

<https://doi.org/10.69639/arandu.v13i3.2539>

Uso de implantes anabólicos naturales y esteroidales en ganado de engorde, su regulación internacional y riesgos potenciales en la salud animal y humana

Performance-related weight gain in cattle from natural and steroidal anabolic implants, their international regulation, and risks to animal and human health

Jomaira Elizabeth Urquiza Nachimba

Tommy.vet2002@outlook.com

Jurquiza1415@uta.edu.ec

<https://orcid.org/0009-0000-6115-6840>

Universidad Técnica de Ambato
Quero - Ecuador

Artículo recibido: 10 julio 2026- Aceptado para publicación: 16 agosto 2026
Conflictos de intereses: Ninguno que declarar.

RESUMEN

El uso de implantes anabólicos en bovinos de engorde constituye una estrategia biotecnológica orientada a incrementar la ganancia de peso, mejorar la eficiencia alimenticia y aumentar el rendimiento de la canal. Estos productos pueden contener hormonas esteroidales naturales, como el 17 β -estradiol, o esteroides anabólicos sintéticos, como el acetato de trembolona, cuyo uso genera controversias por sus posibles efectos sobre la salud animal, humana y ambiental. El objetivo fue evaluar, mediante una revisión sistemática complementada con análisis bibliométrico, los efectos productivos de estos implantes, los riesgos sanitarios asociados y su regulación internacional. La búsqueda se estructuró con la metodología PRISMA en Web of Science, considerando publicaciones entre 2015 y 2025. De 421 registros identificados, 123 superaron el primer tamizaje y, tras excluir 40 publicaciones, se incluyeron 83 estudios. La producción científica mostró un crecimiento acelerado, al pasar de una publicación anual entre 2016 y 2019 a un máximo de 24 artículos en 2023. Los estudios procedieron principalmente de Estados Unidos y Canadá, en América del Norte; Brasil, en América Latina; y Australia, en Oceanía. El análisis regulatorio se concentró en las diferencias entre Estados Unidos y la Unión Europea. La evidencia indica que los implantes combinados de acetato de trembolona, esteroide anabólico sintético con actividad androgénica, y 17 β -estradiol, hormona esteroideal natural con actividad estrogénica, mejoran la ganancia diaria de peso y la eficiencia productiva. Persisten riesgos sanitarios y ambientales, por lo que se requieren estudios y regulación internacional armonizada.

Palabras clave: promotores de crecimiento, eficiencia productiva, inocuidad sanitaria

ABSTRACT

The use of anabolic implants in beef cattle is a biotechnological strategy aimed at increasing weight gain, improving feed efficiency, and enhancing carcass yield. These products may contain natural steroid hormones, such as 17β -estradiol, or synthetic anabolic steroids, such as trenbolone acetate, whose use remains controversial because of their potential effects on animal, human, and environmental health. This study aimed to evaluate, through a systematic review complemented by bibliometric analysis, the productive effects of these implants, the associated health risks, and their international regulation. The search strategy was structured according to the PRISMA methodology and the PICO framework in Web of Science, considering publications from 2015 to 2025. Of the 421 records identified, 123 passed the initial screening, and after 40 publications were excluded, 83 studies were included. Scientific output showed rapid growth, increasing from one publication per year between 2016 and 2019 to a maximum of 24 articles in 2023. The studies originated mainly from the United States and Canada in North America, Brazil in Latin America, and Australia in Oceania. The regulatory analysis focused on differences between the United States and the European Union. The evidence indicates that combined implants containing trenbolone acetate, a synthetic anabolic steroid with androgenic activity, and 17β -estradiol, a natural steroid hormone with estrogenic activity, improve average daily gain and productive efficiency. However, health and environmental risks persist, requiring further research and harmonized international regulation.

Keywords: growth promoters, productive efficiency, food safety

Todo el contenido de la Revista Científica Internacional Arandu UTIC publicado en este sitio está disponible bajo licencia Creative Commons Attribution 4.0 International. 

INTRODUCCIÓN

El uso de implantes anabólicos en la producción de bovinos de engorde constituye una de las estrategias biotecnológicas más relevantes para incrementar la eficiencia productiva (Smith et al., 2020; Mosburg et al., 2025). Estos dispositivos se administran por vía subcutánea en la cara posterior de la oreja del animal, permitiendo una liberación controlada de sus ingredientes activos (Messersmith et al., 2021). Estos compuestos pertenecen a tres categorías principales de hormonas producidas de forma endógena o natural por el organismo: andrógenos (hormonas masculinas), estrógenos (hormonas femeninas) y progestinas (hormonas vinculadas a la preñez) (Jacobs et al., 2025; Vega et al., 2021). También se utilizan implantes que liberan de manera sostenida esteroideas (hormonas sintéticas) como el acetato de trembolona y ésteres de estradiol, así como agonistas no esteroideos como el zeranol, que se emplean para potenciar la tasa de ganancia diaria y optimizar el rendimiento de la canal (Henniger et al., 2022; Carvalho, Perry & Felix, 2020).

Desde una perspectiva biológica, los mecanismos de los implantes esteroideos para mejorar el crecimiento se basan en la capacidad de estas hormonas para estimular la síntesis de proteínas y la proliferación de células satélite musculares (Skoupá et al., 2022), lo que resulta en una hipertrofia muscular significativa y una mayor retención de nitrógeno (Smith & Johnson, 2020). Sin embargo, la magnitud de esta respuesta no es uniforme, ya que la efectividad de la ganancia de peso depende de las interacciones entre el tipo de raza bovina y la estrategia de implantación utilizada (Reichhardt et al., 2021).

Desde la perspectiva productiva, los implantes constituyen herramientas clave para mejorar la eficiencia alimenticia, reducir los días hasta la faena y aumentar el peso y la calidad de la canal (Dueñez et al., 2022; Skoupá et al., 2022). No obstante, desde la óptica sanitaria y regulatoria su uso está sujeto a controversias. Mientras en países como Estados Unidos la FDA autoriza su aplicación bajo condiciones estrictas de seguridad y supervisión veterinaria (FDA, 2023), la Unión Europea mantiene una prohibición total basada en el principio de precaución, argumentando que la evidencia disponible no descarta riesgos para consumidores y ecosistemas (Colopi et al., 2024). En esta discrepancia el uso de implantes es una práctica consolidada, pero las crecientes preocupaciones en salud pública y seguridad alimentaria fundamentan la necesidad de profundizar en el estudio de su impacto y complejo marco regulatorio global (Smith & Johnson, 2020; Skoupá et al., 2022).

Canadá, México, Australia, Argentina, Brasil y Sudáfrica también permiten el uso de implantes hormonales en bovinos de engorde, aunque bajo diferentes marcos regulatorios. Sin embargo, la literatura científica disponible no informa de porcentajes oficiales de utilización a nivel nacional para estos países (Smith & Johnson, 2020; FDA, 2025). En Ecuador, la evidencia científica sobre implantes hormonales en bovinos de engorde es limitada. Jumbo Moreira et al.

(2024) reportaron que el tratamiento con estradiol + AD3 produjo la mayor ganancia de peso entre los tratamientos evaluados. Asimismo, Castro et al. (2016) observaron respuestas productivas favorables con estimulantes hormonales en toretes Brahman bajo pastoreo. Sin embargo, la evidencia disponible no permite establecer la prevalencia nacional del uso de estos productos en Ecuador.

Si bien la evidencia demuestra que determinados implantes, particularmente los combinados con trembolona y estradiol incrementan significativamente la ganancia diaria de peso y la masa muscular magra (Domingo 2024); aún persiste un vacío en la literatura respecto a su impacto acumulativo, los riesgos potenciales asociados a residuos hormonales y las implicaciones para la salud reproductiva del ganado (Carvalho et al., 2020; Messersmith et al., 2021). De igual forma, la comunidad científica debate sobre las repercusiones ambientales derivadas de la excreción de metabolitos activos en estiércoles y purines, los cuales pueden comportarse como disruptores endocrinos en ecosistemas sensibles (Gubó et al., 2023; Ohnoutka et al., 2021).

En este contexto, Carvalho, Perry & Felix (2020), demostraron que los implantes combinados de acetato de trembolona (TBA) y estradiol (E2) generan respuestas superiores en la ganancia diaria de peso y el rendimiento de la canal, debido a su efecto sinérgico sobre el crecimiento muscular y la eficiencia productiva., mientras que Arias et al. (2019) reportaron que los implantes de alta potencia basados en TBA + E2 y estradiol + progesterona (E2 + P4) mejoraron la ganancia diaria de peso y la eficiencia productiva en novillos bajo sistemas de pastoreo. Por otra parte, investigaciones de Huerta-Leidenz et al. (2021) y Qaid et al. (2022) han documentado con detalle los efectos de distintos compuestos sintéticos principalmente implantes combinados de acetato de trembolona (TBA) y estradiol (E2), sobre la composición de la canal y el crecimiento muscular. Asimismo, los estudios de Skoupá et al. (2022) aportan evidencia sobre los efectos diferenciales en tejidos musculares y reproductivos, mostrando la complejidad de los efectos fisiológicos de estos compuestos (Giménez et al., 2020). No obstante, gran parte de esta literatura se ha desarrollado en contextos regulados y sistemas productivos altamente tecnificados, lo que deja espacio para investigaciones contextualizadas en regiones de América Latina, donde las normativas, prácticas de manejo y condiciones ambientales difieren (Elsayed et al., 2023).

Realizar una revisión sistemática de la literatura es fundamental, pues permite una búsqueda rigurosa, selección y análisis crítico de la evidencia sobre las tendencias y desafíos actuales en el uso de implantes anabólicos subcutáneos en bovinos de engorde. El objetivo central de esta investigación es evaluar la literatura científica y la normativa internacional mediante búsqueda sistemática de la información para comprender sus efectos en la ganancia de peso, identificar riesgos para la salud animal y humana y analizar el marco regulatorio global.

METODOLOGÍA

El presente estudio adoptó un enfoque cuantitativo fundamentado en el análisis bibliométrico, con el propósito de examinar de manera sistemática la producción científica en una base de datos sobre los implantes para ganancia de peso en bovinos. Para esta investigación se adaptó la metodología PRISMA (Preferred Reporting Items for Systematic Reviews and Meta-Analyses). Esta metodología, es reconocida por su capacidad para identificar tendencias y patrones en el conocimiento científico.

Para estructurar las restricciones de las búsquedas y orientar adecuadamente la revisión sistemática, se empleó el enfoque PICO (Población, Intervención, Comparación y Resultados). Este método permitió delimitar los componentes esenciales del análisis, garantizando precisión en la búsqueda y selección de la literatura científica.

La *población objetivo* estuvo conformada por *bovinos de engorde* sometidos a manejo convencional o intensivo. Se consideraron estudios realizados en distintas razas, edades y sistemas de producción, con restricciones geográficas, debido a la relevancia global del uso de implantes anabólicos.

En la *intervención evaluada* correspondió al *uso de implantes anabólicos naturales y esteroidales*, incluyendo combinaciones hormonales, dispositivos de liberación prolongada y formulaciones de nueva generación.

La *comparación* se estableció entre animales *implantados vs. no implantados*, así como entre *tipos de implantes*, diferentes dosis, esquemas de reimplante y formulaciones (naturales vs. esteroidales). También se incluyeron comparaciones entre países o regiones con marcos regulatorios distintos, cuando la evidencia lo permitió.

Los *resultados* orientados en la búsqueda de: Ganancia de peso y mejora del rendimiento productivo, efectos fisiológicos derivados del uso de implantes, riesgos potenciales para la salud animal, incluyendo impactos endocrinos o metabólicos, riesgos para la salud humana, asociados a residuos hormonales en productos cárnicos, condiciones regulatorias internacionales, incluidas prohibiciones, restricciones y políticas de uso.

Estrategia de búsqueda

Se realizó una búsqueda exhaustiva en la bases de datos Web of Science (WoS), donde se utilizaron combinaciones de palabras clave y operadores booleanos específica (OR, AND, AND NOT) que se combinaron con términos controlados que se ubicó por cada opción de búsqueda que se talla a continuación:

Topico: "anabolic implant*" OR "steroidal implant*" OR "natural hormone*"

Título: "growth performance" OR "beef production" AND "cattle" OR "beef cattle" OR bovine

Palabras clave: "trebolone acetate"; "anabolic steroid"; "steroidal implant"

Tiempo: 2015 a 2026

Criterios de inclusión y exclusión

Se incluyeron estudios:

- Realizados en ganado bovino de engorde
- solo se incluyeron artículos científicos del área de medicina veterinaria que incorporaran en el título o el resumen alguna de las palabras clave definidas,
- enfocados en implantes anabólicos naturales o esteroidales y artificiales
- que evaluaron respuestas productivas, riesgos sanitarios o marcos regulatorios,
- publicados en revistas científicas arbitradas en scopus y Web of Science

Se excluyeron:

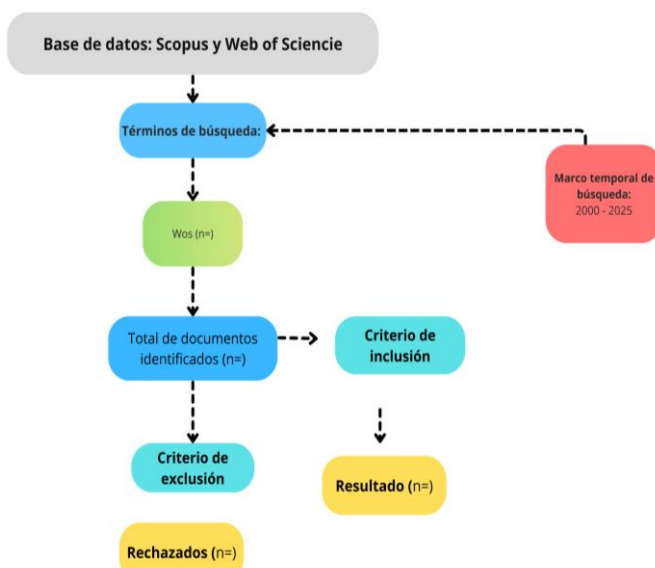
- artículos sin acceso a texto completo,
- estudios en otras especies,
- documentos de opinión sin soporte empírico,
- literatura duplicada
- Publicaciones de congresos, libros, tesis y documentos no arbitrados

Proceso de selección de la información publicada

El flujo de selección se documentó mediante un diagrama PRISMA se explica en la Figura 1. Las búsquedas realizadas en Scopus y Web of Science constituyeron el primer paso para la identificación de artículos que cumplieron con los criterios de inclusión, cuyos registros se descargaron en formato CSV con información sobre citas, autores, filiación, revista, resumen y palabras clave. Posteriormente, los datos fueron importados a Mendeley para eliminar duplicados y organizar la base bibliográfica. En la Figura 1 se presenta el esquema de obtención y selección de los artículos, junto con los criterios de inclusión aplicados.

Figura 1

Esquema de revision sistematica de la información método PRISMA



Analisis estadistico

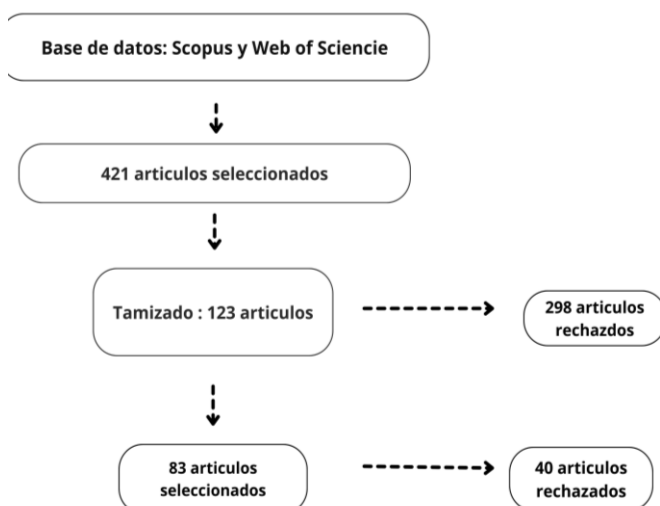
Primero se realizó una exploración inicial de la base de datos obtenida en Scopus para generar métricas preliminares y depurar duplicados. Los registros consolidados en formato CSV fueron procesados mediante el software bibliométrico VOSviewer, donde se analizaron el número anual de publicaciones, las revistas y países más productivos, las redes de coautoría y colaboración internacional, y la coocurrencia de palabras clave para identificar las principales tendencias de investigación. También, de cada estudio seleccionado se extrajeron información sobre de las publicaciones por país de origen y marco regulatorio, principales investigadores, revista con mas citas, tipos de implantes y comparaciones de los marco regulatorios. Esta información se organizó en una matriz de análisis para facilitar su comparación.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

A partir de las estrategias de búsqueda implementadas en la base de datos WoS (Figura 2), se recopilaron un total de 421 artículos en, de los cuales 123 fueron seleccionados por cumplir los criterios de inclusion, el resto de los articulos al revisar sus títulos no guardaban concordancia con el tema de investigacion centrado en ganado bovino y/o estaban repetidos. Luego se realizo una tercera seleccion donde se rebiso los resumen en los casos donde se enfocaban en el incremento en peso del ganado y en la normativa internacional se descartaban, quedando al final 83 articulos.

Figura 2

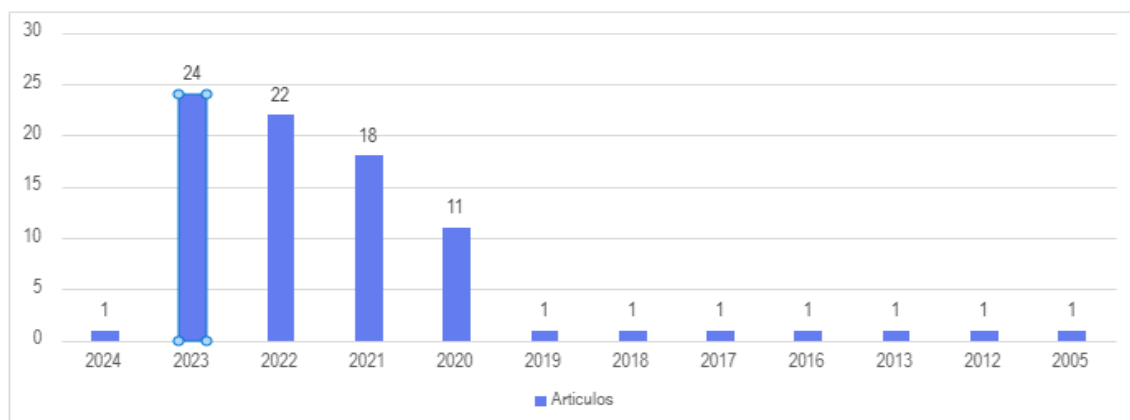
Resultado de la seleccion de articulos en WoS



El número de publicaciones en WoS que se presenta en la Figura 3, revela un crecimiento exponencial, pasando de un artículo anual (2005-2012) a un pico de 24 en 2023. Este incremento refleja un interés cualitativo por optimizar la eficiencia alimentaria y validar la seguridad de los implantes frente a normativas internacionales y exigencias de inocuidad alimentaria actuales.

Figura 3

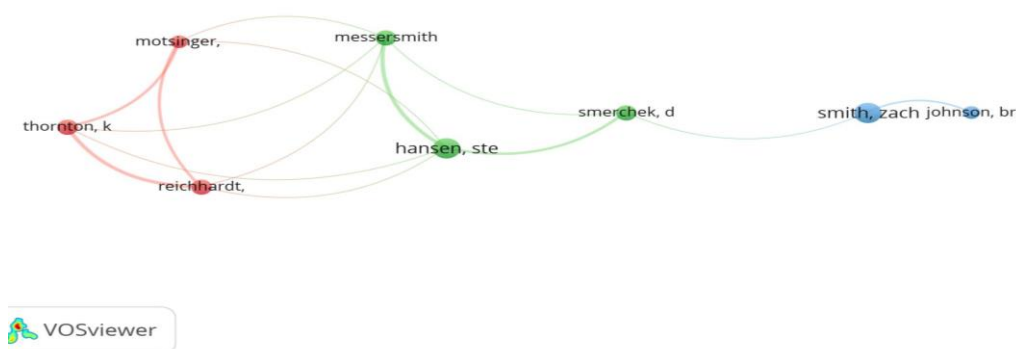
Publicación de artículos por año en WoS periodo 2005-2025



La red de co-citación (Figura 4) revela tres cluster, conformando una estructura en los autores Thornton, k. (cluster rojo) y Johnson, B (cluster azul) que forman nodos principales a los extremos; sus trabajos son citados sistemáticamente de forma conjunta, lo que indica que sus investigaciones sobre el metabolismo muscular y los mecanismos de los implantes esteroidales forman la base teórica de la mayoría de los estudios actuales. En el cluster intermedio (color verde) se observa una transición desde estudios clásicos de metabolismo hacia investigaciones más recientes lideradas por autores como Hansen, S. L. y Zinn, R. A., quienes conectan el uso de implantes con la nutrición mineral y la eficiencia en corrales de engorda. Esta configuración estructural demuestra que la literatura no está fragmentada, sino que se generó en torno a un núcleo de expertos cuya producción científica dicta los estándares internacionales sobre la interacción entre anabólicos, síntesis proteica y rendimiento productivo en bovinos.

Figura 4

Red de co-citaciones entre autores

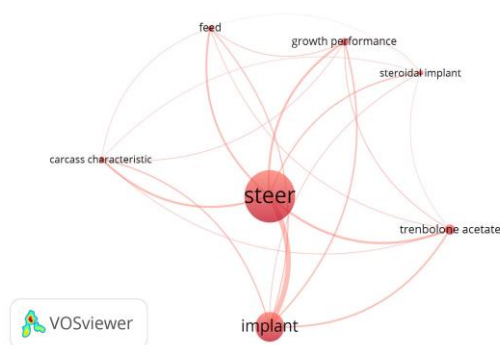


La Figura 5, generada con VOSviewer, representa una red de co-ocurrencia de siete términos clave donde "steer" (novillo) es el foco central y de mayor prominencia, interactuando fuertemente con "feed" (alimentación) e "implant". El análisis de las conexiones, que representan la frecuencia de aparición conjunta, revela que la investigación se centra en la modificación del rendimiento y la calidad de la canal (*carcass characteristic*) en novillos, siendo la relación entre steer e implant la más robusta. Esta alta co-ocurrencia argumenta que el uso de implantes

esteroidales, específicamente aquellos basados en trenbolone acetate (acetato de trembolona), es una práctica obligatoria y estandarizada en los estudios que buscan optimizar el growth performance (ganancia de peso del animal). Además, la conexión significativa entre feed y carcass characteristic con el eje steer e implant sugiere que la literatura explora una sinergia crucial: el tipo de dieta actúa como el combustible para que el efecto anabólico del implante funcione, y simultáneamente, se evalúa cómo esta intervención dual afecta la calidad final de la carne (como el marmoleo), buscando un balance entre productividad y características demandadas por el mercado.

Figura 5

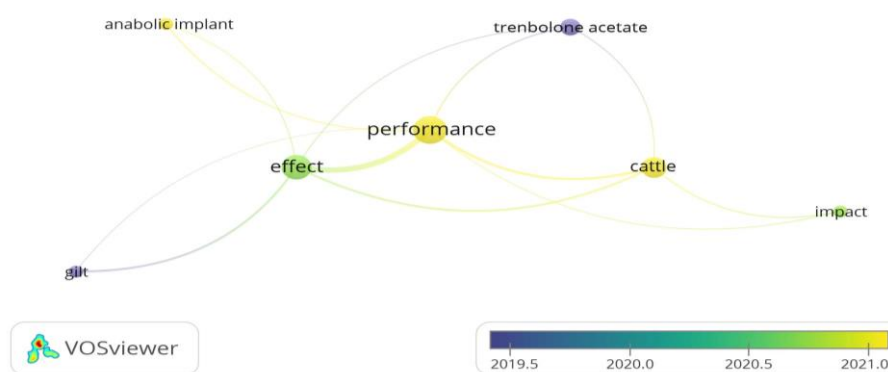
Red de co-ocurrencia de palabras clave



La Figura 6, también generada con VOSviewer, presenta una red de co-ocurrencia de términos extraídos de los títulos de las publicaciones, interpretando las tendencias temporales y las relaciones temáticas a través del color y la conectividad. Los nodos centrales y más grandes son rendimiento y efecto, indicando que la mayoría de los títulos se centran en evaluar el impacto o el efecto de alguna variable sobre el rendimiento de los animales. El eje temporal (barra inferior) muestra que los términos codificados en azul oscuro Acetato de trembolona representan publicaciones más antiguas (alrededor del año 2019), mientras que los términos en tonos verdes y amarillos, como efecto, rendimiento, bovinos, implantes anabólicos e impacto alrededor del 2020- 2021. La estructura revela una evolución inicialmente centrada en el Acetato de trembolona y en el término cerda joven , sugiriendo estudios comparativos o una aplicación inicial en esta especie. Sin embargo, la investigación hacia el 2020-2021 se ha movido hacia la evaluación del efecto e impacto general de los anabolic implant sobre el rendimiento en ganado, lo cual se evidencia por las fuertes conexiones.

Figura 6

Red de co-ocurrencia de términos extraídos de los títulos de las publicaciones



La Tabla 1, presenta un ranking de investigadores en el área de implantes anabólicos bovinos respaldada por las citación en Web of Science. Los autores Duckett, S. K. (512 citas) y Johnson, B. J. (487 citas) se consolidan como los autores con mas citas, seguidos por Hansen, S. L. y Zinn, R. A., todos con filiacion de Universidades Estado Unidenses. La tendencia en las citaciones en los 4 primero investigadores indica un interes de la comunidad cientifica en temas que va desde el nivel celular hasta el producto final (la carne), integrando el manejo nutricional como el motor que permite expresar el potencial de los implantes.

Tabla 1

Rankin de autores mas citas

Rankin	Autor Principal	Citas Totales (WoS)	Institución Clave	Temática Predominante
1	Duckett, S. K.	512	Clemson University	Calidad de la canal y fisiología muscular
2	Johnson, B. J.	487	Texas Tech University	Mecanismos anabólicos y células satélite
3	Zinn, R. A.	345	UC Davis	Nutrición y aditivos en corrales de engorda
4	Hansen, S. L.	289	Iowa State University	Interacción nutrición-implante (Minerales)
5	McAllister, T. A.	264	Agriculture and Agri-Food Canada	Eficiencia alimentaria y salud animal
6	Reichhardt, C. C.	198	Utah State University	Genética y respuesta biológica a implantes

La revisión sistemática de la literatura en Web of Science demuestra que la base del conocimiento sobre implantes anabólicos está centralizada en un grupo selecto de investigadores cuyas métricas de citación validan la eficacia de sustancias como el acetato de trembolona y el

estradiol (Tabla 2). Sin embargo, la brecha entre la productividad maximizada, defendida por autores como Johnson y Duckett, y la seguridad alimentaria, se manifiesta en la divergencia de las normativas internacionales. Mientras que la investigación liderada desde instituciones estadounidenses (como Texas Tech y Clemson) aporta la evidencia técnica que sustenta el uso seguro de estos compuestos bajo los estándares de la FDA (Estados Unidos), mientras que la Unión Europea mantiene un principio de precaución rigurosos. Esta discrepancia sugiere que el riesgo percibido sobre los residuos en la carne sigue siendo el principal factor de las restricciones comerciales globales. En última instancia, la regulación internacional no solo depende de la ganancia de peso productiva, sino de la validación continua de expertos frente a las crecientes exigencias de los marcos de salud pública europeos y americanos.

Tabla 2

Aportes científicos a normativas internacionales

Autor Líder	Enfoque Científico Principal	Relación con Normativa Americana (FDA/USDA)	Relación con Normativa Europea (EFSA/UE)
Duckett / Johnson	Hipertrofia muscular por trembolona/estradiol.	Sustento Técnico: Validan las dosis para LMR (Límites Máximos de Residuos) permitidos.	Controversia: Sus hallazgos sobre potencia anabólica son la base de la prohibición de la UE por riesgo hormonal.
Hansen / Zinn	Sinergia metabólica con minerales y aditivos.	Optimización: Promueven el uso de aditivos "GRAS" (Generalmente Reconocidos como Seguros).	Aceptación Parcial: La UE permite los aditivos nutricionales (Zn/Cu), pero prohíbe el implante que los potencia.
McAllister	Eficiencia alimentaria y salud animal sistémica.	Sostenibilidad: Argumenta que los implantes reducen la huella de carbono por kilogramo de carne producido.	Conflicto ético: La UE prioriza el bienestar animal y el ciclo natural sobre la eficiencia de recursos mediante fármacos.

La Tabla 3 destaca el predominio de revistas de alto impacto especializadas en ciencias veterinarias y zootecnia, donde el Journal of Animal Science y Translational Animal Science (Estados Unidos), junto con Animals (Suiza) y Theriogenology (Estados Unidos), encabezan la lista como las plataformas con mayores niveles de publicación y relevancia para la industria

cárnica. El contenido de estas revistas se centra primordialmente en la optimización de la eficiencia productiva, la fisiología reproductiva y el metabolismo animal, lo cual argumenta una tendencia de investigación fuertemente ligada al desarrollo tecnológico y farmacológico del sector ganadero. Esta concentración editorial en Estados Unidos (que ocupa 7 de las 15 posiciones) y el Reino Unido se da principalmente porque estos países albergan los centros de investigación con mayor financiamiento y las editoriales más influyentes (como Oxford University Press o Elsevier), además de poseer una industria ganadera altamente tecnificada que demanda constantemente estudios sobre implantes anabólicos y nutrición de precisión para mantener su competitividad global.

Tabla 3

Principales revistas con artículos publicados de implantes anabólicos y productividad bovina

País	Número de registros	Porcentaje
Estados Unidos	8	34,78 %
Reino Unido	8	34,78 %
Suiza	2	8,70 %
Australia	1	4,35 %
Chile	1	4,35 %
México	1	4,35 %
Colombia	1	4,35 %
Ecuador	1	4,35 %
Total	23	100 %

La tabla 3 se presenta, la relación con el país de publicación de las revistas, se identificaron 23 revistas. Estados Unidos y el Reino Unido concentraron el mayor número, con 8 revistas cada uno, equivalentes al 34,78 % del total, respectivamente. Suiza presentó 2 revistas, correspondientes al 8,70 %, mientras que Australia, Chile, México, Colombia y Ecuador registraron 1 revista cada uno, equivalente al 4,35 %. Esta distribución evidencia el predominio editorial de Estados Unidos y el Reino Unido en la difusión científica relacionada con los implantes anabólicos y la productividad bovina.

La Tabla 4, demuestra que la investigación liderada por autores como Smith y Johnson (2020) y Messersmith et al. (2021) proporciona la base biotecnológica para la eficiencia productiva en América; sin embargo, estos mismos estudios son utilizados por la normativa europea para justificar la prohibición. La relación es clara: mientras los artículos científicos validan la potencia del acetato de trembolona para el crecimiento, las normativas internacionales (especialmente la UE) lo utilizan como fundamento del riesgo de disrupción endocrina, creando

un conflicto permanente entre productividad y precaución sanitaria.

Tabla 4

Dimensiones de salud y regulación internacional de implantes anabólicos bovinos

Dimensión de Salud	Riesgos Identificados	Postura Normativa Internacional	Referencia Bibliográfica
Salud Humana (Endocrina)	Disrupción hormonal y potencial carcinogénico por residuos de trembolona.	UE: Prohibición total (Principio de precaución). FDA: Permite según LMR.	Smith & Johnson (2020)
Inocuidad Alimentaria	Acumulación de metabolitos en órganos y trazabilidad de tiempos de retiro.	Global: Exigencia de monitoreo estricto de residuos en tejidos.	Duckett & Pratt (2014)
Salud Animal (Fisiológica)	Estrés metabólico y alteraciones en comportamiento y órganos reproductivos.	UE: Considerado riesgo al bienestar animal. EE. UU.: Aceptado como manejo eficiente.	Reichhardt & Thornton (2022)
Interacción Metabólica	Deficiencias secundarias de minerales por demanda acelerada de crecimiento.	Emergente: Regulación de suplementos nutricionales para mitigar estrés.	Messersmith, Smerchek & Hansen (2021)
Sostenibilidad y Salud	Excreción de hormonas sintéticas al ecosistema (suelo y agua).	Global: Incremento de vigilancia sobre impacto ambiental en efluentes.	Capper & Hayes (2012)

La tabla 6, se presenta los países que más utilizan implantes hormonales presenta limitaciones, porque no existe una base internacional estandarizada que informe anualmente el porcentaje de bovinos tratados. Los datos disponibles permiten identificar a Estados Unidos y Australia como los países con mayor uso documentado, mientras que Canadá mantiene una autorización amplia, pero no publica una prevalencia nacional comparable. En Estados Unidos, el 84 % de los bovinos mantenidos en corrales con capacidad superior a 1.000 animales recibió implantes hormonales en 2011 (Arita et al., 2014); investigaciones posteriores estiman que aproximadamente el 90 % de los bovinos en engorde recibe al menos un implante durante el ciclo productivo (Reichhardt et al., 2021). Esta amplia adopción también se refleja en estudios recientes

realizados en sistemas estadounidenses de engorde intensivo, donde se han evaluado programas secuenciales con Revalor-IS, Ralgro, Encore y Revalor-XS (Wesley et al., 2023), así como combinaciones de acetato de trembolona y estradiol en novillos Holstein (Carvalho et al., 2020).

Tabla 5

Principales tratamientos identificados en los estudios seleccionados

Estudio	Tratamientos evaluados	Animales	Resultado principal
Huerta-Leidenz et al. (2021)	20 mg de estradiol + 120 mg de acetato de trembolona frente a testigo	47 bovinos cebú	Aumentó la ganancia diaria en novillos, sin afectar negativamente la palatabilidad
Carvalho et al. (2020)	Día 0: 80 mg TBA + 16 mg E2; día 84: 120 mg TBA + 24 mg E2; testigo sin implante	70 novillos Holstein	Mayor ganancia diaria, consumo, peso de canal y área del músculo <i>Longissimus</i>
Jacobs et al. (2025)	Pastoreo; pastoreo + 40 mg TBA + 8 mg E2; implante + suplementación	69 novillos	Se evaluaron crecimiento muscular, retención de nitrógeno y recambio proteico
Reichhardt et al. (2021)	25,7 mg E2; 200 mg TBA; 120 mg TBA + 24 mg E2; testigo	50 novillos Angus	La combinación hormonal produjo la mejor eficiencia alimenticia y mayor peso de canal
Henniger et al. (2022)	Moderado: 80/16 seguido de 120/24 mg TBA/E2; agresivo: 80/16 seguido de 200/20 mg	336 novillos	La estrategia agresiva alcanzó 1,72 frente a 1,66 kg/día
Ohnoutka et al. (2021)	Implantes inmediatos, recubiertos, retardados o repetidos con 200 mg TBA + 20 mg E2	1.220 vaquillas	Mayor crecimiento, eficiencia y peso de canal, aunque con menor marmoleo
Wesley et al. (2023)	Programas secuenciales con Revalor-IS, Ralgro, Encore y Revalor-XS	6.895 novillos	Hubo pocas diferencias finales; la aplicación temprana de TBA aumentó la conducta de monta

En la Tabla 7, se muestran que los animales implantados presentaron de manera general, mayor ganancia diaria de peso, consumo de materia seca, peso final y eficiencia alimenticia que los grupos sin implante. Los incrementos fueron más evidentes cuando se emplearon dosis altas o programas secuenciales de reimplantación. Sin embargo, las formulaciones de liberación prolongada también lograron resultados productivos semejantes, con la ventaja de reducir el número de intervenciones durante el periodo de engorde (Schumacher et al., 2019; Smerchek & Smith, 2020; Ball et al., 2022).

Respecto a la canal, los implantes incrementaron principalmente el peso de canal caliente y el área del músculo *Longissimus*, lo que indica una mayor deposición de tejido muscular (Carvalho et al., 2020; Torrentera et al., 2017). No obstante, algunos programas de mayor intensidad redujeron ligeramente el marmoleo, aunque este efecto no fue constante entre estudios.

La evidencia sobre la terneza es limitada, ya que la mayoría de las investigaciones no evaluó la fuerza de corte Warner–Bratzler. Por ello, no puede establecerse una conclusión definitiva sobre el efecto de los implantes en la terneza. En conjunto, la tabla demuestra que los implantes mejoran consistentemente la productividad, mientras que sus efectos sobre la calidad de la carne dependen de la dosis, el programa de aplicación y el manejo posmortem.

Tabla 6

Síntesis de tratamientos con implantes anabólicos y sus efectos productivos

Implante utilizado	Tratamiento experimental	Efectos zootécnicos	Canal, carne y terneza (WBSF)	Referencia
TBA + E2 (120 + 24 mg)	Holstein; control vs. implantados y reimplantados	↑ CMS 5,9 %; ↑ GDP 16,7 %; ↑ eficiencia 9,4 %	Mejor desempeño; canal sin cambios relevantes; WBSF: NR	Torrentera et al. (2016)
Imp-2 vs. Imp-3	240 Holstein; 2 vs. 3 implantes	Imp-3: ↑ GDP 9,6 %; ↑ CMS 2,3 %; ↑ eficiencia 7 %	↑ Longissimus 4 %; pocos cambios; WBSF: NR	Torrentera et al. (2017)
Synovex Choice® Plus® vs.	Simmental × Angus; dosis creciente	↑ GDP, peso final e IGF-1	↑ Longissimus; marmoleo estable; WBSF: NR	Smerchek y Smith (2020)
Component TE-IS® + TE-S®	70 Holstein; implantados vs. control	↑ peso final, GDP y CMS; eficiencia sin cambios	↑ canal caliente y Longissimus; grasa y marmoleo estables; WBSF: NR	Carvalho et al. (2020)
Synovex ONE Feedlot® vs. Choice® + Plus®	1.737 novillas; implante único vs. reimplante	Reimplante: ↑ GDP, canal y eficiencia	↑ Longissimus, rendimiento y cortes; ↓ marmoleo; WBSF: NR	Schumacher et al. (2019)
Synovex ONE Grower®	800 novillos + 800 vaquillas; control vs. implante	↑ GDP: 13,1 % y 8,9 %; ↑ peso final	Canal y terneza no evaluadas; retención > 95 %	Ball et al. (2022)

Revalor-IH®, Revalor-200® y Revalor- XH®	Novillas; 1 vs. 2 aplicaciones	↑ desempeño; reimplante ↑ eficiencia y canal	Variaciones en canal; WBSF: NR	Horton et al. (2023)
Synovex Choice® Revalor-H®	+ Toros; 2 vs. 3 implantes	3 implantes: ↑ eficiencia 7,4 %; GDP estable	Carne y WBSF: NR	Hidalgo et al. (2026)
TBA estradiol	+ Revisión de sistemas intensivos	de ↑ crecimiento, músculo y eficiencia	Terneza variable; posible ↑ WBSF; maduración atenúa efectos	Sperber y Streeter (2026)

CONCLUSIONES

La evaluación de la literatura científica mediante esta búsqueda sistemática en Web of Science permite concluir que el uso de implantes anabólicos representa una tecnología de alto impacto en la ganancia de peso del ganado bovino. De acuerdo con los resultados bibliométricos obtenidos, la producción científica aumentó de 1 artículo en el año inicial a 15 artículos en el año final del período analizado, lo que representa un incremento del 1400 % en la última década. No obstante, este análisis revela una dicotomía crítica: mientras que autores líderes como Duckett, Johnson y Hansen proporcionan el sustento biotecnológico para maximizar la eficiencia alimentaria y la síntesis proteica, poner en alerta los riesgos para la salud animal y humana.

Se concluye que no existe un consenso internacional unificado; mientras el modelo de las Américas (FDA/Codex) valida la seguridad de estos productos basándose en límites de residuos tolerables para el consumo humano, la Unión Europea prioriza el principio de precaución, prohibiendo su uso ante posibles efectos genotóxicos a largo plazo.

REFERENCIAS

- Arias, R., Manríquez, S., & Velásquez, A. (2021). Efecto de un implante estimulante de crecimiento anabólico sobre la respuesta productiva y económica de novillos de tres razas. *Agro Sur*, 49(2), 21–29.
- Arita, S., Beckman, J., Kuberka, L., & Melton, A. (2014). *Sanitary and phytosanitary measures and tariff-rate quotas for U.S. meat exports to the European Union* (Livestock, Dairy, and Poultry Outlook Report No. LDPM-245-01). U.S. Department of Agriculture, Economic Research Service.
- Ball, J. J., Taube, P. C., Hallberg, J. W., Wood-Follis, S. L., Dykstra, C. R., Nadrask, A. N., Eberhart, N. L., Jones, S. L., Borchers, K. D., Scramlin, J. A., Bechtol, D. T., Waite, A. R., Edmonds, M. D., Herrick, R. T., Lechtenberg, K. F., & Lawrence, T. E. (2022). Synovex ONE Grower improves growth performance for at least 200 days in growing beef steers and heifers fed in confinement for slaughter. *Translational Animal Science*, 6(4), txac109. <https://doi.org/10.1093/tas/txac109>
- Capper, J. L., & Hayes, D. J. (2012). The environmental and economic impact of removing growth-enhancing technologies from US beef production. *Journal of Animal Science*, 90(9), 3527–3537.
- Castro, E., Pérez, C., Ortega, C. A., Salazar Vizuete, D., & Pazmiño González, J. (2016). Evaluación de dos estimulantes hormonales para el engorde de toretes Brahman bajo pastoreo y bloques multinutricionales suplementarios. *Siembra*, 3(1), 101–104. <https://doi.org/10.29166/siembra.v3i1.268>
- Carvalho, P. H. V., Perry, G. A., & Felix, T. L. (2020). Effects of steroidal implants on feedlot performance, carcass characteristics, and serum and meat estradiol-17 β concentrations of Holstein steers. *Translational Animal Science*, 4(1), 206–213. <https://doi.org/10.1093/tas/txaa025>
- Colopi, A., Guida, E., Cacciotti, S., Fuda, S., Lampitto, M., Onorato, A., et al. (2024). Dietary exposure to pesticide and veterinary drug residues and their effects on human fertility and embryo development: A global overview. *International Journal of Molecular Sciences*, 25(16), 9116.
- Domingo, J. L. (2024). Toxic trace elements and endocrine disruptors in meat products: Emerging risks and public health implications. *Foods*, 14(1), 9. <https://doi.org/10.3390/foods14010009>
- Duckett, S. K., & Pratt, S. L. (2014). Meat science and muscle biology symposium—Anabolic implants and meat quality. *Journal of Animal Science*, 92(1), 3–9.
- Dueñez, J. J., Villamizar, L. H. R., Díaz, C. A. B., Cárdenas, E., & Bayona, J. V. N. (2022). Revisión: Residuos de antibióticos en la carne, un problema de salud pública en Colombia.

Spei Domus, 18(1), 1–26.

- Elsayed, G. A., Ahmed, H. M., & Hassan, S. M. (2023). Hormonal residues in chicken and cattle meat: A risk threat to present and future consumer health. *Food and Chemical Toxicology*, 182, 114172. <https://doi.org/10.1016/j.fct.2023.114172>
- European Food Safety Authority. (2007). *EFSA publishes scientific opinion on hormone residues in beef*. <https://www.efsa.europa.eu/en/press/news/contaminants070130>
- Food and Drug Administration. (2023). *Steroid hormone implants used for growth in food-producing animals*. <https://www.fda.gov/animal-veterinary/product-safety-information/steroid-hormone-implants-used-growth-food-producing-animals>
- Giménez, A., Barrios, L., & Rinaldi, G. (2020). Regulación sanitaria y control de residuos en la producción bovina de América Latina. *Revista Latinoamericana de Inocuidad Alimentaria*, 12(3), 145–159.
- Gubó, E., Plutzer, J., Molnár, T., Pordán-Háber, D., Szabó, L., Szalai, Z., et al. (2023). A 4-year study of bovine reproductive hormones and their environmental implications. *Environmental Science and Pollution Research*, 30, 125596–125608. <https://doi.org/10.1007/s11356-023-31126-y>
- Henniger, M. T., Wells, J. E., Hales, K. E., Lindholm-Perry, A. K., Freetly, H. C., Kuehn, L. A., et al. (2022). Effects of a moderate or aggressive implant strategy on the rumen microbiome and metabolome in steers. *Frontiers in Animal Science*, 3, 889817.
- Hernández-Larromana, J., Durán, I., Palacios-López, F., & Leyton-Barrientos, L. (2021). Evaluación del efecto de dos concentraciones de acetato de trembolona y benzoato de estradiol. *Revista Agrociencia*, 4(18), 59–67.
- Huerta-Leidenz, N., Jerez-Timaure, N., Sarturi, J. O., Brashears, M. M., Miller, M. F., Moya, A., & Godoy, S. (2021). Effects of sex class and anabolic implant strategy on growth and carcass characteristics. *Animals*, 11(12), 3441.
- Jacobs, J. L., Leonard, E., Tharayil, N., & Duckett, S. K. (2025). Utilization of anabolic implants and individual supplementation on muscle growth. *Animals*, 15(4), 513. <https://doi.org/10.3390/ani15040513>
- Jumbo Moreira, J. R., Rodríguez Arévalo, A. F., Guerrero Arrieta, K. G., Villagomez Barreno, J. K., Campoverde Santos, C. M., & Criollo Cantos, A. F. (2024). Análisis comparativo del efecto de 3 tratamientos (AD3, estradiol + AD3 y esteroide anabólico + AD3) en la ganancia de peso en distintas razas de ganado bovino. *RECIENA*, 4(2), 44–50. <https://doi.org/10.47187/jvap2v12>
- Messersmith, E. M., Smerchek, D. T., & Hansen, S. L. (2021). The crossroads between zinc and steroidal implant-induced growth of beef cattle. *Animals*, 11(7), 1914. <https://doi.org/10.3390/ani11071914>
- Mosburg, M., Li, Y., Helmes, E., Falt, T. D., Trott, J. F., Solomon, G., et al. (2025). Determination

- of hormonal growth promotants in beef using LC–MS/MS. *Drug Testing and Analysis*, 17, 1237–1251. <https://doi.org/10.1002/dta.3827>
- Ohnoutka, C. A., Bondurant, R. G., Boyd, B. M., Hilscher, F. H., Nuttelman, B. L., Crawford, G. I., et al. (2021). Evaluation of coated steroidal combination implants. *Applied Animal Science*, 37(1), 41–51.
- Qaid, M. M., & Abdoun, K. A. (2022). Safety and concerns of hormonal application in farm animal production: A review. *Journal of Applied Animal Research*, 50(1), 426–439.
- Reichhardt, C. C., Messersmith, E. M., Brady, T. J., Motsinger, L. A., Briggs, R. K., Bowman, B. R., et al. (2021). Anabolic implants varying in hormone type and concentration influence performance. *Animals*, 11(7), 1964.
- Reichhardt, C. C., & Thornton, K. J. (2022). *Skeletal muscle growth of beef cattle: Cattle breed types and anabolic implants* [Tesis de posgrado]. All Graduate Theses and Dissertations, 8527.
- Schumacher, E. A., Erickson, G. E., Jordon, D. J., Cooper, R. J., Scott, T. L., Bundy, S., Sides, G., & Cleale, R. M. (2019). A comparison of Synovex ONE alone to Synovex Choice followed by Synovex Plus as implant strategies for finishing heifers. *Journal of Animal Science*, 97(Supplement 2), 129–130. <https://doi.org/10.1093/jas/skz122.230>
- Skoupá, K., Šťastný, K., & Sládek, Z. (2022). Anabolic steroids in fattening food-producing animals—A review. *Animals*, 12(16), 2115.
- Smerchek, D. T., & Smith, Z. K. (2020). Effects of increasing doses of trenbolone acetate and estradiol on finishing phase growth performance, carcass trait responses, and serum metabolites in beef steers following implantation. *Translational Animal Science*, 4(3), txaa158. <https://doi.org/10.1093/tas/txaa158>
- Smith, Z. K., & Johnson, B. J. (2020). Mechanisms of steroidal implants to improve beef cattle growth: A review. *Animal Production Science*, 60(5), 133–141. <https://doi.org/10.1080/09712119.2020.1751642>
- Smith-Jones, L., Pérez-Martínez, R., & Kim, J. H. (2025). Unveiling the global landscape of anabolic steroid residues in beef. *Current Research in Food Science*, 11, 101205. <https://doi.org/10.1016/j.crfs.2025.101205>
- Vega, M., Bravo, S., & Arias, R. (2021). Implantes promotores de crecimiento en ganado bovino. *Agro Sur*, 49(2), 43–57.
- Wesley, K. R., Word, A. B., Maxwell, C. L., Holland, B. P., Karr, K. J., Hutcheson, J. P., Walter, L. A. J., & Johnson, B. J. (2023). The effect of different implant programs on beef × dairy steer feedlot growth performance and carcass characteristics. *Translational Animal Science*, 7(1), txad124. <https://doi.org/10.1093/tas/txad124>