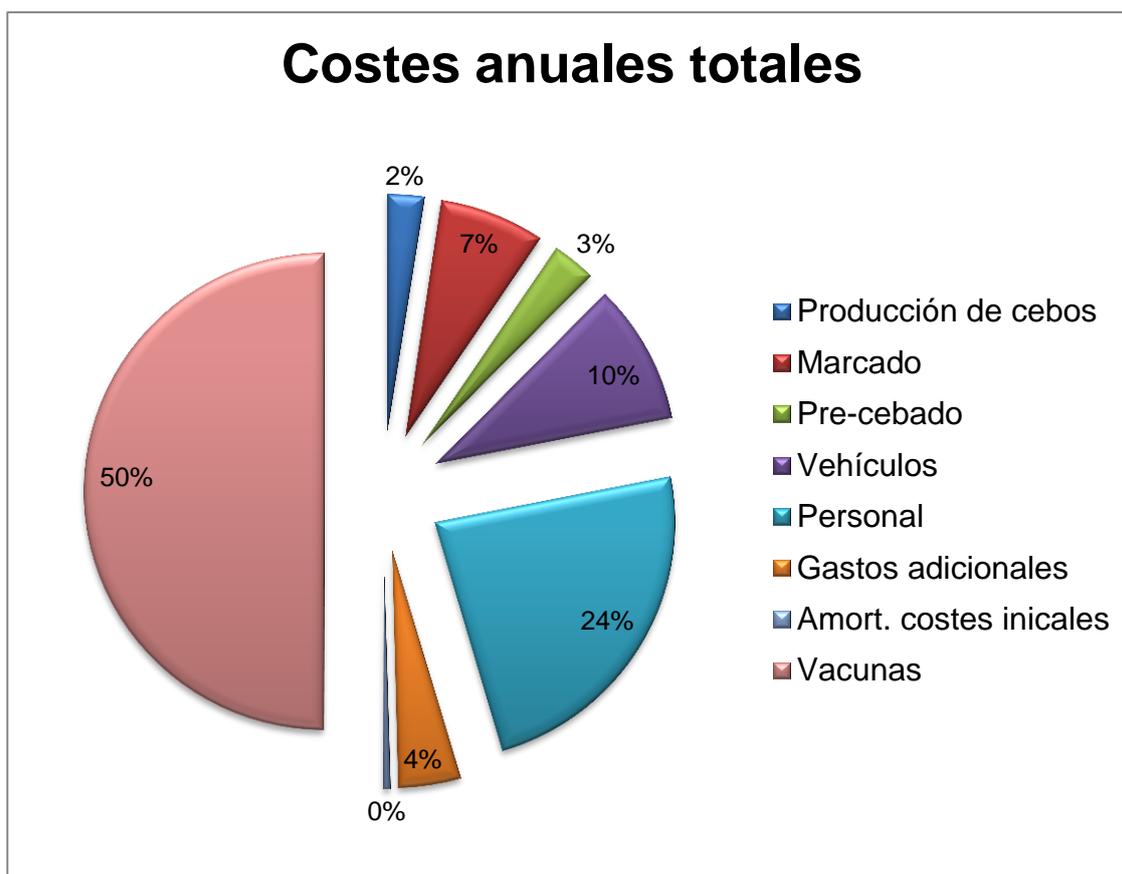


Gráfico 5. Desglose de los costes anuales totales

- *Costes de la vacunación comercial*

Los costes anteriormente descritos para el proyecto vacunal no representarían el coste real de un programa vacunal comercial. Muchos de estos costes serían suprimidos y otros reducidos, de forma, que la vacunación comercial adquiere una marcada simplicidad en comparación con el proyecto de I+D.

Los costes iniciales (costes de inversión) serían imprescindibles para la elaboración, almacenamiento y posterior distribución de los cebos. En cambio, los costes anuales se reducirían notablemente debido a la eliminación de los costes de la vacuna viva *M. bovis* BCG al conferir la vacuna inactivada la misma protección ¹². También se suprimirían los costes derivados del uso del biomarcador y los costes asociados al seguimiento y valoración del consumo como el fototrampeo. Además, los costes de pre-cebado, material de rayoneras y personal técnico serían asumidos en parte por los propietarios de los terrenos a tratar.

Tabla 9. Costes anuales de un programa vacunal comercial

Concepto	BASE IMPONIBLE	IMPORTE (IVA)
Producción de cebos	3.709,94 €	4.393,39 €
Vacuna inactivada	51.840 €	62.726,40 €
Pre-cebado*	4.568,52 €	4.753,69 €
Material rayoneras*	138,71 €	163,68 €
Vehículos	14.043,41 €	17.655,62 €
Personal*	31.649,17 €	31.649,17 €
Amortización costes iniciales	719,20 €	851,26 €
Total	106.668,95 €	122.193,21 €

Justificación: En cuanto a la vacuna *M. bovis* inactivada el precio es de 3 €/dosis, si para una superficie de 9.800 ha se distribuyen 17.280 dosis anuales el coste asciende a **51.840 €**. El coste de personal se reduciría al eliminar el horario de mañana que incluía estimación de consumo y retirada de cebos no consumidos. Asumimos de igual modo que el coste de vehículos también se reduciría por el menor uso de carburante.

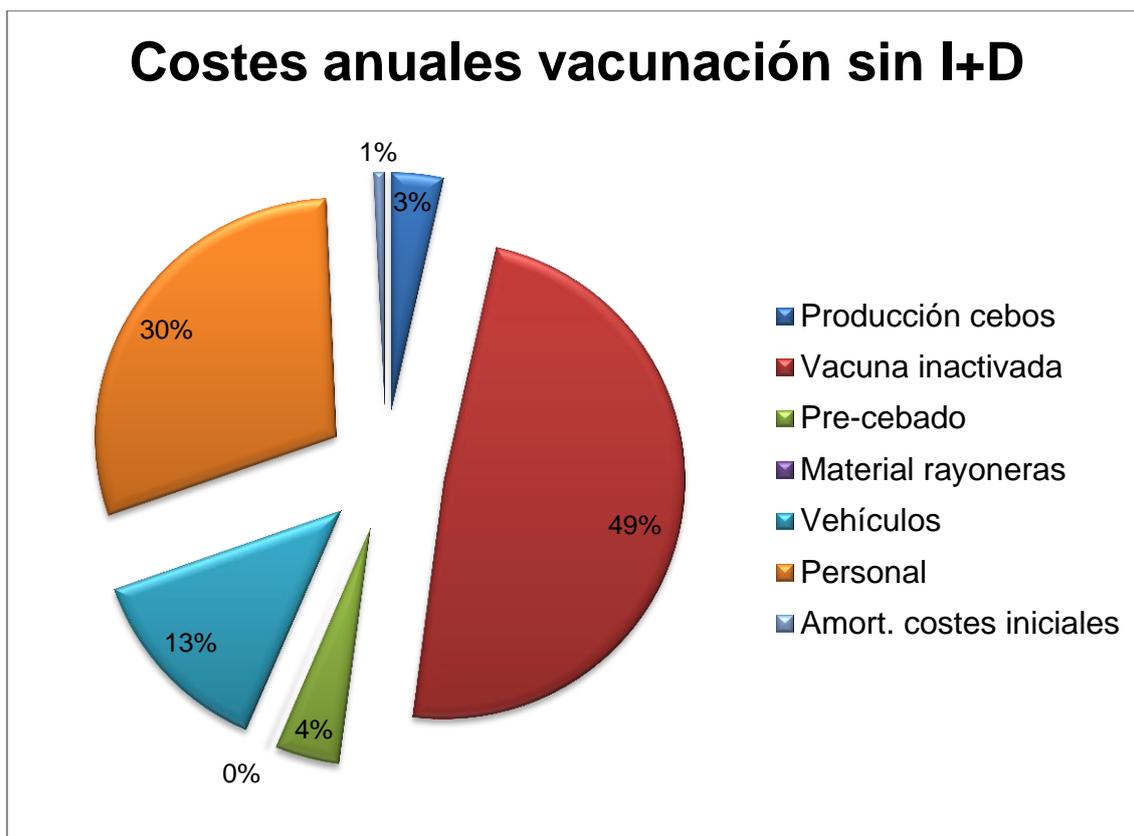


Gráfico 6. Desglose de los costes anuales totales de un programa vacunal sin I+D

- *Comparativa del coste por hectárea entre ambos programas vacunales*

Tabla 10. Costes por ha. de un programa vacunal comercial

Concepto	BASE IMPONIBLE	IMPORTE (IVA)
Total costes	106.668,95 €	122.193,21 €
Hectáreas Tratamiento (9.800 ha)		
Total € / ha	10,88 €	12,40 €

Tabla 11. Costes por ha. de un programa vacunal de I + D

Concepto	BASE IMPONIBLE	IMPORTE (IVA)
Total costes	156.252,69 €	178.223,82 €
Hectáreas Tratamiento (9.800 ha)		
Total € / ha	15,94 €	18,18 €

- *Evaluación de la relación entre el coste de la TB bovina, y el coste de la implementación de un programa vacunal oral*

En una cooperativa ganadera de Andalucía se dispone de información sobre resultados de saneamiento e inspecciones de matadero en los últimos tres años. Sólo en 2014 se sacrificaron por saneamiento 3.628 vacas nodrizas, lo que supuso pérdidas cercanas a **9 millones de euros**. Entre 2013 y 2015 el porcentaje de sacrificios por saneamiento de TB se duplicó, **pasando de 7,4 a 15,4%**. En este contexto, una reducción en tan sólo un 10-15% de la incidencia de TB redundaría en un ahorro de 1 millón de euros, a los que habría que añadir el beneficio intangible de la mejora del estado sanitario en las explotaciones y comarcas veterinarias participantes en el proyecto, así como el efecto positivo sobre la sostenibilidad de los puestos de trabajo asociados.

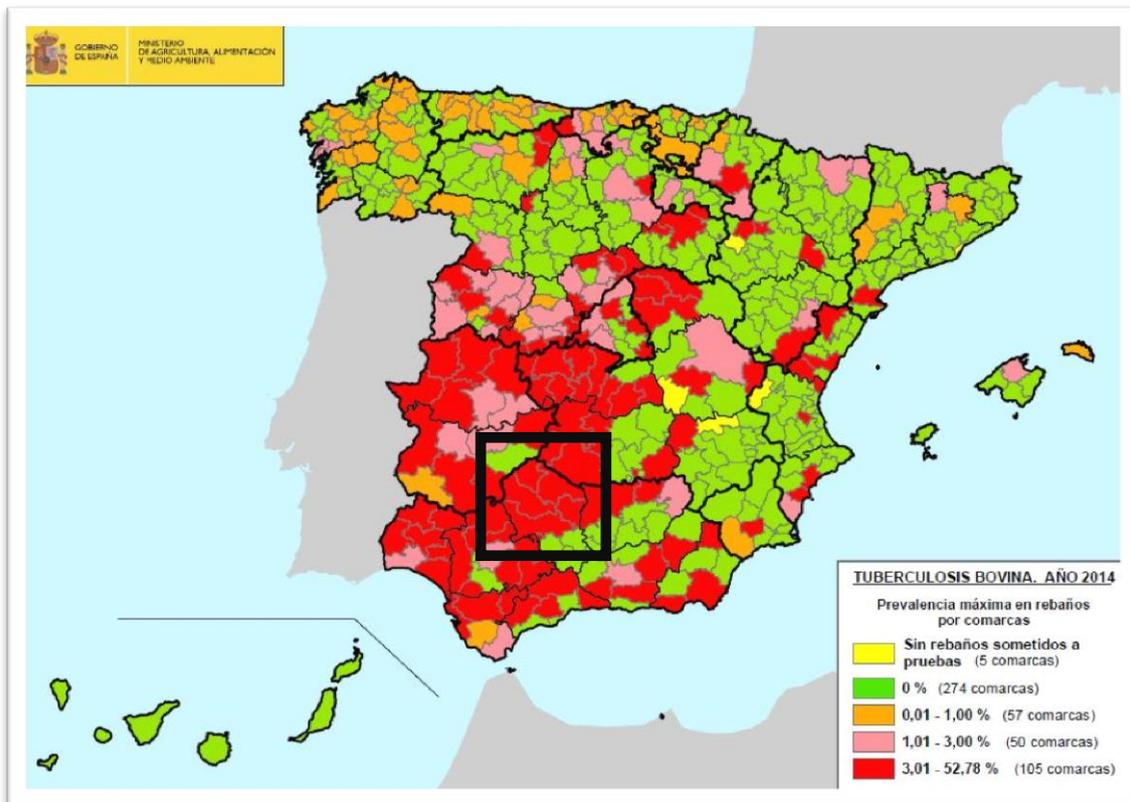
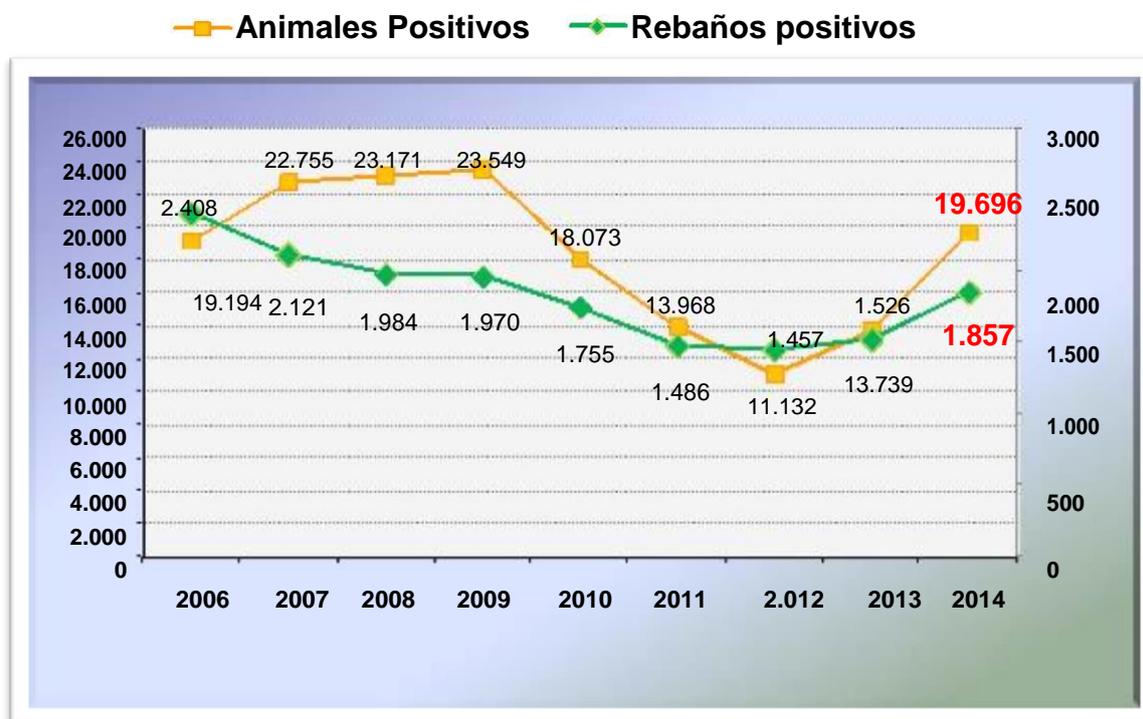


Figura 7. Situación de la TB en bovinos en España, año 2014 (Fuente: MAGRAMA). El marco negro señala el área de influencia de la cooperativa ganadera, donde dominan las comarcas con alta prevalencia.



Tabla 12. Repunte de animales y rebaños positivos en 2014 (Fuente: MAGRAMA)



Si tomamos como ejemplo la comarca de Alcuia, comarca que se ubica dentro de las denominadas de alta prevalencia, tiene aproximadamente unas 20.000 cabezas de ganado vacuno en extensivo en una superficie de 100.000 ha. En estos últimos años el porcentaje de sacrificios por saneamiento de TB ronda el 12%. Si analizamos el coste cuatrienal de una vaca nodriza sacrificada en un saneamiento de TB las pérdidas superan los 2900 € por cabeza.

De esos 2900 €, 1400 € corresponden a las pérdidas por ternero no vendido (467,50 € por ternero/año) ya que la probabilidad de que una vaca nodriza está gestante en el momento del saneamiento es muy alto (85%). Los otros 1400 € se atribuyen al coste de alimentación por nodriza sacrificada y habría que añadir 100-400 € correspondientes al pago nico. El beneficio del sacrificio de una vaca nodriza únicamente se obtiene de la venta de la carne (450 €) y una cuantía de 358 € de media debido a la indemnización por el sacrificio obligatorio de animales afectados en el marco del Programa Nacional de Erradicación de Tuberculosis Bovina.



Gráfico 7. Desglose del coste cuatrienal de una vaca nodriza sacrificada

En total las pérdidas económicas por vaca nodriza sacrificada serían de **2100 €** aproximadamente. Si tenemos en cuenta que el porcentaje de sacrificios por saneamiento de TB en la comarca de Alcuñía ronda el 12% en un censo de 20.000 cabezas, hablaríamos de 2.400 vacas sacrificadas, lo que supone un coste total en la comarca de **5.040.000 €, (50.4 €/ha)**. Lo que se traduce en cinco veces superior al coste de la vacunación comercial.

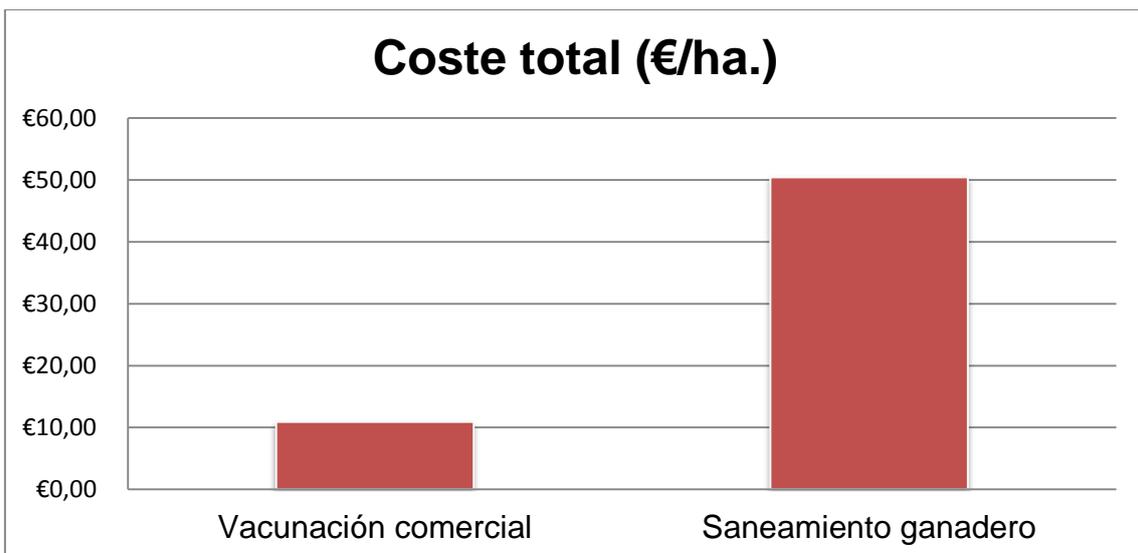


Gráfico 8. Coste comparativo entre la vacunación comercial y el saneamiento ganadero por ha.



Discusión

La importancia de la tuberculosis bovina no sólo radica en su impacto potencial en la salud humana ², sino también en el gran impacto económico que puede generar sobre la productividad de las explotaciones ganaderas.

Se ha estimado que existen alrededor de 50 millones de bovinos infectados con *M. bovis* en todo el mundo lo cual se materializa en unas pérdidas anuales **de 3 billones de €** ²⁸. La tuberculosis bovina reduce la producción de leche en una media del 15-20% de la producción ²⁹, y causa una pérdida gradual de peso del animal de hasta el 15% ³⁰. Además de estas pérdidas habría que tener en cuenta las pérdidas asociadas al decomiso parcial o total de canales en el momento del sacrificio, las pérdidas por la limitación de movimientos y mercados y el coste de las campañas de erradicación, así como el coste del tratamiento de los nuevos casos de tuberculosis humana.

En la relación coste/beneficio de los programas de control de esta enfermedad los principales beneficios para los ganaderos se derivan de la posibilidad de comercializar libremente sus animales, sin limitaciones del movimiento, al tener la explotación libre de la enfermedad posibilitándoles trabajar con un mayor número de operadores comerciales y reforzar la valorización de sus productos ³¹.

Tradicionalmente el control de la tuberculosis se ha basado en la prueba de la intradermotuberculinización (IDTB) y detección del γ -IFN, y el sacrificio de los animales positivos y/o a través de la vigilancia a nivel de matadero. Con esta sistemática se ha conseguido reducir notablemente la prevalencia de la tuberculosis bovina. Sin embargo, no solo no ha sido posible erradicar la enfermedad, sino que la prevalencia se ha estancado, existiendo regiones donde incluso se ha incrementado. Por consiguiente se hace necesario desarrollar nuevas estrategias que ayuden a luchar contra la enfermedad en este contexto. Y la vacunación comercial (**EMDIAR**[®]), en determinadas situaciones epidemiológicas, y teniendo en cuenta los resultados obtenidos se presenta como la mejor alternativa a corto y medio plazo.



Conclusiones

La vigilancia sanitaria de la fauna silvestre es crucial y por muchos esfuerzos que se realicen para la erradicación de enfermedades como la TB, no será posible hasta que exista un control exhaustivo de aquellos animales que actúan como reservorios de las mismas. De este modo, en condiciones de campo, la vacunación oral representa una prometedora alternativa para el control de la tuberculosis bovina, menos costosa en comparación con los métodos oficiales para el control de la tuberculosis.

Deberían seguir realizándose ensayos con jabalíes y con cerdos, en condiciones laborales, a fin de ampliar conocimientos sobre los mecanismos de protección y descubrir posibles sinergias o interferencias entre distintos productos con capacidad inmunógena.

De igual modo habría que evaluar el potencial de *M.bovis* inactivado por calor para el control de la tuberculosis en rumiantes ya que resultados muy preliminares sugieren que la administración oral de micobacterias inactivadas por calor produce respuesta y no interfiere con el diagnóstico, además de suponer un nulo riesgo biológico para su uso en condiciones de campo. Este campo resulta prometedor y exigirá un elevado esfuerzo de I+D en los próximos años.

Por último, sería importante llevar al mercado los resultados obtenidos hasta la fecha, a través del desarrollo de vacunas o inmunoestimulantes, así como de tecnologías para su aplicación y distribución en campo. Muchas de las herramientas son susceptibles de transferencia, implicando de esta forma al sector ganadero y cinegético en la lucha contra la tuberculosis.

Agradecimientos

Aprovecho estas líneas para expresar mi más sincero agradecimiento al Dr. Christian Gortázar y a la Dra. Mariana Boadella por la oportunidad de trabajar en el desarrollo de este trabajo, contando en todo momento con su apoyo y colaboración. También quería agradecer a don José Ramón Montoya y doña

Iratxe Díez por facilitarme los datos necesarios para la elaboración final del trabajo.

Bibliografía

1. Briones, V., de Juan, L., Sánchez, C., Vela, A.I., Galka, M., Montero, N., Goyache, J., Aranaz, A., Mateos, A. y L. Domínguez (2000). Bovine tuberculosis and the endangered Iberian Lynx. *Emerg. Infect. Dis.* 6: 189-191.
2. Cosivi O, Grange JM, Daborn CJ, Raviglione MC, Fujikura T, et al. Zoonotic tuberculosis due to *Mycobacterium bovis* in developing countries. *Emerg Infect Dis.* 1998; 4:59–70.
3. Hope JC, Villarreal-Ramos B. Bovine TB and the development of new vaccines. *Comp Immunol Microbiol Infect Dis.* 2008; 31:77–100.
4. Bourne, F.J., Donnelly, C., Cox, D., Gettinby, G., McInerney, J., Morrison, I. y R. Woodroffe (2007). Bovine TB: The scientific evidence, a science base for a sustainable policy to control TB in cattle, an epidemiological investigation into bovine Tuberculosis. Final Report of the Independent Scientific Group on Cattle TB. Department for Environment, Food and Rural Affairs.
5. Griffin, J.M., Williams, D.H., Kelly, G.E., Clegg, T.A., O'Boyle, I., Collins, J.D. y S.J. More (2005). The impact of badger removal on the control of tuberculosis in cattle herds in Ireland. *Prev. Vet. Med.* 67(4): 237-266.
6. Wilson, G., Broughan, J., Chambers, M., Clifton-Hadley, R., Crawshaw, T., de la Fuente, J., Delahay, R. Gavier-Widen, D., Gortazar, C., Hewinson, G., Jackson, Vicky, Martin-Hernando, M.P., Neimas, A., Salguero, F.J., Vicente, J., Ward, A. y R. McDonals (2009). Scientific review on Tuberculosis in wildlife in the EU. Technical Report submitted to EFSA. CFP/EFSA/AHAW/2008/3.

7. Gortázar C, Torres MJ, Vicente J, et al. Bovine tuberculosis in Doñana Biosphere Reserve: the role of wild ungulates as disease reservoirs in the last Iberian lynx strongholds. *PLoS ONE*. 2008; 3(7) e2776.
8. Delahay RJ, Wilson GJ, Smith GC, Cheeseman CL. Vaccinating badgers (*Meles meles*) against *Mycobacterium bovis*: The ecological considerations. *Vet J*.2003; 166:43–51.
9. Barasona, J. A., VerCauteren, K. C., Saklou, N., Gortazar, C., & Vicente, J. (2013). Effectiveness of cattle operated bump gates and exclusion fences in preventing ungulate multi-host sanitary interaction. *Preventive veterinary medicine*, 111(1), 42-50.
10. Boadella, M., Vicente, J., Ruiz-Fons, F., de la Fuente, J., & Gortazar, C. (2012). Effects of culling Eurasian wild boar on the prevalence of *Mycobacterium bovis* and Aujeszky's disease virus. *Preventive veterinary medicine*, 107(3), 214-221.
11. Ballesteros C, Garrido JM, Vicente J, et al. First data on Eurasian wild boar response to oral immunization with BCG and challenge with a *Mycobacterium bovis* field strain. *Vaccine*.2009; 27(48):6662–6668.
12. Garrido JM, Sevilla IA, Beltrán-Beck B, et al. Protection against tuberculosis in eurasian wild boar vaccinated with heat-inactivated *Mycobacterium bovis*. *PLoS ONE*. 2011; 6(9) e24905.
13. Corner LAL, Costello E, O'Meara D, et al. Oral vaccination of badgers (*Meles meles*) with BCG and protective immunity against endobronchial challenge with *Mycobacterium bovis*. *Vaccine*.2010; 28(38):6265–6272.
14. Brochier B, Aubert MF, Pastoret PP, et al. Field use of a vaccinia-rabies recombinant vaccine for the control of sylvatic rabies in Europe and North America. *Revue Scientifique et Technique*.1996; 15(3):947–970.
15. Schneider, L. G., Cox, J. H., Müller, W. W., & Hohnsbeen, K. P. (1988). Current oral rabies vaccination in Europe: an interim balance. *Review of Infectious Diseases*, 10(Supplement 4), S654-S659.

16. Rossi S, Pol F, Forot B, et al. Preventive vaccination contributes to control classical swine fever in wild boar (*Sus scrofa* sp.) *Veterinary Microbiology*.2010; 142(1-2):99–107.
17. Ballesteros C, de la Lastra JM, de la Fuente J. Recent developments in oral bait vaccines for wildlife. *Recent Patents on Drug Delivery & Formulation*.2007; 1(3):230–235.
18. Vos A, Selhorst T, Schröder R, Mulder J. Feasibility of oral rabies vaccination campaigns of young foxes (*Vulpes vulpes*) against rabies in summer. *European Journal of Wildlife Research*.2008; 54(4):763–766.
19. Tompkins DM, Ramsey DSL, Cross ML, Aldwell FE, De Lisle GW, Buddle BM. Oral vaccination reduces the incidence of tuberculosis in free-living brushtail possums. *Proceedings of the Royal Society B*. 2009; 276(1669):2987–2995.
20. Chambers MA, Rogers F, Delahay RJ, et al. Bacillus Calmette-Guérin vaccination reduces the severity and progression of tuberculosis in badgers. *Proceedings of the Royal Society B*.2011; 278(1713):1913–1920.
21. Livingstone, P. G., Hancox, N., Nugent, G., & de Lisle, G. W. (2015). Toward eradication: the effect of Mycobacterium bovis infection in wildlife on the evolution and future direction of bovine tuberculosis management in New Zealand. *New Zealand veterinary journal*, (ahead-of-print), 1-15.
22. Ballesteros C, Gortázar C, Canales M, et al. Evaluation of baits for oral vaccination of European wild boar piglets. *Research in Veterinary Science*. 2009; 86(3):388–393.
23. Beltrán-Beck, B., Romero, B., Sevilla, I. A., Barasona, J. A., Garrido, J. M., González-Barrio, D., ... & Aranaz, A. (2014). Assessment of an oral Mycobacterium bovis BCG vaccine and an inactivated M. bovis preparation for wild boar in terms of adverse reactions, vaccine strain

survival, and uptake by nontarget species. *Clinical and Vaccine Immunology*, 21(1), 12-20.

24. Ballesteros C, Carrasco-García R, Vicente J, et al. Selective piglet feeders improve age-related bait specificity and uptake rate in overabundant Eurasian wild boar populations. *Wildlife Research*.2009; 36(3):203–212.
25. Ballesteros C, Vicente J, Carrasco-García R, Mateo R, de la Fuente J, Gortázar C. Specificity and success of oral-bait delivery to Eurasian wild boar in Mediterranean woodland habitats. *European Journal of Wildlife Research*. 2011; 57(4):749–757.
26. Ballesteros C, Sage M, Fisher P, et al. Iophenoxic acid as a bait marker for wild mammals: efficacy and safety considerations. *Mammal Review*. In press.
27. Ballesteros C, Camarero PR, Cristòfol C, et al. Analysis by LC/ESI-MS of iophenoxic acid derivatives and evaluation as markers of oral baits to deliver pharmaceuticals to wildlife. *Journal of Chromatography*. 2010; 878(22):1997–2002.
28. Vordermeier, H. M., de Val, B. P., Buddle, B. M., Villarreal-Ramos, B., Jones, G. J., Hewinson, R. G., & Domingo, M. (2014). Vaccination of domestic animals against tuberculosis: Review of progress and contributions to the field of the TBSTEP project. *Research in veterinary science*, 97, S53-S60.
29. Boland, F., Kelly, G. E., Good, M., & More, S. J. (2010). Bovine tuberculosis and milk production in infected dairy herds in Ireland. *Preventive veterinary medicine*, 93(2), 153-161.
30. de Waard, J. H. (2010). ¿Ordeñando micobacterias del ganado?: impacto económico y en salud de tuberculosis bovina y paratuberculosis en Colombia. *Revista MVZ Córdoba*, 15(2), 2037-2040.



31. MAGRAMA (2015). Programa Nacional de Erradicación de Tuberculosis Bovina presentado por España para el año 2015-2016. Fuente: web RASVE, MAGRAMA.