



Facultad de Veterinaria
Universidad Zaragoza



Trabajo Fin de Grado en Veterinaria

Análisis de la evolución temporal y la eficacia del Programa Nacional de
Erradicación de la Tuberculosis Bovina en España

Analysis of the temporal evolution and effectiveness of the National Eradication
Programme of Bovine Tuberculosis in Spain

Autora

Irlanda Bonet Tello

Director

Jesús García Sánchez

Facultad de Veterinaria
2024

ÍNDICE

1. Resumen	2
2. Abstract.....	2
3. Introducción.....	2
4. Justificación y objetivos	3
5. Metodología.....	3
6. Resultados y discusión	4
6.1. Etiología	4
6.2. Epidemiología	4
6.3. Patogenia	5
6.4. Cuadro clínico y lesional	6
6.5. Diagnóstico	7
6.5.1. Diagnóstico basado en la respuesta inmune celular	7
6.5.2. Diagnóstico basado en la respuesta inmune humoral	9
6.5.3. Diagnóstico directo.....	10
6.6. Fauna silvestre	11
6.7. Programa Nacional de Erradicación de la Tuberculosis Bovina en España	12
6.7.1. Objetivos.....	12
6.7.2. Medidas principales del programa.....	13
6.7.3. Población diana	13
6.7.4. Calificación sanitaria de los rebaños	14
6.7.5. Movimientos de animales.....	14
6.7.6. Vigilancia activa	15
6.7.7. Vigilancia pasiva	16
6.7.8. Medidas ante un caso positivo.....	16
6.8. Análisis de la evolución del Programa Nacional de Erradicación de la Tuberculosis Bovina en España (2001-2022).....	17
6.8.1. Prevalencia e incidencia del año 2022.....	17
6.8.2. Evolución de la prevalencia e incidencia nacional (2001-2022).....	19
6.8.3. Evolución de la prevalencia e incidencia por CCAA (2001-2022).....	21
6.8.4. Prevalencia e incidencia según aptitud productiva (2005-2022).....	23
6.8.5. Prevalencia de rebaños por comarcas del año 2022	24
6.8.6. Calificación sanitaria de los establecimientos a nivel nacional.....	26
6.8.7. Clasificación sanitaria oficial por CCAA en la actualidad.....	27
7. Conclusiones.....	27
8. Conclusions	28
9. Valoración personal.....	29
10. Bibliografía.....	29

1. Resumen

La tuberculosis bovina es una enfermedad asociada con la infección por cualquiera de las especies de micobacterias del complejo *Mycobacterium tuberculosis* (MTBC). Esta enfermedad tiene una gran importancia tanto económica como sanitaria y su erradicación es fundamental para garantizar la salud animal y la seguridad alimentaria, además de proteger la salud humana, al tratarse de una zoonosis. A través de este análisis se evaluarán los resultados logrados en la reducción de la prevalencia de la enfermedad mediante la aplicación del Programa Nacional de Erradicación de la Tuberculosis Bovina del Ministerio de Agricultura, Pesca y Alimentación, permitiéndonos determinar la eficacia del mismo.

2. Abstract

Bovine tuberculosis is a disease associated with infection by any of the mycobacterial species of the *Mycobacterium tuberculosis* complex (MTBC). This disease has great economic and health importance and its eradication is essential to guarantee animal health and food security, in addition to protecting human health, as it is a zoonosis. Through this analysis, the results achieved in reducing the prevalence of the disease through the application of the Programa Nacional de Erradicación de la Tuberculosis Bovina of the Ministerio de Agricultura, Pesca y Alimentación will be evaluated, allowing us to determine its effectiveness.

3. Introducción

La tuberculosis bovina es una enfermedad crónica bacteriana de los animales causada por el MTBC, principalmente por *M. bovis*, aunque también puede ser causada por *M. caprae* y, en menor medida, por *M. tuberculosis* (OMSA, 2023). Esta enfermedad además del ganado bovino también afecta a otras especies domésticas y salvajes, así como a la especie humana, considerándose una zoonosis (Thoen et al., 2014). Produce un cuadro subagudo o crónico, pudiendo observarse en los animales pérdida de peso, disnea, aumento del tamaño de los nódulos linfáticos y fiebre (OMSA, 2023).

Además de los problemas de salud humana causados, esta enfermedad ha implicado grandes pérdidas económicas para los ganaderos (Thoen et al., 2014), se estima una caída de un 10-20% de la producción láctea y cárnica en los animales afectados (Bennett et al., 2006),

aunque las restricciones oficiales en el movimiento y venta de animales son responsables de las mayores pérdidas económicas (Mendoza, 2016).

La tuberculosis bovina está presente en todo el mundo aunque no de forma homogénea, presentando la prevalencia más alta África y ciertas zonas de Asia. Algunos países desarrollados, como España, han realizado planes de control con los que han logrado reducir o eliminar esta enfermedad de sus países (OMSA, 2023). Según datos de 2021, en la Unión Europea serían libres de tuberculosis 17 países y habría 10 países no libres de la enfermedad, entre los que se encuentra España (EFSA & ECDC, 2022).

4. Justificación y objetivos

El presente trabajo tiene como objetivo general analizar los resultados obtenidos en el Programa Nacional de Erradicación de la Tuberculosis Bovina en España. En concreto pretendemos:

1. Realizar una revisión sobre la estructura y los componentes del Programa Nacional de Erradicación de la Tuberculosis Bovina en España.
2. Analizar la evolución de la prevalencia e incidencia de rebaños y la incidencia de animales de la infección tuberculosa en los rumiantes.
3. Evaluar la eficacia del mencionado Programa.
4. Analizar los motivos que no han permitido alcanzar los objetivos del Programa.

5. Metodología

En la realización de este trabajo de revisión bibliográfica se han seguido las pautas que aparecen en el curso “Guía de herramientas y pautas para un buen TFG: veterinaria 2023-2024” impartido por la Biblioteca de la Facultad de Veterinaria de la Universidad de Zaragoza.

Se ha utilizado como principal fuente los documentos generados por el Ministerio de Agricultura, Pesca y Alimentación (MAPA) de España en los últimos 20 años. También se ha consultado la información de otros organismos oficiales como la Organización Mundial de Sanidad Animal (OMSA) y la Organización Mundial de la Salud (OMS). Además se han utilizado

PubMed y el buscador Alcorze proporcionado por la Biblioteca de la Universidad de Zaragoza para recopilar más información bibliográfica.

6. Resultados y discusión

6.1. Etiología

El género *Mycobacterium* se clasifica dentro del filo *Actinobacteria*, en la clase *Actinobacteria*, el orden *Actinomycetales* y la familia *Mycobacteriaceae*. Estos microorganismos son bacilos grampositivos, no poseen cápsula ni forman esporas y son intracelulares (Brenner et al., 2005).

Principalmente podemos clasificar las especies de micobacterias en dos grandes complejos, el complejo *Mycobacterium tuberculosis* (MTBC) y el complejo *Mycobacterium avium* (MAC). Todas las especies que pertenecen al complejo MTBC pueden infectar a la especie humana y son *M. tuberculosis*, *M. bovis*, *M. bovis* BCG, *M. microti*, *M. caprae*, *M. pinnipedii*, *M. canetti*, *M. orygis* y *M. mungi* (Cuerda, 2021). Por otro lado, el complejo MAC está compuesto por *M. avium subsp. avium*, *M. avium subsp. silvaticum* y *M. avium subsp. paratuberculosis* (Turenne et al., 2007).

Además de la clasificación mencionada anteriormente, las micobacterias también pueden ser clasificadas según su velocidad de crecimiento. En este sentido, podemos identificar dos grandes grupos: las micobacterias de crecimiento rápido y las micobacterias de crecimiento lento. La distinción entre ambas se basa en la capacidad de las cepas para desarrollar colonias claramente visibles en menos o más de 7 días. Las micobacterias de crecimiento rápido se caracterizan por ser bacterias oportunistas y saprofitas ambientales (Cuerda, 2021).

La supervivencia ambiental de *M. bovis* depende de factores como la temperatura, la humedad, la exposición a la luz solar, la competencia con otros microorganismos y el número inicial de bacterias. Las micobacterias pueden persistir durante varios meses en el suelo y otros materiales, como las heces o el alimento, especialmente en condiciones de frío, oscuridad y humedad. Sin embargo, en ocasiones pueden inactivarse en días o semanas, especialmente cuando se exponen a la luz solar directa, temperaturas más altas y ambientes secos (OMSA, 2019).

6.2. Epidemiología

Mycobacterium bovis tiene la capacidad de infectar no solo a una amplia variedad de especies domésticas, sino también a animales silvestres e incluso a seres humanos (Biet et al., 2005).

Aunque el ganado vacuno es considerado como el principal hospedador, también es capaz de infectar a ovejas, cabras, cerdos, caballos, tejones, jabalís, ciervos o gamos (Balseiro et al., 2015).

Este organismo puede encontrarse en secreciones respiratorias, exudados de lesiones, orina, heces, leche, secreciones vaginales y semen (OMSA, 2019). La vía más común y eficaz de transmisión es la vía aerógena, mediante la inhalación de microaerosoles procedentes de secreciones respiratorias de animales infectados (Menzies et al., 2000). También se considera una fuente importante de infección el contacto directo e indirecto con agua o alimentos contaminados. Además, los terneros pueden infectarse al ingerir calostro o leche de vacas infectadas (Mendoza, 2016). La transmisión cutánea, genital (sexual) y congénita es posible, pero es poco común en el ganado (OMSA, 2019). Al tratarse de una enfermedad crónica de evolución lenta, puede transcurrir un período de meses e incluso años antes de que el animal infectado muestre signos clínicos. Durante este tiempo, un solo animal infectado puede diseminar la bacteria dentro del rebaño sin mostrar signos clínicos. Por lo tanto, el desplazamiento de animales domésticos infectados es una de las principales formas de propagación de la enfermedad (OMSA, 2023).

6.3. Patogenia

La patogenia de la tuberculosis es un proceso complejo que está influenciado por diversos factores entre los que destacan la virulencia de la cepa que causa la infección, la capacidad de respuesta del sistema inmunológico, la dosis recibida y la exposición previa a micobacterias (Morales et al., 2020).

Como he mencionado anteriormente, la vía de entrada más común es a través del sistema respiratorio (Menzies et al., 2000). Una vez que la bacteria ingresa al organismo, las células dendríticas reconocen la bacteria y activan la respuesta inmune celular donde tienen gran importancia las células Th1 (Morales et al., 2020). Estos linfocitos producen la citoquina interferón gamma (IFN- γ) cuya acción principal es la de activar los macrófagos (Arentz et al., 2007). La fagocitosis de la micobacteria por el macrófago asegura su interacción con las células del sistema inmune formando agregados de células inflamatorias que darán lugar a los característicos granulomas tuberculosos. Se produce el “complejo primario” cuando la bacteria llega tanto al órgano principal, normalmente el pulmón, como al nódulo linfático asociado (EFSA & ECDC, 2022). Este complejo puede permanecer latente durante toda la vida del animal o reactivarse debido a una inmunosupresión. En caso de latencia, el animal no presentara síntomas clínicos ya que la respuesta inmune celular lo mantiene bajo control. Sin embargo, si

se reactiva, la bacteria puede diseminarse por vía linfohemática y causar síntomas clínicos (Domingo et al., 2014). Durante esta fase, se puede producir “anergia”, un estado inmunológico donde se produce el agotamiento de la respuesta inmune de base celular, y por tanto, la respuesta mediada por células puede no ser detectable. En este estado, los animales enfermos pueden tener niveles detectables de anticuerpos circulantes, los cuales pueden ser detectados mediante pruebas serológicas. Estas pruebas permiten detectar a animales en etapas más avanzadas de la enfermedad (EFSA & ECDC, 2022).

En resumen, la respuesta celular se activa en las etapas iniciales de la infección y su eficacia se relaciona con la capacidad protectora del organismo frente a la tuberculosis. Esta respuesta es responsable tanto de los mecanismos de defensa como de la cronicidad característica de esta infección. Por otro lado, la respuesta inmune humoral se desarrolla más tarde y se vuelve más intensa a medida que la enfermedad progresa (Figura 1) (Ciaravino, 2018).

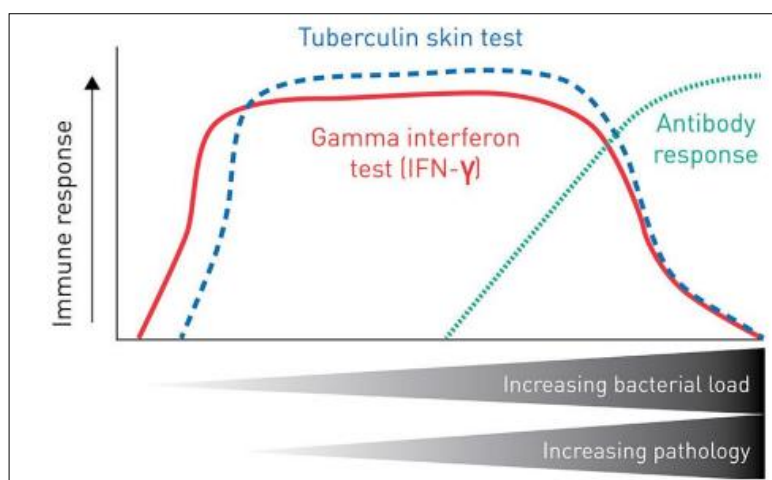


Figura 1. Respuesta del sistema inmunológico a la infección por tuberculosis (Vordermeier et al., 2004).

6.4. Cuadro clínico y lesional

La tuberculosis suele ser una enfermedad crónica y debilitante donde los síntomas pueden tardar meses o incluso años en manifestarse (OMSA, 2019). Los signos clínicos habituales son debilidad, pérdida de apetito y de peso, fiebre fluctuante, disnea y tos seca intermitente, taquipnea, diarrea intermitente y nódulos linfáticos agrandados y prominentes. (OMSA, 2023)

La lesión característica de la tuberculosis es la formación de granulomas. Estos granulomas son de un color amarillento o blanco grisáceo y están cubiertos por una cápsula que puede tener diferentes grosores. Pueden ser de diferentes tamaños y su interior suele ser caseoso, caseo-calcáreo o calcificado. En bovinos u otros animales en los que la vía principal de transmisión es

la inhalación encontraremos estas lesiones principalmente en los pulmones y nódulos linfáticos de la cabeza y tórax. Si la vía de transmisión es la ingestión los localizaremos en órganos abdominales y nódulos linfáticos mesentéricos. Aunque menos común, también pueden verse afectados los huesos, las articulaciones o el sistema nervioso central (OMSA, 2019).

6.5. Diagnóstico

El Programa oficial de erradicación incluye dos tipos de pruebas para el diagnóstico de la tuberculosis: técnicas de detección de la infección y técnicas de confirmación *post mortem*. En el caso de las técnicas de detección de la infección se utilizan pruebas como la intradermotuberculinización (IDTB) y el gamma interferón (IFN- γ) que evalúan la respuesta inmune celular del organismo. Por otro lado, se emplean técnicas de confirmación *post mortem* como el cultivo, la PCR y la histopatología que permiten identificar directamente la presencia de la bacteria causante de la enfermedad. Además, de forma no oficial, también se pueden utilizar técnicas que detectan la respuesta inmune humoral, como ELISA, que detecta la presencia de anticuerpos específicos en la muestra analizada (Bocanegra et al., 2019).

Las pruebas de detección de respuesta celular son útiles para identificar a los animales infectados en una etapa temprana de la enfermedad. A medida que la enfermedad progresa, la respuesta celular tiende a disminuir y la respuesta humoral, que implica la producción de anticuerpos, se vuelve más relevante. En este sentido, el diagnóstico serológico mediante la detección de anticuerpos se vuelve importante para detectar la presencia de la enfermedad en etapas más avanzadas. Es por eso que la inmunidad celular se utiliza en los programas oficiales de erradicación, ya que es más precoz en la detección de la infección, mientras que la detección de anticuerpos sería demasiado tarde en ese contexto (de la Rua-Domenech et al., 2006).

6.5.1. Diagnóstico basado en la respuesta inmune celular

Intradermotuberculinización simple (IDTBS)

La IDTBS es la principal prueba de rutina *in vivo* y se realiza en rebaños con una prevalencia superior al 1% en animales mayores de 6 semanas. Se basa en la detección de la respuesta inmune celular, específicamente en la reacción de hipersensibilidad retardada de tipo IV que ocurre localmente tras la administración intradérmica de un antígeno (PPD bovina) en los animales previamente sensibilizados a dicho antígeno. La IDTBS tiene una alta sensibilidad a

nivel de rebaño pero menor sensibilidad a nivel individual y una alta especificidad (MAPA, 2023).

Se realiza inyectando el antígeno en la piel del cuello, específicamente en la parte anterior de las tablas del cuello. En esa localización se cogerá un pliegue de piel, el cual se medirá con un cutímetro y se registrará el resultado. A continuación, se administrará la dosis del antígeno intradérmicamente. El grosor del pliegue se volverá a medir 72h después de la inyección y se registrará el resultado.

La interpretación se basará tanto en la detección de signos clínicos como en las diferencias entre las mediciones de ambos días, de tal forma que se considerará:

- Una reacción negativa cuando el espesor del pliegue aumente un máximo de 2 mm y haya ausencia de signos clínicos.
- Una reacción dudosa cuando el espesor del pliegue sea superior a 2 mm e inferior a 4 mm junto a la ausencia de signos clínicos.
- Una reacción positiva cuando el espesor del pliegue aumente 4 mm o más o haya presencia de signos clínicos.

Los animales con resultados dudosos serán separados y se les realizará de nuevo la prueba después de un mínimo de 42 días. Si los animales tras esta prueba no obtienen un resultado negativo, se considerarán positivos (VISAVET & MAPA, 2019).

Intradermotuberculinización comparada (IDTBC)

La IDTBC es una prueba de diagnóstico oficial utilizada para diferenciar la tuberculosis bovina de otras infecciones por micobacterias. En la IDTB simple puede haber una falta de especificidad debido a reacciones cruzadas con micobacterias del MAC.

La IDTB comparada se realiza inoculando tuberculina bovina y tuberculina aviar, cada una en un punto distinto de la piel de las tablas del cuello. Antes de realizar la inoculación se deberá medir el grosor de la piel en las zonas indicadas utilizando un cutímetro y registrar el resultado. Posteriormente se inoculará la dosis de forma intradérmica. A las 72 horas de la inoculación se deberá medir nuevamente el espesor del pliegue de la piel.

Los resultados obtenidos se interpretan de la siguiente manera:

- Se obtiene un resultado negativo cuando hay una reacción negativa a la tuberculina bovina o reacción positiva o dudosa a la tuberculina bovina pero igual o inferior a una reacción positiva o dudosa a la tuberculina aviar, y no hay signos clínicos presentes.
- Se obtiene un resultado dudoso cuando hay una reacción positiva o dudosa a la tuberculina bovina y superior en 1 a 4 mm a la reacción a la tuberculina aviar, y no hay signos clínicos presentes.
- Se obtiene un resultado positivo cuando la reacción a la tuberculina bovina es mayor en más de 4 mm a la reacción a la tuberculina aviar, o cuando hay signos clínicos presentes (VISAVET & MAPA, 2019).

Test del gamma interferón (IFN- γ)

Este ensayo *in vitro* se realiza en animales mayores de 6 meses de edad en los que no se haya aplicado la IDTB en los últimos 60 días (VISAVET & MAPA, 2019). La técnica se basa en la detección de linfocitos circulantes sensibilizados a antígenos de las micobacterias en animales infectados. Estos linfocitos, presentes en la sangre, tienen la capacidad de responder *in vitro* a estos antígenos, liberando IFN- γ como parte de su respuesta inmune. En cambio, los linfocitos de animales no infectados no producen una respuesta de IFN- γ (de la Rua-Domenech et al., 2006).

Para llevar a cabo la prueba, se debe recolectar una muestra de sangre completa con heparina, la cual debe ser procesada en un plazo máximo de 8 horas. La muestra se distribuirá en 3 placas y se estimulará con PBS, PPD aviar y PPD bovina. A continuación, las placas se incubarán durante 16-24 horas a una temperatura de 37°C. Finalmente, se utilizará un ensayo de ELISA tipo sándwich para detectar la presencia de IFN- γ en el sobrenadante. La presencia de IFN- γ en la muestra indica infección (VISAVET & MAPA, 2019).

La prueba de IFN- γ , utilizada en combinación con la prueba de la tuberculina, aumenta la sensibilidad en la detección de la infección. Esta prueba es capaz de identificar a una proporción significativa de ganado infectado que podría no ser detectado únicamente mediante la prueba de la tuberculina. Esto se debe probablemente a que la prueba de IFN- γ es capaz de detectar a los animales en una etapa más temprana de la infección en comparación con la IDTB (Pollock et al., 2005).

6.5.2. Diagnóstico basado en la respuesta inmune humoral

El diagnóstico serológico se basa en la detección de anticuerpos producidos como respuesta a la infección por especies del MTBC. Actualmente, se considera una herramienta adicional no

oficial que mejora la sensibilidad del diagnóstico en animales infectados. Este método permite detectar animales anérgicos que obtienen resultados negativos en la prueba de tuberculinización, así como identificar rebaños crónicamente infectados (Casal et al., 2014). Es especialmente útil en animales de manejo difícil, como la fauna salvaje (OMSA, 2022).

La técnica más utilizada es el ELISA basada en la detección de anticuerpos frente a determinados antígenos, siendo el más frecuentemente utilizado la PPD bovina (Amadori et al., 2002). Además, existen otras técnicas como la inmunocromatografía lateral o la FPA. Esta técnica permite el uso de muestras fácilmente obtenibles, como el plasma o la leche (Buddle et al., 2013). Destaca por ser una técnica rápida y de bajo costo, lo que facilita la evaluación de una gran cantidad de muestras en un corto periodo de tiempo.

6.5.3. Diagnóstico directo

Cultivo y PCR

La prueba de referencia o *gold standard* para el diagnóstico de la tuberculosis bovina es el aislamiento de la bacteria mediante el cultivo bacteriológico (OMSA, 2023). El principal inconveniente de esta técnica es que las bacterias son de crecimiento lento y requieren de condiciones especiales para ser cultivadas. El tiempo necesario para que las micobacterias se desarrollen suele ser de 6 a 8 semanas a una temperatura de 37°C, aunque puede alargarse a 12 semanas para maximizar la sensibilidad y evitar falsos negativos (OMSA, 2022).

Para aislar el microorganismo en animales positivos con lesiones compatibles es necesario tomar una muestra de la lesión de los linfonodos y de los órganos parenquimatosos afectados. En caso de no encontrarse lesiones compatibles, se debe tomar el linfonodo mediastínico y al menos los linfonodos de 4 de las 5 localizaciones siguientes: cabeza (retrofaríngeo y mandibular), cavidad torácica (mediastínico y bronquial), miembro torácico (cervical superficial o preescapular), cavidad abdominal (mesentérico y hepático) y glándula mamaria (supramamarios) (MAPA, 2021).

Una vez obtenidas las muestras se deben someter a un proceso de descontaminación, como NaOH o antibióticos, para eliminar la flora bacteriana asociada que pueda desarrollarse más rápidamente enmascarando el desarrollo de las micobacterias. Para su cultivo se pueden utilizar diferentes medios, como el agar Middlebrook o el medio Lowenstein-Jensen. Para identificar la especie de micobacteria y su posterior caracterización molecular, se puede utilizar la técnica de la PCR (OMSA, 2022).

Histopatología

El estudio histopatológico nos permite evaluar las lesiones asociadas con la tuberculosis. Para su realización se utiliza la tinción de Hematoxilina-Eosina sobre los cortes histológicos. Primero se visualizará la preparación a pocos aumentos para observar la estructura general de los tejidos en busca desde granulomas hasta zonas de caseificación y/o calcificación. Posteriormente con un aumento de x40, se identificará el tipo de células presentes en los granulomas identificados previamente a menor aumento, permitiendo distinguir entre células polimorfonucleares (neutrófilos y eosinófilos) y células mononucleares (linfocitos y monocitos-macrófagos).

En el diagnóstico diferencial se deberá tener en cuenta otras enfermedades que presenten lesiones piogranulomatosas, por lo que para completar el diagnóstico será necesario observar la presencia de micobacterias o sus antígenos dentro de las células histiocitarias y/o en áreas de caseificación. Para esto último se realizará la tinción Ziehl-Neelsen o la técnica de Inmunohistoquímica, siendo esta última más sensible al amplificar la señal obtenida mediante el uso de anticuerpos específicos (MAPA, 2024b).

6.6. Fauna silvestre

La tuberculosis se mantiene en sistemas multi-hospedadores donde actúan tanto especies domésticas como el bovino, ovino o caprino, como especies silvestres como el jabalí, ciervo, gamo o tejón (MAPA, 2017). Según un estudio, el mayor riesgo para el ganado bovino es el propio ganado bovino (un 73% de los casos), mientras que la fauna silvestre estaría involucrada en el 22% de los casos (Guta et al., 2014). Por lo tanto, el control de la tuberculosis debe abarcar a todas las especies animales involucradas, tanto domésticas como silvestres.

Para el control de la fauna silvestre se ha desarrollado el Plan de Acción sobre Tuberculosis en Especies Silvestres (PATUBES). Este plan identifica 3 áreas clave de intervención para su control:

- Bioseguridad y medidas preventivas, que incluyen aspectos como mejoras en la bioseguridad de explotaciones ganaderas, medidas preventivas en granjas cinegéticas y traslados de fauna silvestre, buenas prácticas cinegéticas y gestión de residuos de caza.
- Control poblacional, que puede lograrse mediante la reducción del suministro de alimentos, control de la población y eliminación selectiva.
- La inmunización de reservorios silvestres.

La vacunación ofrece beneficios significativos en comparación con otros métodos de control, ya que es no destructiva, sostenible y generalmente bien recibida por el público. Aunque todavía se encuentra en fase experimental, se reconoce como una herramienta valiosa para disminuir la prevalencia de la infección. La vacunación contra la MTBC se basa en un enfoque diferente al de otras vacunas, ya que se busca reducir el cuadro lesional en lugar de prevenir la infección. La forma más efectiva de administrarla es a través de cebos orales, lo que permite alcanzar a poblaciones silvestres en extensas áreas geográficas (MAPA, 2017).

Hasta el momento, los estudios realizados han mostrado resultados prometedores. Por ejemplo, en Reino Unido está registrada la vacuna BCG para tejones, la cual ha demostrado resultados positivos al reducirse en un 56% la incidencia de rebaños después de 4 años de aplicación (Birch et al., 2024). Tanto la administración intramuscular como oral de esta vacuna han producido reducciones significativas en el número y severidad de las lesiones, así como en la carga bacteriana. También se han realizado pruebas en los ecosistemas mediterráneos con la vacuna BCG y vacunas con cepas de *M.bovis* inactivadas por calor para el jabalí, obteniendo resultados positivos con tasas de protección elevadas, lo que resulta muy prometedor para disminuir la prevalencia de la enfermedad en diferentes áreas (MAPA, 2019).

6.7. Programa Nacional de Erradicación de la Tuberculosis Bovina en España

6.7.1. Objetivos

El objetivo del Programa es la erradicación de la enfermedad y para ello es necesario cumplir una serie de requisitos:

- La incidencia de rebaños no debe superar el 0.1% en los últimos 3 años.
- Al menos un 99.8% de los rebaños deben mantener la calificación de oficialmente libre en los últimos 3 años.
- Durante los últimos 3 años, se debe incluir en la vigilancia la búsqueda de lesiones compatibles durante la inspección *ante y post mortem* de todos los bovinos sacrificados.

Se establece como objetivo lograr la erradicación en el año 2030, lo que implica no superar el 0.1% de incidencia de rebaños en todo el país en ese año. Para alcanzarlo, se han establecido unos objetivos intermedios que consisten en una reducción anual, desde el año 2021 hasta el año 2030, de al menos el 20% de la prevalencia e incidencia de rebaños en comparación con los datos obtenidos dos años antes, como se muestra en la Figura 2 (MAPA, 2023).

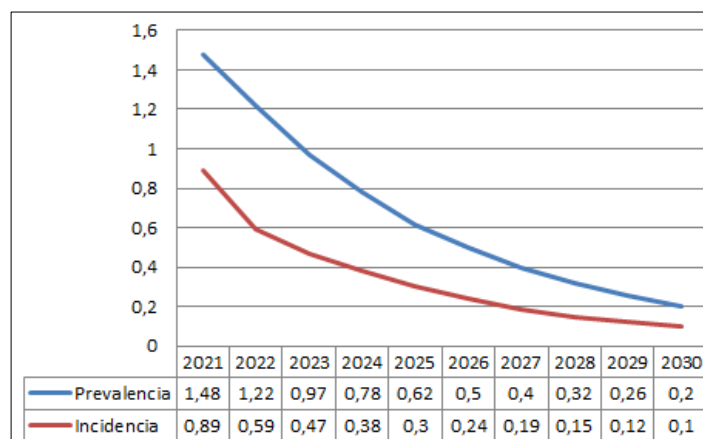


Figura 2. Objetivos de prevalencia e incidencia de rebaños desde 2021 a 2030 (MAPA, 2023).

6.7.2. Medidas principales del programa

Las principales medidas del Programa Nacional de Erradicación de 2023 del MAPA son:

- 1) Se llevarán a cabo pruebas diagnósticas para evaluar y mantener la clasificación sanitaria. En animales mayores de 6 semanas se utilizará la IDTB simple de forma rutinaria y en casos excepcionales, si la autoridad lo precisa, la IDTB comparada. En animales mayores de 6 meses se podrá utilizar el gamma interferón en paralelo con la IDTB en rebaños infectados a los que se les haya retirado la calificación.
- 2) Todos los animales que resulten positivo o la autoridad competente así lo considere deberán ser sacrificados.
- 3) En los rebaños donde se detecten animales positivos se implementarán medidas preventivas y se llevará a cabo un riguroso control de la reposición y los movimientos.
- 4) Se realizarán controles previos a los movimientos de animales con el fin de proteger la salud de los rebaños libres de la infección.
- 5) Siguiendo las pautas establecidas en el Plan de Actuación sobre Tuberculosis en Especies Silvestres (PATUBES) se tomarán acciones para controlar los reservorios silvestres.
- 6) Se impartirán cursos de formación a nuevos veterinarios y se ofrecerán cursos de actualización para aquellos veterinarios que hayan realizado el curso hace más de 3 o 5 años.
- 7) Se llevará a cabo el Protocolo de vigilancia de canales en mataderos.
- 8) Se realizará el Control Oficial sobre las actuaciones de los veterinarios de campo.

6.7.3. Población diana

El programa se implementará en todos los establecimientos que posean animales de la especie bovina, ya estén destinados a reproducción, producción de carne, leche u otros productos, o bien al trabajo, certámenes o exposiciones. Aquellos establecimientos que aún no estén

clasificados deberán ser gradualmente integrados en el programa, con el objetivo de que para el año 2030 al menos el 99.8% de todos los establecimientos del país hayan alcanzado la calificación T3. Este programa también abarca a los rebaños caprinos que tengan una relación epidemiológica con rebaños de ganado bovino.

El programa se complementa con el Plan de Actuación sobre Tuberculosis en Especies Silvestres (PATUBES), el cual tiene como objetivo llevar a cabo la vigilancia y el control de la tuberculosis en la fauna silvestre (MAPA, 2023).

6.7.4. Calificación sanitaria de los rebaños

Según el RD 2611/1996, del 20 de diciembre, por el que se regulan los programas nacionales de erradicación de enfermedades en animales, los establecimientos se califican en:

- Establecimientos T1: establecimientos que carecen de registros de los antecedentes clínicos y de la respuesta a la prueba de la tuberculina.
- Establecimientos T2: establecimientos donde se dispone de registros de los antecedentes clínicos y de la respuesta a la prueba de la tuberculina, y en las que se realizan pruebas para elevar la calificación al tipo T3. Un establecimiento bovino clasificado como T2 se considera negativo cuando todos los animales susceptibles de ser examinados por su edad han superado al menos una de las pruebas diagnósticas. Por otro lado, un establecimiento bovino clasificado como T2 se considera positivo cuando al menos un animal susceptible de ser examinado por su edad, no se le han realizado todas las pruebas diagnósticas establecidas o no las ha superado.
- Establecimientos T3: establecimientos que han sido oficialmente declarados libres de tuberculosis.
- Establecimientos TS: establecimientos T3 que han sido temporalmente suspendidos de su calificación sanitaria.
- Establecimientos TR: establecimientos T3 que han perdido su calificación sanitaria.
- Establecimientos T3H: establecimientos que han mantenido la calificación T3 de forma continua e interrumpida durante al menos los últimos 3 años.

6.7.5. Movimientos de animales

Se deberá realizar pruebas a los animales 30 días antes del movimiento. Para ello, se podrá utilizar la prueba de la IDTBS en animales mayores de 6 semanas y la prueba del interferón gamma en animales mayores de 6 meses. En casos excepcionales donde no sea posible mover a los animales en ese plazo, la prueba puede ser válida hasta 45 días. Las pruebas también

podrían llevarse a cabo después del movimiento siempre y cuando los animales queden en aislamiento hasta obtener el resultado negativo y en un plazo máximo de 45 días.

Se llevarán a cabo pruebas de forma aleatoria y basadas en el nivel de riesgo en los 90 días siguientes al movimiento. En cada Comunidad Autónoma, se controlarán todos los traslados cuya situación sanitaria lo precise, así como al menos un 10% de los desplazamientos con destino a establecimientos de reproducción o producción que no sean cebaderos (MAPA, 2023).

6.7.6. Vigilancia activa

Como se ha explicado anteriormente, el Programa oficial de erradicación incluye dos tipos de pruebas para el diagnóstico de la tuberculosis: técnicas de detección de la infección y técnicas de confirmación *post mortem*. En el caso de las técnicas de detección de la infección se utilizan pruebas como la IDTB y el gamma interferón que evalúan la respuesta inmune celular del organismo.

En las Comunidades Autónomas declaradas como Oficialmente Libres o con una prevalencia del 0% (Murcia, País Vasco, Asturias, Galicia, Baleares, Canarias y Cataluña), se podrá ampliar el intervalo entre las pruebas ordinarias a 2 años. Además, estas regiones implementaran un programa de vigilancia para mantener este estatus. En caso de detectarse un rebaño positivo, se llevará a cabo el vacío sanitario.

En las Comunidades Autónomas con una prevalencia inferior al 1% o de baja prevalencia (Cantabria, Aragón y Navarra), los establecimientos clasificados como T3H podrán extender el período entre las pruebas de mantenimiento a 2 años. Los establecimientos clasificados como T3, deberán realizar como mínimo 1 análisis por año en todos los animales, mientras que los establecimientos T2 y TR deberán realizar al menos 2 análisis al año. En los rebaños T3H se permite el uso tanto de la IDTBS como de la IDTBC, bajo el criterio de la autoridad competente. En los rebaños T3 se deberá utilizar la IDTBS. Además, en caso de detectarse un rebaño positivo en comarcas con una prevalencia del 0%, se llevará a cabo un vaciado sanitario.

En las Comunidades Autónomas con una prevalencia de rebaño mayor al 1% o de alta prevalencia (Castilla La Mancha, Valencia, Madrid, Extremadura, Castilla y León, La Rioja y Andalucía) se aplicarán diferentes protocolos según el nivel de prevalencia:

- Para los rebaños T3 se utilizará la IDTBS con una interpretación estándar.

- En las CCAA con una prevalencia del 1 al 2%, se empleará la IDTBS con una interpretación severa, donde un animal dudoso se considera positivo si hay otros animales positivos en el rebaño.
- En aquellas CCAA con una prevalencia superior al 2%, se realizará la IDTBS con una interpretación severa, donde un animal dudoso se considera positivo si hay otros animales positivos en el rebaño.
- Para los rebaños T2/TR, se requieren un mínimo de 3 análisis al año hasta alcanzar la categoría T3. En este caso, se utiliza la IDTBS con interpretación extrasevera, donde un animal dudoso siempre se considera positivo (MAPA, 2023).

6.7.7. Vigilancia pasiva

El sistema de vigilancia en granja es complementado con un sistema de vigilancia en matadero, donde se inspeccionarán todas las vísceras y canales destinadas al consumo humano. Este sistema de vigilancia permite detectar casos que previamente no habían sido diagnosticados con las pruebas *in vivo*, y también confirmar la infección en animales positivos en pruebas *in vivo*. Es importante tener en cuenta que la ausencia de lesiones visibles no descarta la posibilidad de infección ya que las lesiones iniciales pueden ser muy pequeñas.

Las autoridades deberán en un plazo máximo de 2 días comunicar los posibles casos de tuberculosis detectados por el Servicio Veterinario Oficial durante la inspección *post mortem* de los animales sacrificados. La Unidad Veterinaria Local correspondiente a la procedencia de los animales deberá ser notificada y proceder a suspender la clasificación T3 del establecimiento de origen en un plazo no superior a 7 días (MAPA, 2023).

6.7.8. Medidas ante un caso positivo

En caso de detectarse un caso positivo, se retirará el estatus de libre de enfermedad al establecimiento afectado. En los establecimientos clasificados como T3 o T3H, donde se retire esa calificación, se procederá al sacrificio de los animales positivos y se tomarán muestras para el diagnóstico etiológico de MTBC. Si el número de animales positivos es alto, se tomarán preferentemente las muestras en aquellos que presenten lesiones compatibles. Si ninguno de los animales presenta lesiones, se realizará la toma de muestras de todos los animales que sean positivos.

Los animales que den positivo serán sacrificados lo antes posible, y como máximo 15 días después de notificar los resultados de las pruebas al propietario. El sacrificio se realizará en un matadero autorizado de la misma Comunidad Autónoma del establecimiento infectado,

preferiblemente en la provincia donde se encuentra. Después del sacrificio, los animales muertos y los subproductos de origen animal serán trasladados a centros especializados para su eliminación y transformación.

La introducción de nuevos animales en estos establecimientos solo se permitirá cuando los bovinos mayores de seis semanas que permanezcan en el lugar hayan obtenido un resultado negativo en al menos una prueba. Sin embargo, se podría autorizar de forma excepcional la entrada de animales si se considera que su actividad se verá gravemente afectada y siempre y cuando las condiciones epidemiológicas sean seguras para ello (MAPA, 2023).

6.8. Análisis de la evolución del Programa Nacional de Erradicación de la Tuberculosis Bovina en España (2001-2022)

A continuación se analizará la evolución de la tuberculosis en España desde el año 2001 hasta el año 2022 basándose en:

- La prevalencia de rebaños: porcentaje de rebaños positivos sobre el total de rebaños en un periodo determinado (anual).
- La incidencia de rebaños: porcentaje de nuevos rebaños positivos sobre el total de rebaños en un periodo determinado (anual).
- La incidencia de animales: porcentaje de nuevos animales positivos en una población en un periodo determinado (anual).
- La calificación de los establecimientos, explicado anteriormente en el punto 6.7.5.

6.8.1. Prevalencia e incidencia del año 2022

CCAA	Número de rebaños controlados	Número de rebaños positivos	Número de nuevos rebaños positivos	Número de rebaños diezmadados	Rebaños positivos diezmadados (%)	Indicadores		
						Cobertura de rebaños (%)	Rebaños positivos (%) Prevalencia del periodo en rebaños	Nuevos rebaños positivos (%) Incidencia en rebaños
ANDALUCÍA	6.160	405	192	7	1,73	95,80	6,57	3,12
ARAGÓN	3.248	5	2	0	0	99,39	0,15	0,06
ASTURIAS	13.653	12	9	5	41,67	100,00	0,09	0,07
BALEARES	529	0	0	0	0	94,09	0,00	0,00
CANARIAS	689	0	0	0	0	100,00	0,00	0,00
CANTABRIA	6.268	24	23	0	0	100,00	0,38	0,37
CASTILLA LA MANCHA	2.472	177	67	0	0	99,36	7,16	2,71
CASTILLA Y LEÓN	15.893	329	221	21	6,36	100,00	2,07	1,39
CATALUÑA	4.799	3	2	0	0	100,00	0,06	0,04
EXTREMADURA	10.142	406	258	1	0,25	94,32	4,00	2,54
GALICIA	28.734	2	2	1	50	98,93	0,01	0,01
LA RIOJA	295	20	11	0	0	100,00	6,78	3,73
MADRID	1.256	30	21	1	3,33	100,00	2,39	1,67
MURCIA	329	0	0	0	0	100,00	0,00	0,00
NAVARRA	1.535	3	3	0	0	100,00	0,20	0,20
PAÍS VASCO	4.892	0	0	0	0	100,00	0,00	0,00
VALENCIA	607	6	4	0	0	100,00	0,99	0,66
TOTAL 2022	101.501	1.422	815	36	2,53	99,10	1,40	0,80
TOTAL 2021	96.411	1.424	862	70	4,96	99,54	1,48	0,89

Figura 3. Prevalencia e incidencia de rebaños del año 2022 (MAPA, 2022).

Como se puede observar en la Figura 3, en el año 2022 se controlaron 101.501 rebaños de los cuales 1.422 fueron positivos, obteniendo una prevalencia de rebaños del 1.40%. En contraste, en el año 2021 se controlaron 96.411 rebaños de los cuales 1.424 rebaños fueron positivos, obteniendo una prevalencia de rebaños del 1.48%. Por tanto, si comparamos la prevalencia de rebaños de 2021 a 2022 encontramos un descenso del 5.4%.

En el año 2022 de los 1.422 rebaños positivos, 815 (57%) fueron nuevos rebaños infectados que el año anterior habían sido negativos, obteniendo una incidencia de rebaños del 0.80%. En el año 2021 de los 1.424 rebaños positivos, 862 (61%) fueron nuevos rebaños infectados que el año anterior habían sido negativos, obteniendo una incidencia de rebaños del 0.89%. Por tanto, si comparamos la incidencia de rebaños de 2021 a 2022 encontramos un descenso del 10.11%.

Respecto a la prevalencia de rebaños por Comunidades Autónomas, encontramos que las Comunidades de Castilla La Mancha (7.16%), La Rioja (6.78%) y Andalucía (6.57%) obtuvieron los peores resultados comparado con las comunidades de Baleares, Canarias, Murcia y País Vasco que consiguieron el 0%. En cuanto a la incidencia de rebaños, podemos observar de nuevo que las Comunidades de La Rioja (3.73%), Andalucía (3.12%) y Castilla La Mancha (2.71%) obtuvieron los peores resultados comparado con las comunidades de Baleares, Canarias, Murcia y País Vasco que consiguieron el 0%.

CCAA	Número de animales sometidos a pruebas	Número de animales sometidos a pruebas individualmente	Número de animales positivos	Sacrificio		Indicadores	
				Número de animales que han dado resultados positivos, sacrificados o desechados	Número total de animales sacrificados	Cobertura de animales (%)	Animales positivos (%) Prevalencia en animales
ANDALUCÍA	520.865	515.912	4.798	4.750	6.036	98,10	0,92
ARAGÓN	150.171	150.171	86	86	87	35,59	0,04
ASTURIAS	353.831	353.831	180	180	659	100,00	0,05
BALEARES	11.123	11.123	0	0	2	100,00	0,00
CANARIAS	20.549	9.544	0	0	0	100,00	0,00
CANTABRIA	256.873	256.873	79	77	217	100,00	0,03
CASTILLA LA MANCHA	220.538	220.538	1.859	1.859	1.874	99,80	0,84
CASTILLA Y LEÓN	1.138.660	1.138.660	2.651	2.651	4.892	84,93	0,23
CATALUÑA	253.572	253.528	63	63	63	99,92	0,03
EXTREMADURA	955.838	955.838	3.144	3.123	5.543	99,52	0,33
GALICIA	357.677	357.677	4	3	842	90,38	0,00
LA RIOJA	26.257	26.257	448	448	448	69,80	1,71
MADRID	74.297	74.297	298	298	452	100,00	0,40
MURCIA	22.431	22.431	0	0	0	100,00	0,00
NAVARRA	99.058	99.058	31	31	308	100,00	0,03
PAÍS VASCO	84.484	84.484	0	0	7	100,00	0,00
VALENCIA	30.739	30.739	93	93	93	100,00	0,30
TOTAL 2022	4.576.963	4.560.961	13.714	13.662	21.523	89,47	0,30
TOTAL 2021	5.272.139	5.246.168	13.517	15.677	22.920	98,74	0,26

Figura 4. Incidencia de animales del año 2022 (MAPA, 2022).

Como se puede observar en la Figura 4, en el año 2022 se realizaron pruebas individuales a 4.560.961 animales de los cuales resultaron positivos 13.714, obteniéndose una incidencia de animales del 0.30%. En contraste, en el año 2021 se realizaron pruebas individuales a 5.246.168 animales de los cuales resultaron positivos 13.517, obteniéndose una incidencia de

animales del 0.26%. Si comparamos los dos años, observamos que aun habiéndose analizado menos animales en 2022 se detectaron más casos positivos, lo que se refleja en un incremento de la incidencia de animales del 13.33%.

En cuanto a la incidencia de animales por Comunidades Autónomas, podemos observar que La Rioja (1.71%), Andalucía (0.92%) y Castilla La Mancha (0.84%) son las Comunidades con la incidencia de animales más elevada. Por otra parte encontramos las Comunidades de Canarias, Baleares, Galicia, Murcia y País Vasco, las cuales han conseguido el 0% de incidencia de animales.

6.8.2. Evolución de la prevalencia e incidencia nacional (2001-2022)



Figura 5. Evolución de la prevalencia de rebaños de 2001 a 2022 (MAPA, 2024a).

Como se puede observar en la Figura 5, la prevalencia de rebaños ha experimentado cambios significativos a lo largo de los años. Desde el 2001 hasta el 2005, hubo un descenso del 46%, el cual fue seguido por un ligero aumento del 8% en el 2009 respecto a 2005. Posteriormente, en el 2011, la prevalencia bajó nuevamente un 19% respecto a 2009. En el año 2013 se observó un aumento considerable alcanzando valores en 2015 similares a los del inicio en 2001 (2.81%); esta última subida se debe a cambios en los métodos diagnósticos, detectándose animales positivos que anteriormente no eran detectados. A partir del 2015, se produce un descenso de la prevalencia hasta llegar al 1.40% en el 2022.

En resumen, en estos 21 años se ha conseguido reducir la prevalencia de rebaños en un 50%. Sin embargo, el objetivo de prevalencia de rebaño establecido por el Programa de erradicación para el 2022 era del 1.22%, por lo que no se ha alcanzado la meta deseada.



Figura 6. Evolución de la incidencia de rebaños y animales de 2003 a 2022 (MAPA, 2022).

Como se puede observar en la Figura 6, la incidencia de rebaños ha mostrado cambios significativos a lo largo de los años. Entre 2003 y 2006 se registró un descenso del 20.75%. De 2006 a 2010 se alternaron un año de subida con otro año de bajada, resultando en una incidencia similar en 2006 y 2010. Hasta 2013 se observó un leve aumento, seguido de un marcado incremento en 2015 alcanzando valores de 2.02 (un 48% más que al inicio), debido al cambio en los métodos diagnósticos mencionado previamente. Posteriormente, la incidencia fue descendiendo y en 2022 se situó en un 0.8% (un 60% menos), con un pico en 2018 durante este descenso.

En cuanto a la incidencia en animales, se observa que hubo un descenso del 47% entre los años 2001 a 2005. Posteriormente en 2007, hubo un aumento del 37% respecto a 2005. Entre el año 2007 y 2013 se produjo un nuevo descenso del 47%. En el año 2015, debido al cambio en los métodos diagnósticos, la incidencia volvió a cifras similares a las de 2001 con un 0.55% (un aumento del 49%). Posteriormente, se produjo un descenso hasta el año 2021, consiguiendo el mínimo histórico al alcanzar el 0.26%. El último año de registro la incidencia volvió a aumentar, llegando al 0.30% en 2022.

En el año 2003 la prevalencia de rebaños fue de un 2.14% y la incidencia de rebaños de un 1.06%, lo que significa que el 49.5% de los rebaños positivos fueron negativos el año anterior. En el año 2022 la prevalencia de rebaños fue de un 1.4% y la incidencia de rebaños un 0.8%, lo que significa que un 57.1% de los rebaños positivos fueron negativos el año anterior. Por lo tanto, a pesar de la reducción de la prevalencia y la incidencia de rebaños a lo largo de los años, la transmisión a otros rebaños no se ha logrado controlar.

En resumen, se ha conseguido reducir la incidencia de rebaños en un 26% y la incidencia de animales un 50% en los últimos 19 años. A pesar de ello, el objetivo de incidencia de rebaños

establecido por el Programa de erradicación para el 2022 es del 0.59%, por lo que no se ha alcanzado la meta deseada.

6.8.3. Evolución de la prevalencia e incidencia por CCAA (2001-2022)

CCAA	PREVALENCIA REBAÑO																					
	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022
ANDALUCÍA		9,65	8,47	6,73	5,32	5,76	4,15	5,80	8,94	8,54	6,16	5,69	5,94	11,51	17,24	17,10	12,34	9,83	7,58	6,43	6,57	6,57
ARAGÓN		3,14	2,75	2,03	1,56	1,96	3,65	0,75	0,70	1,22	1,62	1,38	0,71	0,58	0,81	0,60	0,49	0,28	0,28	0,43	0,12	0,15
ASTURIAS		0,32	0,22	0,24	0,18	0,17	0,24	0,22	0,21	0,18	0,14	0,19	0,20	0,21	0,28	0,17	0,08	0,05	0,09	0,09	0,12	0,09
BALEARES		0,92	1,02	0,65	0,65	0,22	0,21	0,00	0,00	0,17	0,00	0,40	0,60	0,41	0,60	0,00	0,00	0,31	0,00	0,00	0,00	0,00
CANARIAS		0,34	1,05	2,40	1,00	0,36	0,37	0,24	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
CANTABRIA		1,00	1,34	1,41	1,16	1,05	2,25	1,57	0,91	0,78	0,74	0,89	0,88	0,70	1,38	0,83	0,50	0,54	0,49	0,47	0,69	0,38
CASTILLA LA MANCHA		7,69	3,36	7,19	7,02	7,71	9,51	11,62	10,27	7,11	5,35	3,54	3,33	7,21	7,63	7,84	10,35	20,67	14,94	10,97	8,96	7,16
CASTILLA Y LEÓN		5,10	5,66	3,78	3,37	5,11	4,16	3,71	2,75	2,62	2,57	2,66	2,88	2,22	1,93	1,87	1,63	1,43	1,41	1,41	1,34	2,07
CATALUÑA		1,93	1,74	1,78	1,70	1,65	1,08	0,85	0,83	0,59	0,81	0,25	0,04	0,16	0,32	0,30	0,18	0,16	0,04	0,04	0,06	0,06
EXTREMADURA		7,45	5,95	5,57	4,05	4,84	3,74	3,37	3,78	3,04	3,11	3,29	4,53	4,62	12,23	12,96	9,75	8,45	6,65	5,32	4,33	4,00
GALICIA		0,52	0,43	0,46	0,31	0,20	0,19	0,11	0,22	0,28	0,19	0,21	0,12	0,11	0,08	0,05	0,02	0,05	0,03	0,03	0,02	0,02
LA RIOJA		2,05	2,70	2,76	1,31	0,72	0,70	1,45	0,75	1,14	0,38	0,36	0,37	0,72	2,81	3,86	2,11	1,79	6,55	5,84	4,00	6,78
MADRID		3,69	3,92	1,99	2,58	2,59	3,41	5,72	5,54	5,45	7,22	6,13	4,51	3,55	3,86	3,04	2,69	2,92	2,44	2,32	2,76	2,39
MURCIA		5,79	1,48	7,59	4,46	4,96	8,05	3,29	3,51	1,59	0,33	1,40	1,84	0,94	1,66	2,90	1,23	0,30	0,00	0,00	0,00	0,00
NAVARRA		0,52	0,82	0,36	0,38	0,27	0,33	0,40	0,30	0,67	0,65	0,30	0,66	0,67	0,50	0,64	0,69	0,39	0,32	0,38	0,19	0,20
PAÍS VASCO		0,06	10,17	0,22	0,64	0,19	0,14	0,20	0,57	0,37	0,33	0,25	0,17	0,25	0,16	0,17	0,09	0,00	0,00	0,05	0,00	0,00
VALENCIA		12,47	5,56	2,63	2,16	1,61	0,14	1,41	1,38	3,84	1,94	1,55	2,88	3,06	2,73	1,99	4,00	4,12	2,79	2,06	1,18	0,99
TOTAL	2,81	2,24	2,14	1,80	1,52	1,76	1,63	1,59	1,65	1,51	1,33	1,31	1,39	1,72	2,81	2,87	2,32	2,28	1,90	1,61	1,48	1,40

Figura 7. Evolución de la prevalencia de rebaños en las CCAA de 2001 a 2022 (MAPA, 2024a).

En cuanto a la prevalencia de rebaños por Comunidades Autónomas, se puede observar en la Figura 7 que en todas, menos La Rioja, ha habido un descenso en estos últimos 21 años. En el periodo entre los años 2016 y 2022 podemos encontrar en verde las cifras que supusieron una mejora y en rojo las que supusieron un empeoramiento en comparación con los datos del año anterior. Algunas Comunidades como Baleares y Canarias lograron alcanzar un 0% de prevalencia de rebaños hace varios años. En Canarias esta cifra se mantiene desde 2009, mientras que en Baleares se ha mantenido en 0% desde 2008 a pesar de pequeños aumentos intermitentes a lo largo del tiempo. Otras Comunidades, como Murcia y el País Vasco, también han logrado alcanzar un 0%. Las Comunidades de Aragón, Asturias, Cantabria, Cataluña, Galicia, Valencia y Navarra han tenido, a pesar de pequeños incrementos puntuales, una mejora en sus cifras desde 2016 consiguiendo una prevalencia de rebaños próxima al 0%. Madrid y Extremadura también han mejorado sus cifras desde 2016 obteniendo en 2022 una prevalencia de rebaños del 2.39% y 4% respectivamente.

Por otra parte encontramos La Rioja, la cual ha estado empeorando sus cifras, alcanzando una prevalencia de rebaños del 6.78% en 2022, a pesar de haber logrado un 0.36% en 2012. Junto a la Rioja, las Comunidades con peores cifras de prevalencia de rebaños actualmente son Andalucía (6.57%) y Castilla La Mancha (7.16%). Ambas han tenido una evolución favorable desde 2016, aunque hay que destacar un incremento que sufrió Castilla La Mancha en el año 2018 con un valor del 20.67%. En Castilla y León se logró un descenso desde 2016 (1.87%) hasta 2021 (1.34%), sin embargo, en este último año se ha producido un incremento alcanzando un 2.07%.

En general los mejores datos actuales los presentan las Comunidades de Canarias, Baleares, Murcia y País Vasco con un 0% de prevalencia de rebañs. Por el contrario, los peores datos actuales los presentan las Comunidades de Castilla La Mancha (7.16%), La Rioja (6.78%), Andalucía (6.57%) y Extremadura (4%).

CCAA	INCIDENCIA DE REBAÑS																					
	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022		
ANDALUCÍA	4.82	3.71	3.62	1.76	2.65	2.92	6.83	5.08	4.01	4.59	3.36	7.72	11.53	9.05	4.66	3.99	3.05	2.70	3.22	3.12		
ARAGÓN	0.94	0.71	1.47	1.27	2.92	0.30	0.61	0.59	1.06	0.72	0.39	0.15	0.61	0.43	0.39	0.22	0.25	0.25	0.09	0.06		
ASTURIAS	0.20	0.20	0.14	0.13	0.22	0.19	0.16	0.11	0.12	0.18	0.16	0.21	0.22	0.15	0.06	0.05	0.08	0.09	0.11	0.07		
BALEARES	1.02	0.65	0.65	0.00	0.00	0.00	0.00	0.17	0.00	0.40	0.40	0.41	0.20	0.00	0.00	0.31	0.00	0.00	0.00	0.00		
CANARIAS	1.05	2.06	0.60	0.22	0.37	0.16	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00		
CANTABRIA	0.94	1.02	0.90	0.80	1.82	0.89	0.69	0.52	0.56	0.65	0.63	0.40	0.97	0.65	0.40	0.48	0.45	0.40	0.68	0.37		
CASTILLA LA MANCHA	0.00	0.91	2.84	4.15	5.54	5.36	3.89	1.39	1.13	1.23	1.69	2.20	3.60	3.98	5.26	14.93	4.65	4.37	3.51	2.71		
CASTILLA Y LEÓN	3.42	2.56	2.41	3.19	3.35	2.24	1.34	1.82	1.77	1.83	2.04	1.31	1.20	1.50	1.26	1.08	1.06	0.20	1.10	1.39		
CATALUÑA	1.47	1.35	1.23	0.85	0.52	0.33	0.44	0.44	0.47	0.12	0.02	0.14	0.20	0.16	0.18	0.06	0.04	0.04	0.06	0.04		
EXTREMADURA	0.58	2.88	2.04	0.62	0.68	1.47	2.11	1.27	1.90	2.22	3.02	2.69	10.26	6.52	4.89	4.81	3.27	3.24	2.76	2.54		
GALICIA	0.36	0.42	0.27	0.18	0.06	0.08	0.20	0.18	0.11	0.12	0.09	0.11	0.05	0.04	0.02	0.05	0.03	0.02	0.02	0.02		
LA RIOJA	1.80	2.15	0.98	0.36	0.70	1.45	0.75	1.14	0.39	0.04	0.37	0.36	2.46	3.51	1.41	1.43	5.82	3.09	2.00	3.73		
MADRID	0.87	1.15	1.42	1.87	2.62	4.27	2.91	3.20	5.51	3.60	2.37	2.48	1.86	1.33	1.20	1.68	1.48	1.70	1.89	1.67		
MURCIA	1.48	6.70	4.46	2.35	7.53	2.10	3.19	1.59	0.33	1.40	1.47	0.94	1.66	2.58	0.62	0.30	0.00	0.00	0.00	0.00		
NAVARRA	0.43	0.26	0.38	0.22	0.28	0.23	0.24	0.61	0.42	0.12	0.48	0.25	0.19	0.51	0.41	0.39	0.19	0.32	0.19	0.20		
PAÍS VASCO	0.15	0.19	0.16	0.19	0.14	0.18	0.55	0.28	0.29	0.16	0.17	0.20	0.12	0.11	0.07	0.00	0.00	0.05	0.00	0.00		
VALENCIA	0.89	0.66	0.59	1.25	1.14	1.41	1.03	2.01	0.88	1.36	2.40	2.70	2.14	1.79	3.79	2.60	1.50	0.69	1.18	0.66		
TOTAL	1.06	1.11	0.99	0.84	1.02	0.87	1.03	0.85	0.84	0.90	0.91	1.06	2.02	1.59	1.15	1.35	0.92	0.75	0.89	0.80		

Figura 8. Evolución de la incidencia de rebañs en las CCAA de 2003 a 2022 (MAPA, 2022).

En cuanto a la incidencia de rebañs por Comunidades Autónomas, se puede observar en la Figura 8 que en todas, menos La Rioja, ha habido un descenso en estos últimos 19 años. En el periodo entre los años 2016 y 2022 podemos encontrar en verde las cifras que supusieron una mejoría y en rojo las que supusieron un empeoramiento en comparación con los datos del año anterior. Algunas Comunidades como Baleares y Canarias lograron alcanzar un 0% de incidencia de rebañs hace varios años. En Canarias, esta cifra se mantiene desde 2009, mientras que en Baleares se ha mantenido en 0% desde 2006, a pesar de pequeños aumentos intermitentes a lo largo del tiempo. Otras Comunidades, como Murcia y el País Vasco, también han logrado alcanzar un 0%. Las Comunidades de Aragón, Asturias, Cantabria, Cataluña, Galicia, Valencia y Navarra han tenido, a pesar de pequeños incrementos puntuales, una mejoría en sus cifras desde 2016 consiguiendo una incidencia de rebañs próxima al 0%. En Castilla y León se ha producido un ligero descenso desde 2016 (1.50%) hasta 2022 (1.39%), sin embargo, en 2020 se alcanzó la cifra más baja con un 0.20% de incidencia de rebañs.

Por otra parte encontramos La Rioja, la cual ha sufrido un empeoramiento en sus cifras obteniendo un 5.82% de incidencia de rebañs en 2020. Aunque en 2022 descendió a un 3.73%, en 2012 había alcanzado la cifra más baja con un 0.04%. Junto a la Rioja, las Comunidades con peores cifras de incidencia de rebañs actualmente son Andalucía (3.12%), Castilla La Mancha (2.71%) y Extremadura (2.54%). Las tres han tenido una evolución favorable

desde 2016, aunque hay que destacar un incremento que sufrió Castilla La Mancha en el año 2018 donde alcanzo valores del 14.93%. En Madrid se ha producido un incremento de la incidencia de rebaños de 2016 (1.33%) a 2022 (1.67%), aunque desde 2020 la tendencia vuelve a ser descendente.

En general los mejores datos actuales los presentan las Comunidades de Canarias, Baleares, Murcia y País Vasco con un 0% de incidencia de rebaños. Por el contrario, los peores datos actuales lo presentan las Comunidades de La Rioja (3.73%), Andalucía (3.12%), Castilla La Mancha (2.71%) y Extremadura (2.54%).

6.8.4. Prevalencia e incidencia según aptitud productiva (2005-2022)

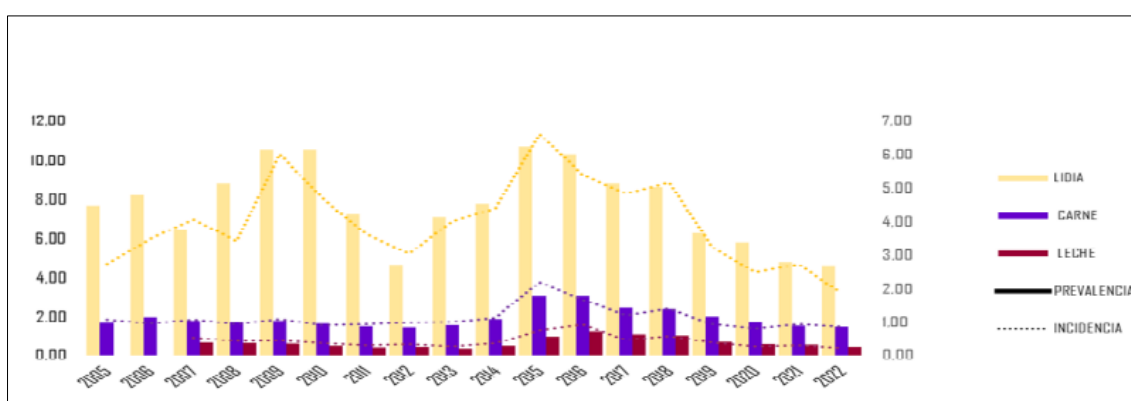


Figura 9. Prevalencia e incidencia de rebaños según aptitud productiva de 2005 a 2022 (MAPA, 2022).

En términos de actitud productiva, se observa en la Figura 9 que las mayores prevalencias e incidencias se encuentran en los rebaños de lidia. En 2022, la prevalencia fue del 4.64% y la incidencia del 1.89%, mostrando una mejora con respecto a los datos de 2021, donde se registraron una prevalencia del 4.81% y una incidencia del 2.74%. Los bovinos de aptitud cárnica en 2022 presentaron una prevalencia del 1.49% y una incidencia del 0.87%, también reflejando una mejora en comparación con los datos de 2021, que fueron del 1.57% de prevalencia y 0.96% de incidencia. Por último, los mejores resultados se obtuvieron en el bovino lechero, con una prevalencia del 0.44% y una incidencia del 0.22% en 2022, nuevamente mostrando una mejora con respecto a los datos de 2021, donde se registraron una prevalencia del 0.55% y una incidencia del 0.31%.

En general, se observa que la prevalencia de rebaño en el ganado de lidia es la que más se ha reducido, de un 7.69% en 2005 a un 4.64% en 2022. En cuanto a los bovinos de aptitud cárnica, apenas ha habido un descenso, con una prevalencia del 1.7% en 2005 y un 1.49% en 2022. Lo mismo ocurre con el bovino lechero, que tuvo una prevalencia del 0.68% en 2007 y del 0.44%

en 2022. En cuanto a la incidencia donde más se observa el descenso es en el bovino lechero que pasó de un 0.55% en 2007 a un 0.22% en 2022. En los bovinos de aptitud cárnica y ganado de lidia apenas ha habido un descenso de las cifras, con una incidencia del 2.76% en 2005 para el ganado de lidia y un 1.1% para el bovino de aptitud cárnica.

Las diferencias entre las distintas aptitudes del ganado pueden estar influenciadas por su enfoque extensivo o intensivo. En el caso del ganado bovino lechero, al ser criado de manera más intensiva, tiene una menor relación con otros ganados bovinos o con la fauna silvestre que actúa como reservorio, lo que podría explicar unos mejores datos. Por otro lado, el ganado de lidia, que se cría principalmente de forma extensiva, puede presentar una mayor prevalencia e incidencia de la enfermedad al tener un contacto más cercano con los reservorios.

6.8.5. Prevalencia de rebaños por comarcas del año 2022

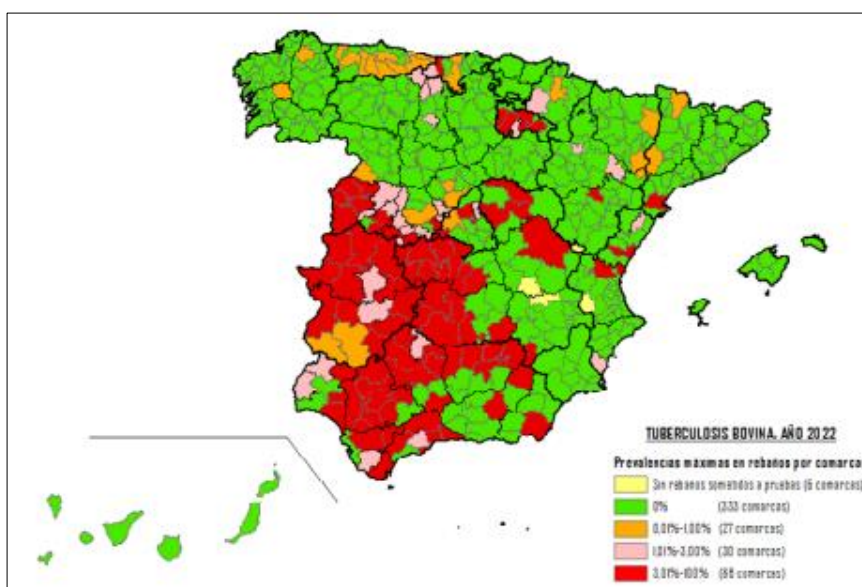


Figura 10. Prevalencia de rebaños por comarcas en el año 2022 (MAPA, 2022).

En la Figura 10 se observa en rojo las comarcas con una prevalencia de rebaño mayor al 3.01%, en rosa las comarcas con una prevalencia entre el 1.01 y el 3%, en naranja entre un 0,1 y un 1% y en verde aquellas con un 0%. Se puede ver que la mayoría de comarcas en rojo, es decir con una alta prevalencia, se encuentran en las Comunidades Autónomas de Castilla y León, La Rioja, Andalucía y Extremadura.

Si analizamos por regiones, observamos que las regiones insulares (Canarias y Baleares) se encuentran en verde, siendo ambas comunidades las primeras en conseguir una prevalencia del 0%. En ellas no se encuentran apenas presencia de jabalíes, cérvidos o tejones que puedan actuar como reservorio de la tuberculosis. La siguiente región corresponde al norte de España

(Galicia, Cantabria, Asturias y País Vasco). En esta región se suelen encontrar explotaciones semi-extensivas de ovino, caprino y bovino formadas por pocos animales donde el uso de pastos comunales es frecuente, mientras que la presencia del porcino es escasa. En cuanto a la fauna silvestre, hay una mayor densidad de jabalíes y tejones, pero en ambos casos se ha visto que la prevalencia de tuberculosis es muy baja, por lo que no se puede afirmar de momento que sean un reservorio en la zona atlántica. La siguiente región es la zona mediterránea (Cataluña, La Rioja, Valencia, Aragón, Castilla y León, Navarra, Murcia y algunas provincias del este de Castilla La Mancha). Al ser una región extensa es difícil generalizar, pero por lo general hay una mayor cantidad de explotaciones de ganado bovino extensivo y ovino y caprino. El porcino es abundante, sin embargo, suele criarse en intensivo por lo que no se considera un riesgo epidemiológico. Aunque hay mayor densidad de jabalíes y cérvidos no se encuentran en sobreabundancia como en otras regiones con mayor prevalencia, aun así se han detectado mayor número de jabalíes positivos que en el Norte, por lo que es un factor a considerar. Por último, la región con mayores prevalencias corresponde a las comunidades de Extremadura, Andalucía, Madrid y Castilla La Mancha. Son Comunidades con una gran presencia de ganadería bovina extensiva, bovino de lidia, porcino en extensivo y explotaciones caprinas y ovinas. Además, encontramos una gran abundancia de reservorios silvestres como el jabalí, ciervo, tejón y gamo; destacando la alta prevalencia de tuberculosis encontrada en jabalíes y ciervos (MAPA, 2017).

Conociendo que las Comunidades más afectadas son aquellas que albergan más ganado extensivo y fauna silvestre que actúe como reservorio se podrían considerar los principales problemas por lo que no se consigue el 0% de prevalencia en ciertas comunidades. Además, como se ha analizado en el apartado 6.8.2, en 2022 más de la mitad de los rebaños positivos (57%) fueron negativos el año anterior, lo que sugiere una alta transmisión dentro de los rebaños, así como entre rebaños y reservorios silvestres. Además de estos problemas, se encuentran otros como la falta de confianza de los ganaderos en el Programa al considerar que se “matan vacas sanas”, los falsos negativos, la falta de medidas de bioseguridad, los intentos de fraude y la mala praxis entre otros (MAPA, 2019).

6.8.6. Calificación sanitaria de los establecimientos a nivel nacional

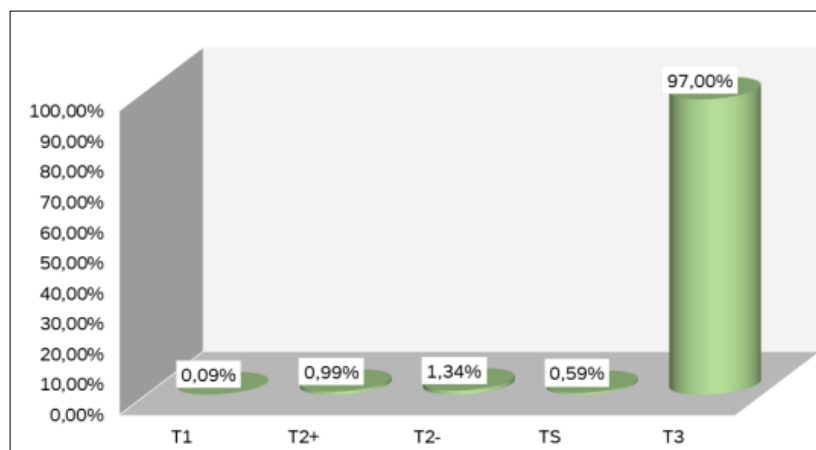


Figura 11. Calificación sanitaria de los establecimientos en el año 2022 (MAPA, 2023).

Se puede observar en la Figura 11 que en el año 2022 el 97% de los establecimientos se clasificaron como T3, es decir, han sido oficialmente declarados libres de tuberculosis. Además, encontramos que un 0.59% de los establecimientos son TS, un 1.34% son T2-, un 0.99% son T2+ y un 0.09% son T1. Si consideramos los establecimientos T3 y los T2-, podemos concluir que el 98.34% de los establecimientos no tienen ningún animal positivo en el año 2022.

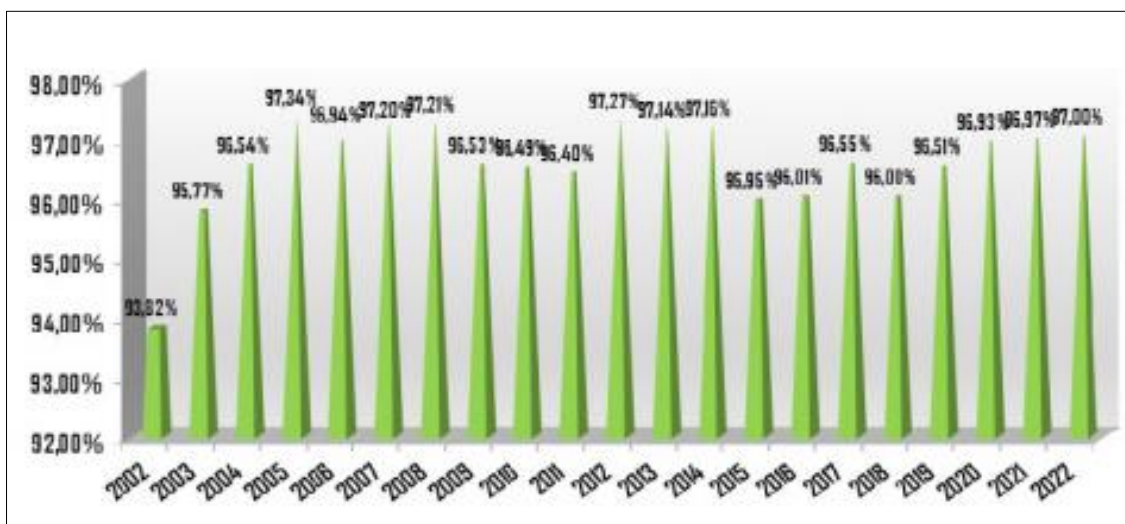


Figura 12. Evolución de los establecimientos T3 de 2002 a 2022 (MAPA, 2022).

Como se observa en la Figura 12, en los últimos 20 años se ha observado una evolución positiva en el número de establecimientos clasificados como T3. En el año 2002, solo el 93.82% de los establecimientos se encontraban en esta categoría, pero esta cifra fue aumentando hasta alcanzar un 97.34% en 2005. Posteriormente, aproximadamente cada 3 años, se producía un descenso o aumento del porcentaje de establecimientos T3, resultando en un

97.16% en 2014. Sin embargo, debido al cambio del método diagnóstico, en 2015 se produjo un descenso a un 95.95%. Desde entonces hasta 2022, se ha observado una mejora progresiva en los datos, llegando a un 97% de establecimientos T3 en ese año.

6.8.7. Clasificación sanitaria oficial por CCAA en la actualidad

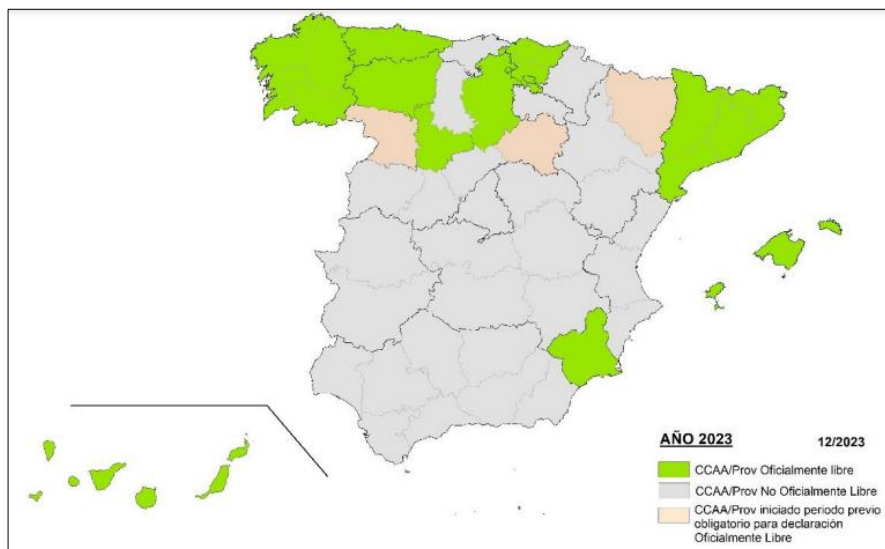


Figura 13. Comunidades Autónomas/Provincias libres de tuberculosis en el año 2023 (MAPA, 2024a).

En la Figura 13 se puede apreciar que en 2023 se considerarían oficialmente libres de tuberculosis las Comunidades Autónomas de Galicia, Asturias, País Vasco, Cataluña, Murcia, Baleares y Canarias. Además, las provincias de León, Burgos y Valladolid también obtendrían este estatus. En contraste, en 2022 solo las Comunidades Autónomas de Galicia, Asturias, País Vasco y Canarias eran oficialmente libres de la enfermedad, lo que indica una mejoría en los datos. Por otro lado, Huesca, Soria y Zamora estarían en proceso de ser declaradas oficialmente libres de tuberculosis.

7. Conclusiones

1. En el periodo de 2001 a 2022 se ha logrado reducir la prevalencia de rebaños de la tuberculosis en la especie bovina en un 50%, alcanzando un valor del 1.4% en 2022. A pesar de este significativo avance, no se logrado la meta establecida por el Programa de erradicación de alcanzar un 1.22% de prevalecía de rebaños para ese año.
2. La incidencia de rebaños de la tuberculosis bovina ha disminuido solamente un 29% desde 2003, alcanzando un valor del 0.8% en 2022, lo cual está lejos del objetivo establecido por el Programa de erradicación de lograr un 0.59% de incidencia de rebaños para ese año.

3. Las Comunidades de Canarias, Baleares, Murcia y País Vasco alcanzaron en 2022 el 0% de prevalencia de rebaños. Por el contrario, en ese mismo año obtuvieron los peores datos de prevalencia de rebaños de Castilla La Mancha (7.16%), La Rioja (6.78%), Andalucía (6.57%) y Extremadura (4%).
4. Las Comunidades de Canarias, Baleares, Murcia y País Vasco presentaron un 0% de incidencia de rebaños en 2022. Por el contrario, en ese mismo año obtuvieron los peores datos de incidencia de rebaños las Comunidades de La Rioja (3.73%), Andalucía (3.12%), Castilla La Mancha (2.71%) y Extremadura (2.54%).
5. Las diferencias de prevalencia e incidencia de rebaños entre distintas aptitudes productivas parecen estar influenciadas por el enfoque extensivo o intensivo de la crianza, observándose peores datos en el ganado de lidia, criado mayormente de forma extensiva, en comparación con el bovino lechero, que suele ser criado de forma más intensiva.
6. En 2022 más de la mitad de los rebaños positivos (57%) habían sido negativos el año anterior, lo que sugiere que la transmisión dentro de los rebaños, así como entre rebaños y reservorios podría ser el problema que ha impedido alcanzar los objetivos previstos.
7. Se debe destacar la importancia del Plan de Acción sobre Tuberculosis en Especies Silvestres (PATUBES) para controlar la infección de los reservorios silvestres y la necesidad de continuar investigando la opción de la inmunización de estos reservorios.

8. Conclusions

1. In the period from 2001 to 2022, the herd prevalence of tuberculosis in bovine species has been reduced by 50%, reaching a value of 1.4% in 2022. Despite this significant progress, the goal established by the Eradication program of reaching a 1.22% herd prevalence for that year was not achieved.
2. The herd incidence of bovine tuberculosis has decreased only 29% since 2003, reaching a value of 0.8% in 2022, which is far from the objective established by the Eradication program of achieving 0.59% herd incidence for that year .
3. The Communities of Canarias, Baleares, Murcia and País Vasco reached 0% herd prevalence in 2022, on the contrary, in the same year the Communities of Castilla La Mancha (7.16%), La Rioja (6.78%), Andalucía (6.57%) and Extremadura (4%) obtained the worst herd prevalence data.
4. The Communities of Canarias, Baleares, Murcia and País Vasco reached 0% herd incidence in 2022, on the contrary, in the same year the Communities of La Rioja (3.73%), Andalucía

(3.12%), Castilla La Mancha (2.71%) and Extremadura (2.54%) obtained the worst herd incidence data.

5. The difference in herd prevalence and herd incidence between different productive aptitudes seem to be influenced by the extensive or intensive approach to breeding. The worst data being observed in fighting cattle, mostly extensively raised, compared to dairy cattle, which is usually raised more intensively.
6. In 2022 more than half of the positive herds (57%) had been negative the previous year, suggesting that transmission within herds, as well as between herds and reservoirs, could be the problem that has prevented achieving the objectives planned.
7. The importance of the Plan de Acción sobre Tuberculosis en Especies Silvestres (PATUBES) to control the infection of wild reservoirs and the need to continue investigating the option of immunization of these reservoirs should be highlighted.

9. Valoración personal

La realización de este trabajo ha sido una experiencia muy enriquecedora en diferentes sentidos. A través de la búsqueda realizada he logrado profundizar en el programa de erradicación de la tuberculosis y comprender como su implementación ha influido en la evolución de la enfermedad a lo largo del tiempo. Además, he aprendido a buscar información científica en diferentes bases de datos e instituciones, así como citar de forma adecuada esta información. También me ha ayudado a ampliar mis conocimientos en inglés permitiéndome mejorar la comprensión y el manejo del vocabulario específico. En resumen, este trabajo me ha proporcionado la oportunidad de crecer académicamente y profundizar en un tema de gran relevancia en el ámbito de la salud pública.

10. Bibliografía

Amadori, M., Lyashchenko, K. P., Gennaro, M. L., Pollock, J. M., & Zerbini, I. (2002). Use of recombinant proteins in antibody tests for bovine tuberculosis. *Veterinary microbiology*, 85(4), 379–389. Recuperado de [https://doi.org/10.1016/s0378-1135\(02\)00005-6](https://doi.org/10.1016/s0378-1135(02)00005-6)

Arentz, M., & Hawn, T. R. (2007). Tuberculosis Infection: Insight from Immunogenomics. *Drug discovery today. Disease mechanisms*, 4(4), 231–236. Recuperado de <https://doi.org/10.1016/j.ddmec.2007.11.003>

Balseiro, A., & Gortázar, C. (2015). *Tuberculosis animal: investigación y control en España*. Recuperado de <http://www.serida.org/pdfs/6345.pdf>

- Bennett, R. M., & Cooke, R. J. (2006). Costs to farmers of a tuberculosis breakdown. *The Veterinary record*, 158(13), 429–432. Recuperado de <https://doi.org/10.1136/vr.158.13.429>
- Biet, F., Boschioli, M. L., Thorel, M. F., & Guilloteau, L. A. (2005). Zoonotic aspects of *Mycobacterium bovis* and *Mycobacterium avium*-intracellulare complex (MAC). *Veterinary research*, 36(3), 411–436. Recuperado de <https://doi.org/10.1051/vetres:2005001>
- Birch, C. P. D., Bakrania, M., Prosser, A., Brown, D., Withenshaw, S. M., & Downs, S. H. (2024). Difference in differences analysis evaluates the effects of the badger control policy on bovine tuberculosis in England. *Scientific reports*, 14(1), 1-14. Recuperado de <https://doi.org/10.1038/s41598-024-54062-4>
- Bocanegra, I. G., & Leva, R. Z. (2019). Enfermedades infectocontagiosas en rumiantes. Barcelona: Elsevier.
- Brenner, D., Krieg, N., Staley, J., & Garrity, G. (2005). *Bergey's Manual of Systematic Microbiology*. (2ªed.) Nueva York: Springer.
- Buddle, B. M., Parlane, N. A., Wedlock, D. N., & Heiser, A. (2013). Overview of vaccination trials for control of tuberculosis in cattle, wildlife and humans. *Transboundary and emerging diseases*, 60 Suppl 1, 136–146. Recuperado de <https://doi.org/10.1111/tbed.12092>
- Casal, C., Díez-Guerrier, A., Álvarez, J., Rodríguez-Campos, S., Mateos, A., Linscott, R., Martel, E., Lawrence, J. C., Whelan, C., Clarke, J., O'Brien, A., Domínguez, L., & Aranaz, A. (2014). Strategic use of serology for the diagnosis of bovine tuberculosis after intradermal skin testing. *Veterinary microbiology*, 170(3-4), 342–351. Recuperado de <https://doi.org/10.1016/j.vetmic.2014.02.036>
- Centro de Vigilancia Sanitaria Veterinaria (VISAVET), & Ministerio de Agricultura, Pesca y Alimentación (MAPA). (2019). *Realización de las pruebas de intradermotuberculinización y gamma-interferón*. Recuperado de https://www.visavet.es/data/mapa/manual_procedimiento_IDTB_IFN_2019.pdf
- Ciaravino, G. (2018). *Epidemiology of Bovine Tuberculosis: evaluation of surveillance and sociological factors in Spain*. [Tesis de doctorado, Universidad Autónoma de Barcelona]
- Cuerda, M. X. (2021). *Estudio de la patogénesis causada por Mycobacterium bovis en cerdos domésticos y desarrollo de estrategias para el control de la tuberculosis en suinos*. [Tesis de doctorado, Universidad de Buenos Aires]

de la Rua-Domenech, R., Goodchild, A. T., Vordermeier, H. M., Hewinson, R. G., Christiansen, K. H., & Clifton-Hadley, R. S. (2006). Ante mortem diagnosis of tuberculosis in cattle: a review of the tuberculin tests, gamma-interferon assay and other ancillary diagnostic techniques. *Research in veterinary science*, 81(2), 190–210. Recuperado de <https://doi.org/10.1016/j.rvsc.2005.11.005>

Domingo, M., Vidal, E., & Marco, A. (2014). Pathology of bovine tuberculosis. *Research in veterinary science*, 97 Suppl, S20–S29. Recuperado de <https://doi.org/10.1016/j.rvsc.2014.03.017>

European Food Safety Authority (EFSA), & European Centre for Disease Prevention and Control (ECDC). (2022). The European Union One Health 2021 Zoonoses Report. *EFSA journal*, 20(12). Recuperado de <https://doi.org/10.2903/j.efsa.2022.7666>

Guta, S., Casal, J., Napp, S., Saez, J. L., Garcia-Saenz, A., Perez de Val, B., Romero, B., Alvarez, J., & Allepuz, A. (2014). Epidemiological investigation of bovine tuberculosis herd breakdowns in Spain 2009/2011. *PloS one*, 9(8). Recuperado de <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0104383>

Mendoza, M. M. (2016). *Tuberculosis animal en la España atlántica: descripción de la enfermedad en determinados hospedadores domésticos y silvestres que participan en la epidemiología de la infección*. [Tesis de doctorado, Universidad de Castilla La Mancha]

Menzies, F. D., & Neill, S. D. (2000). Cattle-to-cattle transmission of bovine tuberculosis. *Veterinary journal*, 160(2), 92–106. Recuperado de <https://doi.org/10.1053/tvjl.2000.0482>

Ministerio de Agricultura, Pesca y Alimentación (MAPA). (2017). Plan de Actuación sobre Tuberculosis en Especies Silvestres (PATUBES). Recuperado de https://www.mapa.gob.es/es/ganaderia/temas/sanidad-animal-higiene-ganadera/patubes2017_3_tcm30-378321.pdf

Ministerio de Agricultura, Pesca y Alimentación (MAPA). (2019). I Workshop ibérico y II nacional en tuberculosis animal en línea. Recuperado de https://www.mapa.gob.es/es/ganaderia/temas/sanidad-animal-higiene-ganadera/tuberculosisanimalencuentrocomunidadcientificaadministracion_tcm30-537796.pdf

Ministerio de Agricultura, Pesca y Alimentación (MAPA). (2021). *Toma y envío de muestras para diagnóstico mediante PCR directa y cultivo microbiológico en infecciones por miembros*

del Complejo *Mycobacterium tuberculosis*. Recuperado de https://www.mapa.gob.es/es/ganaderia/temas/sanidad-animal-higiene-ganadera/4manualtomademuestrascmt_tcm30-430347.pdf

Ministerio de Agricultura, Pesca y Alimentación (MAPA). (2022). *Informe Final Técnico-Financiero Tuberculosis Bovina Año 2022*. Recuperado de https://www.mapa.gob.es/es/ganaderia/temas/sanidad-animal-higiene-ganadera/annexiinformefinaltb2022-2_tcm30-653223.pdf

Ministerio de Agricultura, Pesca y Alimentación (MAPA). (2023). *Programa Nacional de Erradicación Tuberculosis Bovina (complejo MTB) 2023*. Recuperado de https://www.mapa.gob.es/es/ganaderia/temas/sanidad-animal-higiene-ganadera/programatb2023_tcm30-640045.pdf

Ministerio de Agricultura, Pesca y Alimentación (MAPA). (2024a). *Programa Nacional de Erradicación Tuberculosis Bovina (complejo MTB) 2024*. Recuperado de https://www.mapa.gob.es/es/ganaderia/temas/sanidad-animal-higiene-ganadera/programatb2024_tcm30-671966.pdf

Ministerio de Agricultura, Pesca y Alimentación (MAPA). (2024b). *Manual para la realización de estudios histopatológicos, inmunohistoquímicos y de PCR directa de tejidos para el diagnóstico rápido de la tuberculosis bovina por el complejo Mycobacterium tuberculosis (CMT)*. Recuperado de https://www.mapa.gob.es/es/ganaderia/temas/sanidad-animal-higiene-ganadera/9manualdiagnosticolesionesmataderoderutina2024_tcm30-561053.pdf

Morales, A. B., Schmidt, C. S., & Sáez, J. L. (2020). *Tuberculosis animal: una aproximación desde la perspectiva de la Ciencia y la Administración*. Recuperado de https://www.mapa.gob.es/es/ganaderia/temas/sanidad-animal-higiene-ganadera/tbanimalweb_tcm30-553377.pdf

Organización Mundial de Sanidad Animal (OMSA). (2019). *Zoonotic Tuberculosis in Mammals, including Bovine and Caprine Tuberculosis*. Recuperado de https://www.cfsph.iastate.edu/Factsheets/pdfs/bovine_tuberculosis.pdf

Organización Mundial de Sanidad Animal (OMSA). (2022). *Manual Terrestre de la OIE 2022: Capítulo 3.1.13. – Tuberculosis de los mamíferos (infección por el complejo Mycobacterium tuberculosis)*. Recuperado de

https://www.woah.org/fileadmin/Home/esp/Health_standards/tahm/3.01.13_Mammalian_tuberculosis.pdf

Organización Mundial de Sanidad Animal (OMSA). (2023). *Tuberculosis bovina*. Recuperado de <https://www.woah.org/es/enfermedad/tuberculosis-bovina/>

Pollock, J. M., Rodgers, J. D., Welsh, M. D., & McNair, J. (2006). Pathogenesis of bovine tuberculosis: the role of experimental models of infection. *Veterinary microbiology*, 112(2-4), 141–150. Recuperado de <https://doi.org/10.1016/j.vetmic.2005.11.032>

Pollock, J. M., Welsh, M. D., & McNair, J. (2005). Immune responses in bovine tuberculosis: towards new strategies for the diagnosis and control of disease. *Veterinary immunology and immunopathology*, 108(1-2), 37–43. Recuperado de <https://doi.org/10.1016/j.vetimm.2005.08.012>

Real Decreto 2611/1996, de 20 de diciembre, por el que se regulan los programas nacionales de erradicación de enfermedades de los animales. *Boletín Oficial del Estado*, 307, de 21 de diciembre de 1996. Recuperado de <https://www.boe.es/eli/es/rd/1996/12/20/2611/con>

Thoen, C. O., Steele, J. H., & Kaneene, J. B. (2014). *Zoonotic tuberculosis: Mycobacterium bovis and Other Pathogenic Mycobacteria*. Recuperado de <https://www.proquest.com/docview/2131854755/bookReader?accountid=14795>

Turenne, C. Y., Wallace, R., & Behr, M. A. (2007). Mycobacterium avium in the Postgenomic Era. *Clinical Microbiology Reviews*, 20(2), 205–229. Recuperado de <https://doi.org/10.1128/CMR.00036-06>

Vordermeier, M., Goodchild, A., Clifton-Hadley, R., & de la Rua, R. (2004). The interferon-gamma field trial: background, principles and progress. *The Veterinary record*, 155(2).