



Facultad de Veterinaria
Universidad Zaragoza



Trabajo Fin de

Autor/es

Director/es

Facultad de Veterinaria

ÍNDICE

1. RESUMEN / ABSTRACT	1
2. INTRODUCCIÓN	2
2.1- DEMANDA GLOBAL DE CARNE	2
2.2- EFICIENCIA PRODUCTIVA DEL SECTOR CÁRNICO	6
2.3 - PROMOTORES DEL CRECIMIENTO	7
2.3.1- Clasificación de promotores del crecimiento	7
2.3.2- Contexto legislativo de los promotores hormonales de crecimiento	8
3. JUSTIFICACIÓN Y OBJETIVOS	10
4. METODOLOGÍA	11
4.1- FUENTES BIBLIOGRÁFICAS UTILIZADAS	11
4.2- ESTRATEGIAS DE BÚSQUEDA Y CRITERIOS DE SELECCIÓN	12
5. RESULTADOS	15
5.1- PUBLICACIONES SELECCIONADAS	15
5.2- RESULTADOS DESTACADOS INCLUIDOS EN LA REVISIÓN	16
6. DISCUSIÓN	26
7. CONCLUSIONES	30
CONCLUSIONS	31
9. BIBLIOGRAFÍA	33

1. RESUMEN

La demanda de alimento y especialmente de fuentes de proteína aumenta hasta límites incompatibles con la producción actual. El uso de promotores de crecimiento podría ser una alternativa para mejorar la eficiencia productiva, si bien en la Unión Europea su uso no está permitido. Por ello, este trabajo tiene como objetivo revisar la bibliografía disponible sobre seis promotores hormonales de crecimiento en ganado vacuno de carne, para determinar su repercusión sobre la productividad, la calidad de la carne y la salud humana, así como evaluar la opinión de los consumidores. Para la revisión sistemática se utilizaron las bases de datos Google Académico, Web of Science, ScienceDirect y Scopus, limitando la búsqueda a los últimos diez años. Se mostró que los promotores hormonales tienen efectos beneficiosos para el crecimiento animal, y por tanto generan una mayor rentabilidad para el productor. A su vez, tienen un efecto positivo sobre la calidad nutricional de la carne porque ésta es más magra y un efecto negativo sobre la calidad organoléptica. Con los niveles de administración utilizados en producción animal, los residuos de hormonas naturales en la carne no suponen un riesgo para la salud humana, mientras que las hormonas sintéticas requieren de límites máximos para evitar riesgos potenciales. La mejora de la eficiencia productiva por la administración hormonal tiene efectos beneficiosos para el medio ambiente al reducir los recursos necesarios por kilogramo de carne y reducir los gases de efecto invernadero, así como los residuos generados por el ganado. Sin embargo, los residuos podrían representar un riesgo potencial para la fauna y el ser humano. En general, la opinión de los consumidores sobre la administración de hormonas promotoras es negativa, ya que se asocia a una menor calidad y a un producto menos natural.

ABSTRACT

Food demand and especially for protein sources increases to limits incompatible with current production. The use of growth promoters could be an alternative to improve production efficiency, although their use is not allowed in the European Union. Therefore, this work aims to review the available bibliography on six hormonal growth promoters in beef cattle, to determine their impact on productivity, meat quality and human health, as well as evaluate consumer opinion. For the systematic review, the Google Scholar, Web of Science, ScienceDirect and Scopus databases will be used, limiting the search to the last ten years. It was shown that hormonal promoters have beneficial effects for animal growth, and therefore generate greater profitability for the producer. In turn, they have a positive effect on the nutritional quality of the meat because it is leaner and a negative effect on the organoleptic quality. With the administration levels used in animal production, the residues of natural hormones in meat do not pose a risk to human health, while synthetic hormones require

maximum limits to avoid potential risks. The improvement of production efficiency by hormonal administration has beneficial effects for the environment by reducing the necessary resources per kilogram of meat and reducing greenhouse gases, as well as waste generated by livestock. However, the residues could represent a potential risk to wildlife and humans. In general, the opinion of consumers about the administration of promoter hormones is negative, since it is associated with a lower quality and a less natural product.

2. INTRODUCCIÓN

2.1- DEMANDA GLOBAL DE CARNE

La disposición de fuentes de alimento estables en el tiempo y capaces de satisfacer los requerimientos nutricionales básicos, ha sido una de las mayores preocupaciones del ser humano desde las sociedades primitivas. De esta forma, la aparición de una economía sedentaria de producción de animales y cultivos vegetales, en contraposición a una economía nómada de recolección y caza, constituye el paso necesario para conseguir el fin antes mencionado. Sin embargo, a pesar de la aparición de la agricultura y ganadería en la llamada revolución neolítica, la eficiencia productiva era escasa, debido en parte a la alta mortalidad del ganado asociada a las carencias de herramientas útiles para su supervivencia y defensa frente a factores externos tales como enfermedades o depredadores (Collazos y Yosely, 2018).

Se produce un aumento general de la demanda alimentaria proporcional al aumento demográfico, pero no es hasta el descubrimiento de la penicilina y la industrialización de los siglos XVIII y XIX cuando se produce un crecimiento exponencial de la demanda de carne por habitante, acompañado de un crecimiento demográfico masivo de la población humana que continúa hasta la actualidad (McCurry, 2012). Dicho aumento de la demanda cárnica no sólo responde a un contexto de aumento demográfico; la literatura científica ha identificado cuatro factores que se explicarán brevemente a continuación como principales impulsores de dicho aumento: factores económicos, factores sociales, factores de globalización y factores de dotación natural (Milford et al., 2019).

Según los datos obtenidos del informe de *Food and Agriculture Organization of the United Nations* (FAO) de 2009, desde 1961 se ha producido un aumento general de la renta per cápita en la mayoría de países del mundo, dentro del cual, la población de los países desarrollados y en vías de desarrollo ha aumentado la cantidad total de alimentos consumidos per cápita, así como ha modificado la composición de su dieta con la sustitución de alimentos ricos en carbohidratos a aceites vegetales, azúcar y alimentos de origen animal, como la carne (Schmidhuber y Shetty, 2005). Los precios

relativos también son un impulsor importante de la demanda cárnica ya que, desde la década de 1960, se ha producido una reducción importante de los precios de los productos provenientes de la ganadería en comparación con otros productos alimenticios (FAO, 2009). La reducción de los precios pecuarios se debe a factores tales como la industrialización, los avances en ciencia veterinaria, la mejora genética y el aumento de la productividad (Schmidhuber y Shetty, 2005). Como resultado, los alimentos de origen animal se volvieron más asequibles, incluso para aquellos consumidores que no experimentaron un aumento en sus ingresos.

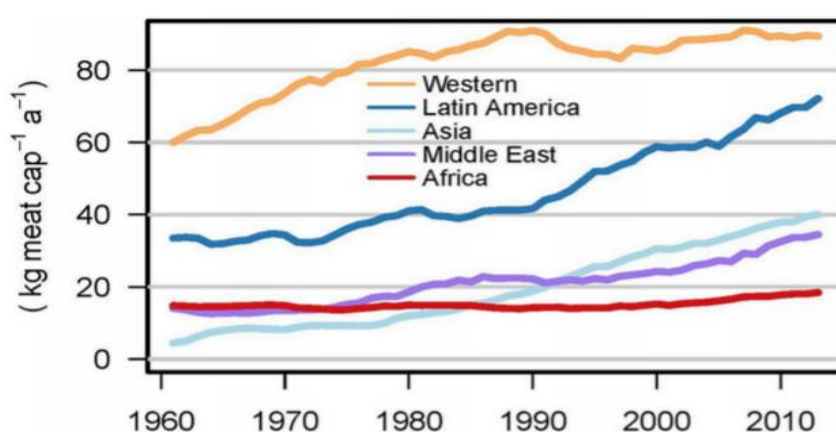


Figura 1. Incremento del consumo de carne per cápita desde 1961 hasta 2010 (FAOSTAT).

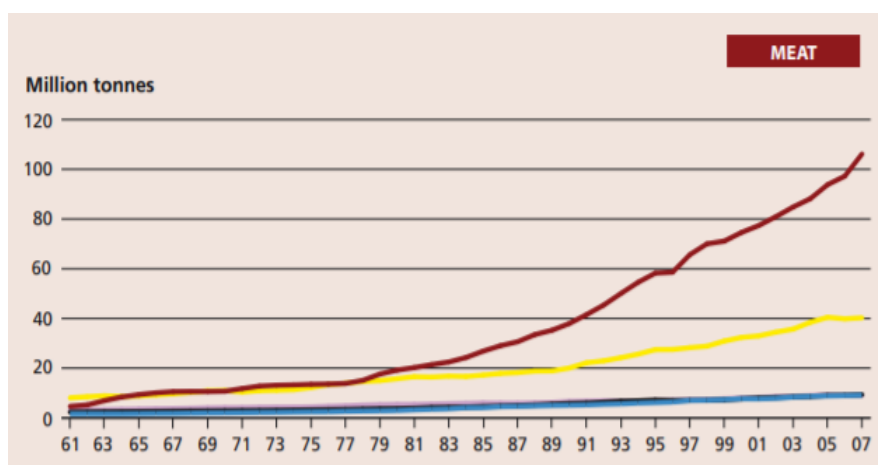


Figura 2. Producción global de carne desde 1961 hasta 2007 (FAO, 2009, p. 26).

Dentro de los factores sociales que influyen en la demanda cárnica, la urbanización se ha demostrado como uno de los puntos más importantes en el aumento del consumo de carne. En las ciudades, las personas tienden a consumir fuera del hogar, además de que presentan una mejor infraestructura de transporte, que facilita el mantenimiento de la cadena de frío en la distribución de

las multinacionales alimentarias, las cuales poseen una tendencia globalizada a las dietas basadas en productos animales y alimentos precocinados (Schmidhuber y Shetty, 2005).

Oberländer et al. (2016) muestran que no hay un impacto significativo de la globalización económica sobre la cantidad de energía derivada de productos animales en las dietas. Sin embargo, la globalización social (es decir, los contactos personales con extranjeros, los flujos de información, así como la proximidad cultural) provoca un aumento del 20% en la cantidad de energía de origen animal en las dietas (Oberländer et al., 2016). Por lo que puede concluirse que el aumento de la demanda cárnica asociado a la globalización depende en gran medida de aspectos sociales y no puramente económicos.

La diferencia de dotación natural de recursos entre los diferentes países influye en el volumen de producción ganadera, así como indirectamente en la demanda cárnica de la población. Ambos factores están estrechamente correlacionados debido a que los países con una baja producción pecuaria nacional ligada a factores como la ausencia de recursos económicos y/o climas adversos con una reducida superficie de cultivo, generalmente, tienen una baja participación en la importación y exportación de productos cárnicos, debido a que los costes de transporte son regularmente más altos en la ganadería que en la agricultura (Milford et al., 2019). Este mayor coste es debido a la complejidad y costes añadidos de mantener la cadena de refrigeración en la etapa de distribución y suministro. De esta forma, indirectamente, las normas de seguridad alimentaria actúan, en el caso de los países con menos recursos económicos, como barreras comerciales que les impiden participar en el comercio internacional por la carencia de inversión. Y aunque los países de ingresos altos pueden poseer una menor producción nacional de carne, estos pueden adaptarse más fácilmente a situaciones de exceso de demanda u oferta, ya que tienen la posibilidad de recurrir al comercio internacional. Esto genera que el precio de la carne sea aún más favorable en países de altos ingresos, lo que contribuye a uno de los principales problemas de los seres humanos en la actualidad junto con la sobrepoblación, que es el sobreconsumo (Beascoechea, 2015).

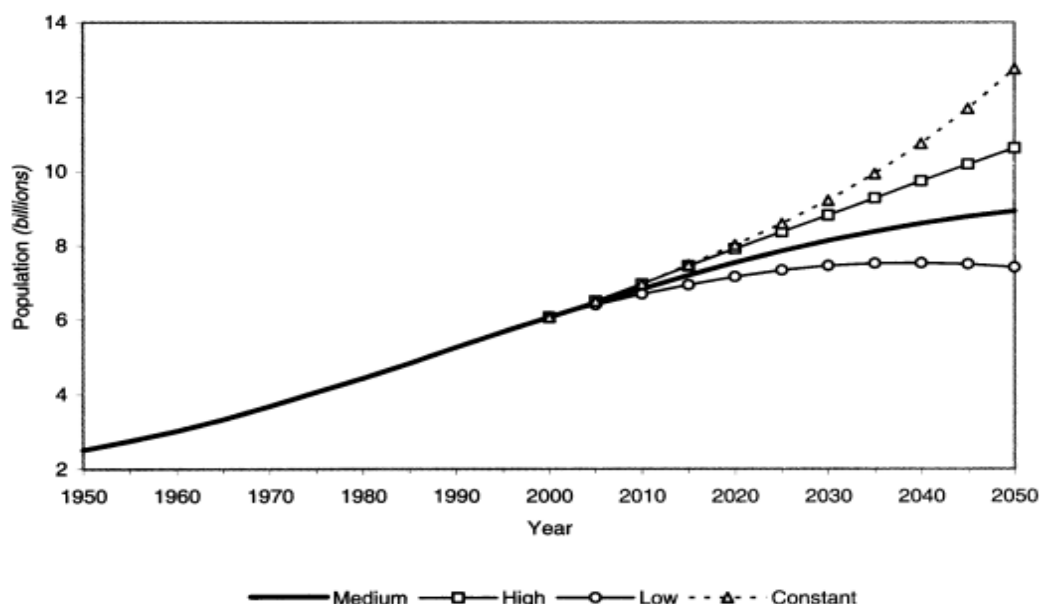


Figura 3. Crecimiento de la población mundial, cifras actuales y proyecciones, 1950-2050 (Chami, 2004, p. 98).

Como refleja la **figura 3** (Chami, 2004) se prevé que en 2050 la población mundial aumente hasta nueve billones de personas, como consecuencia, se estima que la producción cárnica anual para el abastecimiento del mercado tendrá que aumentar en 200 millones hasta llegar a un total de 470 millones de toneladas (FAO, 2009).

En 1798, Thomas Robert Malthus, uno de los padres de la demografía moderna, en su primer ensayo para la población, escribió:

“Considerando aceptados mis postulados, afirmo que la capacidad de crecimiento de la población es infinitamente mayor que la capacidad de la tierra para producir alimentos para el hombre.

La Población, si no encuentra obstáculos, aumenta en progresión geométrica. Los alimentos tan sólo aumentan en progresión aritmética. Basta con poseer las más elementales nociones de números para poder apreciar la inmensa diferencia a favor de la primera de estas dos fuerzas.”

Sin embargo, la teoría malthusiana se equivocó al no tener en cuenta cómo la evolución tecnológica puede multiplicar la productividad, superando el progreso geométrico de la población humana, debido a la aparición de métodos anticonceptivos y la reducción de la natalidad en las sociedades modernas a partir de un determinado nivel de renta (Beascoechea, 2015). Sin embargo, a pesar de

su inexactitud, la hipótesis malthusiana advierte de una realidad ineludible como es la existencia de límites físicos tales como los recursos naturales al crecimiento poblacional.

Cada especie animal posee una capacidad de sustentación, dicha capacidad depende de su tamaño poblacional y la presión sobre los recursos que provee el entorno, pudiendo formularse una relación de sostenibilidad: $I = P \times C \times T$, donde el **impacto sobre el medio ambiente (I)** es igual al **producto del tamaño poblacional (P) por el consumo de los individuos (C) y por el coste tecnológico (T)**, entendido como la relación entre “la cantidad de recursos necesarios y de residuos originados con una tecnología dada para producir cada unidad de consumo” (Ehrlich y Holdren, 1971). Para mantener constante la capacidad de sustentación cualquier aumento en una de las tres variables debe llevar aparejada una disminución en el resto. En concreto, en ausencia de progreso tecnológico, un aumento del tamaño poblacional debería llevar aparejada una reducción de la presión sobre los recursos por parte de esa población cuyo tamaño se ha visto incrementado y a la inversa, una reducción del tamaño poblacional permitiría aumentar la presión sobre los recursos (Ehrlich y Holdren, 1971). La sobrepoblación afecta a los países de menores ingresos, mientras que el sobreconsumo afecta a los países de mayores ingresos, por lo que para equilibrar la ecuación es necesaria la disminución del valor de las diferentes variables a través de medidas que produzcan un **aumento de la eficiencia productiva** (valor T), la reducción del consumo de los individuos (valor C) y/o la reducción de la natalidad (valor P).

2.2- EFICIENCIA PRODUCTIVA DEL SECTOR CÁRNICO

Los sistemas productivos del sector agropecuario han ido evolucionando y satisfaciendo la demanda de la población. La revolución industrial provocó importantes transformaciones económicas, sociales y tecnológicas. Estos cambios posibilitaron el aumento de la producción ganadera y los requerimientos de la población cambiaron en concordancia con el crecimiento demográfico masivo, lo que provocó un aumento de la necesidad de una producción ganadera y agrícola, más eficaz especialmente tras la Segunda Guerra Mundial y hasta finales de siglo, debido a una serie de acontecimientos, así como acuerdos entre países forzados por una sociedad con graves carencias alimentarias (Estévez, 2016).

Centrándonos en la eficiencia de la producción cárnica, que es la que más interesa teniendo en cuenta el ámbito de este trabajo, se puede considerar como el resultado de la relación entre dos factores, la capacidad de desarrollo corporal de un individuo concreto a través de su dotación genética, y la eficiencia reproductiva, que se mide a través de la tasa de fertilidad y de fecundidad (Estévez, 2016). Con el paso del tiempo y a través de los avances científicos el crecimiento animal se

ha convertido en uno de los factores a incidir para la mejora de la producción cárnica. Según Álvarez, P. J., (1994, p. 46) se puede definir el crecimiento animal como:

“Función biológica resultante de una compleja interacción hormonal ligada a la constitución genética de los animales, y sobre la que también influyen el medio que les rodea y el aporte de nutrientes que reciben, de manera que se puede hacer variar su intensidad manipulando cualquiera de estos factores.”

Partiendo de la definición de crecimiento existen dos factores en los que se puede incidir para lograr una mejora de los propios animales y así conseguir una intensificación de la producción cárnica capaz de satisfacer la demanda (Estévez, 2016):

- 1) Mejora genética.
- 2) Modificación directa del metabolismo de crecimiento:
 - **Aplicación de sustancias estimulantes del crecimiento o promotores del crecimiento.**
 - Administración de sustancias estimulantes de la digestión para una mayor disponibilidad de nutrientes (Castillo, Abuelo y Hernández, 2017).

2.3 - PROMOTORES DEL CRECIMIENTO

Según la Organización Mundial de la Salud (OMS) se define *“agente promotor del crecimiento”* como *“aquella sustancia distinta de los nutrientes de la ración que aumentan el ritmo de crecimiento y mejoran el índice de conversión de los animales sanos y correctamente alimentados”*.

Es a partir de la Segunda Guerra Mundial cuando adquirió relevancia el término de *“promotores del crecimiento”* especialmente en el sector vacuno, momento en que se fue intensificando de forma progresiva la producción (Estévez, 2016).

2.3.1- Clasificación de promotores del crecimiento

Los promotores del crecimiento son sustancias muy variadas y con diversos mecanismos de actuación, lo que hace que tengan distintos efectos en el animal. Según Estévez (2016) se pueden clasificar en cuatro categorías diferenciadas según su mecanismo de acción, dentro de las cuales se encuentran los modificadores metabólicos.

Modificadores metabólicos (promotores tradicionales)	Modificadores inmunológicos	Modificadores digestivos	Otros
<ul style="list-style-type: none"> •Agentes b-agonistas •Hormonas •Agentes tireostáticos •Antibióticos •Otros agentes o cócteles farmacológicos 	<ul style="list-style-type: none"> •Inmunización contra las membranas de las células grasas •Inmunización contra factores hipotalámicos liberadores de gonadotropinas •Materias primas ricas en inmunoglobulinas 	<ul style="list-style-type: none"> •Ácidos •Prebióticos •Probióticos •Enzimas •Extractos fitogénicos •Nutracéuticos: vitaminas, minerales, aminoácidos, oligosacáridos, etc. •Otros 	<ul style="list-style-type: none"> •Hepatoprotectores •Sustancias tampón •Emulsionantes •Donantes del grupo metil •Anticatalasas

Figura 4. Promotores del crecimiento según su mecanismo de acción (Estévez, 2016, p. 55).

Dentro del grupo de modificadores metabólicos se encuentran las hormonas, estas sustancias pueden definirse como “*Mensajeros químicos secretados a la sangre o al líquido extracelular por una célula, viéndose afectado el funcionamiento de otras células o incluso la propia célula que la ha sintetizado*” (Moreno et al., 2011, p. 17). Las únicas hormonas autorizadas para su uso en el sector cárnico bovino de diversos países son las hormonas sexuales, las cuales se dividen según su estructura en hormonas naturales (estradiol, progesterona y testosterona) y hormonas sintéticas (zeranol, trembolona y melengestrol) (Itana y Duguma, 2021; Getabalew, Alemneh y Zewdie, 2020; Biswas et al., 2013).

Estas sustancias ejercen un efecto androgénico, estrogénico y/o progestágeno, y en su mayoría se utilizaron en las Comunidades Europeas a partir de la segunda mitad del siglo XX como promotores del crecimiento en ganado bovino, en forma de implantes subcutáneos de liberación lenta dispuestos en la oreja del animal y desechados antes del sacrificio (Borregón, 1992), aunque algunos de ellos, eran de administración oral como el acetato de melengestrol (Galbraith, 2002).

2.3.2- Contexto legislativo de los promotores hormonales de crecimiento

Los seis promotores hormonales de crecimiento (HGP) mencionados en el punto anterior se encuentran autorizados para la mejora de la eficiencia productiva de carne de vacuno por la administración estatal de diversos países como Australia, Nueva Zelanda, Estados Unidos, México, Canadá y Sudáfrica (Herago y Agonafir, 2017).

De forma análoga, existe legislación, como en el caso de la Unión Europea, que no permite ni la administración ni la comercialización de carne de vacuno de animales tratados con estos seis promotores hormonales. La Directiva 1981/602 es considerada la primera normativa restrictiva comunitaria, ya que se prohíbe el uso de hormonas sintéticas, estilbenos y tireostáticos con fines

promotores, considerando que el efecto andrógeno, estrógeno, gestágeno o antitiroideo de estas sustancias **puede ser peligroso para el consumidor y alterar la calidad de la carne** (Estévez, 2016). Aparte de esta directiva, se establecen otras múltiples prohibiciones, pero todavía se mantiene el permiso del uso de sustancias hormonales naturales (17 β -estradiol, progesterona, testosterona) y dos compuestos de síntesis (trembolona y zeranol), para ciertos usos como la sincronización de celos o la interrupción de la gestación; en espera de estudios que determinen su inocuidad o nocividad (Borregón, 1992).

Posteriormente se publica la Directiva 1985/649 en la que tras diversos estudios científicos que resultaron en la defensa de la inocuidad de las hormonas naturales, se incluye definitivamente la prohibición de sustancias hormonales sintéticas para todos los fines no terapéuticos (trembolona y zeranol) (Estévez, 2016). De esta manera, solo se podrán usar en todo el territorio comunitario tres hormonas con propósito zootécnico o con efectos estimulantes del engorde (17 β -estradiol, progesterona y testosterona) hasta el 1 de enero de 1988 cuando se promulgó la Directiva 1988/146 con la que se amplía, todavía más, la restricción de los productos introduciendo condiciones específicas relativas a la importación de sustancias, carnes y animales, limitando las sustancias mencionadas a un fin meramente terapéutico (Borregón, 1992).

La Directiva 1996/22, constituye el grueso y resume en todo lo referente a la prohibición definitiva de la mayoría de sustancias promotoras utilizadas hasta la fecha y en particular, de los β -agonistas y de las seis hormonas de interés, instando a los Estados Miembros para que velen por el cumplimiento de determinados aspectos sobre posesión y administración de estas sustancias (Estévez, 2016). Para avalar dichas prohibiciones en un contexto internacional de disputa comercial frente a Estados Unidos, se promulgó una nueva directiva en 2003 en la que se afirma (Directiva 2003/74/CE, p. 2):

“Comprobado la existencia de un riesgo para el consumidor con indicios concluyentes en diversos grados para cada una de las seis hormonas evaluadas; segundo, que las seis hormonas pueden provocar efectos endocrinos, sobre el crecimiento, inmunológicos, neurológicos, inmunotóxicos, genotóxicos y carcinógenos y que entre los distintos grupos susceptibles de riesgo, el de los niños impúberes constituye el de mayor riesgo; y en tercer lugar, que a la vista de las propiedades intrínsecas de las hormonas y teniendo en cuenta las conclusiones epidemiológicas no pueden establecerse ingestas diarias admisibles para ninguna de las seis hormonas

evaluadas cuando se administran a los animales de la especie bovina para potenciar su engorde.”

Estados Unidos valoró la nueva directiva, pero la consideró sin fundamento ya que, a su juicio, existían estudios que seguían sin demostrar que la carne procedente de animales tratados con hormonas entrañaba riesgo para la salud de los consumidores (Estévez, 2016). Se justificó en que las Comunidades Europeas en dos ocasiones habían reunido grupos de científicos para examinar la inocuidad de las hormonas (excepto el acetato de melengestrol), pero tanto el Grupo Lamming, reunido en 1982, como la Conferencia Científica de las CE de 1995, habían llegado a la conclusión de que estas hormonas eran inocuas cuando se utilizan en conformidad con las buenas prácticas ganaderas para acelerar el crecimiento (OMC, 2015).

3. JUSTIFICACIÓN Y OBJETIVOS

Como se ha visto en la introducción, la presión de la población humana sobre los recursos medioambientales y el aumento insostenible de la demanda de carne requiere de medidas urgentes. Uno de los métodos para reducir la presión sobre los recursos podría ser la mejora de la eficiencia productiva del sector cárnico a través de promotores hormonales de crecimiento. Por este motivo, el **objetivo principal** consiste en revisar la bibliografía científica existente acerca de la repercusión de los agentes anabólicos hormonales (estradiol, progesterona, testosterona, zeranol, trembolona y melengestrol) sobre la producción de ganado vacuno, la calidad de la carne y la salud humana, así como la opinión de los consumidores y así compararla con la información científica disponible. Para cumplimentar dicha justificación hay que llevar a cabo una serie de **objetivos parciales**:

- Conocer los efectos beneficiosos y perjudiciales que supone la utilización de promotores de crecimiento en el animal.
- Determinar la repercusión del uso de promotores hormonales de crecimiento sobre la calidad de la carne de vacuno.
- Determinar la repercusión sobre la salud humana que supone el consumo de carne de ganado vacuno tratado con promotores hormonales del crecimiento.
- Evaluar la opinión de los consumidores respecto a la administración de promotores hormonales de crecimiento.

4. METODOLOGÍA

La metodología de este trabajo sigue un procedimiento sistemático, que se basa en la búsqueda bibliográfica de información a través de la revisión y consulta de publicaciones científicas relacionadas con el tema de estudio desarrollado y siguiendo las estrategias de búsqueda y criterios de selección que se detallan a continuación. La gestión de las referencias bibliográficas se ha llevado a cabo con el programa **Refworks**, con el fin de recopilar la información científica existente siguiendo el estilo Harvard.

4.1- FUENTES BIBLIOGRÁFICAS UTILIZADAS

Para el cumplimiento del objetivo principal del trabajo se han consultado bases de datos tales como:

- **Google Académico:** es un buscador que incluye artículos de revistas y conferencias, tesis y disertaciones, libros académicos, pre-impresiones, resúmenes, informes técnicos y otra literatura académica de todas las áreas amplias de investigación (Google Académico, 2021).
- **Web of Science (WOS):** propiedad de la empresa *Clarivate Analytics*, es la colección de bases de datos de referencias bibliográficas y citas de publicaciones periódicas que recogen información desde 1900 a la actualidad. La WOS está compuesta por la colección básica, *Core Collection*, que abarca los índices de Ciencias, Ciencias Sociales y Artes y Humanidades, además de los expedientes tanto de Ciencias como de Ciencias Sociales y Humanidades junto con las herramientas para análisis y evaluación, como son el *Journal Citation Report* y *Essential Science Indicators*. Adicionalmente, cuenta con las bases de datos que la complementan incluidas en la licencia para España: *Medline*, *Scielo* y *Korean Citation Index* (Fundación Española para la Ciencia y la Tecnología, 2021).
- **ScienceDirect:** es una base de datos de investigación científica y médica que sirve de portal para la empresa *Elsevier* para la búsqueda de artículos de revistas y libros de la misma editorial (Elsevier, 2021).
- **Scopus:** base de datos bibliográfica de resúmenes y citas de artículos de revistas científicas del área de ciencias, tecnología, medicina y ciencias sociales. Está editada por *Elsevier* y cubre aproximadamente 24500 títulos de publicaciones seriadas (revistas, conferencias, series de libros de investigación) de más de 5000 editores en 140 países. Las búsquedas en

Scopus incorporan páginas web científicas, también de *Elsevier*, y bases de datos de patentes (Elsevier, 2021).

4.2- ESTRATEGIAS DE BÚSQUEDA Y CRITERIOS DE SELECCIÓN

Las estrategias de búsqueda adoptadas para la parte introductoria del trabajo consisten en la realización inicial de una búsqueda manual en la fuente bibliográfica Google Académico utilizando términos específicos en español e inglés tales como **“demanda cárnica” (“meat demand”), “ganado” (“livestock”), “ganado vacuno”(“cattle”), “hormonas” (“hormones”), “promotores de crecimiento” (“growth promoters”) y “sobrepoblación” (“overpopulation”)**. Para acotar los resultados de dicha búsqueda se diseñaron criterios de inclusión tales como el año de publicación **(2011-2021)**. En este caso, no se realizó el mismo procedimiento sistemático de búsqueda, sino que se seleccionaron aquellas publicaciones de interés desde una perspectiva general. Asimismo, se realizó una búsqueda inversa de bibliografía para profundizar en la información relevante de determinadas publicaciones (**Tabla 1**).

Tabla 1. Resultados de búsqueda inversa.

Autor/es de publicación principal	Autor/es de publicación/es secundaria/s
Milford et al. (2019)	Schmidhuber y Shetty (2005)
	FAO (2009)
Beascoechea (2015)	Ehrlich y Holdren (1971)
Estévez (2016)	Galbraith (2002)
	Borregón (1992)

Para alcanzar el objetivo principal del trabajo en relación con promotores de crecimiento en carne de vacuno se realizó una recopilación de publicaciones en las bases de datos mencionadas anteriormente aplicando las estrategias de búsqueda que se detallan a continuación. En el caso de **Google Académico** se realizó una búsqueda manual de artículos a través de la opción de búsqueda avanzada, la cual posibilita la introducción de determinados filtros en ausencia de conectores

booleanos tales como la búsqueda de publicaciones con determinadas palabras y/o con frases exactas, así como criterios de inclusión como la fecha de publicación.

Tabla 2. Estrategias de búsqueda aplicadas en Google Académico.

1	livestock AND cattle AND beef AND hormones (con todas las palabras): growth promoters (con la frase exacta)
3	livestock AND cattle AND beef AND hormones AND health (con todas las palabras): growth promoters (con la frase exacta): 2011-2021 (fechados entre)
4	livestock AND cattle AND beef AND hormones AND environment (con todas las palabras): growth promoters (con la frase exacta): 2011-2021 (fechados entre)
5	livestock AND cattle AND beef AND hormones AND meat AND quality (con todas las palabras): growth promoters (con la frase exacta): 2011-2021 (fechados entre)

La búsqueda avanzada en *Web of Science* es más selectiva que *Google Académico*, ya que posibilita introducir un mayor número de términos y relacionarlos entre sí a través de conectores booleanos. Además, permite la utilización de criterios de selección tales como la introducción de un rango de fechas de publicación a través de “**index date**” [ID] y también posibilita el acotado de resultados a través de diferentes criterios de selección como el idioma o el tipo de documento. En el caso de este trabajo para el refinado de resultado se utilizó el criterio de inclusión “**quick filters**” que permite seleccionar la modalidad de publicación de interés, en este caso, artículos de revisión, estudios primarios y de acceso abierto.

Tabla 3. Estrategias de búsqueda aplicadas en *Web of Science*.

1	AB=(livestock OR cattle AND hormones AND beef) AND TS= (growth promoters) AND LA=(Spanish OR English OR French) [ID: 2011/01/01- 2021/08/09]
2	AB=(livestock OR cattle AND hormones AND beef AND human health*) AND TS= (growth promoters) AND LA=(Spanish OR English OR French) [ID: 2011/01/01- 2021/08/09]
3	AB=(livestock OR cattle AND hormones AND beef AND meat quality*) AND TS= (growth promoters) AND LA=(Spanish OR English OR French) [ID: 2011/01/01- 2021/08/09]

ScienceDirect es un buscador bibliográfico menos selectivo que el anterior debido a la incapacidad de utilizar operadores booleanos más que AND, OR y NOT y a la menor variedad de criterios de selección para refinar el número de resultados. Asimismo, *ScienceDirect* permite únicamente ocho operadores booleanos por búsqueda. Permite acotar el rango de fechas de publicación, que fue **2011 a 2021**.

Tabla 4. Estrategias de búsqueda aplicadas en *ScienceDirect*.

1	growth promoters AND hormones AND beef AND cattle
2	growth promoters AND hormones AND beef AND cattle AND meat quality
3	growth promoters AND hormones AND beef AND cattle AND human health AND risk

La base de datos *Scopus* permite relacionar varios términos de búsqueda a través de operadores booleanos teniendo una variedad similar a WOS. Para la búsqueda en esta base de datos se ha utilizado la siguiente estrategia de búsqueda (**Tabla 6**) a la cual se le ha aplicado el filtro de selección un rango de fechas de 2011 a 2021 y a su vez se ha limitado los resultados a documentos de acceso abierto que sean artículos científicos o revisiones bibliográficas.

Tabla 5. Estrategias de búsqueda aplicadas en *Scopus*.

1	TITLE-ABS (growth AND promoters OR hormones) AND TITLE-ABS (cattle OR beef) AND (LIMIT-TO (OA , "all")) AND (LIMIT-TO (DOCTYPE , "ar") OR LIMIT-TO (DOCTYPE , "re")) AND (LIMIT-TO (PUBYEAR , 2021) OR LIMIT-TO (PUBYEAR , 2020) OR LIMIT-TO (PUBYEAR , 2019) OR LIMIT-TO (PUBYEAR , 2018) OR LIMIT-TO (PUBYEAR , 2016) OR LIMIT-TO (PUBYEAR , 2014) OR LIMIT-TO (PUBYEAR , 2013) OR LIMIT-TO (PUBYEAR , 2012) OR LIMIT-TO (PUBYEAR , 2011))
2	TITLE-ABS (growth AND promoters OR hormones) AND TITLE-ABS (cattle OR beef) AND TITLE-ABS (meat AND quality) AND (LIMIT-TO (OA , "all")) AND (LIMIT-TO (DOCTYPE , "ar") OR LIMIT-TO (DOCTYPE , "re")) AND (LIMIT-TO (PUBYEAR , 2021) OR LIMIT-TO (PUBYEAR , 2020) OR LIMIT-TO (PUBYEAR , 2019) OR LIMIT-TO (PUBYEAR , 2018) OR LIMIT-TO (PUBYEAR , 2016) OR LIMIT-TO (PUBYEAR , 2014) OR LIMIT-TO (PUBYEAR , 2013) OR LIMIT-TO (PUBYEAR , 2012) OR LIMIT-TO (PUBYEAR , 2011))
3	TITLE-ABS (growth AND promoters OR hormones) AND TITLE-ABS (cattle OR beef) AND TITLE-ABS (disadvantages OR advantages OR risk) AND (LIMIT-TO (DOCTYPE , "ar") OR LIMIT-TO (DOCTYPE , "re")) AND (LIMIT-TO (OA , "all")) AND (LIMIT-TO (PUBYEAR , 2021) OR LIMIT-TO (PUBYEAR , 2020) OR LIMIT-TO (PUBYEAR , 2019) OR LIMIT-TO (PUBYEAR , 2018) OR LIMIT-TO (PUBYEAR , 2016) OR LIMIT-TO (PUBYEAR , 2014) OR LIMIT-TO (PUBYEAR , 2013) OR LIMIT-TO (PUBYEAR , 2012) OR LIMIT-TO (PUBYEAR , 2011))

La segunda etapa se inició una vez concluida la búsqueda, la selección de publicaciones se realizó revisando el título y resumen de los mismos, excluyendo aquellos que no eran relevantes para el tema de estudio por no estar directamente relacionados con éste, así como los que ya se hubieran encontrado en otras bases de datos o a través de otras estrategias de búsqueda (duplicados). En las publicaciones seleccionadas en la primera etapa se revisó el texto completo y se incluyeron aquellos

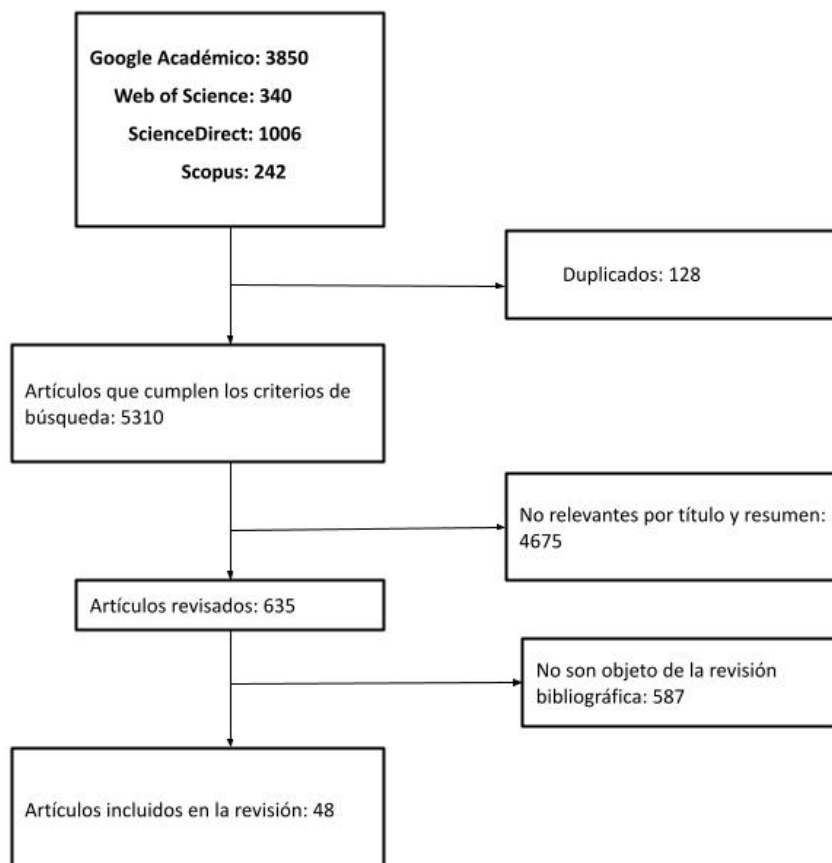
que estaban relacionados con el tema de estudio desechando aquellos que no son objeto de la revisión bibliográfica.

5. RESULTADOS

5.1- PUBLICACIONES SELECCIONADAS

Los resultados obtenidos a través de las diferentes estrategias de búsqueda fueron 340 publicaciones en *Web of Science*, 1006 publicaciones en *ScienceDirect*, 242 publicaciones en *Scopus*, 3850 publicaciones en *Google Académico*. En total se obtuvieron 5438 publicaciones, de las cuales se descartaron 128 por estar duplicadas y 4675 que no eran relevantes por su título y resumen. Se revisó el texto completo de 763 publicaciones, de las cuales se consideró que 688 no eran objeto de la revisión y se excluyeron de esta, quedando finalmente 75 publicaciones válidas por su calidad de contenido que se incluyeron en la revisión.

Figura 5. Diagrama de flujo del proceso de selección de bibliografía relevante



5.2- RESULTADOS DESTACADOS INCLUIDOS EN LA REVISIÓN

Las publicaciones incluidas se clasificaron según el objetivo parcial del trabajo al que responden (**Anexo I - Tabla 1**). Los resultados principales de las publicaciones incluidas se presentan en cuatro tablas, según el objetivo.

Tabla 6. Información relevante de las publicaciones incluidas en la revisión sobre los efectos beneficiosos y perjudiciales que supone la utilización de promotores hormonales de crecimiento en ganado vacuno de carne.

AUTOR/ES (tipo de estudio y país)	METODOLOGÍA	INFORMACIÓN RELEVANTE
Dunshea et al., 2005 (Revisión - Australia)	n= 155 publicaciones citadas	Los implantes aumentan la ingesta de alimento entre un 5% y un 10% , disminuyen la cantidad de energía necesaria para el mantenimiento, aumentando la cantidad disponible para el crecimiento, mejorando así la eficiencia alimentaria entre un 5% y un 15% . La ganancia diaria se mejora hasta en un 25% cuando se utilizan estrategias agresivas de implantes en ganado alimentado con dietas altas en concentrado.
Song y Choi, 2001 (Revisión-Corea del Sur)	n= 116 publicaciones citadas	Zeranol: Aumenta la ingesta de materia seca (5.1%) , la conversión alimentaria (3-8%) , la ganancia media diaria (3.4%) , el peso final del animal (4-15%) , el peso del canal (2%) , el espesor

		<p>de grasa dorsal (13.4%) y el rendimiento de la canal (6%).</p> <p>Acetato de trembolona: Reduce la ingesta de materia seca (9.8%), la conversión alimentaria (11.2%), el espesor de grasa dorsal (3.6%) y el rendimiento del canal (4.7%). Asimismo, aumenta la ganancia media diaria (1.7%).</p> <p>Acetato de trembolona (TBA) + estradiol (E2): Reduce la ingesta de materia seca (12.4%), la conversión alimentaria (10.9%). Asimismo, aumenta la ganancia media diaria (26.1%) y el rendimiento del canal (2%). Dosis óptima: 200 mg TBA /28 mg E2.</p> <p>Acetato de trembolona y combinaciones: Aumenta la tasa de crecimiento, la eficiencia alimentaria y el contenido proteico de la canal.</p> <p>Estradiol + testosterona/progesterona: Aumenta la ingesta de materia seca (2.7-17.5%), la ganancia media diaria (4.6-14%), la ganancia de peso (2.4-14%) y el peso de canal (3.3-3.9%).</p>
--	--	--

		También repercute aumentando o disminuyendo el espesor de grasa dorsal y el rendimiento de canal en función del producto comercial estudiado.
Ribeiro et al., 2020 (Primario-Canadá)	n= 680 vacas t= 4 años Alimentación: maíz y cebada	Melengestrol: Aumenta la ganancia media diaria y el peso del canal (4.7-8.1%). No hay efectos sobre la ingesta media diaria .
Capper y Hayes, 2012 (Primario-Estados Unidos)	n= 7302 Ganado vacuno de distinta categoría	A medida que aumenta la tasa de crecimiento por animal, se reduce el requerimiento total de nutrientes diario, lo que está directamente relacionado con los alimentos, el agua, la tierra, los combustibles fósiles, la producción de estiércol y las emisiones de gases de efecto invernadero. La reducción de la productividad conferida por la retirada de promotores del crecimiento del sistema de producción de carne de res tendría una mayor producción de estiércol (10,1%), excreción de nitrógeno (9,8%) y excreción de fósforo (10,6%). Concluye que la retirada de promotores del crecimiento

		<p>del sistema de producción de carne de vacuno de EE. UU. tendría consecuencias significativas en la sostenibilidad ambiental y económica, con un mayor uso de recursos, producción de desechos, emisiones de carbono y costes de producción por kilogramo de carne de res.</p>
<p>Biswas et al., 2013 (Revisión-Estados Unidos)</p>	<p>n= 115 publicaciones citadas</p>	<p>En Estados Unidos cuesta entre uno y tres dólares por cabeza tratar a los animales con promotores de crecimiento, y el tratamiento aumenta la tasa de crecimiento del animal en aproximadamente un 20%. El ganado tratado alcanza el peso de mercado aproximadamente de 30 a 40 días antes que el ganado no tratado. La tasa promedio general de ganancia para los animales tratados es de aproximadamente 1,4 kg/día con un 15% menos de alimento consumido que un animal no tratado. El aumento de las ganancias debido al uso de promotores hormonales de crecimiento varía entre 15 y 40</p>

		dólares por animal. Además cada animal tratado excreta 770 kg menos de estiércol en comparación con los animales no tratados.
Hunter, 2010 (Revisión-Australia)	n=160 publicaciones citadas	Se estimó que el uso de promotores hormonales contribuyó con 210 millones de dólares adicionales a la industria de la carne vacuna australiana en 2006 y 2007.

Tabla 7. Información relevante de las publicaciones incluidas en la revisión sobre la relación de los promotores hormonales de crecimiento y la calidad de la carne de vacuno.

AUTOR/ES (tipo de estudio y país)	METODOLOGÍA	INFORMACIÓN RELEVANTE
Parr et al., 2016 (Revisión-Botswana)	n= 94 publicaciones citadas	En los animales tratados con promotores hormonales no parece haber efecto sobre la distribución del tipo de fibra.
Dunshea et al., 2005 (Revisión-Australia)	n= 155 publicaciones citadas	Una revisión de los posibles efectos de las estrategias de implantes en la calidad de la carne concluyó que los implantes anabólicos actuales tienen efectos sutiles, si los hay, sobre la terneza medida objetiva o subjetivamente (Nichols et al., 2002). En un estudio con 2748 novillos , se informó que no hubo un efecto significativo de las estrategias de implante moderadas sobre la fuerza de corte en filetes madurados 21 días, aunque un panel sensorial capacitado detectó diferencias en la terneza, pero no un panel de consumidores (Barham et al., 2003). Finalmente,

		Polkinghorne y Watson (2004) llevaron a cabo un metanálisis de 32 estudios que concluye que hubo un aumento pequeño, pero muy significativo, en la fuerza de corte de 0.3 kg y una disminución del 5% en la puntuación de sabor del panel sensorial con el uso de implantes . Sin embargo, de acuerdo con análisis anteriores, las estrategias hormonales más agresivas produjeron mayores efectos adversos sobre la terneza.
Song y Choi, 2001 (Revisión-Corea del Sur)	n= 116 publicaciones citadas	Zeranol: Aumento sutil de puntuación de veteado y palatabilidad . Acetato de trembolona y combinaciones: No hay efectos sobre la calidad de la carne.
Thompson et al., 2008 (Primario-Australia)	n=80 novillos Angus t= 55-65 días	Los novillos y las vaquillas implantadas con Revalor-S o Revalor-H (Estradiol + trembolona) resultaron en carne más dura en algunos músculos . Este resultado fue consistente con un mecanismo de los implantes hormonales para el aumento de contenido magro que se debe en parte a la reducción de la degradación de proteínas, posiblemente como resultado de una mayor actividad de calpastatina en el animal vivo, lo que resultó en menores tasas de maduración y menor carne tierna. El efecto fue más evidente en los músculos con las mayores tasas de maduración ya que presumiblemente estos músculos responderían más al aumento de la actividad de la calpastatina.
Hunter, 2010 (Revisión-Australia)	n=160 publicaciones citadas	Implantes hormonales repetidos, que conducen a una mayor dosis acumulativa de hormona (s) administrada durante un periodo prolongado exacerban los efectos negativos sobre la calidad de la carne. La reducción de la calidad sensorial es más marcada en la carne no

		<p>madurada. La maduración durante 21-28 días, en ciertos músculos, ayuda a mitigar el efecto perjudicial del implante. El tratamiento con solo uno o dos implantes estrogénicos en la etapa de acabado puede tener un impacto negativo menor en la calidad sensorial del producto.</p>
--	--	---

Tabla 8. Información relevante de las publicaciones incluidas en la revisión sobre la repercusión del consumo de carne de vacuno tratada con promotores hormonales del crecimiento en la salud humana.

AUTOR/ES (tipo de estudio y país)	METODOLOGÍA	INFORMACIÓN RELEVANTE
Jeong et al., 2010 (Revisión-Corea del Sur)	n= 91 publicaciones citadas	<p>Estradiol</p> <p>La cantidad de estradiol a través de la carne de los animales tratados (0,0045 ~ 0,180 µg por porción de 500 g de carne) es aproximadamente de cuarenta a miles de veces menor que la cantidad de producción humana diaria de la hormona. Además, el estradiol se inactiva cuando se administra por vía oral debido a las funciones metabólicas gastrointestinales y / o hepáticas. El Joint FAO/WHO Expert Committee on Food Additives (JECFA, 2000) llegó a la conclusión de que la cantidad de 17β-estradiol exógeno ingerida a través de la carne de ganado tratado sería incapaz de ejercer ningún efecto hormonal en los seres humanos, ya que la biodisponibilidad es muy baja. El JECFA recomendó que el establecimiento de un límite máximo de residuos (LMR) es innecesario porque el estradiol exógeno es estructuralmente idéntico al producido endógenamente en los seres humanos, mostrando una gran variación en los niveles según la edad y el sexo.</p>

		<p style="text-align: center;">Progesterona</p> <p>En estudios comparativos de concentraciones de progesterona en tejidos comestibles de terneros, novillas y novillos tratados y no tratados, los rangos de progesterona no fueron diferentes entre los grupos; sin embargo, en los animales tratados, las cantidades de progesterona en el tejido adiposo (3,20 ~ 8,66 µg / kg) fueron varias veces mayores que las cantidades encontradas en los animales de control (0,87 ~ 1,60 µg / kg). Esta cantidad aumentada es aproximadamente mil veces menor que la cantidad de producción diaria en hombres y mujeres adultos en estado normal. Se recomendó que el LMR no fuera necesario porque es idéntico a la progesterona endógena y la cantidad de ingesta diaria estimada a través del consumo de alimentos es insignificante en comparación con el nivel de producción diaria en seres humanos.</p> <p style="text-align: center;">Testosterona</p> <p>Paris et al (2006) informaron que el nivel de residuos de testosterona en el músculo de terneros o vaquillas implantadas es de 0,031 ~ 0,360 µg / kg, mientras que el de los animales no tratados es de 0,006 ~ 0,029 µg / kg. Al comparar el valor de la IDA, la cantidad de testosterona a través de la ingesta de carne de res de animales tratados con hormonas es miles de veces menor que la ingesta diaria admisible (IDA). El LMR de testosterona en la carne de bovino no es necesario por las mismas razones para los casos de estradiol y progesterona.</p> <p style="text-align: center;">Zeranol</p> <p>El nivel sin efecto adverso observado (NOAEL) del zeranol se evaluó como 0,05 mg / kg pc / día basándose en los efectos estrogénicos del zeranol. El JECFA recomendó que su IDA fuera de 0 ~ 0,5 µg / kg pc / día aplicando un factor de incertidumbre de 100 para las diferencias entre especies e</p>
--	--	---

		<p>individuos. Los LMR se establecen en 2 µ / kg para el músculo y 10 µ / kg para el hígado en la carne de vacuno.</p> <p style="text-align: center;">Trembolona</p> <p>El nivel sin efecto hormonal se evaluó como 2 µg / kg pc / día en este estudio. El JECFA (1988) recomendó que la IDA fuera 0 ~ 0,02 µg / kg pc / día de acuerdo con un nivel sin efecto hormonal de 2 µg / kg pc / día, basado en los efectos hormonales observados en cerdos y monos castrados, y un factor de incertidumbre 100. Los LMR son 2 µg / kg de β-trembolona en músculo de ganado y 10 µg / kg de α-trembolona en hígado de ganado.</p> <p style="text-align: center;">Melengestrol</p> <p>El criterio de valoración más apropiado para el melengestrol es el basado en un efecto progestacional, como el cambio de los ciclos menstruales de las monas cynomolgus hembras con un NOAEL de 5 µg / kg de peso corporal / día. Se estableció una IDA de 0 ~ 0.03 µg / kg pc / día aplicando un factor de incertidumbre 200 al NOAEL. Los LMR recomendados por el JECFA son 1, 10, 2 y 18 µg / kg para músculo, hígado, riñones y grasa del ganado, respectivamente.</p>
Itana y Duguma, 2021 (Revisión-Turquía)	n= 59 publicaciones citadas	Se ha demostrado que la trembolona promotora de crecimiento androgénica de uso común se ha encontrado en el agua subterránea cerca de los corrales de engorde de ganado y tiene efectos androgénicos sobre los seres vivos.
Blackwell et al., 2014 (Primario-USA)	n=16 novillos t=112 días	Las vidas medias de los metabolitos del acetato de trembolona en suelos aeróbicos varían de 4 a 50 horas, mientras que las vidas medias de los estrógenos en suelos aeróbicos varían de 3,8 a 55 horas. La mitad de los metabolitos del acetato de trembolona en el estiércol excretado oscilan entre 1,6 días y 4,1 días bajo diferentes

		<p>temperaturas, lo que indica el potencial de aumento de persistencia de estrógenos en las deposiciones. Esto puede conducir a una mayor exposición a los estrógenos entre los receptores ecológicos. La escorrentía de los corrales de engorde del ganado contiene metabolitos de acetato de trembolona y estrógenos. Las aguas superficiales afectadas por las operaciones ganaderas contienen una combinación de actividad androgénica y estrogénica.</p>
<p>Biswas et al., 2013 (Revisión-USA)</p>	<p>n=115 publicaciones citadas</p>	<p>Esta revisión ofrece un resumen de los principales hallazgos científicos con concentraciones de promotores hormonales del crecimiento y puntos de detección. Un estudio reciente realizado en Nebraska encontró que la concentración en la escorrentía de las superficies de los corrales de engorde puede ser tan alta como 1,100 ppt para 17β-estradiol, 1050 ppt para la estrona, 1070 ppt para la progesterona y 420 ppt para la testosterona (Bartelt-Hunt et al. 2012). Desde la escorrentía de la superficie del corral de engorde hasta la laguna, las concentraciones de esteroides pueden disminuir drásticamente ya que la laguna funciona como un digestor anaeróbico Hutchins et al. (2007) encontraron que la concentración total de estrógeno libre fue de 24 ppt del efluente de la laguna, que fue casi dos escalas menor que las concentraciones registradas en la escorrentía superficial del corral de engorde, lo cual es una conclusión consistente con la degradación anaeróbica.</p> <p>Los vínculos entre la exposición a esteroides ambientales y los efectos sobre la salud humana como el cáncer de mama, el cáncer de próstata y los impactos reproductivos no son concluyentes, ya que estos efectos sobre la salud también dependen en gran medida de la dieta, la actividad sexual, el comportamiento reproductivo y la susceptibilidad genética. Teniendo en cuenta los niveles muy bajos de promotores hormonales naturales o sintéticos que se</p>

		encuentran en el agua potable, parece poco probable que el agua potable sea una fuente importante de exposición para los seres humanos.
--	--	--

Tabla 9. Información relevante de las publicaciones incluidas en la revisión sobre la opinión de los consumidores acerca de la administración de promotores hormonales de crecimiento.

AUTOR/ES	METODOLOGÍA	INFORMACIÓN RELEVANTE
Yunes, Von Keyserlingk y Hötzel, 2017 (Primario-Brasil)	n=479 consumidores	La mejor calidad y percepción de producto natural a menudo se relacionan con sistemas de producción que no utilizan estimulantes del crecimiento ni antibióticos, que alimentan a los animales con alimentos naturales o que permiten a los animales expresar sus comportamientos naturales y participar en interacciones sociales.

6. DISCUSIÓN

Para el desarrollo de este apartado, se han utilizado los resultados más relevantes de los estudios incluidos en esta revisión, centrándose en los datos sobre los principales promotores del crecimiento utilizados en ganado vacuno de carne.

En primer lugar, la totalidad de los estudios sobre los efectos de los promotores de crecimiento hormonales en ganado vacuno determinan que tanto el uso individual como por combinación reporta numerosos beneficios en cuanto a la **eficiencia productiva**, ya sea por un **aumento de ganancia diaria de peso** hasta un máximo de un 25% (combinación de acetato de trembolona y estradiol) y/o por un **mayor contenido proteico y rendimiento en la canal** (Dunshea et al., 2005; Bartle et al., 1992; Johnson et al., 1996; Perry, Fox y Beermann, 1991). Estos resultados permiten al ganadero una **maximización de los beneficios económicos** al reducir el tiempo de cría e incluso la cantidad de alimento suministrado al animal, como se puede observar en los datos proporcionados por Song y Choi en su estudio de 2001. El impacto económico es significativo para los productores ya que **el ahorro promedio de los costes de producción en Estados Unidos debido a una eficiencia alimenticia mejorada es de 40 dólares por animal** en comparación con los animales no tratados (Raloff 2002; USDA, 2000). Desde el punto de vista del consumidor, el uso de promotores

hormonales del crecimiento se refleja en el **precio reducido de todos los productos cárnicos** en el mercado minorista (Biswas et al., 2013).

Dado que la prohibición respecto al uso de las hormonas sexuales en producción de carne en la Unión Europea respondería a razones sanitarias y de salud humana, por lo que en el siguiente punto se revisó la información bibliográfica referente a este tema. Dentro de este objetivo, es especialmente relevante el estudio de Jeong et al. en el que se afirma que **los residuos de las hormonas naturales** permitidas por la FDA (estradiol, testosterona y progesterona) son prácticamente insignificantes en la carne de vacuno o tienen una baja disponibilidad por lo que **no suponen ningún riesgo para la salud humana** (JECFA, 2000). Esta afirmación se apoya en estudios de diversos autores (Paris et al., 2006) así como del Informe del Comité Mixto FAO-OMS de Expertos sobre Aditivos Alimentarios (JECFA, 2000). En el caso de las hormonas sintéticas (zeranol, trembolona y melengestrol) se recomendaron **ingestas diarias aceptables (ADI)** así como **límites máximos de residuos (MRL)** para la protección de la salud humana siendo estos ampliamente inferiores a los **niveles sin efecto adverso observable (NOAEL)** (JECFA, 1988; 2000 ; 2006; Wilson et al., 2002). Por ello se puede concluir que es necesario un sistema de detección eficaz para que la carne de animales tratadas con hormonas sintéticas no suponga un riesgo para la salud humana al administrarse bajo unos límites definidos.

Una de las razones de la primera normativa de las Comunidades Europeas que prohibió el uso de una gran parte de los agentes hormonales sintéticos (Directiva 1981/602) es la posible repercusión que ejercen sobre la calidad de la carne, por ello se recopilaron y revisaron diversos estudios sobre el tema. La conclusión derivada de la revisión es que la carne de ganado vacuno tratado con hormonas promotoras tiene una **mayor calidad nutricional** al poseer un **mayor contenido en proteína** y una **menor proporción de grasas saturadas** (Song y Choi, 2001; Dunshea et al., 2005), así como una **mínima o nula repercusión negativa sobre la ternera** (Nichols et al., 2002; Song y Choi, 2001; Dunshea et al., 2005; Parr et al., 2016), solo apreciable por un panel sensorial con miembros entrenados (Barham et al., 2003). En determinados estudios se descarta la repercusión en la calidad de la carne por parte del acetato de trembolona (Song y Choi, 2001), mientras que en otros se determina que la administración de trembolona junto con estradiol provoca un mayor endurecimiento en determinados músculos, especialmente en aquellos con una tasa de maduración más elevada, así como la disminución de la ternera de la carne (Thompson et al., 2008). La conclusión más fiable, debido al considerable número de estudios analizados, es el metanálisis llevado a cabo por Polkinghorne y Watson en 2004, que concluye que existe un **aumento pequeño,**

pero muy significativo, en la fuerza de corte de 0.3 kg y una disminución del 5% en la puntuación de sabor del panel sensorial, siendo mayor la repercusión cuanto más intenso sea el tratamiento hormonal de los animales. Esto explicaría las conclusiones anteriores ya que la estrategia con mayor efecto metabólico es la combinación de acetato de trembolona y estradiol

Asimismo, el uso de promotores puede **beneficiar al medio ambiente al reducir la cantidad de residuos generados, el uso de recursos para la alimentación animal y las emisiones de gases de efecto invernadero** (Biswas et al., 2013; Capper et al., 2008; Capper, 2011; Capper y Hayes, 2012). Otro punto importante sería la visión del consumidor respecto al tema ya que la relación positiva entre la mejora de la productividad y los beneficios ambientales no se comprende ampliamente fuera de la industria ganadera (Capper y Hayes, 2012).

El **mayor problema medioambiental** de la utilización de hormonas sintéticas para la promoción de crecimiento es la **excreción de residuos generada por los animales tratados**. En la mayor parte de los estudios seleccionados se afirma que los residuos excretados por el ganado tratado tienen efectos androgénicos y estrogénicos lo que supone un **riesgo potencial para la fauna acuática y posiblemente los seres humanos**, así como tienen una **vida media dependiente del medio de deposición** (Biswas et al., 2013; Blackwell et al., 2014; Itana y Duguma, 2021 ; Schiffer et al., 2001; Khan, Lee y Sassman, 2008; Khan y Lee, 2010; Carr et al., 2011; Jones et al., 2014; Bartelt-Hunt et al., 2012; Soto et al., 2004). Para solucionar este inconveniente es necesaria la implantación de **medidas de control y reducción de las posibles fuentes, así como de Buenas Prácticas de Manipulación** y diversas estrategias para prevenir el movimiento de los residuos de las hormonas sintéticas desde el área emisora a un cuerpo de agua receptor (Novotny, 2003). Después de la excreción por el ganado, el manejo de desechos como el estiércol sólido y líquido a través de medidas como el compostaje sobre el almacenamiento convencional puede desempeñar un papel vital para reducir la concentración de residuos de hormonas sintéticas en las instalaciones de almacenamiento (Biswas et al., 2013; Young y Borch, 2009). Esto es debido a que la materia orgánica y la presencia de microorganismos como las actinobacterias que se encuentran comúnmente tanto en el suelo como en el agua, juegan un papel vital en el proceso de degradación de los esteroides (Young y Borch 2009). También los procesos que fomentan la sedimentación como los **estanques de sedimentación o las tiras de filtros vegetativos** que atrapan el sedimento pueden ser formas efectivas de reducir la entrega de estos compuestos adheridos a las partículas del suelo desde las áreas de origen a los cuerpos de agua (Biswas et al., 2013). **Estas prácticas, cuando se combinan, deberían reducir o eliminar el transporte de esteroides a los cuerpos de agua en el futuro** (Biswas

et al., 2013). Para evitar una mala praxis serían necesarios análisis periódicos con un método estándar y validado en las fuentes de agua próximas a las explotaciones, así como auditorías regulares en las explotaciones ganaderas que utilizan promotores hormonales de crecimiento para garantizar el seguimiento de las Buenas Prácticas de Manipulación de los residuos generados. Además, se requiere investigación científica adicional para determinar si la exposición a los residuos ambientales de hormonas sintéticas es suficiente para repercutir negativamente en la salud humana aunque con los estudios actuales parece poco probable (Weyer y Riley 2001; Hanselman, Graetz y Wilkie, 2003).

Los estudios acerca de la opinión de los consumidores sobre el uso de hormonas en ganado vacuno de carne aportan generalmente una **visión negativa** por parte de estos. La **percepción de producto natural así como una mayor calidad del producto** a menudo se relacionan con **sistemas de producción que no utilizan promotores del crecimiento ni antibióticos**, que alimentan a los animales con alimentos *naturales* o que permiten a los animales expresar sus comportamientos naturales y participar en interacciones sociales (Yunes, Von Keyserlingk y Hötzel, 2017). La preocupación expresada en este estudio de consumidores brasileños con respecto a la calidad de los alimentos concuerda con encuestas con ciudadanos europeos (European Commission, 2007; Miele et al., 2019) y norteamericanos (Cardoso et al., 2016; Ventura et al., 2016). Se han identificado valores positivos asociados con el concepto *natural* en la producción animal y el rechazo del uso de promotores del crecimiento y aditivos en varias encuestas de actitudes públicas (Hötzel et al, 2017; Cardoso et al., 2016). Una **asociación percibida entre lo natural, el bienestar animal y la calidad del producto**, también se hace eco de varias encuestas anteriores realizadas en otros países (You et al., 2014; Hansel et al., 2003). En muchas partes del mundo desarrollado, esto puede explicarse por la **abundante cobertura mediática de casos de patógenos infecciosos en los alimentos, los peligros de las hormonas y otras "amenazas alimentarias"**, lo que posiblemente haga que el público asocie la calidad de los alimentos con un buen bienestar animal (Buller y Morris, 2003; Verbeke y Ward, 2001). Además, los instrumentos de marketing utilizados para promover y vender productos animales a menudo se basan en el uso de discursos e imágenes que refuerzan estos ideales de lo *natural* (Borkfelt et al, 2015). Científicos y ganaderos suponen que un público con más educación aceptará mejores tecnologías o sistemas considerados ideales o aceptables por los científicos, tecnólogos y veterinarios (Yunes, Von Keyserlingk y Hötzel, 2017). Y de hecho **los consumidores más informados estaban más preocupados por los impactos de los sistemas de producción en la productividad y el coste de los alimentos producidos, así como por la necesidad de producir alimentos suficientes y asequibles para una población mundial en crecimiento** (Yunes, Von

Keyserlingk y Hötzel, 2017). Ya que la ignorancia es la base de la falta de apoyo social a los temas de ciencia y tecnología y por lo tanto, puede cambiarse a través de la educación (Bauer, 2016). Sin embargo, también se ha discutido que los expertos evalúan las tecnologías según el riesgo y los valores morales (Hansen et al., 2003). Por lo que es necesario destacar la importancia de una **educación que favorezca el espíritu crítico y científico** para que la población no genere prejuicios en base a discursos y campañas de marketing sesgadas.

De forma general se puede observar una gran carencia de material bibliográfico reciente en la mayoría de fuentes acerca de las hormonas seleccionadas. Esto puede ser debido en parte a las prohibiciones legislativas y/o a una falta de interés por parte de los investigadores de desentrañar todas las posibles ventajas y/o inconvenientes del uso de estas sustancias. A pesar de la polémica injustificada respecto al tema, la **utilización controlada de los promotores hormonales de crecimiento en los países de ingresos bajos** podría ser una **solución a la imposibilidad económica de adquirir alimentos proteicos** por parte de la población ya que permitiría aumentar los beneficios económicos de los productores locales lo que resultaría en una disminución significativa del precio de la carne. Es necesario investigar la rentabilidad de un sistema eficaz de control y vigilancia de residuos hormonales por parte de la administración pública que permita el uso de promotores hormonales sin un riesgo para el ser humano y el medio ambiente en estos países.

7. CONCLUSIONES

- La administración de hormonas con fines promotores del crecimiento mejora la eficiencia alimentaria entre un 5-15% y la ganancia diaria de peso hasta un máximo de un 25%, en el caso de la combinación de acetato de progesterona y estradiol, siendo aproximadamente 1.4 kg/día con un 15% menos de alimento consumido que un animal no tratado. El ganado tratado alcanza el peso de mercado aproximadamente de 30 a 40 días antes que el ganado no tratado. El aumento medio de las ganancias económicas por el uso de promotores hormonales de crecimiento se estima en 40 dólares por animal en Estados Unidos. Además, cada animal tratado excreta 770 kg menos de estiércol en comparación con los animales no tratados.
- La repercusión de los promotores hormonales sobre la calidad nutricional de la carne es positiva, ya que aumenta el contenido de proteínas, así como reduce el contenido graso de la canal. La calidad organoléptica se ve afectada de forma proporcional a la agresividad de la estrategia de promoción de crecimiento.

- Los residuos en la carne de las hormonas naturales más utilizadas con fines promotores en ganado vacuno (estradiol, testosterona y progesterona) no suponen un riesgo para la salud humana. En cambio, las hormonas sintéticas (zeranol, trembolona y melengestrol) poseen límites de ingesta diaria admisible y límites máximos de residuos para los que, bajo una administración responsable, no supongan un riesgo potencial para la salud humana. Los residuos excretados por los animales tratados con promotores tienen efectos androgénicos y estrogénicos, así como una vida media dependiente del medio de deposición. Dichos residuos tienen un riesgo de alteración endocrina para la vida acuática, la fauna y posiblemente los seres humanos. Sin embargo, la ingesta menor de alimento por parte del ganado puede reducir los gases de efecto invernadero y la cantidad de residuos generados resultando en un beneficio para el medio ambiente y la sostenibilidad del sector cárnico.
- La opinión de los consumidores sobre el uso de hormonas en la producción de carne es principalmente negativa. Hay una asociación entre la percepción de lo natural, bienestar animal y una mayor calidad del producto con una menor o nula utilización de promotores del crecimiento. Aquellos consumidores más informados se preocupan de mayor forma por los impactos de los sistemas de producción en la productividad y el costo de los alimentos producidos, así como por la necesidad de producir alimentos suficientes y asequibles para una población mundial en crecimiento. Por lo que estos consumidores serán más proclives a una mejora del modelo productivo en concordancia con una opinión científica y tecnológica.

CONCLUSIONS

- The administration of hormones for growth promoting purposes improves feed efficiency between 5-15% and daily weight gain up to a maximum of 25%, in the case of the combination of progesterone acetate and estradiol, being approximately 1.4 kg / day with 15% less feed consumed than an untreated animal. Treated cattle reach market weight approximately 30 to 40 days earlier than untreated cattle. The average increase in profits due to the use of hormonal growth promoters is 40 dollars per animal in the United States. In addition, each treated animal excretes 770 kg less manure compared to untreated animals.
- The impact of hormonal promoters on the nutritional quality of meat is positive, since it increases the protein content as well as reduces the fat content of the carcass. The organoleptic quality is affected proportionally to the aggressiveness of the growth promotion strategy.

- The residues in meat of the natural hormones most used for promoting purposes in cattle (estradiol, testosterone and progesterone) do not pose a risk to human health. In contrast, synthetic hormones (zeranol, trenbolone and melengestrol) have acceptable daily intake limits and maximum residue limits so that under responsible administration they do not pose a risk to human health. The residues excreted by the promoter-treated animals have androgenic and estrogenic effects as well as a half-life dependent on the deposition medium. Such wastes pose an endocrine disruption risk to aquatic life, wildlife, and possibly humans. However, lower feed intake by livestock can reduce greenhouse gases and the amount of waste generated resulting in a benefit to the environment and the sustainability of the meat sector.
- Consumer opinion on the use of hormones in meat production is mainly negative. There is an association between the perception of naturalness, animal welfare and a higher quality of the product with less or no use of growth promoters. Informed consumers are more concerned with the impacts of production systems on productivity and the cost of food produced, as well as the need to produce sufficient and affordable food for a growing world population. Therefore, these consumers will be more likely to improve the production model in accordance with a scientific and technological opinion.

8. VALORACIÓN PERSONAL

La realización de este Trabajo de Fin de Grado me ha resultado una experiencia enriquecedora, la cual me ha permitido desarrollar aptitudes útiles para complementar los estudios del grado. Durante la elaboración de este, he aprendido a utilizar bases de datos con rigor científico, así como aprender a seleccionar y gestionar dicha información tanto en español como en inglés. Esto me ha permitido poder madurar intelectualmente y a nivel personal, siendo más consciente de mi capacidad para trabajar de forma autónoma y de organización. He podido disfrutar de adquirir un mayor conocimiento sobre aspectos interesantes como son las tecnologías de mejora productiva del sector ganadero, así como descubrir que la investigación científica no es más que esfuerzo y rigor que permiten que el mundo avance y ampliar los conocimientos que tenemos sobre este. Me gustaría dar las gracias a mis tutoras Marta Barahona y Virginia Resconi por permitirme y orientarme con mucha ilusión en la realización de este trabajo, así como a los diversos autores que han hecho de esta revisión un viaje fascinante.

9. BIBLIOGRAFÍA

Alonso Collazos, R.Y. (2018). "La población mundial. Estructura, evolución y los registros demográficos. La distribución espacial y ciudades más pobladas. Aplicación didáctica".

Barham, B.L., Brooks, J.C., Blanton Jr, J.R., Herring, A.D., Carr, M.A., Kerth, C.R. y Miller, M.F. (2003). "Effects of growth implants on consumer perceptions of meat tenderness in beef steers". *Journal of animal science*, 81(12), pp. 3052-3056.

Bartelt-Hunt, S.L., Snow, D.D., Kranz, W.L., Mader, T.L., Shapiro, C.A., van Donk, S.J., Shelton, D.P., Tarkalson, D.D. y Zhang, T.C. (2012). "Effect of growth promotants on the occurrence of endogenous and synthetic steroid hormones on feedlot soils and in runoff from beef cattle feeding operations". *Environ Sci Technol*, 46, pp. 1352–1360.

Bartle, S. J., Preston, R. L., Brown, R. E., y Grant, R. J. (1992). "Trenbolone acetate/estradiol combinations in feedlot steers: Dose–response and implant carrier effects". *Journal of Animal Science*, 70, pp. 1326–1332.

Bauer, M. W. (2016). "Results of the essay competition on the 'deficit concept'".

Beascoechea, I.Z. (2015). "¿Superpoblación o sobreconsumo? Malthusianismo práctico, exclusión global y población sobrante". *Scripta Nova. Revista Electrónica de Geografía y Ciencias Sociales*, 19.

Biswas, S., Shapiro, C.A., Kranz, W.L., Mader, T.L., Shelton, D.P., Snow, D.D., Bartelt-Hunt, S.L., Tarkalson, D.D., Van Donk, S.J. y Zhang, T.C. (2013). "Current knowledge on the environmental fate, potential impact, and management of growth-promoting steroids used in the US beef cattle industry". *Journal of Soil and Water Conservation*, 68(4), pp. 325-336.

Blackwell, B.R., Brown, T.R., Broadway, P.R., Buser, M.D., Brooks, J.C., Johnson, B.J., Cobb, G.P. y Smith, P.N. (2014). "Characterization of trenbolone acetate and estradiol metabolite excretion profiles in implanted steers". *Environmental toxicology and chemistry*, 33(12), pp. 2850-2858.

Borregón Martínez, A., (1992). Hormonas naturales y sintéticas. *I Jornadas sobre residuos en animales vivos y en alimentos de origen animal*, pp. 1-7.

Borkfelt, S., Kondrup, S., Röcklinsberg, H., Bjørkdahl, K. y Gjerris, M. (2015). "Closer to nature? A critical discussion of the marketing of "ethical" animal products". *Journal of Agricultural and Environmental Ethics*, 28(6), pp. 1053-1073.

Buller, H. y Morris, C. (2003). "Farm animal welfare: a new repertoire of nature-society relations or modernism re-embedded?". *Sociologia Ruralis*, 43(3), pp. 216-237.

Capper, J.L. (2011). "The environmental impact of United States beef production: 1977 compared with 2007". *J.Anim.Sci*, 89, pp. 4249-4261.

Capper, J.L. y Hayes, D.J. (2012). "The environmental and economic impact of removing growth-enhancing technologies from US beef production". *Journal of animal science*, 90(10), pp. 3527-3537.

Capper, J.L., Castañeda-Gutiérrez, E., Cady, R.A. y Bauman, D.E. (2008). "The environmental impact of recombinant bovine somatotropin (rbST) use in dairy production". *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 105(28), pp. 9668-9673.

Cardoso, C.S., Hötzel, M.J., Weary, D.M., Robbins, J.A. y von Keyserlingk, M.A. (2016). "Imagining the ideal dairy farm". *Journal of dairy science*, 99(2), pp. 1663-1671.

Carr, D., Morse, A., Zak, J. y Anderson, T. (2011). "Microbially mediated degradation of common pharmaceuticals and personal care products in soil under aerobic and reduced oxygen conditions". *Water Air Soil Pollut*, 216, pp. 633-642.

Castillo, C., Abuelo, A. y Hernández, J. (2017). "Biotechnological approaches to improve sustainable milk and meat yield in bovines". Reference Module in Food Science; Elsevier: New York, NY, USA, .

Directiva 81/602/CEE referente a la prohibición de determinadas sustancias de efecto hormonal y de sustancias de efecto tireostático.

Directiva 85/649/CEE por la que se prohíbe la utilización de ciertas sustancias de efecto hormonal en el sector animal.

Directiva 88/146/CEE del Consejo de 7 de marzo de 1988 por la que se prohíbe la utilización de ciertas sustancias de efecto hormonal en el sector animal.

Directiva 96/22/CE del Consejo, de 29 de abril de 1996, por la que se prohíbe utilizar determinadas sustancias de efecto hormonal y tireostático y sustancias B-agonistas en la cría de ganado y por la que se derogan las Directivas 81/602/CEE, 88/146/CEE y 88/299/CEE.

Directiva 2003/74/CE, que modifica la Directiva 1996/22/CE, por la que se prohíbe utilizar determinadas sustancias de efecto hormonal y tireostático y sustancias β -agonistas en la cría de ganado.

Dunshea, F.R., D'souza, D.N., Pethick, D.W., Harper, G.S. y Warner, R.D. (2005). "Effects of dietary factors and other metabolic modifiers on quality and nutritional value of meat". *Meat Science*, 71(1), pp. 8-38.

Ehrlich, P.R. y Holdren, J.P. (1971). "Impact of Population Growth". *Science*, 171(3977), pp. 1212-1217.

Elsevier. *ScienceDirect*. Disponible en: <https://www.sciencedirect-com.cuarzo.unizar.es:9443> [Consultado 05-08-2021].

Elsevier.*Scopus*. Disponible en: https://www-elsevier-com.cuarzo.unizar.es:9443/solutions/scopus?dgcid=RN_AGCM_Sourced_300005030 [Consultado 05-08-2021].

Estévez Reboredo, R.M. (2016). "Estudio histórico del uso y prohibición de los promotores del crecimiento en la ganadería española".

European Commission. (2007) . "Attitudes of EU Citizens towards Animal Welfare". *Special Eurobarometer 270*.

FAO (2009). "The state of food and agriculture. Livestock in balance".

FAOSTAT. Disponible en: <http://www.fao.org/faostat/es/>

Fundación Española para la Ciencia y la Tecnología (FECYT). *Web of Science*. Disponible en: <https://www.recursoscientificos.fecyt.es/licencias/productos-contratados/wos> [Consultado 05-08-2021].

Galbraith, H., (2002). "Hormones in international meat production: biological, sociological and consumer issues". *Nutrition Research Reviews*, 15, 293–314.

Getabalew, M., Alemneh, T. y Zewdie, D. (2020). "Types and Uses of Growth Promoters in Beef Cattle".

Google Académico. Disponible en: <https://scholar.google.es/intl/es/scholar/about.html> [Consultado 05-08-2021].

Grande, B.C., Falcón, M.G. y Gándara, J.S. (2000). "El uso de los antibióticos en la alimentación animal: perspectiva actual." *CYTA-Journal of Food*, 3(1), pp. 39-47.

Hansen, J., Holm, L., Frewer, L., Robinson, P. y Sandøe, P. (2003). "Beyond the knowledge deficit: recent research into lay and expert attitudes to food risks". *Appetite*, 41(2), pp. 111-121.

Hanselman, T.A., D.A. Graetz, y A.C. Wilkie. 2003. "Manure-borne estrogens as potential environmental contaminants: A review". *Environmental Science and Technology*, 37, pp. 5471-5478.

Hötzel, M.J.; Roslindo, A.; Cardoso, C.S.; von Keyserlingk, M.A.G. (2017). "Citizens views on the practices of zero-grazing and cow-calf separation in the dairy industry: Does providing information increase acceptability?". *Journal of dairy science*, 100, pp. 4150–4160.

Hunter, R. A. (2010). Hormonal growth promotant use in the Australian beef industry. *Animal Production Science*, 50(7), pp. 637-659.

Hutchins, S.R., M.V. White, F.M. Hudson, y D.D. Fine. (2007). "Analysis of lagoon samples from different concentrated animal feeding operations for estrogens and estrogen conjugates". *Environmental Science and Technology*, 41(3), pp. 738-744.

Herago, T., y Agonafir, A. (2017). Growth promoters in cattle. *Advances in Biological Research*, 11(1), pp. 24-34.

Itana, D.D. y Duguma, A. (2021). "The Role and Impacts of Growth Hormones in Maximizing Animal Production-A review". *Turkish Journal of Agriculture-Food Science and Technology*, 9(6), pp. 975-981.

Jeong, S., Kang, D., Lim, M., Kang, C.S. y Sung, H.J. (2010). "Risk assessment of growth hormones and antimicrobial residues in meat". *Toxicological research*, 26(4), pp. 301-313.

Johnson, B. J., Anderson, P. T., Meiske, J. C., y Dayton, W. R. (1996). "Effect of a combined trenbolone acetate and estradiol implant on feedlot performance, carcass characteristics, and carcass composition of feedlot steers". *Journal of Animal Science*, 74, pp. 363–371.

Joint FAO/WHO Expert Committee on Food Additives (JECFA). (1988). "Evaluation of certain veterinary drug residues in food". *WHO Technical Report Series* 763, pp. 16-33.

Joint FAO/WHO Expert Committee on Food Additives (JECFA). (2000). "Toxicological evaluation of certain veterinary drug residues in food: Estradiol-17 α , progesterone, and testosterone". *WHO Food Additives Series*, 43.

Joint FAO/WHO Expert Committee on Food Additives (JECFA). (2006). "Evaluation of certain veterinary drug residues in food. Melengestrol acetate". *WHO Technical Report Series*, 939.

Jones, G.D., Benchetler, P.V., Tate, K.W. y Kolodziej, E.P. (2014). "Mass balance approaches to characterizing the leaching potential of trenbolone acetate metabolites in agro-ecosystems". *Environ Sci Technol*, 48, pp. 3715–3723.

Khan, B., Lee, L. S. y Sassman S. A. (2008). "Degradation of synthetic androgens 17 α - and 17 β -trenbolone and trendione in agricultural soils". *Environ Sci Technol*, 42, pp. 3570–3574.

Khan, B., Lee, L.S. (2010). "Soil temperature and moisture effects on the persistence of synthetic androgen 17 α -trenbolone, 17 β -trenbolone and trendione". *Chemosphere*, 79, pp. 873–879.

Malthus, Thomas Robert. (1798). "An essay on the principle of population".

Mashtare, M.L., Green, D.A. y Lee, L.S. (2013). "Biotransformation of 17 α - and 17 β -estradiol in aerobic soils". *Chemosphere*, 90, pp. 647– 652.

McCurry Schmidt, M. 2012. *Part one: How animal science supports global food security*. American Society of Animal Science. Disponible en: [http:// takingstock.asas.org/?p=2416](http://takingstock.asas.org/?p=2416) Consultado [13/07/2021].

Miele, M., Veissier, I., Evans, A., & Botreau, R. (2011). "Animal welfare: establishing a dialogue between science and society". *Animal Welfare*, 20(1), 103.

Milford, A.B., Le Mouël, C., Bodirsky, B.L. y Rolinski, S. (2019). "Drivers of meat consumption". *Appetite*, 141, pp. 104313.

Moreno Boiso, A., Illera del Portal, Juan Carlos, Granado, S. y Illera del Portal, J. (2011). *Endocrinología de pequeños animales: de la fisiología a la clínica*.

Nichols, W.T., Galyean, M.L., Thomson, D.U. y Hutcheson, J.P. (2002). "Effects of steroid implants on the tenderness of beef". *The Professional Animal Scientist*, 18(3), pp. 202-210.

Nogal, P.J.Á (1994). "Incremento del potencial cárnico de las reses vacunas mediante manipulación del estado hormonal regulador del crecimiento: una revisión", *Anales de la Facultad de Veterinaria de León*. Universidad de Oviedo, pp. 45-69.

Novotny, V. (2003). "Water Quality. Diffuse Pollution and Watershed Management. John Willey & Sons". *Inc., Hoboken, New Jersey*.

Organización Mundial del Comercio (OMC) (2015). Comunidades Europeas - Medidas que afectan a la carne y los productos cárnicos (hormonas).

Paris, A., Andre, F., Antignac, J., Le Bizec, B., Bonneau, M., Briant, C., Caraty, A., Chilliard, Y., Cognié, Y. y Combarous, Y. (2006). "Hormones et promoteurs de croissance en productions animales: de la physiologie à l'évaluation du risque". *Productions animales*, 19(3), pp. 151-240.

Parr, T., Mareko, M.H.D., Ryan, K.J.P., Hemmings, K.M., Brown, D.M. y Brameld, J.M. (2016). "The impact of growth promoters on muscle growth and the potential consequences for meat quality". *Meat Science*, 120, pp. 93-99.

Perry, T. C., Fox, D. G., y Beermann, D. H. (1991). "Effect of an implant of trenbolone acetate and estradiol on growth, feed efficiency, and carcass composition of Holstein and beef steers". *Journal of Animal Science*, 69, pp. 4696–4702.

Polkinghorne, R., & Watson, R. (2004). "A meta-analysis of published and unpublished data on the effect of hormonal growth promotant treatment on the palatability of the striploin. In: Proceedings of the Brisbane, Meat & Livestock Australia Workshop, hormonal growth promotants and Meat Standards Australia—An industry update".

Raloff, J. (2002). "Hormones: Here's the beef: Environmental concerns reemerge over steroids given to livestock". *Science News*, 161(1), pp. 10-12.

Ribeiro, G.O., Hünerberg, M., Ominski, K., Larney, F.J. y McAllister, T.A. (2020). "164 Effect of trenbolone acetate, melengestrol acetate, and ractopamine hydrochloride on growth performance of growing beef cattle". *Journal of animal science*, 98(Supplement_4), pp. 127.

Schiffer, B., Daxenberger, A., Meyer, K. y Meyer, H.H. (2001). "The fate of trenbolone acetate and melengestrol acetate after application as growth promoters in cattle: environmental studies". *Environmental health perspectives*, 109(11), pp. 1145-1151.

Schmidhuber, J. y Shetty, P. (2005). "The nutrition transition to 2030. Why developing countries are likely to bear the major burden". *Acta agriculturae scand section c*, 2(3-4), pp. 150-166.

Song, M.K. y Choi, S.H. (2001). "Growth promoters and their effects on beef production-Review". *Asian-Australasian Journal of Animal Sciences*, 14(1), pp. 123-135.

Soto, A.M., Calabro, J.M., Prectl, N.V., Yau, A.Y., Orlando, E.F., Daxenberger, A., Kolok, A.S., Guillelte, L.J. Jr, le Bizec, B., Lange, I.G. y Sonnenschein, C. (2004). "Androgenic and estrogenic

activity in water bodies receiving cattle feedlot effluent in Eastern Nebraska, USA". *Environ Health Perspect*, 112(3), pp. 346-52.

Thacker, P.A. (2013). "Alternatives to antibiotics as growth promoters for use in swine production: a review". *Journal of animal science and biotechnology*, 4(1), pp. 1-12.

Thompson, J. M., McIntyre, B. M., Tudor, G. D., Pethick, D. W., Polkinghorne, R., & Watson, R. (2008). "Effects of hormonal growth promotants (HGP) on growth, carcass characteristics, the palatability of different muscles in the beef carcass and their interaction with aging". *Australian Journal of Experimental Agriculture*, 48(11), pp. 1405-1414.

USDA (United States Department of Agriculture). (2000). "Veterinary Services Info Sheet: Implant usage by US feedlots". *Washington, DC: Animal and Plant Health Inspection Service*.

Ventura, B. A., Von Keyserlingk, M. A., Wittman, H., y Weary, D. M. (2016). "What difference does a visit make? Changes in animal welfare perceptions after interested citizens tour a dairy farm". *PLoS One*, 11(5), pp. e0154733.

Verbeke, W. y Ward, R.W. (2001). "A fresh meat almost ideal demand system incorporating negative TV press and advertising impact". *Agricultural economics*, 25(2-3), pp. 359-374.

Weyer, P., y D. Riley (2001). "Endocrine disruptors and pharmaceuticals in drinking water". *Denver, CO: AWWA Research Foundation and the American Water Works Association*.

Wilson, V.S., Lambright, C., Ostby, J. y Gray, Jr. L.E. (2002). "In Vitro and in Vivo Effects of 17 β -Trenbolone: A Feedlot Effluent Contaminant". *Toxicol. Sci.* 70, pp. 202-211

You, X., Li, Y., Zhang, M., Yan, H., & Zhao, R. (2014). A survey of Chinese citizens' perceptions on farm animal welfare. *PLoS One*, 9(10), pp. e109177.

Young, R.B. y Borch, T. (2009). "Sources, presence, analysis, and fate of steroid sex hormones in freshwater ecosystems—A review". *Aquatic ecosystem research trends*, 4, pp. 103-164.

Yunes, M.C., Von Keyserlingk, M.A. y Hötzel, M.J. (2017). "Brazilian citizens' opinions and attitudes about farm animal production systems". *Animals*, 7(10), pp. 75.