

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE BAJA CALIFORNIA

Instituto de Ciencias Agrícolas



**EVALUACION DE ESTRATEGIAS DE IMPLANTACIÓN EN
BOVINOS DE ENGORDA EN CORRAL: DESEMPEÑO EN
CORRAL, RASGOS DE LA CANAL Y CALIDAD DE LA
CARNE**

T E S I S

COMO REQUISITO PARCIAL

PARA OBTENER EL GRADO DE:

MAESTRO EN CIENCIAS EN SISTEMAS DE PRODUCCIÓN ANIMAL

PRESENTA

UVALDO SANCHEZ ORTIZ

DIRECTOR


Ph.D. LEONEL AVENDAÑO REYES

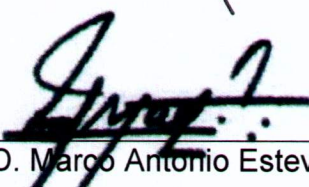
MEXICALI, B.C., MÉXICO.

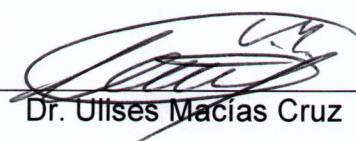
DICIEMBRE DE 2021

La presente tesis: "EVALUACION DE ESTRATEGIAS DE IMPLANTACIÓN EN BOVINOS DE ENGORDA EN CORRAL: DESEMPEÑO EN CORRAL, RASGOS DE LA CANAL Y CALIDAD DE LA CARNE" fue realizada por el C. Uvaldo Sánchez Ortiz, y dirigida por el Ph.D. Leonel Avendaño Reyes, ha sido evaluada por el Consejo Particular abajo indicado:

**MAESTRO EN CIENCIAS EN SISTEMAS DE PRODUCCIÓN ANIMAL
COMITÉ PARTICULAR**

Presidente/Director 
Ph. D. Leonel Avendaño Reyes

Sinodal/Co-director 
Ph.D. Marco Antonio Esteves Luna

Sinodal/Asesor 
Dr. Ulises Macías Cruz

Sinodal/Asesora 
Dra. María de los Angeles López Baca

“POR LA REALIZACIÓN PLENA DEL HOMBRE”

Ejido Nuevo León, Mexicali, Baja California México, Diciembre de 2021.

AGRADECIMIENTOS

DEDICATORIA

ÍNDICE

ÍNDICE DE CUADROS.....	vi
RESUMEN.....	vii
ABSTRACT.....	viii
I. INTRODUCCIÓN.....	1
II. REVISIÓN DE LITERATURA.....	3
2.1 La industria de la carne bovina en México.....	3
2.1.1 Antecedentes.....	3
2.2 Sistemas de producción en bovinos productores de carne.....	4
2.2.1 Sistemas de producción extensivos.....	4
2.2.2 Sistemas de producción intensivos.....	5
2.2.3 Sistemas de producción semi-intensivos.....	5
2.3 Producción de becerros para engorda en México.....	6
2.4 Engorda de bovinos en México.....	7
2.5 Manejo del ganado bovino de engorda en corral.....	8
2.5.1 Manejo del ganado en recepción.....	9
2.5.2 Manejo durante el crecimiento y desarrollo.....	9
2.5.3 Manejo en finalización.....	10
2.6. Promotores de crecimiento en la engorda de bovinos.....	11
2.6.1 Aditivos en alimento.....	12
2.6.2 Implantes hormonales.....	12
2.6.3. Hormona del crecimiento.....	13
2.6.4. Agentes repartidores de nutrientes.....	13
2.6.5. Probióticos.....	13
2.7. Implantes hormonales anabólicos.....	14
2.8. Mecanismo de acción de implantes anabólicos.....	15
III. MATERIALES Y MÉTODOS.....	18
3.1 Descripción y del área de estudio y su duración.....	18
3.2 Animales experimentales y su manejo.....	18
3.3 Tratamientos.....	19
3.4 Procedimiento experimental.....	20
3.5 Variables de respuesta.....	23
3.5.1 Variables productivas.....	23
3.5.2 Características de la canal.....	23
3.5.3 Calidad de la carne.....	24
3.6 Análisis estadístico.....	26

IV. RESULTADOS	27
4.1 Comportamiento en corral	27
4.2 Características de la canal	29
4.3 Calidad de la canal	31
V. DISCUSIÓN	33
5.1 Comportamiento en corral	33
5.2 Características de la canal	36
5.3. Calidad de la carne	38
VI. CONCLUSIONES	41
VI. LITERATURA CITADA	42

ÍNDICE DE CUADROS

Cuadro 1. Distribución de los animales por corral y por tratamiento, así como por rangos de peso.....	21
Cuadro 2. Ingredientes y composición química de las diferentes dietas ofrecidas durante la engorda.....	22
Cuadro 3. Promedios y errores estándar de las variables relacionadas con el comportamiento en corral en toretes tratados con cuatro estrategias de implantación.....	28
Cuadro 4. Promedios y errores estándar de las variables relacionadas con características de canal en toretes tratados con cuatro estrategias de implantación.....	30
Cuadro 5. Promedios y errores estándar de las variables relacionadas con calidad de la carne en toretes tratados con cuatro estrategias de implantación.....	32

RESUMEN

El objetivo fue comparar la eficacia de cuatro estrategias de implantación en ganado de engorda en corral mediante la evaluación del comportamiento en corral, características de canal y calidad de la carne. Dentro de estas estrategias se incluyeron dos con un nuevo implante de liberación retardada y extendida (Revalor-XR). Se utilizaron 4,120 toretes que se alojaron en 30 corrales experimentales de 4 rangos de peso inicial: 1) 260 a 280, 2) 281 a 300, 3) 301 a 320 y 4) 321 a 340 kg. Dentro de cada rango de peso se asignaron aleatoriamente las estrategias de implantación a los corrales, dos corrales por tratamiento excepto por el mayor rango de peso que sólo contó con un corral en dos de las estrategias. Se utilizó un diseño de bloques completamente al azar y los tratamientos fueron las siguientes estrategias de implantación: 1) Synovex-Plus + Synovex-Plus (SP+SP) los días 0 y 70 de la engorda, 2) Revalor-H + Revalor-H (RH+RH) los días 0 y 70 de la engorda, 3) Synovex-Plus + Revalor-XR (SP+RXR) ambos el día 0 de la engorda, y 4) Revalor-H + Revalor-XR, ambos el día 0 de la engorda. Los tratamientos con RXR mejoraron ($P < 0.01$) el peso final, la ganancia de peso diaria y total, la conversión y la eficiencia alimenticia, así como menor consumo de alimento en comparación con los tratamientos de implantación tradicional. En características de canal, los tratamientos con el implante RXR presentaron mayores ($P < 0.01$) promedios en peso de canal, así como pH y temperatura a 45 min y a 24 h; el área del ojo de la costilla y la grasa de cobertura fueron mayores ($P < 0.05$) también en las estrategias con RXR. En calidad de la carne, los tratamientos con RXR disminuyeron ($P < 0.05$) la capacidad de retención de agua y tendieron ($P < 0.10$) a producir carne con mayor dureza; asimismo, en el color de la carne, aumentaron ($P < 0.01$) la tendencia al rojo (a^*), amarillo (b^*) y la croma (C^*). Los toretes bajo la estrategia de implantación de liberación retardada y extendida (Revalor-XR), mejoraron el comportamiento en corral y algunas características de canal, sin afectar de manera importante la calidad de la carne producida.

Palabras claves: *bovinos de engorda, implantes anabólicos, ganancia de peso, peso de canal.*

ABSTRACT

The objective of this study was to compare the efficacy of four implant strategies in feedlot cattle through the evaluation of growth performance, carcass characteristics and meat quality. Into these strategies, two included a new implant consisting of extended and retarded delivery (Revalor-XR). A total of 4,120 young bulls were randomly grouped in 30 experimental pens forming four ranges of initial weight: 1) 260 to 280, 2) 281 to 300, 3) 301 to 320, and 4) 321 to 340 kg. Within each weight range, the implant strategies were randomly assigned to the pens, counting two pens by treatment except for the heavier weight range, which had one pen in two of the strategies. A randomized block design was used and the treatments were the following implant strategies: 1) Synovex-Plus + Synovex-Plus (SP+SP) on days 0 and 70, 2) Revalor-H + Revalor-H (RH+RH) on days 0 and 70, 3) Synovex-Plus + Revalor-XR (SP+RXR) both on day 0, and 4) Revalor-H + Revalor-XR, both on day 0. Treatments with RXR improved ($P < 0.01$) final weight, daily and total weight gain, feed conversion and efficiency as well as lower feed intake compared to the treatments with common implant strategy. In carcass characteristics, treatments including RXR had higher ($P < 0.01$) averages of carcass weight, as well as temperature and pH of LM at 45 min and 24 h. The rib-eye area and fat depth were also higher ($P < 0.01$) in the RXR strategies. Regarding meat quality, treatments with RXR reduced ($P < 0.05$) water holding capacity and tended ($P < 0.10$) to produce harder meat. In meat color, implant strategies with RXR increased redness (a^*), yellowness (b^*) and chroma (C^*). The young bulls under the implant strategy including Revalor-XR, an implant with extended and retarded delivery, improved feedlot performance and some carcass characteristics, with no significant effect on meat quality.

Keywords: *feedlot cattle, anabolic implants, weight gain, carcass weight.*

I. INTRODUCCIÓN

Según datos de la Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura, para el 2050 más del 50% de la población pertenecerá a la clase media, lo que supondrá un aumento del 60% en la demanda de alimentos de origen animal. Por lo tanto, el crecimiento de la población mundial requiere una mejor y mayor producción de alimentos cada día. Uno de los alimentos más demandados son los diferentes tipos de carne, ya que aporta la proteína necesaria para el óptimo desarrollo fisiológico, físico y psicológico de la población (ASERCA, 2019).

Los sistemas de producción de carne jugarán un papel esencial para tratar de satisfacer esta demanda creciente. Esto implica que los sistemas intensivos se vuelvan más eficientes, en presencia de un escenario de precios muy inestable (Rubio, 2008). Una de las formas de hacer más eficiente la estancia de los animales en las engordas intensivas es mediante el uso de promotores de crecimiento. Los promotores de crecimiento más importantes que alteran o cambian el metabolismo animal son las hormonas esteroides, metabolitos anabólicos, hormonas de crecimiento, antibióticos, el uso de alimentos modificados genéticamente, ionóforos, antibióticos, probióticos, prebióticos y enzimas. En general, estos promotores han demostrado mejorar la ganancia de peso y la eficiencia en el consumo del alimento, aunque los resultados han sido variables.

Los implantes esteroidales (IE) que contienen acetato de trembolona (ATB) y estradiol 17 β (E₂), los son promotores de crecimiento autorizados en los animales doméstico en varios países del continente americano, dado que las cantidades de residuos que quedan en tejido después de su administración no son suficientes para comprometer la salud del consumidor (Dikeman, 2007). Los implantes utilizados como una tecnología rentable en la producción de ganado vacuno la cual se basa en hormonas. Algunas de las hormonas más utilizadas en el ganado son: estrógenos, andrógenos, progesterona, hormonas tiroideas, corticosteroides y compuestos beta adrenérgicos. Puede usarse solo o mezclado (Johnson et al., 1996). Sin embargo, presentan la desventaja de que el implante tiene una duración limitada, por lo que los

becerros deben reimplantarse para continuar con la dosis hormonal que les permita usar más eficientemente el alimento consumido (Reinhardt, 2007).

En el presente estudio se probaron tres diferentes implantes: Revalor-H® (Reg. SAGARPA Q-0273-175), un promotor de crecimiento con 10 comprimidos que contienen en conjunto 200 mg de acetato de trembolona y 20 mg de 17-β estradiol, el cual se recomienda una reimplantación a los 60 o 70 días. Synovex-Plus® (SAGARPA Q-1196-417), un promotor de crecimiento con 8 comprimidos que contienen 200 mg de acetato de trembolona y 28 mg de Benzoato de estradiol, al igual que el anterior se recomienda una reimplantación a los 60 o 70 días. Revalor XR® (Reg. SAGARPA Q-0273-244), una nueva preparación de 10 pellets recubiertos que se activa alrededor de los 70 días posteriores a su implantación el cual contiene 200 mg de acetato de trembolona y 20 mg de 17-β estradiol de acción prolongada, con la ventaja de que este nuevo implante evita el manejo extra de implantación, pudiendo ser más efectivo como promotor de crecimiento. Así, se formuló la hipótesis de que la aplicación del implante de liberación retardada y extendida, en combinación con un implante de corta duración, mejora el desempeño de toretes en la engorda y sus características de canal dado que estas estrategias ahorran una práctica de manejo porque estos animales no regresan a la trampa para volver a ser implantados, pues la implantación se lleva a cabo desde el primer día de la engorda.

El objetivo del presente estudio es comparar la eficacia de cuatro estrategias de implantación, incluyendo un implante nuevo de liberación retardada y extendida en combinación con implantes tradicionales, evaluando parámetros de comportamiento en corral, características de la canal y calidad de la carne en ganado de engorda en corral.

II. REVISIÓN DE LITERATURA

2.1 La industria de la carne bovina en México

2.1.1 Antecedentes

En México la industria cárnica inició con la llegada de los españoles alrededor del año 1527, quienes en sus primeros viajes introdujeron diferentes especies de animales domésticos, principalmente cerdos y ovinos, pero también incluyeron bovinos, dando origen a ganadería en nuestro país (Barrera, 1996). Sin embargo, la industria ganadera tuvo su mayor auge al finalizar la Revolución Mexicana, ya que el gobierno impulsó fuertemente la actividad ganadera, incrementando la población de cabezas de bovinos a través de créditos de instituciones gubernamentales (Saucedo, 1984). No obstante, la industria de la carne en México ha evolucionado tecnológicamente a un ritmo menor comparado con la industria avícola y porcina, ya que al inicio de la década de los 80's la producción de la industria porcina fue superior a las demás industrias, llegando a aportar el 49% del total de carne producido en los años 1983-1984. La industria de la carne de bovino y de ave se incrementaron considerablemente en los últimos años; sin embargo, la explotación de bovinos para carne representa un menor porcentaje de la producción avícola a nivel nacional (ASERCA, 2002).

Con la llegada de la tecnología en la ganadería intensiva y la aparición de los rastros tipo TIF (Tipo Inspección Federal), la industria de la carne de bovino de nuestro país se volvió más tecnificada, organizada y rentable, surgiendo así empresas más dinámicas y competitivas, generando una integración sólida al mercado mundial (Ríos-Flores y Castillo-Arce, 2015). A pesar de que la producción de carne de bovino mostró un incremento sostenido de 1.6% de 1980 a 2014, no sido suficiente para satisfacer la demanda exigida por la población mexicana. De hecho, las importaciones superan a las exportaciones de carne de bovino, cuyos precios han ido también en aumento. Una de las razones de este comportamiento son los precios de los granos utilizados en la engorda de bovinos estabulados, ya que forman parte importante de la dieta en las engordas bovinas (Castro-Sámamo et al., 2019). En consecuencia, gran parte de la investigación en esta área de la producción animal se dirige a volver más eficientes a los animales durante el periodo de engorda en

estabulación. Sin embargo, otro factor que contribuye con este déficit es la exportación de becerros al destete, ya que por su buena cotización en el mercado internacional los productores del sistema vaca-becerro prefieren exportar a vender en México a los engordadores (Ríos-Flores y Castillo-Arce, 2015).

2.2 Sistemas de producción en bovinos productores de carne

La producción de carne es una actividad diversificada en todo el mundo por sus diferentes entornos y por el desarrollo de un país, ya que los sistemas de producción sirven de balanza para tener un equilibrio entre lo social, económico y cultural en cuanto al bienestar dentro de la población, ya que con la actividad pecuaria se trata de proveer un sustento diario, conservar el medio ambiente y mantener los valores tradicionales y culturales de la producción pecuaria (FAO, 2014). Se han identificado principalmente tres sistemas en la producción de carne: sistemas de pastoreo o extensivo, los mixtos y los intensivos (Sere y Steinfeld, 1996).

2.2.1 Sistemas de producción extensivos

La producción de carne en sistemas extensivos se basa en la utilización de grandes extensiones de pastizales o agostaderos, donde el animal es capaz de aprovechar eficazmente los pastos, hierbas o arbustos mediante el pastoreo (Bellido et al., 2001; Casasús et al., 2010). La alimentación en este sistema se basa 90% en la materia seca proveniente de los pastizales, mientras que el resto se compone de granos y forrajes suministrados en época de escasez de pastos o como suplementos. Este sistema representa solo el 9% de la producción mundial, siendo la fuente de ingresos para más de 20 millones de familias (FAO, 2014). El sistema extensivo se caracteriza por un número limitado de animales por unidad de superficie, uso limitado de avances tecnológicos, baja productividad, alimentación basada principalmente en el pastoreo y en el uso de subproductos residuales de la agricultura, así como un uso reducido de energía fósil (Bellido et al., 2001). Este sistema se extiende principalmente por gran parte de Latinoamérica por sus condiciones tropicales que favorecen el desarrollo de los pastos, considerándose como un sistema tradicional porque requiere de muy pocos recursos externos y bajo requerimiento de mano obra; además, este sistema favorece la biodiversidad de la flora y fauna dentro de la explotación (Pereira et al., 2011). Sin embargo, una

desventaja de este sistema es que no es eficientemente productivo, ni en la producción de pastos ni en la productividad de carne, además que requieren mayor cantidad de áreas de praderas, lo que provoca el sacrificio de áreas de bosques y selvas, conduciendo a pérdida de biodiversidad de flora y fauna, mayor degradación del suelo y mayor contaminación por agroquímicos (Pereira et al., 2011; Palma, 2014).

2.2.2 Sistemas de producción intensivos

Con el paso de los años la ganadería sufrió un proceso conocido como la “revolución ganadera”, dando origen a la ganadería intensiva o el sistema intensivo, el cual es 100% dependiente de alimentos y tecnologías externas al propio sistema (Rubio, 2008; Palomo, 2007). En el sistema de producción intensivo los animales son agrupados en corrales, manteniéndose encerrados la mayor parte de su engorda, donde se le crean condiciones de infraestructura destinada para este fin y los animales están expuestos a las condiciones ambientales existentes en la ubicación (Pereira, 2011). En este sistema el crecimiento del ganado es muy rápido, quedando listos para su venta en 14 o 15 meses de vida del animal, lográndose también que produzcan carne más tierna y jugosa, ya que el ciclo de engorde tiene una duración de entre 90 y 130 días. El confinamiento de los animales en este sistema permite una mayor ganancia de peso debido a la tranquilidad y el mínimo movimiento del animal, logrando reducir en gran medida su gasto de energía (Grepe, 2001). Este sistema de explotación fue surgiendo con el desarrollo de conocimientos científicos y de los avances tecnológicos como la mejora de la genética, nutrición, higiene y sanidad animal, lo cual permitió que los animales logren expresar sus máximas cualidades productivas y, por otro lado, un elevado nivel de tecnificación que favorece que todas las labores de manejo se realicen de una manera muy eficiente (Zachary et al., 2020).

2.2.3 Sistemas de producción semi-intensivos

Sotillo y Vijil (1978) señalan que dentro de los dos sistemas principales de explotación existe un sistema intermedio denominado sistema mixto o semi-intensivo,

por combinar características del extensivo y del intensivo al darse pastoreo fundamentalmente y por la estabulación del ganado en menor grado, respectivamente. Este sistema consiste en que los animales pasen medio día pastando y el otro medio día y el resto de la noche encerrados en corrales donde se les proporciona una mezcla de alimentos perfectamente balanceados para complementar los requerimientos del animal, buscando así mejorar el aprovechamiento de los pastos de las praderas, logrando buenos resultados con la suplementación de mezclas alimenticias; además, ofrece una mayor seguridad de los animales reduciendo el abigeato, así como facilitar varias operaciones de manejo de los mismos (Grepe, 2001). La rotación de potreros durante el pastoreo de los animales permite el descanso y recuperación de los pastos. Asimismo, otro atributo reciente atribuido a la ganadería semi-intensiva es que emite menor cantidad de emisiones de metano (CH_4) en relación al sistema extensivo, quien emite más del doble que el semi-intensivo (Jiménez, 2019).

2.3 Producción de becerros para engorda en México

Actualmente en México la producción de carne depende en gran medida de la producción y crianza de becerros, actividad que se desarrolla en diferentes estados del país, los cuales presentan una gran variabilidad, tanto en sus sistemas de producción como en sus condiciones climáticas. Esta actividad se conoce como producción vaca-becerro, el cual tiene por objeto producir becerros que se destinarán a la engorda intensiva o en corral. Generalmente los animales producidos se venden al destete para cubrir la demanda de las engordas, lo cual se realiza entre 150 y 250 kg de peso vivo. Esta actividad se desarrolla básicamente en agostaderos y en praderas naturales o inducidas, las cuales se establecen en las diferentes zonas ganaderas de nuestro país (Bellido et al., 2001). En la zona norte de México se presentan los ecosistema áridos y semiáridos, donde se explotan vientres de razas europeas (*Bos taurus*) en su mayoría. Gran parte de estos becerros que se producen son exportados a Estados Unidos, ya que el precio es mucho mayor que venderlo en el mismo país. Las lluvias en estas regiones han sido muy variables y las sequías se han prolongado por varios años, por lo que la producción de crías no ha sido constante. Por ejemplo, en el estado de Chihuahua se registró en 2011 el más bajo

registro de precipitación que se tenga documentado en su historia, lo cual impactó negativamente esta actividad (Iracheta-Lara et al., 2017). En la región sur, donde predominan los ecosistemas tropicales y subtropicales, las abundantes lluvias crean un escenario ideal para el establecimiento de praderas y así generar alimento barato para las vacas y toros reproductores que tratarán de producir crías anualmente. En estas zonas se explotan en su mayoría razas cebuínas (*Bos indicus*) puras, y en menor número sus cruzas con razas europeas. Un ejemplo es el estado de Tabasco, que en 2017 contó con casi 600 mil vacas reproductoras, de las cuales el 83% se dedicó a la producción de becerros para las engordas (Bautista-Martínez et al., 2020).

Una estimación del gobierno federal (SIAP, 2020) proyecta que en 2020 la cantidad de cabezas de ganado bovino productor de carne es de poco más de 33 millones de animales. Sin embargo, existen diferentes problemas que no se han podido resolver en los sistemas de producción bovina de carne como es la baja eficiencia reproductiva de los vientres, derivado en parte de un patrón de lluvias que resulta en abundancia de forraje en ciertas épocas (lluvia) y escasez en otras (sequía), así como el bajo control de enfermedades. SAGARPA (2016), indica que, en 2010, el 97% de los ganaderos mexicanos mantienen el empadre continuo en sus ranchos, pero poco menos del 6% utiliza inseminación artificial; también reveló este estudio que casi el 50% de los vientres quedan preñados en promedio a los 210 días postparto. Esta situación, junto con un manejo inadecuado de la pradera, da como resultado que los becerros alcancen pesos de aproximadamente 160 kg a una edad de 210 d, lo cual se considera un peso al destete bajo. Por tanto, cuando los becerros destetados son enviados a las engordas, su crecimiento y finalización son deficientes, volviéndose más larga la estancia en la engorda y, por ende, se reduce la rentabilidad.

2.4 Engorda de bovinos en México

La engorda de bovinos en México tiene gran importancia socioeconómica, ya que genera proteína de origen animal de alta calidad, empleos e ingresos en distintos sectores (SIAP, 2014). En México se utilizan cerca de 110 millones de Ha a la

actividad ganadera, representado el 56 % del territorio nacional, por lo que la engorda de bovinos cumple con una gran diversidad de funciones productivas, económicas, ecológicas, sociales y culturales, desarrollándose en todo el territorio nacional (ASERCA, 2010).

Los estados del sureste de nuestro país, como Veracruz y Chiapas, son los principales productores de crías de bovinos o becerros de razas de carne, los cuales son desarrollados y engordados en el resto del país, principalmente en engordas de estados ubicados en el norte (SAGARPA, 2012). La engorda de bovinos en México representa una de las principales actividades del sector agropecuario por la contribución que realiza con la oferta de productos cárnicos, así como su participación en la balanza comercial del país. En el año 2019 la producción de carne de bovino alcanzó un máximo histórico de dos millones de toneladas, lo que representó 2.4% más con respecto al 2018 (SIAP, 2019). En el año 2018, el consumo de carne de bovino fue de 14.8 kg per cápita, por debajo de la carne de pollo y cerdo (CMC, 2018), donde la contribución de las principales entidades federativas fue como se enlista a continuación (ASERCA, 2019): Veracruz (13.3%), Jalisco (11.9%), San Luis Potosí (6%), Chiapas (5.4%), Sinaloa (5.2%), Durango (5.1%) y Baja California (4.9%). La industria de la carne comprende primordialmente la producción de toretes y novillos, básicamente en el centro y sur del país para suministro de las engordas en estados del norte, siendo los sistemas básicos de producción el intensivo o engorda en corral, y el extensivo o engorda en praderas (Gamboa et al., 2005).

2.5 Manejo del ganado bovino de engorda en corral

En general, la actividad de engorda intensiva del ganado bovino comprende las siguientes acciones: compra del ganado, recepción en el corral, corte y conformación de lotes, manejo general de ganado, atención clínica, desarrollo y finalización de los animales. La proyección de la alimentación, determinación de los días de engorda y el sacrificio son fundamentales para asegurar el éxito en la engorda del ganado. Algunas de estas actividades son descritas a continuación.

2.5.1 Manejo del ganado en recepción

El manejo de recepción tiene como objetivo principal permitir la recuperación del estrés al que fueron sometidos los animales durante el transporte hacia las instalaciones de engorda, ya que los animales llegan cansados, deshidratados y expuestos a diferentes antígenos, por lo que son altamente susceptibles a enfermedades (Anderson y Jonest, 1978). En ocasiones las distancias son cortas (< 8 h), pero en otras son demasiado largas (≥ 10 h), dependiendo de la ubicación entre el estado emisor y el receptor. El manejo consiste en un baño antiparasitario por inmersión o aspersion, suministrar agua de beber abundante, limpia, fresca, así como el ofrecimiento de alimento a libre acceso (principalmente forraje de buena calidad). Para facilitar las actividades de manejo se deben agrupar los animales en grupos pequeños para evitar el amontonamiento en las mangas; se recomienda no utilizar chicharras ni objetos punzo-cortantes para el arreo (Anduaga, 2005). La exploración clínica se realiza individualmente en los animales revisando su estructura ósea, el temperamento del ganado y análisis general del estado de salud del animal para evitar cualquier posibilidad de enfermedad (SAGARPA, 2004).

2.5.2 Manejo durante el crecimiento y desarrollo

Tras la recepción, los animales se dejan 24 h en los corrales de recepción donde reciben agua *ad libitum* a fin de que logren rehidratarse, y solamente forraje. Es importante que, en el agua de bebida, los animales reciban soluciones de electrolitos especialmente de sodio, cloro y potasio, por las posibles mermas durante el viaje (Livas, 2020). Posteriormente a la llegada del ganado al corral de engorda, se realizan los procedimientos y prácticas de manejo y/o loteo (Grandin, 1994). Después de 24 h de su arribo a la engorda, se recomienda realizar las actividades de pesaje e identificación, desparasitación interna, aplicación de implantes anabólicos y aplicación de vitaminas ADE e inmunizantes (Ocampo, 2011). Es importante recordar que la condición nutricional e inmunológica de los animales se encuentra deprimida a su llegada, por lo que se debe poner especial atención a esta etapa de la engorda. Este manejo va dirigido a recuperar mermas de peso, estimular el consumo de alimento y mejorar el metabolismo de los nutrientes (Lesur, 2005).

Conformado el lote los animales dejan la estancia del corral de recepción y pasan al corral de producción. Una vez ahí, la responsabilidad en cuanto a la sanidad del animal queda bajo el médico encargado del área, quien detecta y trata a los animales enfermos en corrales de enfermería para después regresarlos a su corral, volviendo con el resto de sus compañeros de engorda. Este control de sanidad se hace a diario recorriendo todos los corrales (FAO, 2010). En general, la alimentación que reciben se divide en 3 diferentes tipos de dietas las cuales deben girar con base a la adaptación de la alimentación al rumen; dichas etapas de alimentación serían: iniciación, transición y finalización. Aunque con variaciones, la dieta de iniciación contiene aproximadamente 75% de fibra y 25% de concentrado; la dieta de transición contiene 50% de fibra y 50% de concentrado, mientras que la dieta de finalización contiene 15% de fibra y 85% de grano (Livas, 2020).

2.5.3 Manejo en finalización

En la producción de carne de bovino y canales de primera calidad, los engordadores deben mantener un control estricto bajo las normas, durante los procesos de alimentación y manejo del ganado de engorda para proporcionar al consumidor final la garantía y seguridad de un producto fresco e inocuo (Aguilera, 2018). Es en esta etapa final de la engorda cuando el animal expresa su potencial genético para convertir músculo y grasa, así como también se utilizan los promotores de crecimiento (PC) administrados al animal con el objetivo de lograr un óptimo peso final. Las dietas en esta etapa contienen alto nivel de grano, por lo que la revisión de los corrales en finalización es fundamental para identificar animales con problemas metabólicos, principalmente.

Cumplido el periodo de engorda los animales deben de ser transportados a el rastro más cercano, pero movilización del ganado es una actividad que les provoca mucho estrés debido a que permanecen en un vehículo en movimiento durante varias horas, sin alimento ni agua, lo que propicia la pérdida de peso, por lo que se recomienda que los vehículos deberán ser de preferencia jaulas especializadas para el transporte de ganado (Lesur, 2005). Finalmente, los animales son sacrificados bajo la norma oficial mexicana NOM-033-ZOO-1995, sacrificio humanitario de los animales domésticos y silvestres.

2.6. Promotores de crecimiento en la engorda de bovinos

Se define como promotor de crecimiento cualquier compuesto o mezcla de compuestos que, siendo adicionados en el alimento o inyectados en el cuerpo del animal, afectan su función metabólica para incrementar su crecimiento (Bavera et al., 2003). Son utilizados principalmente en animales domésticos para mejorar la distribución de grasa y proteína en el cuerpo, así como para mejorar la tasa de conversión de alimento a músculo. Por tanto, se les atribuye un crecimiento extra sobre los animales que no reciben estos productos, donde la respuesta típica involucra el mejoramiento de la conversión alimenticia, crecimiento muscular, disminución de grasa y fijación de proteína. Todos estos productos incrementan el desempeño en corral y elevan la productividad en forma sostenida. De hecho, se ha demostrado que el uso de PC tipo anabólico incrementan las ganancias diarias de peso hasta en 10% (Folmer et al., 2005).

La actividad metabólica de un animal está dividida en dos fases: anabolismo (síntesis) y catabolismo (degradación), razón por la cual los PC son llamados anabólicos, ya que estimulan la formación de nuevo tejido muscular (Aguilera et al., 2018). Algunos PC son administrados oralmente, ya sea en el agua o en el alimento, mientras que otros son hormonales que se administran en forma de pequeños implantes en el tejido subcutáneo de la oreja (Toldrá y Reig, 2016). Los PC más utilizados en la industria de ganadera son los implantes anabólicos, como es el caso de acetato de trembolona y 17- β estradiol. Así también existen aditivos alimenticios como los agentes de reparto (agonistas adrenérgicos- β), los ionoforos y probióticos, los cuales se añaden al alimento en pequeñas cantidades (100 mg/kg de dieta). En general, todos los aditivos alimentarios no nutritivos pueden describirse principalmente como PC (Herago y Agonafir, 2017).

Así, los PC se pueden clasificar por su mecanismo de acción en aditivos en alimento, implantes hormonales, hormona de crecimiento (somatotropina bovina), agentes metabólicos repartidores de nutrientes (agonistas adrenérgicos- β , AA- β) y probióticos (Bavera et al., 2003).

2.6.1 Aditivos en alimento.

Los aditivos son compuestos que se agregan a la dieta animal en muy bajas cantidades con el fin de incrementar la calidad nutricional del alimento y aumentar los parámetros productivos. Algunos aditivos nutricionales son vitaminas, minerales, azúcares, aminoácidos, antibióticos, ácidos orgánicos y enzimas exógenas (Ravindran, 2010). Estos compuestos se agregan a la dieta de engorde o finalización de los animales para mejorar el crecimiento, algunos parámetros nutricionales y características de la canal (Allam, 2001). Uno de los aditivos utilizados en la dieta son los bioestimulantes, los cuales contienen vitaminas, minerales y aminoácidos, que tienden a favorecer el desarrollo de los animales (Gómez y Fernández, 2001).

2.6.2 Implantes hormonales.

Los PC a base de hormonas esteroides naturales o sintéticos son aquellos relacionados a los estrógenos (estradiol y zeranol), andrógenos (testosterona y acetato de trenbolona) y progestágenos (progesterona y acetato de melengestrol). El zeranol es un metabolito sintético natural no hormonal extraído del hongo del maíz (*Gibberella zeae*), su estructura molecular es la β -lactona del ácido resorcílico, que se diferencia de los andrógenos y los estrógenos, pero ocupa de receptores para ejercer su actividad; El Zeranol, anabólico natural no hormonal que se obtiene del hongo del maíz (*Gibberella zeae*), posee una estructura molecular β -lactona del ácido diferente a los andrógenos y estrógenos, pero ocupa los receptores de dichas sustancias para realizar su actividad; se considera un compuesto con potente actividad estrogénica, ya que produce un aumento de la ganancia diaria de peso que van de un 10 al 20%, y para la conversión alimenticia es mejorada de un 10 y 12% (Agromeat, 2010). El 17- β estradiol ejerce un efecto completo en la síntesis de proteína y así mismo ejerce una acción más específica a nivel muscular. Todo lo antes mencionado va a depender de la dosis administrada para obtener una liberación de hormona luteinizante para incrementar el crecimiento y la ganancia de peso diaria (Herago y Agonafir, 2017).

El acetato de trembolona es un andrógeno sintético usado agente anabólico el cual actúa específicamente en la formación de músculo y así lograr un aumento de la

ganancia de peso y de la conversión alimenticia por su efecto en el metabolismo de las proteínas (Bobadilla, 2013). El benzoato de estradiol es un derivado sintético del 17- β estradiol que ha demostrado mejorar la ganancia de peso y eficiencia alimenticia en novillos y vaquillas (Mersmann, 2002). Fenetanolaminas (β AA) son compuestos químicos que inducen a los receptores adrenérgicos β del sistema nervioso autónomo, dentro de este grupo se encuentra el clenbuterol, ractopamina, clorhidrato de zilpaterol, salbuterol y cimaterol, los modifican el metabolismo celular, mejoran la eficiencia productiva y la calidad de la carne de bovinos y ovinos (Deana, 2006).

2.6.3. Hormona del crecimiento.

La hormona de crecimiento, conocida como somatotropina bovina, incrementa la ganancia de peso estimulando el metabolismo y el incremento de proteína, reduciendo la deposición de grasa. Moviliza la grasa corporal para ser usada como energía y reduce la lipogénesis, incrementa la tasa de crecimiento y mejora la conversión alimenticia y así obtener una canal más magra, en la industria lechera se inyecta diariamente una dosis para mejorar la producción en un 10 a 20% (Dohoo et al., 2003).

2.6.4. Agentes repartidores de nutrientes.

Dentro de este grupo de PC se encuentran los AA- β , que son análogos de las catecolaminas y de la noradrenalina y pueden reducir el catabolismo de las proteínas, promueven la lipólisis y reducen la lipogénesis, causando una reducción en la deposición de grasa; también causan hipertrofia muscular (Domínguez, 2009; Ortiz et al., 2016).

2.6.5. Probióticos.

Finalmente, los probióticos son suplementos dietéticos a base de microbios vivos y son benéficos para el animal huésped, mejorando su equilibrio intestinal (FAO, 2001). Generalmente se ofrecen en agua o alimento, provocando un mejor crecimiento por mejorar la actividad de la flora microbiana ruminal en los animales. Su composición está basada en bacterias gram positivas y gram negativas,

levaduras u hongos, yogurt y otros productos lácteos fermentados (Khalid et al., 2011).

2.7. Implantes hormonales anabólicos

Los implantes hormonales son sustancias químicas o naturales que son consideradas PC porque inducen una mayor ganancia de peso y mejora la eficiencia alimenticia del ganado (Torrano, 2002). Los implantes hormonales han sido empleados en la industria de engorda de bovinos por más de 50 años (Bruns et al., 2005), y actúan indirectamente en el sistema endocrino del animal, modificando y regulando la síntesis y degradación proteínica en las células musculares para obtener un mejor marmoleo, grasa de cobertura más uniforme, mejor textura y coloración de la carne, sin impactar fuertemente en el consumo de alimento (Herago y Agonafir, 2017). Los implantes son utilizados principalmente en terneros destinados para la engorda por que ofrecen una aceptable conversión de alimento a tejido muscular; de igual manera con el uso de implantes se aumenta la tasa de crecimiento entre 5 y 8%. Una desventaja es la duración del implante, ya que es necesario aplicar un implante cada 80 o 100 días cuando se utilizan pellets comprimidos, teniendo que reimplantar a los animales hasta dos veces más durante su periodo de engorda en corral (Reinhardt, 2013).

Las hormonas más utilizadas en los implantes anabólicos para la producción de ganado bovino incluyen hormonas naturales como estradiol y testosterona, así como progesterona sintética, el acetato de trembolona y zeranol (Elmore, 1992; Herago y Agonafir, 2017). Estas hormonas ayudan a mejorar significativamente la capacidad de ganar un mayor peso en los animales y hacer más eficiente el uso de los nutrientes recibidos, logrando así aumentar la producción cárnica a menor costo de producción (Reinhardt, 2007). Los implantes anabólicos son pequeños pellets o gomas elaboradas con silicona y/o plástico los cuales se han clasificado en implantes de potencia baja, media y alta, así como implantes recubiertos y no recubiertos (Johnson y Beckett, 2014). Los compuestos activos contenidos en los implantes pertenecen a tres categorías principales de hormonas producidas de forma endógena: andrógenos (hormonas masculinas), estrógenos (hormonas femeninas) y

progestinas (hormonas del embarazo) (Zachary y Bradley, 2020). Éstos se administran por vía subcutánea en la región central de la oreja, al lado anverso, y no requieren retirarlos antes de sacrificio porque el compuesto activo se inicia a liberar lentamente a la circulación sanguínea con una acción efectiva máxima de 150 días (Mader, 1998). Estudios recientes indican que las hormonas esteroidales presentan un pico rápido en sangre, 2 a 5 días después de la implantación, sin embargo, después se presentan ligeros incrementos paulatinos durante el periodo de efectividad del implante, llegando a ser máximo a los 90 d (Reinhardt, 2013).

Los implantes que combinan estrógenos y andrógenos son más efectivos como PC que cuando son administrados por separado, siendo la combinación más comercial los que contienen acetato de trembolona (ATB) y estradiol (E_2), los cuales aumentaran en un promedio del 10 al 20% la ganancia diaria de peso, de un 5 a 15% la eficiencia alimenticia y de 5 al 8% la magrez de la carne (Preston, 1999). Esto se debe a la diferencia entre sus mecanismos de acción, ya que promueven el crecimiento de masa muscular por diferentes vías y también se complementan uno al otro (Dayton y White, 2014).

La Food and Drug Administration (FDA) de EUA tiene como establecido que no es necesario marcar un límite máximo de residuos para ATB y E_2 debido a la cantidad que se aplica a través de los implantes es muy baja y, además, se ha demostrado que no son carcinogénicos, genotóxicos o mutagénicos (Jeong et al., 2010; Zachary y Bradley, 2020).

2.8. Mecanismo de acción de implantes anabólicos

Las fórmulas disponibles comercialmente para su uso en la producción de ganado de carne contienen estradiol- 17β (E_2) natural o sintético, benzoato de estradiol (EB), o un compuesto similar al estrógeno (zeranol). Estos compuestos se utilizan solos o en combinación con progesterona, propionato de testosterona o acetato de trembolona en diferentes cantidades y proporciones de compuestos activos en los gránulos del implante (Smith y Johnson, 2020). Las hormonas esteroides se unen a receptores en todo el cuerpo y provocan respuestas transcripcionales que pueden medirse como producto de la señalización hormonal (Filardo y Thomas, 2012). Los implantes estrogénicos ejercen su influencia

principalmente a través de una mayor producción y liberación de somatotropina y factor de crecimiento insulínico tipo 1 (IGF-1) a nivel hepático, las cuales estimulan la acumulación de proteínas musculares (Reinhardt, 2007; Wu et al., 2007), o con el elemento de respuesta de estrógeno en el gen de la hormona liberadora del crecimiento (GHRH) en el hipotálamo (Lalmansingh y Uht, 2008).

El mecanismo de las hormonas esteroideas es provocado por el receptor acoplado a proteína G (GPR por sus siglas en inglés), ya que este tipo de receptores atraviesan la membrana plasmática de la célula siete veces y funcionan a través de un sistema de mensajeros secundarios como el monofosfato de adenosina cíclico (cAMP) o trifosfato de inositol (IP3), y el diacilglicerol (DAG). Estos mensajeros son los responsables de alterar las respuestas fisiológicas en el tejido diana, una vez que el ligando se une al receptor extracelular se desencadena una cascada de eventos; inicialmente es la unión del ligando provocando un cambio en la conformación de los dominios del receptor intracelular, causando que la proteína G (α , β y γ) se asocie con los receptores intracelulares. Por último, esto da como resultado una actividad elevada de la proteína quinasa A (PKA) (Ribas et al., 2007).

Las células somatotropas son responsables de la producción de la hormona del crecimiento (GH), la cual es secretada por la pituitaria anterior, que después ingresa a la circulación sanguínea y produce crecimiento en varios tejidos diana en todo el cuerpo. Con el aumento de la GH aumenta posteriormente la producción hemática de IGF-1, dado a que ésta se puede unir al receptor de insulina y se transporta a través de proteínas de unión de IGF (IGFBP) (Clemmons, 1993). Por tanto, las concentraciones de IGF-1 producidas a través de la ruta hepática son probablemente críticas en cuanto al crecimiento de huesos largos en animales unidos al terminal. También hay evidencia de que el uso de implantes esteroideos con actividad anabólica puede aumentar la producción local de IGF-I en el músculo esquelético (Parr et al., 2014). La unión directa de andrógenos y estrógenos al músculo esquelético aumenta posteriormente la cantidad de IGF-I local, como lo demuestra el aumento de la expresión génica de IGF-I en el músculo *Longissimus dorsi* después de la implantación con TBA y E_2 (Parr et al., 2014). Esto da como resultado una mayor síntesis de proteínas y una disminución de la degradación de

las mismas, además de que permite el mantenimiento de la relación del ADN/proteína a lo largo de la hipertrofia del músculo esquelético. En resumen, la aplicación de hormonas esteroides con actividad anabólica en el ganado vacuno produce un aumento del peso corporal maduro del ganado. El peso corporal maduro se define como el momento en el que la canal contendría alrededor del 50% de músculo, 35% de grasa y 15% de hueso (Smith et al., 2018).

En la última década, la FDA aprobó cuatro implantes recubiertos que extienden el rendimiento hormonal en más de 200 días después de la implantación para su uso en ganado de engorde. Cuando se administra un implante sin recubrimiento, el período inicial de 40 días es cuando la ganancia de proteína de la canal es máxima (Johnson et al., 1996a). El uso de implantes de liberación normal y de liberación retardada o implantes con recubrimiento da como resultado un aumento de peso vivo final en relación con novillos no implantados (Smith et al., 2018). Parr et al. (2010, 2011) reportaron que los implantes con recubrimiento y que contenían acetato de trembolona en combinación con 17- β estradiol mejoran las ganancias finales del peso vivo en comparación con los implantes no recubiertos, los cuales no provocaron un aumento de peso significativo en el animal. También concluyeron que el uso de implantes mejoró la eficiencia de ganancia de peso diario en comparación con animales no implantados.

III. MATERIALES Y MÉTODOS

3.1 Descripción y del área de estudio y su duración.

El experimento se llevó a cabo en las instalaciones de una engorda comercial ubicada en el km. 49 de la carretera Cd. Valles – Tampico, municipio de Tamuin, San Luis Potosí, México. Su localización geográfica es 22°04'36.6" latitud Norte y 98°37'13.4" longitud Este, a 48 m sobre el nivel del mar y con precipitación promedio de 882.8 mm. El estudio se desarrolló durante la época de primavera-verano-otoño, en el periodo comprendido entre 15 de abril y 26 de diciembre de 2019. La zona posee temperatura promedio de 20.9°C, presentándose una máxima de 35°C en verano y mínima de 10°C en invierno. De acuerdo con la clasificación climática sugerida por Köppen y modificada por García (1985), el tipo de clima en esta región se considera Cwa, (A)Cw(w), descrito como clima subtropical con invierno seco medio templado y veranos cálidos acompañado de lluvias. El estudio tuvo una duración de 255 d, que incluyó desde la formación del primer corral hasta el último animal sacrificado. Los corrales formados tuvieron una duración promedio de 132 ± 15.5 días de engorda.

3.2 Animales experimentales y su manejo

Se utilizaron en total 4,120 toretes que se alojaron en 30 corrales experimentales, formando 4 diferentes rangos de peso, desde 260 hasta 340 Kg, en rangos de 20 Kg: 1) 260 a 280, 2) 281 a 300, 3) 301 a 320 y 4) 321 a 340 kg. Se utilizaron en promedio 134 animales por corral, predominado el genotipo *Bos indicus* (raza cebú y pocas cruas de cebú con razas europeas). Cada corral contó con comedero tipo canoa, además de un bebedero automático por corral. A la llegada de los animales a la engorda pasaron por un baño de inmersión para ser desparasitados externamente con Tactic® (MSD Salud Animal, Ciudad de México, México), ectoparasiticida con base en Amitraz. Posteriormente se dejaban descansar un día para aplicar el manejo correspondiente y después se asignaron a un tratamiento de manera aleatoria. Durante el manejo se les aplicó el antiparasitario endectocida CYDECTIN® NF (Zoetis México, Ciudad de México, México) con base en

Moxidectina. Se les aplicaron tres vacunas: 1) 5 ml de Ultrabac® 7 (Zoetis México, Ciudad de México, México) vía subcutánea, bacterina toxoide contra el complejo clostridial y *Histophilus somni*; 2) 2 ml de Bovi-shield® (Zoetis México, Ciudad de México, México), vía subcutánea y ofrece protección contra diarrea viral bovina 1 y 2, rinotraqueitis bovina infecciosa, virus sincitial respiratorio bovino, virus parainfluenza bovina tipo 3 y *mannheimia haemolytica*; y 3) 1 ml de TSV-2® (Pfizer, Ciudad de México, México) vía intranasal, vacuna contra rinotraqueítis Infecciosa bovina, parainfluenza 3 y virus respiratorio sincitial bovino. Cada animal se identificó con un arete interno, un registro de arete SINIIGA en la oreja y se marcaron con un fierro caliente en el área de la quijada.

3.3 Tratamientos

Los tratamientos se consideraron las cuatro diferentes estrategias de implantación que se formaron por las siguientes combinaciones de implantes:

- 1) SP+SP, animales implantados doblemente con Sinovex Plus® (Zoetis México, Ciudad de México, México), que consistió en implantar, el día de la recepción y en el reimplante a los 70 d, con el mismo producto. Cada cartucho de Sinovex Plus® contiene 10 implantes con 200 mg de acetato de trembolona y 28 mg de benzoato de estradiol.
- 2) RH+RH, animales implantados con Revalor® H (MSD Salud Animal, Ciudad de México, México), que consistió en implantar, el día de la recepción y en el reimplante a los 70 d, con el mismo producto. Cada cartucho de Revalor® H contiene 10 implantes con 200 mg de acetato de trembolona y 20 mg de 17-β estradiol.
- 3) SP+RXR, implantados con Sinovex Plus® y Revalor® XR (MSD Salud Animal, Ciudad de México, México), que consistió en implantar ambos implantes el día de la recepción, uno en cada oreja y sin reimplantar a los 70 d. Revalor® XR es un implante de liberación prolongada y retardada donde cada cartucho contiene 10 implantes con 200 mg de acetato de trembolona y 20 mg de 17-β estradiol. Los implantes están recubiertos con un polímero para proporcionar la liberación prolongada y retardada de los

ingredientes activos. El implante Revalor® XR se implantó en oreja izquierda y Sinovex Plus® en oreja derecha.

- 4) RH+RXR, animales implantados con Revalor® H y Revalor® XR, que consistió en aplicar ambos implantes el día de recepción, uno en cada oreja y sin reimplante a los 70 d, implantando Revalor® XR en oreja izquierda y Revalor® H en oreja derecha.

3.4 Procedimiento experimental

Cada animal se implantó con una estrategia de implantación previamente asignada por lote de llegada a la engorda, tardando en promedio 9 d para llenar un par de corrales, durando del 17 de abril al 30 de septiembre, formando así los 30 corrales en total, con un total de 4,020 animales. La distribución de los animales por tratamiento se muestra en el Cuadro 1. Los animales en el tratamiento con reimplante (SP+SP y RH+RH) se sacaban de su corral y se trasladaban a la trampa-báscula donde se les aplicaba su respectivo implante a los 70 d de engorda en promedio (rango 65 – 75 d), mientras que los animales sin reimplante permanecieron en su corral todo el periodo de la engorda. Los tratamientos SP+SP y RH+RH estuvieron formados por 7 corrales cada uno, mientras que los restantes tratamientos estuvieron formados por 8 corrales cada uno.

En la alimentación de los animales se utilizaron seis diferentes dietas que se utilizaron en distintas etapas de la engorda. La primera fue la dieta de recepción que se suministró durante el llenado de los corrales y 3 días después del mismo, mientras que las restantes 5 raciones (F-1, F-2, F-3, F-4 y la de retiro) fueron suministradas aproximadamente un mes cada una con excepción de la dieta de retiro, que sólo se suministró 2 o 3 días. La dieta F-4 fue adicionada con clorhidrato de zilpaterol, siendo la única dieta que contuvo este agonista-beta y que se suministró aproximadamente un mes. La dieta de retiro se suministró 3 días antes del sacrificio. En el Cuadro 2 se muestran los ingredientes y la composición química de las dietas experimentales. Después del periodo de engorda, los animales se sacrificaron en el rastro TIF 418, lo cual duró desde septiembre hasta diciembre de 2019. El rastro se encuentra en los mismos terrenos de la engorda.

Cuadro 1. Distribución de los animales por corral y por tratamiento, así como por rangos de peso.

TRATAMIENTOS	ANIMALES POR CORRAL	RANGOS DE PESO EN KG				TOTAL DE ANIMALES
		261-280	281-300	301-320	321-340	
SP + SP	CORRAL	666	661	627	651	949
	<i>n</i>	141	132	131	125	
	CORRAL	660	565	607		
	<i>n</i>	146	130	144		
RH + RH	CORRAL	665	662	628	644	949
	<i>n</i>	136	148	140	128	
	CORRAL	659	567	608		
	<i>n</i>	130	140	127		
SP + RXR	CORRAL	640	643	657	639	1100
	<i>n</i>	145	131	131	142	
	CORRAL	650	645	655	656	
	<i>n</i>	129	150	134	138	
RH + RXR	CORRAL	654	646	658	664	1122
	<i>n</i>	142	141	148	133	
	CORRAL	653	647	663	652	
	<i>n</i>	141	140	139	138	
TOTAL DE ANIMALES		1110	1112	1094	804	4120

Cuadro 2. Ingredientes y composición química de las diferentes dietas ofrecidas durante la engorda.

DIETAS	Recepción	F-1	F-2	F-3	F-4	Retiro
<i><u>Ingredientes, kg</u></i>						
Maíz rolado	340.36	316	501.9	580	573.75	580
Pasta de soya	165	40	30	30	30	30
Granos secos de destilería	--	125	130	123	123	123
Paja	160	60	130	110	110	110
Silo de maíz	150	400	100	50	50	50
Melaza	80	40	60	60	60	60
Aceite	25	--	20	22	22	22
Mezcla minerales	29.64	19	28.12	25	25	25
Glicerol	50	--	--	--	--	--
Zilpaterol	--	--	--	--	6.25	--
<i><u>Composición química, %</u></i>						
Materia seca	78.3	66.6	80.0	82.7	82.7	82.7
Proteína Cruda	16.0	14.0	14.0	14.0	14.0	14.0
ENm (Mcal/kg)	1.95	1.93	2.04	2.12	2.12	2.12
ENg (Mcal/kg)	1.31	1.25	1.38	1.45	1.45	1.45
Extracto etéreo	4.70	3.30	5.60	5.90	5.90	5.90
FDN	23.0	29.8	23.1	20.1	20.1	20.1
Calcio	0.67	0.56	0.64	0.62	0.62	0.62
Fósforo	0.28	0.32	0.33	0.33	0.33	0.33
Potasio	1.14	1.00	0.90	0.84	0.84	0.84

ENm=Energía neta de mantenimiento

ENg=Energía neta de ganancia

FDN=Fibra detergente neutro

3.5 Variables de respuesta

Se colectaron variables productivas, características de la canal y calidad de la carne. Dentro de las productivas se incluyó peso inicial y final, así como consumo de alimento por corral; con esos datos se estimó la ganancia diaria de peso y la ganancia total de peso, así como la conversión y eficiencia alimenticia. Después del sacrificio se midieron las siguientes características de la canal: temperatura y pH a 45 min y 24 h post-sacrificio, grado de calidad (GCAL), área del ojo de la costilla (AOC) y grasa de cobertura (GC). Para la calidad de la carne se dejó madurar la carne de 14 d, posteriormente se midió el pH, color, capacidad de retención de agua, pérdida de peso por cocción y esfuerzo al corte.

3.5.1 Variables productivas

Los animales utilizados se pesaron individualmente al inicio del experimento, utilizando el rango de peso asignado a cada corral y tratamiento; se estimó la ganancia de peso total (GPT) con la diferencia entre el peso inicial y el peso al finalizar la engorda. La ganancia de peso diario (GPD) se obtuvo dividiendo la ganancia de peso total entre el número de días en el corral; junto con el consumo de alimento (CONS) se obtuvo la conversión (CONV), la cual se calculó dividiendo el consumo de alimento entre la GPD. Por otro lado, la eficiencia alimenticia (EFAL) se obtuvo dividiendo la GPD entre el consumo de alimento.

3.5.2 Características de la canal

Finalizada la prueba de comportamiento de corral, todos los animales fueron sacrificados en el rastro tipo TIF No. 407 que se encuentra dentro de la propiedad de la misma engorda, por lo que los animales fueron arreados para llegar a este destino. Ya en corrales del rastro, se ayunaron por un periodo de 24 h; posteriormente se procedió a insensibilizarlos con pistola de perno cautivo de penetración en el cajón de noqueo del rastro, se colocaron en la línea automatizada y así se guiaron los animales por todo el proceso. Inmediatamente después se degollaban los animales para que se desangraran de manera adecuada; a los cuerpos se les retiró la piel por medio de una descueradora automática para dar paso al eviscerado. Después del

eviscerado se pesó la canal caliente (PCC) y se determinó el rendimiento en canal (RC), que expresó al PCC como porcentaje del peso final. A 45 min postmortem aproximadamente, se registró el pH introduciendo un electrodo conectado a un medidor de pH (Marca HACH, modelo del equipo H160G y del electrodo PHW57-SS) entre la 12va y 13va costilla para registrar tanto temperatura como pH del músculo *Longissimus dorsi* (LD). Se colectaron las siguientes características de canal: grado de rendimiento, rea del ojo de la costilla (AOC) y grasa de cobertura (GC). Dada las escasas canales con grasa suficiente de acuerdo al evaluador, se realizó un conteo de canales por estrategia de implantación que proporcionaron datos tanto de AOC como de GC. A 24 h de haber ingresado las canales a los cuartos fríos, se volvió a medir el pH y la temperatura del músculo LD.

3.5.3 Calidad de la carne

Se obtuvieron muestras con peso entre 400 y 500 g del músculo *Longissimus lumborum* que se diseccionaron para obtener un corte tipo New York, el cual se empaquetó al vacío y se refrigeró a temperatura entre 1 y 4° C. Estas muestras fueron almacenadas en hieleras de poliestireno y se trasladaron al aeropuerto de Tampico, Tamaulipas, de donde viajaron hasta Mexicali, B.C., vía Ciudad de México. Se verificó que la cadena de frío no se perdiera para realizar los análisis de calidad de la carne. Llegando a Mexicali, las hieleras se transportaron al Laboratorio de Fisiología Animal donde se procedió a madurarlos durante 14 d. Posteriormente se registró nuevamente el pH, los parámetros de color (L^* , a^* , b^* , C^* y h^0), así como capacidad de retención de agua (CRA), pérdida de peso por cocción (PPC) y esfuerzo al corte (EC).

Una muestra de 3 g de músculo se licuó con 27 ml de agua destilada para la determinación del pH por duplicado con un con un medidor de pH (Waterproof pHTestr® 10, modelo Oakton 35634-10, IL USA). Para las variables de color, la carne se dejó reposar 15 min y después se midió el color colocando en la superficie el colorímetro un iluminador D65 con observador de 10° (Konica Minolta Sensing®, modelo CR-400, Osaka, Japón). Se registró luminosidad (L^*), enrojecimiento (a^*) y amarillez (b^*). El índice de saturación de color (Chroma, C^*) se calculó como $C^* = (a^{*2} + b^{*2})^{0.5}$ y el ángulo Hue de color (h^0) como $h^0 = \tan^{-1} (b^* / a^*)$ (Savadkoohi *et al.*,

2014). El colorímetro se colocó en tres sitios diferentes de cada muestra y se obtuvieron valores promedios para cada color por muestra. La CRA se determinó utilizando la metodología descrita por (Sutton et al., 1997), colocando en una centrifugadora (Thermo Scientific®, modelo Heraeus Megafuge 8R, Massachusetts, U.S.A.) una muestra de 3 g de músculo en una malla de nylon tipo micrón para suspenderla en un tubo de centrifuga; luego se centrifugó a 2000 rpm por 5 min a 5° C para volver a registrar nuevamente el peso de la muestra; la diferencia de los pesos de la muestra antes y después de la centrifugación se expresó en porcentaje de la muestra de 3 g para obtener la capacidad de retención de agua. Cada muestra fue evaluada por triplicado.

Para el esfuerzo al corte y pérdida de peso por cocción, los filetes se cocinaron hasta alcanzar una temperatura interna de 71° C usando una parrilla eléctrica (Cuisinart Griddler® Five, modelo GR-BES, Connecticut, USA). Después de cocinar los filetes se dejaron enfriar a temperatura ambiente (25-30° C), y de cada filete se cortaron cinco cubos de ½ pulgada (1.27 cm), los cuales se cortaron perpendicularmente en la dirección de las fibras musculares utilizando un equipo de esfuerzo al corte Warner-Bratzler (Salter 235, Manhattan, KS, USA). Se promediaron los cinco valores de fuerza de corte para obtener el valor promedio por muestra. Además, los filetes se pesaron antes y después de la cocción para determinar la pérdida por acción de la siguiente manera:

$$PPC = [(peso\ inicial - peso\ después\ de\ cocinar\ y\ escurrir) / (peso\ inicial)] \times 100$$

3.6 Análisis estadístico

Las variables sobre comportamiento en corral, características de canal y calidad de carne se analizaron por medio de análisis de varianza a través de un modelo estadístico que incluyó los siguientes factores:

$$Y_{ijkl} = \mu + T_i + B_j + C(T)_k + \epsilon_{ijkl}$$

Donde:

Y_{ijkl} = es la variable de respuesta por analizar (ganancia diaria de peso, rendimiento en canal, etc.),

μ = es la media general de la variable de respuesta en cuestión,

T_i = es el efecto del i-ésimo tratamiento o estrategia de implantación ($i = 1, 2, 3, 4$),

B_j = es el efecto del j-ésimo bloque o rango de peso ($j=1, 2, 3, 4$),

$C(T)_k$ = es el efecto de la k-ésima anidación de corral dentro de tratamiento,

ϵ_{ijkl} = es el efecto aleatorio del error experimental común a todas las observaciones

Para las variables de comportamiento en corral se utilizó como covariable días en engorda, mientras que para la calidad de la carne el peso de canal caliente. Para las comparaciones de medias, se aplicaron los siguientes contrastes ortogonales para comparar las estrategias de implantación: 1) SP+SP y RH+RH vs SP+RXR y RH+RXR (estrategia de implantación de liberación normal vs estrategia de implantación de liberación retardada), 2) SP+SP vs RH+RH (comparación dentro de estrategia de implantación de liberación normal), y 3) SP+RXR vs RH+RXR (comparación dentro de estrategia de implantación de liberación retardada). Adicionalmente se compararon las medias ajustadas utilizando pruebas de t student para parejas de medias. Los conteos sobre número de animales con GC y con AOC se analizaron con una prueba de bondad del ajuste utilizando la distribución Ji-cuadrada. El nivel de error para considerar significativa una diferencia fue 5%. Cuando la diferencia se detectó entre 5 y 10% se consideró tendencia. Los análisis de variables continuas se realizaron con el PROC MIXED del programa Statistical Analysis System versión 9.4 (SAS, 2010).

IV. RESULTADOS

4.1 comportamiento en corral

En el cuadro 1 se muestran los resultados de las variables relacionadas con el comportamiento en corral. Se observa que el peso inicial de los grupos SP+RXR y RH+RXR fue mayor ($P<0.01$) que los grupos SP+SP y RH+RH, no obstante, esta diferencia fue menor a un kilogramo. Esta diferencia observada en favor de los grupos con RXR se mantiene ($P<0.01$) en las variables peso final, en ganancia de peso total y en ganancia diaria de peso. Todos los contrastes fueron altamente significativos ($P<0.01$) en consumo de MS, lo que demostró que los grupos sin el implante RXR tuvieron mayor consumo que los grupos con el implante RXR; asimismo, el grupo SP+SP tuvo mayor consumo que el grupo RH+RH, y el grupo RH+RXR consumió más que el grupo SP+RXR. Por otro lado, en la conversión alimenticia y eficiencia alimenticia se observan diferencias ($P<0.01$) a favor de los grupos SP+SP y RH+RH sobre SP+RXR y RH+RXR, así como a favor del grupo de RH+RXR sobre el grupo de SP+RXR. En promedio, los grupos SP+RXR y RH+RXR fueron más eficientes ($P<0.01$) en corral que los grupos SP+SP y RH+RH, y dentro de esos grupos, el SP+RXR fue más eficiente ($P<0.01$) que RH+RXR, mientras que el grupo SP+SP fue más eficiente ($P<0.01$) que el RH+RH. En general, el grupo SP+RXR fue el más eficiente ($P<0.01$) de todos los tratamientos probados. Finalmente, el periodo de engorda fue más amplio ($P<0.01$) en los grupos sin implante RXR sobre los grupos con implante RXR, lo que significa que los grupos implantados con RXR tardaron menos días en la engorda.

Cuadro 3. Promedios y errores estándar de las variables relacionadas con el comportamiento en corral en toretes tratados con cuatro estrategias de implantación.

Variables	TRATAMIENTOS					CONTRASTES		
	SP+SP	RH+RH	SP+RXR	RH+RXR	EEM	C ₁	C ₂	C ₃
Peso inicial (kg)	300.15 ^b	300.56 ^b	301.13 ^a	301.03 ^a	0.020	<0.0001	0.1478	0.7057
Peso final (kg)	524.61 ^b	526.61 ^b	534.04 ^a	533.56 ^a	1.301	<0.0001	0.2576	0.7660
Ganancia de peso total (kg)	224.45 ^b	226.05 ^b	232.91 ^a	232.53 ^a	1.313	<0.0001	0.3715	0.8145
Ganancia diaria de peso (kg)	1.715 ^b	1.724 ^b	1.771 ^a	1.766 ^a	0.010	<0.0001	0.5255	0.7133
Consumo de MS (kg)	11.05 ^a	10.98 ^b	10.60 ^d	10.92 ^c	0.011	<0.0001	<0.0001	<0.0001
Conversión alimenticia (kg)	5.342 ^a	5.262 ^b	4.951 ^d	5.112 ^c	0.032	<0.0001	0.0689	<0.0001
Eficiencia alimenticia (g/kg)	0.194 ^c	0.196 ^c	0.209 ^a	0.202 ^b	0.001	<0.0001	0.1800	<0.0001
Días de engorda	134.6 ^a	134.5 ^a	128.8 ^b	128.8 ^b	0.112	<0.0001	0.3875	0.6614

C₁= Contraste SP+SP y RH+RH vs SP+RXR y RH+RXR

C₂= Contraste SP+SP vs RH+RH

C₃= Contraste SP+RXR vs RH+RXR

4.2 características de la canal

En el cuadro 2 se muestran los resultados de las variables relacionadas con características de la canal. Los grupos implantados con RXR tuvieron mayor ($P<0.01$) peso de canal que los grupos SP+SP y RH+RH. Dentro de estos grupos no hubo diferencias significativas. Ningún contraste fue significativo en rendimiento de canal, sin embargo, el grupo SP+SP mostró mayor ($P<0.01$) rendimiento que los grupos RH+RH y SP+RXR, y el grupo RH+RXR fue similar al resto de los tratamientos. Los grupos SP+RXR y RH+RXR tuvieron mayor ($P<0.01$) pH a 45 min y a 24 h *postmortem* del músculo LD sobre los grupos SP+SP y RH+RH. En el pH a 45 min no hubo diferencia dentro de los grupos implantados o no con RXR, pero en el pH a 24 h se observó un mayor promedio en el grupo RH+RXR sobre SP+RXR. La temperatura a 45 min y 24 h *postmortem* fue mayor ($P<0.01$) en los grupos SP+RXR y RH+RXR sobre los grupos SP+SP y RH+RH. En la primera no hubo diferencias dentro de los animales implantados o no con RXR, mientras que en la segunda RH+RH tuvo la mayor ($P<0.01$) temperatura, seguido de SP+RXR, después SP+SP y la de menor temperatura fue RH+RXR. No se observaron diferencias significativas en grado de calidad. El área del ojo de la costilla y la grasa de cobertura fueron mayores ($P<0.05$) en los grupos implantados con RXR que en los no implantados con RXR. El AOC del tratamiento SP+SP fue el que presentó el promedio más bajo ($P<0.01$) de los cuatro tratamientos. Por otro lado, la grasa de cobertura del tratamiento RH+RH fue el de más bajo ($P<0.01$) promedio, aunque similar al tratamiento

SP+SP.

Cuadro 4. Promedios y errores estándar de las variables relacionadas con características de canal en toretes tratados con cuatro estrategias de implantación.

Variable	Tratamientos				EEM	Contrastes		
	SP+SP	RH+RH	SP+RXR	RH+RXR		C ₁	C ₂	C ₃
Peso canal (kg)	316.36 ^b	316.67 ^b	320.64 ^a	320.95 ^a	0.825	<0.0001	0.7818	0.7660
Rendimiento de canal (%)	60.34 ^a	60.16 ^b	60.07 ^b	60.17 ^{ab}	0.078	0.1507	0.0769	0.2907
pH 45 min	6.77 ^b	6.76 ^b	6.83 ^a	6.82 ^a	0.008	<0.0001	0.1765	0.2113
pH 24 h	6.02 ^c	6.02 ^c	6.06 ^b	6.10 ^a	0.011	<0.0001	0.9294	0.0032
Temperatura 45 min (°C)	32.72 ^b	32.57 ^b	33.41 ^a	33.36 ^a	0.074	<0.0001	0.1457	0.5852
Temperatura 24 h (°C)	1.686 ^b	1.881 ^a	1.732 ^b	1.507 ^c	0.032	<0.0001	<0.0001	<0.0001
Grado de calidad (unidades)	1.615	1.609	1.617	1.625	0.042	0.8585	0.9154	0.8738
Área del ojo de la costilla (cm ²)	108.25 ^b	109.60 ^a	109.93 ^a	110.16 ^a	0.392	0.0156	0.0121	0.6414
Grasa de cobertura (mm)	4.158 ^{bc}	4.043 ^c	4.536 ^a	4.443 ^{ab}	0.013	0.0114	0.5478	0.5507

C₁= Contraste SP+SP y RH+RH vs SP+RXR y RH+RXR

C₂= Contraste SP+SP vs RH+RH

C₃= Contraste SP+RXR vs RH+RXR

4.3 calidad de la canal

En el cuadro 3 se muestra el efecto de la estrategia de implantación sobre los parámetros relacionados con calidad de la carne a los 14 d *postmortem*. No se observaron diferencias ($P>0.01$) en los promedios de pH ni en el porcentaje de pérdida de peso por cocción. Sin embargo, la CRE fue mayor ($P<0.01$) en los grupos no implantados con RXR. El EC tendió a ser mayor ($P=0.0676$) en los tratamientos implantados con RXR, mientras que el tratamiento SP+SP tuvo menor ($P<0.01$) EC que RH+RXR. Los grupos implantados con RXR tendieron ($P=0.0858$) a presentar mayor luminosidad que los no implantados con RXR; igualmente, el tratamiento RH+RH tendió ($P<0.0532$) a presentar mayor luminosidad que SP+SP. La tendencia a los colores rojo y amarillo de la carne fue mayor ($P<0.01$) en los animales implantados con RXR sobre los no implantados con RXR. El enrojecimiento y la amarillez de la carne fue similar dentro de los grupos tratados y no tratados con RXR. En croma se observó un mayor ($P<0.01$) promedio en los grupos tratados con RXR sobre los no tratados con RXR, y en el ángulo de tono sólo se observó una tendencia ($P=0.0929$) a ser mayor en el tratamiento SP+RXR que en el RH+RXR. El tratamiento RH+RH presentó mayor ($P<0.05$) ángulo de tono que el tratamiento RH+RXR.

Cuadro 5. Promedios y errores estándar de las variables relacionadas con calidad de la carne en toretes tratados con cuatro estrategias de implantación.

Variable	Tratamientos				EEM	Contrastes		
	SP+SP	RH+RH	SP+RXR	RH+RXR		C ₁	C ₂	C ₃
pH	5.60	5.59	5.57	5.60	0.031	0.8270	0.8354	0.4029
PPC (%)	77.25	77.05	77.99	77.40	0.553	0.3028	0.7949	0.4126
CRA (%)	93.14 ^a	93.09 ^a	92.46 ^{ab}	92.16 ^b	0.282	0.0045	0.8963	0.4414
EC (kg/cm ²)	6.82 ^b	7.13 ^{ab}	7.26 ^{ab}	7.30 ^a	0.164	0.0676	0.2063	0.8526
<i>L</i> [*]	34.31 ^b	34.96 ^a	35.29 ^a	34.78 ^{ab}	0.233	0.0858	0.0532	0.1142
<i>a</i> [*]	16.39 ^b	16.20 ^b	17.42 ^a	17.49 ^a	0.169	<0.0001	0.4298	0.7413
<i>b</i> [*]	5.23 ^c	5.34 ^{bc}	5.69 ^a	5.53 ^{ab}	0.111	0.0039	0.5123	0.3036
<i>C</i> [*]	17.23 ^b	17.07 ^b	18.33 ^a	18.36 ^a	0.189	<0.0001	0.5805	0.9135
<i>h</i> ^o	17.57 ^{ab}	18.14 ^a	17.98 ^{ab}	17.40 ^b	0.248	0.5037	0.1138	0.0929

PPC= pérdida por cocción; CRA= capacidad de retención de agua; EC= esfuerzo de corte; *L*^{*}= luminosidad; *a*^{*}= tendencia al rojo; *b*^{*}= tendencia al amarillo; *C*^{*}= croma; *h*^o= ángulo de tono.

C₁= Contraste SP+SP y RH+RH vs SP+RXR y RH+RXR

C₂= Contraste SP+SP vs RH+RH

C₃= Contraste SP+RXR vs RH+RXR

V. DISCUSIÓN

Se ha demostrado consistentemente que el uso de implantes tradicionales (con duración entre 60 a 120 d, sin recubrimiento) en la engorda intensiva de bovinos mejora la ganancia diaria de peso y la eficiencia alimenticia, sin afectar de manera importante las características de la canal o la calidad de la carne (Montgomery et al., 2001). En este sentido, se ha demostrado que tanto vaquillas como novillos que se les aplica un implante inicial y después son re-implantados con un implante terminal manifestaron 20% mayor ganancia de peso y 13.5% de mayor eficiencia alimenticia cuando son comparados con animales no implantados (Duckett y Pratt, 2014). Sin embargo, un dato exacto que indique el momento óptimo para la aplicación del re-implante es aún desconocido, ya que la mayoría de las estrategias se realizan en base a experiencias del asesor, consultor o encargado de la engorda. Un nuevo implante de liberación retardada y extendida (70 a 200 d después de implantarse, con recubrimiento) y que se aplica al mismo tiempo que un implante tradicional, es posible que sea igualmente efectivo, pero tiene la ventaja que ahorra una actividad de manejo provocada por la acción del reimplante (). En este sentido, el presente estudio planteó la hipótesis de que el comportamiento productivo, rasgos de la canal y calidad de la carne son similares entre las combinaciones de implantes tradicionales comparadas con la combinación de un implante tradicional y un implante de liberación retardada y extendida en ganado bovino de engorda en corral.

5.1 Comportamiento en corral

En promedio, los pesos iniciales de los cuatro tratamientos difirieron en menos de 1 kg, lo cual demuestra la gran similitud de peso con la que iniciaron el estudio los animales, así como la efectividad del bloqueo. Esto permitió detectar diferencias muy pequeñas entre las variables de respuesta. Así, los toretes implantados con RXR en combinación con un implante tradicional (RH+RXR y SP+RXR) tuvieron casi 8 kg más de peso final, una ganancia total de 7.5 kg más y 50 gr más de GDP que los toretes con implantes tradicionales (RH+RH y SP+SP). Asimismo, el menor consumo de alimento presentado por los tratamientos con RXR provocaron una mejor eficiencia y conversión alimenticia sobre los grupos con dos implantes tradicionales, lográndose estos resultados con menor número de días en engorda.

Smith et al. (2018) realizaron un estudio donde probaron 5 diferentes estrategias de implantación incluyendo un grupo sin implante y otros con implantes de larga duración: 1) sin implante; 2) Revalor-XR en el día 0; 3) Revalor-XS en el día 0; 4) Revalor-200 en el día 0; y 5) Revalor-200 en día 70, utilizando vaquillas cruzadas de razas europeas. Los autores encontraron que los grupos implantados tuvieron mejor comportamiento en corral (ganancia diaria de peso, peso final y relación ganancia:consumo) que los no implantados, sin embargo, entre los tratamientos implantados no se observaron diferencias importantes en esas variables. De la misma forma, Smith et al. (2020) analizaron datos de 6 engordas en Estados Unidos para evaluar animales con implante Revalor-IH a su llegada + Revalor-200 entre 70 a 200 d después vs animales con implantación en dos aplicaciones (Revalor-IH + Revalor-200) a su llegada, es decir, en una sola ocasión. El desempeño en corral fue similar entre los dos tratamientos, con excepción del consumo de MS, que fue mayor en los animales implantados en una sola ocasión (9.48 vs 9.38 kg/d), comparado con el consumo de MS de animales con la estrategia de dos implantes en diferentes periodos de la engorda.

Por su parte, Ohnoutka et al. (2018) compararon el uso de Revalor-XR (aplicado el día 1 de la engorda) vs Revalor-XS (aplicado el día 1 de la engorda), Revalor-200 (aplicado el día 1 de la engorda) y Revalor-200 (aplicado el día 70 de la engorda), así como un grupo sin implante (Testigo) en vaquillas. Los autores encontraron que las vaquillas con implante tuvieron mejor ganancia diaria de peso y eficiencia alimenticia que el ganado sin implante. Por otro lado, las vaquillas implantadas con Revalor-XH y Revalor-200 en el día 1 mostraron mejor desempeño en corral en los primeros 70 d, sin embargo, las vaquillas implantadas con Revalor-XR en día 1 y Revalor-200 en día 70 mostraron mejor comportamiento productivo que los demás tratamientos del día 70 al 140 de la engorda. Los autores concluyeron que, aunque existieron diferencias en los parámetros productivos dentro del periodo de engorda, en el periodo completo de 198 d no hubo diferencias debido al tiempo de liberación de las hormonas por el implante.

Estos resultados coinciden con varios estudios tanto en novillos como en vaquillas donde se evaluaron implantes recubiertos de un polímero para liberar su contenido hormonal a los 70 d (Smith et al., 2018; Smith et al., 2019; Nichols et al., 2014; Ohnoutkamm et al., 2021). Smith et al. (2007) evaluaron el implante SP en novillos de finalización contra novillos no implantados, el cual reporta ganancias de peso y ganancias diarias similares a las obtenidas en el presente estudio, sin embargo, este tratamiento obtuvo los valores más bajos en comportamiento en corral en este estudio. Un estudio realizado por Guiroy et al. (2002) en vaquillas de finalización el cual compara diferentes estrategias de implantación entre la cual se encuentra RH+RH, reporta ganancias finales superiores a las que se mostraron en el presente estudio, sin embargo, las ganancias diarias de peso fueron similares a las del presente estudio. Por su parte Aguilera et al. (2018) compararon diferentes promotores de crecimiento tal como Zeranol, estradiol y acetato de trembolona, así como combinación entre los mismos, dando como resultado una ganancia diaria de peso menor a las reportadas en el presente estudio.

No obstante que los resultados obtenidos en el presente estudio son similares a diferentes estudios donde se evaluó un implante de liberación retardada, tanto en novillos como en vaquillas (Smith et al., 2018; Smith et al., 2019; Nichols et al., 2014; Ohnoutkamm et al., 2021), también existen estudios donde la eficiencia alimenticia no fue mejorada (Parr et al., 2010b; Parr et al., 2011; McLaughlin et al., 2013). Estas discrepancias entre resultados pueden deberse a variaciones genéticas inherentes a los animales utilizados y/o condiciones ambientales que incluyen el clima y manejo en la engorda (Nourozi et al., 2008).

En general, se ha observado que cuando se utilizan los implantes tradicionales que tienen duración aproximada de 70 d, el mayor depósito de proteína en músculo ocurre en los primeros 40 d, lo que coincide también las concentraciones más elevadas de IGF-1 (Johnson et al., 1996a, 1996b). Este escenario puede conducir a la falta de estímulo hormonal uniforme para lograr un depósito de proteína continuo en el organismo del animal, conduciendo a resultados poco favorables en la engorda. También es un motivo por el cual se aplica un segundo implante, ya que esto

refuerza la liberación hormonal para ajustarse a los días de engorda de los animales, que no debe exceder de 140 d (Reinhardt, 2007). Sin embargo, en ocasiones algunos ganaderos inician el periodo de engorda con animales más jóvenes y menos pesados (< 200 kg), lo cual implica un mayor tiempo de engorda en corral, por lo que el uso de implantes de larga duración o liberación prolongada pueden representar una buena alternativa de manejo (Smith et al., 2018). Cabe señalar que el implante Revalor-XS es la versión de Revalor-XR que se utiliza en Estados Unidos, mientras que Revalor-XR se comercializa en México.

Los resultados del presente estudio demuestran que el uso de implantes combinados, que incluye un implante tradicional de duración corta y sin recubrimiento (de diferente fabricante) con otro implante con recubrimiento, de larga duración y liberación retardada, fueron efectivos en mejorar variables asociadas al desempeño en corral. Esto implica que la combinación de acetato de trembolona y 17- β estradiol promovió de manera eficiente la hipertrofia muscular y la síntesis de proteína, lo que contribuyó a incrementar la ganancia de peso y la eficiencia alimenticia en los toretes trabajados con esa estrategia de implantación (Johnson y Chung, 2007). Cabe señalar que el hecho de que los toretes bajo la estrategia de implantación de liberación retardada y extendida no realizaran el manejo adicional para reimplantarse, pudo también haber contribuido a obtener los resultados mencionados.

5.2 Características de la canal

Los animales tratados con el implante RXR en combinación con SP y RH obtuvieron alrededor de 4.3 kg más en el peso de canal en comparación con las estrategias de implantación tradicionales (SP+SP y RH+RH). Esa misma tendencia fue observada en el pH y temperatura a 45 min y 24 h *postmortem* del músculo *Longissimus dorsi*, así como en el área del ojo de la costilla. Mientras que el rendimiento en canal resultó con diferencias mínimas entre las cuatro estrategias de implantación ($\leq 0.27\%$).

Smith et al. (2018) observaron que novillos cruzados de razas europeas implantados con Revalor-XS tuvieron mayor rendimiento en canal, grado de

rendimiento y contenido de grasa en la costilla que los implantados con Revalor-XR y Revalor-200, todos considerados implantes de liberación retardada y extendida. Sin embargo, el marmoleo no fue afectado por el tipo de implante utilizado. Ohnoutka et al. (2021) probaron diferentes estrategias de implantación utilizando implantes de liberación retardada y extendida, encontrando que Revalor-XR y Revalor-200 (implantado en los días 0 y 70 de la engorda) presentaron similar peso de canal caliente y rendimiento en canal, área del ojo de la costilla y calificación de marmoleo. En otro estudio reciente se utilizó el efecto de genotipo en la engorda incluyendo novillos con influencia *Bos indicus* (Santa Gertrudis) y novillos *Bos taurus* (Angus), diseñando un experimento factorial 2 x 2, siendo el segundo factor sin o con implante (Revalor-S). Los novillos Angus implantados tuvieron 20 kg más de peso final y 10 kg más de peso de canal que los novillos Santa Gertrudis, sin embargo, el rendimiento en canal fue similar entre los 4 grupos. También se observó una tendencia a mayor marmoleo y grado de calidad a favor de los Angus implantados; estos resultados resultaron en una ganancia por el uso del implante de \$USD 46.00 sin importar el genotipo, mientras que por introducir el genotipo *Bos indicus* se estimó una disminución en el ingreso de \$USD 46 (Reichhardt et al., 2021). El resultado obtenido en el área del ojo de la costilla concuerda con el reportado por Smith et al. (2019), donde evaluaron la comparación de implantes tradicionales y un implante de liberación controlada y extendida, encontrando que éste último mejoró el tamaño del LD en 3%.

En el presente estudio se utilizaron toretes con fuerte influencia de *Bos indicus*, razón a la que se atribuye el bajo grado de calidad encontrado. Los valores de grado de calidad se consideran muy bajos, ya que la clasificación va de 1 a 6, siendo el 6 (moderadamente abundante) el de mayor contenido de grasa y el 1 (ligeramente con grasa) el de menor grasa (Hale et al., 2017). Los promedios encontrados no llegaron al nivel 2, lo que indica la baja calidad de las canales producidas. En este sentido, se ha demostrado que los animales con temperamento nervioso presentan mayores concentraciones de la hormona cortisol, la cual está relacionada con una menor magnitud de variables de desempeño en corral (Voisinet et al., 1997). La grasa de cobertura de acuerdo a las diferentes estrategias de

implantación utilizadas en el presente estudio fue similar. Sin embargo, de acuerdo con García et al. (2008) se considera como óptimo un valor de grasa de cobertura entre 10 a 12 mm, por lo que los tratamientos evaluados se encuentran por debajo del límite recomendado.

En general, los resultados sobre características de la canal de este estudio coinciden con la mayoría de los experimentos donde se han reportado pequeñas diferencias en algunas de los rasgos medidos cuando diferentes estrategias de implantación son comparadas.

5.3. Calidad de la carne

La calidad de la carne después de un proceso de maduración de 14 d resultó en que los toretes con estrategia de implantación de liberación retardada y extendida mostraran mayor capacidad de retención de agua, lo que coincidió con una tendencia a mayor dureza de la carne. En cuanto al color, los toretes implantados con implantes tradicionales mostraron mayores valores asociados con coloración roja y amarilla, así como mayor croma. Es importante recordar que los toretes utilizados poseían un gran porcentaje de genotipo *Bos indicus*, en su mayoría mayores al 50%.

En general, la carne producida por los toretes del presente estudio se considera dura, por lo valores de esfuerzo al corte de aproximadamente 7 kg/cm². Varias son las razones que pueden explicar este resultado. Soria y Corva (2004) mencionan que a medida que los animales aumentan en su genotipo con razas *Bos indicus*, la terneza de la carne disminuye, ya que es un factor genético íntimamente a este rasgo de calidad de la carne. Se ha encontrado que las razas *Bos indicus* presentan una gran actividad del sistema calpaína, cuya actividad se asocia con la dureza de la carne (Wheeler et al., 1990). El proceso de blandura de la carne se presenta cuando las proteínas estructurales que recubren al músculo son degradadas mediante el proceso de proteólisis realizado en gran medida por enzimas del sistema calpaína (Shackelford et al., 1995). También se ha encontrado que existe mayor expresión del gene que codifica la enzima calpastatina en animales *Bos indicus* puros (raza Nellore) que en animales de la cruce Canchim (5/8 *Bos taurus* y 3/8 *Bos indicus*), lo cual se asoció a una mayor blandura de la carne en

animales cruzados (Giusti et al., 2013). Asimismo, se ha señalado que el uso de implantes como promotores de crecimiento producen un efecto negativo en la blandura de la carne, especialmente en esquemas de implantación agresivos donde el ganado se implanta cada 100 días con implantes basados en estradiol solamente (O'Neill et al., 2002).

Lawrie and Ledwar (2006) indican que el manejo inadecuado de los animales puede causar estrés, lo que hace que las reservas de glucógeno muscular disminuyan, por lo que cuando se inicia la glucólisis anaeróbica en el músculo provoca que el pH 24 h post-mortem sea mayor a 5.8, lo que induce a que la carne refleje menor cantidad de luz, aumenta la cantidad de agua retenida, teniendo una apariencia oscura, seca o pegajosa.

Es posible que el hecho de utilizar machos enteros haya influido en los resultados sobre la calidad de la carne, ya que el hecho de mezclar toretes en corrales conduce a mayor actividad física y agresividad, lo que provoca que se produzca carne DFD (carne dura, firme y seca) en mayor proporción (Page et al., 2001). También se ha observado que algunos implantes con análogos de testosterona han sido asociados con una mayor producción de carne DFD, siendo las combinaciones de un andrógeno o un estrógeno como implantes iniciales combinado con un andrógeno como implante final los que mayor incidencia de carne DFD mostraron (Cook, 1998). Se ha estimado que la actividad androgénica del acetato de trembolona es 3 a 5 veces mayor que la de la testosterona, por lo que el uso de implantes con este compuesto, especialmente cuando son re-implantados, puede conducir a un desarrollo más acelerado en características de toro como mayor musculatura y agresividad; como ya se señaló, son cualidades que conllevan a una carne de menor calidad o DFD (Bouffault and Willemart 1983; Hunter, 2010). Asimismo, la finalización con clorhidrato de zilpaterol pudo haber influenciado estos resultados, ya que en diferentes estudios la carne de animales finalizados con este agonista adrenérgico-beta ha resultado ligeramente más dura (Avendaño-Reyes et al., 2006; Meraz-Murillo et al., 2012). En general, aunque se encontraron diferencias en algunos parámetros determinantes del color de la carne (L^* , a^* , b^* C^*), éstos se

encontraron dentro del rango de referencia para clasificarse como carne de color normal (Vieira et al., 2006; Albertí et al., 2016).

Es importante continuar con este tipo de estudios, ya que existen muy pocas publicaciones científicas donde se evalúe el color de la carne en respuesta al uso de diferentes estrategias de implantación considerando implantes de liberación retardada y extendida bajo las condiciones de engorda de nuestro país.

VI. CONCLUSIONES

El implante de liberación extendida y retardada Revalor-XR, en combinación con los implantes Synovex-Plus y Revalor-H, demostró ser más efectivo en la engorda en corral que las estrategias de implantación Synovex-Plus + Synovex-Plus y Revalor-H + Revalor-H, dado que produjeron una mayor ganancia de peso, eficiencia en el uso del alimento, peso de la canal y área del ojo de la costilla. No obstante, se observaron diferencias en algunos rasgos asociados a la calidad de la carne, aunque ésta no fue afectada de manera significativa.

Estos resultados pudieron deberse a que los tratamientos con Revalor-XR no realizaron una actividad de manejo adicional, ya que su proceso de implantación tuvo lugar al inicio del periodo de la engorda. Los tratamientos con implantes tradicionales tuvieron que regresar a la trampa para aplicar el segundo implante 70 d después de la primera aplicación.

Finalmente, con base en estos resultados se recomienda el uso de este implante nuevo porque puede incrementar los ingresos cuando se comercialice el ganado bovino en pie o en canal.

VI. LITERATURA CITADA

- Agencia de Servicios a la Comercialización y Desarrollo de Mercados Agropecuarios (ASERCA). (2002). Situación actual de la producción de carne de bovino en México. Revista Claridades Agropecuarias 109: 3-32.
- Agencia de Servicios a la Comercialización y Desarrollo de Mercados Agropecuarios (ASERCA). 2019. Reporte del mercado de carne de bovino. Revista Electrónica Agricultura Mexicana. México.
- Agromeat. (18 de julio de 2010). Aspectos básicos en el manejo de anabólicos en ganado bovino. Portal de las agro-noticias. Buenos Aires, Argentina. <http://www.agromeat.com/24977/aspectos-basicos-en-el-manejo-de-anabolicos-en-ganado-bovino>.
- Aguilera S.B., Valverde A.A. y Rodríguez G.J. (2018). Evaluación del uso de subproductos agroindustriales y promotores de crecimiento sobre rendimientos de novillos en pastoreo. Nutrición Animal Tropical, 12(2), 20-40.
- Aguilera S.R.(23 de agosto 2018). Finalización de bovinos en corral. BM Editores. <https://bmeditores.mx/ganaderia/finalizacion-de-bovinos-en-corral-1620/>.
- Albertí P., Ripoll G., Albertí C. y Panea, B. (2016). Clasificación objetiva del color de la carne de las denominaciones de venta de vacuno. Eurocarne, 244, 131-142.
- Allam, A.M., Elshegely, K., Borhami, B. E. A. y Mohamed, M. A. (2001). Effect of Baker's Yeast (*Sacchomyces Cerevisiae*) Supplementation on digestion in sleep and milk response in dairy Cows. Egyptian Journal Nutrition and Feeds, 4 (special Issue): 315-323.
- Anderson, B. y Jonest, P. N. (1978). Bruising in cattle transported over long distances. Veterinary Record 103: 117- 119.
- Anduaga, R. G. (7 de julio 2005). Lineamientos Generales para Corrales de Engorda Designados. Dirección General de Salud Animal Dirección de Campañas Zoonosanitarias. <https://docplayer.es/31261452-Lineamientos-generales-para-corrales-de-engorda-designados.html>.

- Barham, B., Beck, P., Apple, J., Whitworth, W., Miller, M., Gadberry, S. (2012). Effect of age entering feedlot and implant regimen on beef cattle performance, carcass characteristics, and sensory evaluation. *The Professional Animal Scientist*, 28(1), 20–31.
- Barrera, B. N. (1996). Los orígenes de la ganadería en México. *CIENCIAS*. 44, 14-27.
- Bavera, G., Bocco, O., Beguet, H. y Petryna, A. (2002). Promotores del crecimiento y modificadores del metabolismo. *Cursos de Producción Bovina de Carne, F.A.V. UNRC*, 1-4.
- Bellido, M. M., Sánchez, M.E., Mesías D. F.J., Rodríguez, L.A., y Pulido, G. F. (2001). Sistemas extensivos de producción animal. *Archivos de Zootecnia*, 50(192), 465-489.
- Bobadilla, S. A. (2013). Evaluación de dos anabólicos en el incremento de peso de becerros para exportación en el norte de Veracruz. *Revista Claridades Agropecuarias*, 109, 56-59.
- Bruns, k.W., Pritchard, R.H. y Boggs, D.L. (2005). The effect of stage of growth and implant exposure on performance and carcass composition in steers. *Journal of Animal Science*, 83 (1), 108-116.
- Clemmons, D.R. (1993). IGF binding proteins and their functions. *Molecular Reproduction and Development*, 35(4),368–375.
- Consejo Mexicano de la Carne, CMC. (2018). Compendio estadístico 2018. Eje promotor de la cadena cárnica. <https://comecarne.org/estadisticas/>.
- Cook, T. W. (1998). Factors contributing to the incidence of “dark-cutting” condition in beef carcasses and management strategies to prevent reductions in value as a result of their occurrence. Master’s Thesis, Texas Tech University, Lubbock, TX.
- Dayton, W.R. y White, M.E. (2014). Role of satellite cells in anabolic steroid-induced muscle growth in feedlot steers. *Journal of Animal Science*, 92,30-38.

- Deana, H. (2006). Muscle targeted growth promotants mode of action of beta agonist. Reciprocal Meat Conference. American Meat Association. University of Illinois, Urban, Champaign. Oral presentation.
- Dikeman, M.E. (2007). Effects of metabolic modifiers on carcass traits and meat quality. *Meat Science*, 77, 121–135.
- Domínguez, V., Ignacio, A., Mondragón, A., González, R. Salazar, G., Bórquez, G. y Aragón, M. (2009). Los β -agonistas adrenérgicos como modificadores metabólicos y su efecto en la producción, calidad e inocuidad de la carne de bovinos y ovinos. *Ciencia Ergo Sum*. 6(3),278-284.
- Duckett, S. K., y Andrae, J. G. (2001). Implant strategies in an integrated beef production system. *Journal of Animal Science*, (E-Suppl), E110–E117.
- Duckett, S. K., y Pratt, S. L. (2014). Anabolic implants and meat quality. *Journal of Animal Science*, 92, 3-9.
- Elmore, G., (1992). Focus on bovine reproductive disorders: managing cases of fetal mummification. *Veterinary Medicine*, 87, 155-159.
- FAO. (2001). Probióticos en los alimentos. Propiedades saludables y nutricionales y directrices para la evaluación. Córdoba, Argentina. FAO/OMS.
- FAO. (2007). Cambio climático y seguridad alimentaria: un documento marco. Resumen. <https://www.fao.org/3/i0145s/i0145s00.htm>.
- FAO. (2010). Manejo Sanitario Eficiente del Ganado Bovino: Principales Enfermedades. Nicaragua.
- FAO. (2014). Producción pecuaria en América Latina y el Caribe. Oficina Regional de la FAO para América Latina y el Caribe. <http://www.fao.org/americas/prioridades/produccion-pecuaria/es/>.
- Filardo, E.J. y Thomas, P. (2012). Minireview: G protein-coupled estrogen receptor-1, GPER-1: Its mechanism of action and role in female reproductive cancer, renal and vascular physiology. *Endocrinology*, 153(7),2953–2962.

- Folmer, J.D., Farran T.B., Erickson, G.E., Klopfenstein, T.J., Reinhardt, C.D., Dicke, B.D. y Drouillard, J.S. (2005). Evaluation of initial implants for finishing steers. Nebraska Beef Report: 78 – 81.
- Gamboa, M. J. V., Magaña, M. M. A., Rejón, A. M., Pech, M. V. C. (2005). Eficiencia económica de los sistemas de producción de carne bovina en el Municipio de Tizimín, Yucatán, México. *Tropical and Subtropical Agroecosystems* 5, 79-84.
- García, E. (1985). Modificaciones al sistema de clasificación climática de Koeppen para adaptarlo a las condiciones de la república mexicana. (2nd ed.) Instituto de Geografía. UNAM. Ciudad Universitaria, D.F., México.
- Garcia, L. G., Nicholson, K. L., Hoffman, T. W., Lawrence, T. E., Hale, D. S., Griffin, D. B. y Smith, G. C. (2008). National Beef Quality Audit–2005: Survey of targeted cattle and carcass characteristics related to quality, quantity, and value of fed steers and heifers¹. *Journal of Animal Science*, 86(12), 3533–3543.
- Giusti, J., E. Castan, M., Dal Pai, M.B., Arrigoni, S., Rodrigues-Baldin, H. y Nunes, De Oliveira. (2013). Expression of genes related to quality of Longissimus dorsi muscle meat in Nellore (*Bos indicus*) and Canchim (5/8 *Bos taurus*×3/8 *Bos indicus*) cattle. *Meat Science*, 94(2),247-252.
- Grandin, T. (mayo 1994). Memorias: Seminario internacional sobre ganadería intensiva estabulada en México. Monterey, N.L. 25-27.
- Grepe, N. (2001). Engorde de toros, Centro de estudios agropecuarios. Ed. Ibero América S.A. de C.V. México DF.
- Guiroy, P. J., Tedeschi, L. O., Fox, D. G. y Hutcheson, J. P. (2002). The effects of implant strategy on finished body weight of beef cattle. *Journal of Animal Science*, 80(7), 1791–1800.
- Hale, D.S., Goodson, K., Lopez, A. y Savell, J.W. (2013). USDA beef quality and yield grades. Dept. Animal Science. Texas A&M AgriLife Extension Service. College Station, TX, USA.
- Herago, T. y Agonafir, A. (2017.) Growth promoters in cattle. *Advances in Biological Research*, 11(1), 24-34.

- Hermesmeyer, G. N., Berger, L. L., Nash, T. G. y Brandt, R. T., (2000). Effects of energy intake, implantation, and subcutaneous fat end point on feedlot steer performance and carcass composition. *Journal of Animal Science*, 78, 825–831.
- Jeong, S.H., Kang, D.J., Lim, M.W., Kang, C.S. y Sung, H.J. (2010). Risk Assessment of Growth Hormones and Antimicrobial Residues in Meat. *Toxicological Research*, 26(4), 301–313
- Jiménez, M.M. (20 de noviembre 2019). Ganadería semi-intensiva, una alternativa para proteger el medio ambiente en Ancasoro. Agencia de noticia fides. <https://www.noticiasfides.com/economia/ganaderia-semiintensiva-una-alternativa-para-proteger-el-medio-ambiente-en-ancasoro-402568>.
- Johnson, B.J. y Beckett, J. (2014). Application of growth enhancing compounds in modern beef production executive summary. American Meat Association Reference Paper for 2014:1–15.
- Johnson, B. J. y Chung, K. Y. (2007). Alterations in the physiology of growth of cattle with growth-enhancing compounds. *Vet Clin North Am Food Anim Pract*, 23, 321-332.
- Johnson, B. J., Hathaway, M. R., Anderson, P. T., Meiske, J. C. y Dayton, W. R. (1996b). Stimulation of circulating insulin-like growth factor I (IGF-I) and insulin-like growth factor binding proteins (IGFBP) due to administration of a combined trenbolone acetate and estradiol implant in feedlot Cattle. *Journal of Animal Science*, 74, 372–379.
- Johnson, B. J., Anderson, P. T., Meiske, J. C. y Dayton, W. R. (1996a). 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, 363–371.
- Khalid, M., Shahzad, M. S., Rehman, M. S. y Mukhtar, N. (2011). Probiotics and lamb performance: A review. *African Journal of Agricultural Research*, (23), 5198-5203.

- Lalmansingh, A.S. y Uht, R.M. (2008). Estradiol regulates corticotropin-releasing hormone gene (crh) expression in a rapid and phasic manner that parallels estrogen receptor- α and - β recruitment to a 3',5'-cyclic adenosine 5'-monophosphate regulatory region of the proximal crh promoter. *Endocrinology*, 149(1), 346–357.
- Lawrie, R.A. Ledward D.A. (2006). *Lawrie's Meat Science*. 7th Ed. CRC Press. Cornwall, England.
- Lesur, L. (2005). *Manual del Ganado Bovino para Carne*. Ed. Trillas. México.
- Livas, C.F. (2020). Alimentación y manejo del ganado bovino de engorda bajo condiciones de estabulación en México. BM editores. <https://bmeditores.mx/ganaderia/alimentacion-y-manejo-del-ganado-bovino-de-engorda-bajo-condiciones-de-estabulacion-en-mexico/>.
- Mader, T.L. (1998). Implants. *Veterinary Clinics of North America: Food Animal Practice* 14(2), 279–290.
- McLaughlin, C. L., Bechtol, D. T., Lawrence, T. E., Lechtenberg, K., Moseley, W. M., Prouty, F. L. y Waite, A. R. (2013). Comparison of the effects of long-acting Synovex One with Revalor-XS and Synovex Plus on growth performance and carcass quality in steers¹¹Research support provided by Pfizer Animal Health. *The Professional Animal Science*, 29(2), 147–156.
- Montgomery, T.H., Dew, P.F. y Brown, M.S. (2001). Optimizing carcass value and the use of anabolic implants in beef cattle. *Journal of Animal Science*, 79 (E. Suppl.), E296–E306.
- Nourozi, M., Abazari, M., Raisianzadeh, M., Mohammadi, M. y ZareShahne A. (2008). Effect of terbutaline and metaproterenol (two beta-adrenergic agonists) on performance and carcass composition of culled Moghani ewes. *Small Ruminant Research*, 74, 72-77.

- Ocampo, L. (2011). Diplomado en línea en producción de carne en corral de engorda. Uso de aditivos en la engorda. México DF 1-75p.
- Ohnoutka, C. A., Bondurant, R.G., Boyd, B. M., Hilscher, F. H., Nuttleman, B.L., Crawford, G.I., Streeter, M.N., Luebbe, M.K., MacDonald, J.C., Smith, Z.K., Johnson, B.J., y Erickson, G.E. (2021). Evaluation of coated steroidal combination implants on feedlot performance and carcass characteristics of beef heifers fed for constant or varying days on feed. *Journal Applied Animal Science*, 37, 41-51.
- Ohnoutka, C. A., Boyd, B. M., Hilscher, F. H., Crawford, G.I., Nuttleman, B.L., y Erickson, G.E. (2018). Effects of Revalor-XR and Revalor-XS on heifer performance and carcass characteristics. *Nebraska Beef Cattle Reports*. 969, 116-119. Animal Science. Department., University of Nebraska, Lincoln, NE, USA.
- Ohnoutka, C. A., Boyd, B. M., Hilscher, F. H., Crawford, G.I., Nuttleman, B.L., y Erickson, G.E. (2018). New Revalor implant comparisons for finishing heifers. *Journal of Animal Science*, 96, Suppl. S2,91.
- OIRSA. 2016. Manual de buenas prácticas para establecer el sistema de finca segregada en el sector primario: corral de engorde con fines de exportación de carne y sus derivados a la Unión Europea. El Salvador.
- Ortíz, R. A., Barbosa, A., Partida, de la P. y Ronquillo, G. (2016). Effect of zilpaterol hydrochloride on animal performance and carcass characteristics in sheep. A meta-analysis. *Journal Applied Animal Science Research*, 44(1),104-112.
- Page, J.K., Wulf, D.M. y Schwotzer, T.R. (2001). A survey of beef muscle color and pH. *Journal of Animal Science*, 79,678-687.
- Palma, G. J. M. (2014). Escenarios de sistemas de producción de carne de bovino en México. *Avances en Investigación Agropecuaria*, 18, 53-62.
- Palomo, M., Martínez, R. y Figueroa, U. (2007). Desarrollo sustentable de los recursos naturales al disminuir riesgos de contaminación en actividades agropecuarias. *Cultura Científica y Tecnológica (CULCyT)*, 20,4-14

- Parr, S., Brown, T., Ribeiro, F., Chung, K., Hutcheson, J., Blackwell, B., Smith, P. y Johnson, B. (2014). Biological responses of beef steers to steroidal implants and zilpaterol hydrochloride. *Journal of Animal Science*, 92(8), 3348–3363.
- Parr, S. L., Chung, K. Y., Galyean, M. L., Hutcheson, J. P., DiLorenzo, N., Hales, K. E. y Johnson, B. J. (2011a). Performance of finishing beef steers in response to anabolic implant and zilpaterol hydrochloride supplementation. *Journal of Animal Science*, 89(2), 560–570.
- Parr, S. L., Chung, K. Y., Hutcheson, J. P., Nichols, W. T., Yates, D. A., Streeter, M. N., y Johnson, B. J. (2011b). Dose and release pattern of anabolic implants affects growth of finishing beef steers across days on feed. *Journal of Animal Science*, 89(3), 863–873.
- Pereira, C.A., Maycotte, C.C. M., Restrepo, B.E., Mauro, F., Calle, A. y Esther, M. V. (2011). *Sistemas de producción animal 1*. Universidad de Caldas.
- Pérez, L.C., Sánchez, L.E., Ríos, R.F.G., Olivas, V.J.A., Figueroa, S.F. y Barreras S. A. (2013). Pre and post slaughter cattle and carcass management factors associated to presence of DFD beef in the hot season. *Revista Mexicana de Ciencias Pecuarias*, 4(2),149-160.
- Preston, R.L. (1999). Hormone containing growth promoting implants in farmed livestock. *Advanced Drug Delivery Reviews*, 38(2),123-138.
- Ravindran, V. (2010). *Aditivos en alimentación animal: presente y futuro*. XXVI Curso de Especialización FEDNA, Massey University, Institute of Food, Nutrition and Animal Health, España.
- Reichhardt, C.C., Messersmith, E.M., Brady, T.J., Motsinger, L.A., Briggs, R.K., Bowman, B.R., Hansen, S.L., y Thornton, K.J. (2021). Anabolic implants varying in hormone type and concentration influence performance, feeding behavior, carcass characteristics, plasma trace mineral concentrations, and liver trace mineral concentrations of Angus sired steers. *Animals* 11, 1964.
- Reinhardt, C. (2007). Growth-promoting implants: Managing the tools. *Veterinary Clinics of North America: Food Animal Practice*, 23, 309-319.

- Reinhardt, C.D. (2013). Steroid hormones. Veterinary manual Merck. <https://www.merckvetmanual.com/pharmacology/growth-promotants-and-production-enhancers/steroid-hormones>.
- Ribas, C., Penela, P., Murga, C., Salcedo, A., García-Hoz, C., Jurado-Pueyo, M., Aymerich, I., y Mayor, F. (2007). The G protein-coupled receptor kinase (GRK) interactome: role of GRKs in GPCR regulation and signaling. *Biochimica et Biophysica Acta (BBA) Biomembranes*. 1768(4), 913–922.
- Ríos-Flores, J.A. y Castillo-Arce, M.L. 2015. La competitividad de la carne fresca de res mexicana en el mercado estadounidense. *Estudios Fronterizos, nueva época*. 16(32), 221-245.
- Rubio, B. (2008). De la crisis hegemónica y financiera a la crisis alimentaria-Impacto sobre el campo mexicano. *Argumentos*, 57, 35-52.
- SAGARPA, (2012). Secretaría de Agricultura, Ganadería, Desarrollo Rural, Pesca y Alimentación. Programa Nacional Pecuario 2007-2012. México.
- SAGARPA, (2016). Sistemas de Explotación Extensivo y Semi-Extensivo de Ganado Bovino de Doble Propósito. Manual de Buenas Prácticas Pecuarias. SAGARPA-SENASICA, 141 p. México, D.F.
- SAGARPA. (2004). Situación Actual y Perspectivas de la Producción de Carne de Bovino en México. Coordinación General de Ganadería. México, D.F.
- SAS, (2004). SAS/STAT: User's guide statistics released 9.02, 2nd Ed. SAS Institute, Inc.Cary, NC, USA.
- Saucedo M. P. (1984). Historia de la ganadería en México. Tomo 1. UNAM.
- Savadkoohi, S., Hoogenkamp, H., Shamsi, K., y Farahnaky, A. (2014). Color, sensory and textural attributes of beef frankfurter, beef ham and meat-free sausage containing tomato pomace. *Meat Science*, 97, 410–418.
- Seré, R. y Steinfeld H. (1996). World livestock production systems. FAO Animal Production and Health Paper 127. Rome, Italy: FAO.

- Servicio de Información Agroalimentaria y Pesquera (SIAP). (2014). <http://www.siap.gob.mx/resumen-nacional-pecuario/>.
- Servicio de Información Agroalimentaria y Pesquera (SIAP).(2019). <https://www.gob.mx/agricultura/prensa/la-produccion-de-carne-de-res-en-mexico-mantiene-un-crecimiento-anual-sostenible-del-2-5-agricultura#:~:text=La%20Secretar%C3%ADa%20de%20Agricultura%20y,cient o%20mayor%20respecto%20a%202018>.
- Shackelford, S.D., Wheeler, T.L. y M. Koohmaraie. (1995). Relationship between shear force and trained sensory panel tenderness ratings of 10 major muscles from *Bos indicus* and *Bos taurus* cattle. *Journal of Animal Science*, 73(11), 3333-40.
- SIAP, (2020). Sistema de Información Agroalimentaria y Pesquera. Secretaría de Agricultura y Desarrollo Rural. Población ganadera de bovino para carne 2011-2020 en México. https://www.gob.mx/cms/uploads/attachment/file/655394/Inventario_2020_bovino_para_carne.pdf Consultado el 1 de noviembre de 2021.
- Simoncini, T., Mannella, P., Fornari, L., Caruso, A., Varone, G., y Genazzani, A.R. (2004). Genomic and non-genomic effects of estrogens on endothelial cells. *Steroids*. 69(8-9), 537–542.
- Smith, Z.K., Thompson, A.J., Hutcheson, J.P., Nichols, W.T., y Johnson, B.J. (2018). Evaluation of coated steroidal implants containing trenbolone acetate and estradiol-17 β on live performance, carcass traits, and sera metabolites in finishing steers. *Journal of Animal Science*, 96(5), 1704–1723.
- Smith, K. R., Duckett, S. K., Azain, M. J., Sonon, R. N., y Pringle, T. D. (2007). The effect of anabolic implants on intramuscular lipid deposition in finished beef cattle. *Journal of Animal Science*, 85(2), 430–440.
- Smith, Z. K., y Johnson, B. J. (2020). Mechanisms of steroidal implants to improve beef cattle growth: a review. *Journal of Applied Animal Research*, 48(1), 133–141.

- Smith, Z. K., Kim, J., y Johnson, B. J. (2019). Feedlot performance and biological responses to coated and non-coated steroidal implants containing trenbolone acetate and estradiol benzoate in finishing beef steers. *Journal of Animal Science*, 97(11), 4371-4385.
- Smith, Z.K., Thompson, A. J., Hutcheson, J. P., Nichols, W.T. y Johnson, B.J. (2018). Evaluation of coated steroidal implants containing trenbolone acetate and estradiol-17 β on live performance, carcass traits, and sera metabolites in finishing steers. *Journal of Animal Science*, 96(5), 1704-1723.
- Soria, L.A. y Corva, P.M. (2004). Factores genéticos y ambientales que determinan la ternera de la carne bovina. *Archivos Latinoamericanos de Producción Animal*, 12(2), 73-88.
- Sotillo, R.J.L. y Vijil, M. E. (1978). *Producción animal, Bases Fisiocootécnicas*. León, Ed. Mijares. España.
- Sutton, D., Ellis, M., Lan, Y., McKeith, F., y Wilson, E. (1997). Influence of slaughter weight and stress gene genotype on the water-holding capacity and protein gel characteristics of three porcine muscles. *Meat Science.*, 46, 173–180.
- Toldrá, F., y Reig, M. (2016). Growth Promoters: Characteristics and Determination. *Encyclopedia of Food and Health*, 266–269.
- Torrano, C. (2002). Moduladores de crecimiento y control parasitario para incrementar la ganancia de peso. XI Congreso Venezolano de Producción e Industria Animal. ULA-Trujillo.
- Torrentera, N. y Zinn R.A. (2005). Predicting carcass dressing percentage in feedlot bulls and heifers. *Journal of Animal and Veterinary Advances*. 4(7), 659-662.
- Vieira, C., García Cahán, M. D., Recio, M. D., Domínguez, M., y Sañudo, C. (2006). Effect of ageing time on beef quality of rustic type and rustic x Charolais crossbreed cattle slaughtered at the same finishing grade. Spanish. *Journal of Agricultural Research*, 4, 225-234.

- Voisinet, B.D., Grandin, T., Tatum, J.D., O'Connor, S.F. y Struthers, J.J. (1997). Feedlot cattle with calm temperaments have higher average daily gains than cattle with excitable temperaments. *Journal of Animal Science*, 75(4), 892–896.
- Walker, D.K., Titgemeyer, E.C., Baxa, T.J., Chung, K.Y., Johnson, D.E., Laudert, S.B. y Johnson, J. (2010). Effects of ractopamine and sex on serum metabolites and skeletal muscle gene expression in finishing steers and heifers. *Journal of Animal Science*, 88, 2620-2626.
- Wheeler, T.L., Savell, J.W., Cross, H.R., Lunt, D.K. y Smith, S.B. (1990). Mechanisms associated with the variation in tenderness of meat from Brahman and Hereford cattle. *Journal of Animal Science*, 68(12), 4206-20.
- Wu, Y., Zhao, W., Zhao, J., Pan, J., Wu, Q., Zhang Y., Bauman W.A. Y Cardozo, C.P. (2007). Identification of androgen response elements in the insulin-like growth factor I Upstream promoter. *Endocrinology*. 148(6), 2984–2993.
- Yen, P.M. (2015). Classical nuclear hormone receptor activity as a mediator of complex biological responses: A look at health and disease. *Best Practice & Research Clinical Endocrinology & Metabolism*. 29(4), 517–528.
- Zachary, K. S. y Bradley, J. J. (2020). Mechanisms of steroidal implants to improve beef cattle growth. A review. *Journal of Applied Animal Research*, 48, 1,133-141.