

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA AGRARIA

ANTONIO NARRO

DIVISIÓN DE CIENCIA ANIMAL



IMPLANTES ANABÓLICOS. MODO DE ACCIÓN Y EFECTOS EN EL
BOVINO DE CARNE

ANDREA RUIZ CAMPOS

MONOGRAFÍA

PRESENTADA COMO REQUISITO PARCIAL PARA OBTENER EL TÍTULO DE

INGENIERO AGRÓNOMO ZOOTECNISTA

BUENAVISTA, SALTILLO, COAHUILA, MEXICO

ABRIL, 2015

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA AGRARIA
ANTONIO NARRO
DIVISIÓN CIENCIA ANIMAL
DEPARTAMENTO PRODUCCIÓN ANIMAL

PRESENTADA POR:

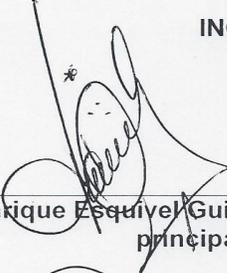
ANDREA RUIZ CAMPOS

MONOGRAFÍA

Que se somete a la consideración del H. Jurado examinador como requisito
parcial para obtener el título de:

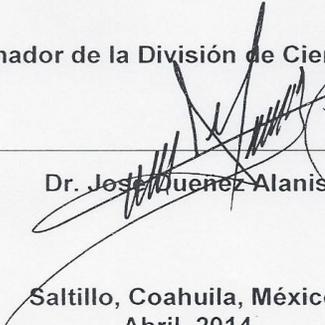
INGENIERO AGRÓNOMO ZOTECNISTA

APROBADA:


M.C Enrique Esquivel Gutiérrez. Asesor principal M.C Lorenzo Suárez García. Co-Asesor


M.C Manuel Torres Hernández. Co-Asesor

Coordinador de la División de Ciencia Animal


Dr. José Quereñán Alanís



Saltillo, Coahuila, México.
Abril, 2014

DEDICATORIA

A Dios:

Gracias por siempre iluminar mi camino, por apoyarme incondicional y por tu amor infinito, por la salud y el bienestar que me has brindado durante toda mi vida y por darme las fuerzas y el valor necesario para lograr una meta más en mi vida.

A mis padres:

Gracias por ser los mejores padres que cualquier hija quisiera tener. Por su amor, paciencia, comprensión, sacrificio, esfuerzo y dedicación que siempre me han demostrado, porque sin ustedes mi mundo sería completamente diferente. Gracias por brindarme cada día su apoyo incondicional para lograr cumplir mis sueños. Este es un triunfo más en mi vida y que mejor que compartirlo con los seres que más quiero en el mundo. Por todo esto y mucho más, mil gracias.

A mi hermana:

Gracias hermani por todo el amor que siempre me has dado, por ser mi amiga, mi confidente y mi compañera. Por ser el mejor ejemplo a seguir que una hermana quisiera tener.

A mis abuelos:

Gracias a mis abuelos porque sé que desde lo alto siempre cuidaron de mí. Gracias por ser quienes iluminaron mi camino.

A mi única abuela que aún se encuentra conmigo, por el amor inmenso que siempre me demostró y por sus benditas oraciones que me acompañaron a lo largo de toda mi carrera.

A mi novio:

Gracias amor, por darme siempre las fuerzas para seguir adelante, por que más que mi novio, eres mi amigo, mi compañero, mi confidente y mi luz. Gracias por tanto

amor y tantos buenos momentos a tu lado. Por tu apoyo infinito, tu tiempo y dedicación.

AGRADECIMIENTOS

A La Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro

Gracias por haberme dado la gran oportunidad de forjarme como profesionista en esta casa de estudios.

M.C. Enrique Esquivel Gutiérrez

Por su amistad y su apoyo durante toda mi carrera, que Dios lo bendiga siempre.

M.C. Lorenzo Suarez García

Por todos los conocimientos que me compartió durante clases, por su colaboración en la revisión y sus valiosas sugerencias.

M.C. Manuel Torres Hernández

Por su gran apoyo en la revisión de la monografía y por compartir durante clases todos sus conocimientos.

Lic. Armando Rodríguez Pérez

Quien desde el momento en el que lo conocí siempre estuvo al pendiente de mí durante toda mi carrera. Gracias por todo el apoyo que me brindo y por ser un excelente profesor y maestro. Por eso y muchas cosas más gracias. Le deseo mucha salud y bienestar, que Dios lo bendiga siempre.

ÍNDICE

DEDICATORIA.....	3
AGRADECIMIENTOS.....	5
ÍNDICE.....	6
INTRODUCCIÓN.....	8
OBJETIVOS.....	10
REVISIÓN DE LITERATURA.....	10
Importancia mundial de la producción de bovino para carne.....	10
Importancia nacional de la producción de bovino para carne.....	11
Antecedentes y origen del uso de promotores de crecimiento.....	13
Sistemas de producción bovina en México.....	15
Definición de implante.....	15
Uso de implantes en corral de engorda y pastoreo.....	15
Definición de anabolismo.....	16
Definición de anabólico.....	16
Clasificación de implantes.....	16
Hormonas esteroideas.....	18
Hormonas de importancia en la producción de carne de bovino.....	18
Estrógenos.....	18
Estradiol.....	18
Andrógenos.....	20
Testosterona.....	20
Progestágenos.....	21
Progesterona.....	21
Hormona no esteroide natural.....	22
Zeranol.....	22
Hormonas sintéticas.....	23
Acetato de Trembolona.....	23
Composición de los implantes.....	24
Manejo en la implantación del ganado bovino para carne.....	26

Modo de implantación.....	27
Vida funcional del implante.....	28
Diseño de un programa de implantación.....	29
Animales a implantar.....	30
Importancia de la nutrición al utilizar implantes.....	31
Reimplantación.....	31
Implantes existentes en el mercado.....	32
Parámetros de producción obtenidos al utilizar implantes en bovino para carne...	32
Efectos de los implantes en la calidad de la canal.....	33
Mecanismos de acción de los implantes anabólicos sobre el metabolismo del organismo del animal.....	33
Células satélites.....	34
Células satélites inactivas.....	36
Células satélites activas.....	37
Modo de acción de los anabólicos en las células satélites.....	38
Rentabilidad del uso de implantes.....	38
Efectos en la salud Pública.....	39
CONCLUSIONES.....	41
PALABRAS CLAVE.....	41
LITERATURA CITADA.....	42

INTRODUCCIÓN

De acuerdo con la FAO (1991) el constante aumento poblacional y a la baja productividad agropecuaria el mundo está llegando a una crisis alimentaria.

Quirós (2006), menciona que la demanda de carne animal en los países en desarrollo, es impulsada por el aumento de los ingresos y el crecimiento demográfico, al igual que es fortalecida por tendencias como la urbanización y las variaciones en las preferencias y hábitos alimentarios.

De acuerdo con datos de la Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura, en 2050 más de la mitad de la población pertenecerá a la clase media, lo que generará el aumento de 60 por ciento en la demanda de alimento de origen animal (Delgado, *et al*, 2011)

El crecimiento demográfico mundialmente hablando, demanda cada día una mejor y mayor producción de alimentos. Uno de los alimentos con mayor demanda es la carne de diferentes especies, ya que aporta la proteína necesaria para el mejor desarrollo fisiológico, físico y mental de la población. Por tal motivo en el presente trabajo se pretende resumir documentos de profesionales de centros de investigación y/o universidades que realizan trabajos en el área de la producción de bovino de carne y aquellas variables que implica esta actividad pecuaria.

La producción de carne de bovino en sistemas intensivos requiere de muchos insumos. Según Bavera (2002) entre los promotores de crecimiento más importantes para alterar o modificar el metabolismo de los animales se encuentran: uso de hormonas esteroideas, anabólicos sintéticos, hormonas del crecimiento, antibióticos, uso de alimentos transgénicos, ionoforos, antibióticos, pro bióticos, prebióticos y enzimas. Lo cual motiva a realizar estudios que ayuden a los ganaderos, a los profesionales del área y al público en general a estar mejor informados.

Los implantes aplicados como una técnica rentable en la producción de bovino de carne están constituidos a base de hormonas. Algunas de las hormonas más usadas dentro de la ganadería son: compuestos estrogénicos, androgénicos, progestagénicos, tireostáticos, corticosteroides y beta adrenérgicos. Que pueden ser usados solos o en mezclas (Regal *et al*, 2012)

Morales *et al.* (2013) afirmó que el mercado mexicano ha marcado la pauta en el uso de tales sustancias como es el caso del Zilpaterol, Ractopamina, Benzoato de Estradiol, Progesterona, Testosterona, Estrógenos , Acetato de Trembolona, Zeranol y 17-13 Estradiol.

En las primeras etapas del uso de estas sustancias como promotoras del crecimiento en el bovino de carne, se desató una gran polémica con el consumidor, fue así que muchos estudios se llevaron a cabo para investigar los efectos causados por las hormonas tanto en el animal como en el consumidor y debido a los resultados, algunos anabólicos fueron prohibidos en casi todos los países, tales como el Clenbuterol, Dietilelbestrol también conocido como DES, Dienestrol, Hexoestrol, entre otras. (Velle, 1981.)

El empleo de los implantes dentro del sistema de producción de carne es una de las practicas zootécnicas con un mayor grado de adopción gracias a su alta relación costo-beneficio en todos los países cuyo uso está permitido. Del mismo modo se determinó que el modo de acción de estas sustancias dentro del organismo del animal, es mediante una redistribución de los nutrientes disponibles, teniendo como resultado un incremento en el músculo y por ende una disminución del tejido graso. Es por esto, que se debe tener en cuenta que esta técnica modifica la calidad de la canal, y de igual manera el grado de aceptación y valor comercial que esta tiene dentro de la comunidad (Zorrilla, 2008)

Dicho esto, los implantes hormonales deberán satisfacer tanto las necesidades del productor como del consumidor, cubriendo así las expectativas planteadas. Deberán favorecer el desarrollo y finalización de bovinos de engorda, reduciendo los costos de producción, dando como resultado un producto de acuerdo a las necesidades

alimenticias de la población, con un alto beneficio en el contenido nutricional de la canal, teniendo un impacto ambiental amigable, así como también una respuesta positiva en la economía de México.

Objetivos

Resumir información de estudios realizados por profesionales para informar al lector sobre los implantes hormonales más usados en la producción de bovino de carne, así como el modo de acción y demás efectos.

REVISIÓN DE LITERATURA

Importancia mundial de la producción de bovino para carne

Según Cook (2014) el inventario de cabezas de bovino en el mundo se ha visto incrementado sostenidamente en últimos 50 años desde una cifra de 792,113,000 cabezas en 1964 a un poco más de un billón en 2014. Representando el primer lugar con el mayor número de cabezas de bovino se encuentra la India, con 329,700,000 seguido por Brasil y China, dejando así a México en el décimo lugar de la lista.

De la misma forma, para la producción mundial de carne la Asociación Americana de Científicos (FAS) y el Departamento de Agricultura de Estados Unidos de América (USDA), señalaron en el 2014, que la producción mundial de carne de bovino fue de 58,856,000 toneladas métricas. El país con la mayor producción fue Estados Unidos de América con 11,230,000 toneladas métricas con un 8% de la producción mundial, seguido por Brasil con 9,920,000 TM (16.85%) y la Unión Europea con 7,580,000 TM cubriendo el 12.88%.

Por otro lado durante el 2013, México se convirtió en el país con el mayor número de exportaciones de bovino de carne, con 1,000,000 de cabezas de ganado, representando un 23.27% del total de exportaciones a nivel mundial. En segundo lugar Canadá con 990,000 cabezas (23.03%) y en tercer lugar a Australia con 620,000 (14.43%). (FAS y USDA, 2013)

La Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura en 2004 citado por Sansoucy (2005), declaró que la ganadería juega un papel muy importante dentro de la producción total de alimentos, ya que su contribución se incrementa a una velocidad mayor que la de los cereales. Los recientes aumentos en los productos animales parecen ser aún más significativos que los logrados por los cereales a partir de la Revolución Verde, de igual manera mencionan que la ganadería también genera ganancias a través de sus subproductos como el estiércol para combustible, producción de biogás, fertilizantes y acondicionamiento de suelos, así como la venta de pieles.

Importancia nacional de la producción de bovino para carne

Ruiz en 2004, citado por Cabello y Torres (2010) mencionó que la producción de carne de bovino es una de las actividades fundamentales del sector pecuario en el país. Es la actividad productiva más difundida en el medio rural, ya que se realiza en todas las regiones agroecológicas del país. En México, la ganadería se desarrolla en aproximadamente 110 millones de hectáreas, lo que representa aproximadamente el 60% de la superficie del territorio nacional y los sistemas de producción utilizados van desde los más altamente tecnificados e integrados hasta los tradicionales.

Por otro lado, la Secretaría de Agricultura, Ganadería, Desarrollo Rural, Pesca y Alimentación (SAGARPA) en 2012 declaró que la carne de bovino contribuye con 23.8% del valor de la producción pecuaria.

La Asociación Mexicana de Ganaderos (AMEG) en el 2012, citada por Román *et. al* (2012), señaló que para el 2012, el país produjo 1.79 millones de toneladas anuales de carne de bovino, lo que implicó la generación de 1.1 millones de empleos directos y 3 millones indirectos, de los cuales, 873 mil dependen de la engorda intensiva y producción de carne de tipo inspección federal (TIF).

A su vez, la AMEG citada por Román *et. al.* (2012) apuntó que la engorda intensiva de ganado bovino propicia que en el sector ganadero nacional se mantengan activos

alrededor de 717 mil ganaderos, además de 370 mil empleos en el sector proveedor de granos y forrajes y 165 mil empleos en la industria procesadora de la carne. En forma global la engorda en corral asegura en forma directa e indirecta 1,253,450 empleos en el campo mexicano.

Con respecto a la forma de producción de ganado bovino para carne en México, SAGARPA en 2010 citada por Ochoa (2010) señala que esta se desarrolla bajo diferentes contextos agroclimáticos, tecnológicos, de sistemas de manejo y por finalidad de explotación, comprendiendo principalmente la producción de novillos para abasto, la cría de becerros para la exportación y la producción de pie de cría. Sin embargo, los sistemas básicos de explotación de bovinos para carne son el intensivo o engorda en corral y el extensivo o engorda en praderas y agostaderos en las diferentes regiones del país.

De igual forma SAGARPA determinó que la producción de carne a nivel nacional está representada de la siguiente manera: la región árida y semiárida representa el 33.0%, la región templada aporta el 31.6 % y la región trópico húmedo y seco con el 35.4%

Al hablar sobre la producción de bovino de carne en México se debe tener muy en cuenta las preferencias del consumidor mexicano con respecto a la carne, ya que según El Economista (2009) citado por Almanza (2010) el consumidor percibe la calidad de la carne principalmente, por la higiene, color, ausencia de olores, marmoleo y facilidad de preparación, sin embargo, existen otros atributos que definen la calidad como aspectos sensoriales referidos al color, jugosidad, sabor y contenido de grasa intramuscular en la carne. Por otro lado, existe otro segmento de la población que prefiere carne sin grasa, característica principal en este producto cuando se usan sustancias anabólicas en la alimentación de los bovinos.

Antecedentes y origen del uso de promotores de crecimiento

Hace 200 años, la existencia de las hormonas era totalmente desconocida, pero en la segunda mitad del siglo diecinueve un gran número de químicos y fisiólogos comenzaron a producir extractos de hormonas derivadas de glándulas, billis y orina de los animales. Durante esta época algunos médicos decidieron hacer uso de estos extractos como tratamiento en pacientes y fue así como la palabra *endocrino* surgió haciendo una referencia a las glándulas de secreción interna (Fritz y Speroff, 2012)

Orellana en 2005, cita a diferentes autores en relación a los antecedentes de implantes anabólicos y a continuación se describen.

Durante los siguiente años se presentaron varios acontecimientos importantes en relación a las hormonas, tal es el caso de Allen y Doisy quienes en 1923 fueron los primeros en aislar un estrógeno. Al poco tiempo, en 1925 Loewe informó por primera vez la existencia de una hormona sexual en la sangre de la hembra de diversas especies. Durante el transcurso del mismo año Frank *et al.* determinaron un principio sexual activo en la sangre de hembras porcinas en estro. Para 1929 Doisy y Butenandt aislaron la estrona a partir de la orina de mujer gestante. Desde 1930 se han sintetizado estrógenos, lo que ha proporcionado la base química para el desarrollo de fármacos sintéticos. Fue así que durante la década de los cuarentas diversos estudios demostraron que las sustancias anabólicas tenían mejor efecto como promotores del crecimiento si permanecían en concentraciones bajas por periodos prolongados, y debido a esto surgió la idea de desarrollar tabletas comprimidas aplicables en forma de implante. El primer producto de este tipo contenía Dietilestilbestrol conocido como DES y se aprobó en 1947 para su uso en pollos de engorda, diez años después se aprobó un implante que también contenía DES para usarse en ganado bovino (Raun y Preston, 2002)

Para 1948 Dinusson citado por Muñiz (2008), realizó los primeros ensayos con hormonas en engorda de novillos de la raza Hereford, durante 140 días, repartidos en tres grupos; un grupo sirvió de control, fueron castrados y aumentaron 0.860 kg/día. El grupo tratado con 42 mg de Estilbestrol aumentó 1 kg/día. Los novillos

tratados con 50 mg de testosterona aumentaron 0.950 kg/día. Teniendo como resultado que el grupo tratado con Estilbestrol aumentó más que los otros dos grupos.

Andrews *et al.* (1950) citados por Woehling *et al.* (1951), reportaron dentro de un estudio, que al inyectar extractos que contenían andrógenos provenientes de orina de hombre en machos castrados, se estimulaba el crecimiento muscular. Fue así que a partir de este estudio se empezó a utilizar este método como una técnica nueva para la producción bovina.

A mediados de 1960 y principios de 1970 se registraron nuevos productos a base de hormonas naturales, al igual que algunos otros, que estimulaban al animal a producir una mayor cantidad de sus hormonas naturales. Pero antes de ser registrados, fueron rigurosamente sometidos a una prueba donde se demostraba que estos productos; no causaban ningún tipo de efecto secundario como: cáncer, defectos de nacimiento, problemas en la reproducción u otros efectos nocivos tanto para el ganado como para los consumidores (Ulmer, 2009)

En enero de 1989 tuvo lugar la Guerra de Hormonas en la cual la Comunidad Económica Europea prohibió comercializar e importar carnes tratadas con hormonas anabólicas, a lo que los Estados Unidos de América, por ser uno de los países más penalizados y por considerar que era una medida injustificada, impuso, a partir de enero del mismo año una represalia económica, que consistía en elevar los aranceles hasta un 100% de los productos que la C.E.E exportaba hacia dicho país (Morante ,1989)

Desde hace 50 años se han logrado grandes avances respecto a la manipulación hormonal, a la vez que se han eliminado los problemas de seguridad en el ganado e incluso en los seres humanos. La historia de los tratamientos anabólicos se puede describir como una serie de desarrollos farmacéuticos que han identificado las mejores moléculas y se han cuantificado las dosis y los preparados farmacéuticos

que ofrezcan más ventajas en cuanto a crecimiento, eficiencia alimenticia, calidad de la canal, costo de producción y seguridad para el ser humano (Varela, 2010)

Sistemas de producción bovina en México

Sánchez (2013) aclaró que considerando las características de ecología climática y vegetal forrajera de cada región ganadera de México, los diferentes sistemas de producción de ganado bovino orientados a la producción de carne, correspondientes a las 4 regiones, son los sistemas: vaca – becerro, cría y engorda de ganado en el trópico, doble propósito en el trópico húmedo y trópico seco, engorda en corrales, intensivo con pastoreo rotacional y los de subsistencia.

El uso de implantes anabólicos se da solamente en los sistemas de producción de ganado estabulado en corral de engorda y el intensivo con pastoreo debido a la rentabilidad que estos proporcionan.

Definición de implante

Los implantes son pellets pequeños que contienen estimulantes de crecimiento o agentes anabólicos. Cada implante contiene hormonas de origen natural y/o sintético, en distintas concentraciones. Estos estimulantes se liberan lentamente a la circulación sanguínea en un determinado tiempo e incrementan los niveles de somatotropina e insulina como factor de crecimiento tipo I en el organismo. Debido a estos cambios, se presenta un aumento en la secreción de la hormona del crecimiento, la cual estimula el desarrollo muscular (Stewart, 2013)

Para Duckett *et al.* (1997) citado por Paez (2006) los implantes son sustancias comprimidas en pellets que promueven el incremento de peso en el ganado bovino en un tiempo determinado y por ende una reducción en los costos de producción.

Uso de implantes en corral de engorda y pastoreo

Paez (2006) menciona que la respuesta a los implantes es mucho mejor cuando los animales se encuentran en un mejor plano nutricional como es el caso de los

corrales de engorda. Sin embargo, dentro del sistema de pastoreo también se refleja un impacto significativo (Kulhl, 1997).

Por otro lado Ducket *et al.* (1997) citado por Paez recomienda utilizar implantes a base de estrógenos, andrógenos o combinados para los dos sistemas ya antes mencionados.

Definición de anabolismo

Se define como las reacciones metabólicas de creación o síntesis y reposición de tejidos y sus reservas (Virbac, s.f.)

Por otro lado Río (2010) lo detalla como la fase del metabolismo en la que a partir de unos pocos precursores sencillos y relativamente oxidados se obtienen moléculas orgánicas cada vez más complejas y reducidas.

Definición de anabólico

Bransny *et al.* (1994) citado por Virbac (s.f.) define anabólico como cualquier agente que afecte la función metabólica del animal aumentando la formación de proteínas. En contraste a esta definición Benz *et al.* (2013) citado por Arías (2013) especifica anabólico como toda sustancia capaz de mejorar el balance de nitrógeno aumentando la acumulación de proteína en el animal. Para Dikeman (2007) citado por Regal *et al.* (2012) los agentes anabólicos son promotores de crecimiento y modificadores metabólicos que mejoran la eficiencia, rentabilidad de la producción ganadera y composición de la canal.

Clasificación de implantes

Hoffmann en 1976 citado por Martínez (1993) afirmó que los implantes anabólicos se clasifican según su actividad biológica en: estrogénicos, androgénicos y

progestágenos, y de acuerdo a su proveniencia en: esteroides endógenos, esteroides sintéticos y compuestos no esteroides.

Por otro lado Preston en 2004 citado por Valladares (2005) aclaró que los compuestos usados en los implantes son clasificados en naturales o sintéticos.

En los cuadros abajo expuestos se clasifican los implantes de acuerdo a:

Cuadro 1. Implantes anabólicos de uso ganadero de acuerdo con su actividad biológica.

Actividad Biológica	Ejemplos	Naturales	Sintéticos
Estrogénicos	Estradiol 17 β	X	
Androgénicos	Testosterona	X	
	Acetato de trembolona		X
Prostagénicos	Progesterona	X	
Compuestos no esteroides	Zeranol	X	

Fuente: Martínez, 1993.

Cuadro 2. Implantes anabólicos de acuerdo con su origen.

Proveniencia	Ejemplos
Esteroides endógenos	Testosterona, Estradiol y Progesterona
Esteroides sintéticos	Acetato de Trembolona
Compuestos no esteroides	Zeranol

Fuente: Martínez, 1993.

Hormonas esteroides

Hormonas de importancia en la producción de carne de bovino

Todas las hormonas derivan del hidrocarburo ciclopentanoperhidrofenantreno y sus características individuales generalmente dependen de los grupos funcionales, en tanto que todas las hormonas esteroideas derivan del colesterol, del cual a su vez se forma la pregnenolona y a partir de ella se derivan todas las hormonas esteroideas (Moreno, 2003)

Estrógenos

En la actualidad el término estrógeno, se usa para cualquier compuesto que cause feminización de los caracteres sexuales primarios y secundarios. Los principales estrógenos son β estradiol, estrona y estriol. Aunque la principal hormona del ovario y la más potente es el estradiol (Moreno, 2003)

Estradiol

El estradiol (Fig. 1) es la hormona más potente de los estrógenos, es esencial para el desarrollo y mantenimiento de los tejidos reproductivos femeninos, pero a su vez también tiene efectos importantes en otros tejidos como lo son los huesos.

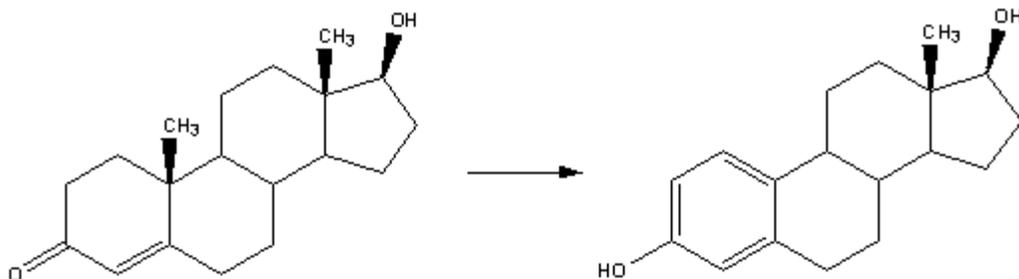


Figura1. Conversión de la testosterona al estradiol. Fuente: Correal, 2006

El estradiol como todas las hormonas esteroides deriva del colesterol. Existen dos caminos para lograr la síntesis del estradiol, el primero es por medio de la androstenediona que se convierte en testosterona, quien a su vez se convierte en estradiol por medio de una enzima llamada aromatasa. El camino alternativo a este es que la androstenediona es aromatizada a estrona, quien subsecuentemente será convertida en estradiol (Correal, 2006)

El estradiol es producido en mayor parte en las células de la granulosa de los ovarios, gracias a la aromatización de la androstediona, producida en la células del folículo llamadas células de la Teca, quien se convierte en estrona, seguido de la conversión de esta estrona en estradiol 17 beta hidroxisteroide deshidrogenasador. Pequeñas cantidades de estradiol también son producidas por la corteza adrenal y en los machos en los testículos. (Hui *et al*, 2001)

Aunque también se debe tener en cuenta que la producción de estrógenos en el folículo ovárico depende de la acción estimulante de la hormona folículo estimulante (FSH) y, en parte, de la hormona luteinizante (LH), provenientes de la adenohipófisis. Al aumentar el nivel de estrógenos en la sangre se inhibe indirectamente la producción de FSH y la LH por depresión de la secreción hipotalámica de la Hormona Liberadora de las Gonadotropinas (GnRH), existe un equilibrio de retroalimentación negativa que ajusta automáticamente la producción de FSH y de estrógeno. (Doyle, 2000)

El estradiol no solo se produce en las gónadas, sino que también las células de la grasa producen precursores activos de estradiol. Otra de las fuentes del estradiol es el cerebro y las paredes de las arterias. (Botana *et al.*, 2002)

Del mismo modo Miles en 2013 describe el metabolismo de los estrógenos naturales que al ser administrados en el animal son rápidamente metabolizados por el hígado, mientras que los sintéticos se degradan lentamente. La forma de excreción de los estrógenos es por la vía urinaria y por medio de la bilis. La administración excesiva y

prolongada de estrógenos suprime la función ovárica, pudiendo causar hipoplasia ovárica y desarrollo de quistes foliculares ováricos.

En bovinos se ha observado prolongación del estro, irritación genital y disminución de la producción de leche. En los machos, la mala administración puede inducir feminización. Los estrógenos son potencialmente cancerígenos, debido a su efecto proliferativo celular, lo que aumenta el riesgo de presentación de cáncer de útero, glándula mamaria y huesos (Hunter *et al.*, 2011)

Andrógenos

Según Gimeno (2000) los andrógenos son hormonas sexuales esteroideas asociadas principalmente al desarrollo y el mantenimiento de las características sexuales secundarias del macho como la distribución de pelo, típica conformación del cuerpo, la producción espermática y el comportamiento sexual.

Testosterona

La testosterona (Fig.2) al igual que las demás hormonas esteroideas deriva del colesterol. A continuación se describe su síntesis.

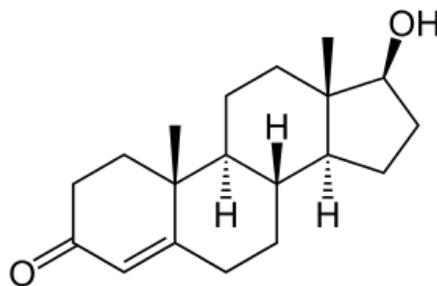


Figura 2. Estructura química de la Testosterona. Fuente: Hui *et al*, 2001

La testosterona se produce a partir del colesterol de las células de Leydig, bajo la influencia de la hormona luteinizante (LH). Las enzimas mitocondriales parten la cadena lateral del colesterol en dichas células para formar pregnenolona. Otras enzimas contribuyen al desarrollo de una serie de pasos biosintéticos para

transformar la pregnenolona en la definitiva testosterona: pregnenolona, progesterona, dihidroepiandrostediona, androstediol y, finalmente, testosterona (Lozano, s.f.)

La testosterona se metaboliza rápidamente en el hígado y en el riñón y se excreta en la orina y las heces el 90%. Por otro lado los rumiantes excretan los metabolitos de la testosterona por la bilis (Botana *et al.*, 2002)

Los andrógenos poseen un efecto miotrófico selectivamente, que da lugar a un aumento de la masa muscular incrementándola en número y grosor de las fibras musculares y otros tejidos corporales en distintas especies (Ledezma, 2014)

Si la testosterona es administrada en altas dosis se pueden producir ictericia, toxicidad hepática, enfermedades renales y diabetes mellitus. Del mismo modo también puede causar una inhibición de la producción de gonadotropinas y conducir a infertilidad. (Scarth *et al.*, 2009)

Progestágenos

Progesterona

La progesterona (Fig.3) es una hormona esteroide involucrada en el ciclo estral, gestación y embriogénesis. La progesterona pertenece a una clase de hormonas llamadas progestágenos. (Hui *et al.*, 2001)

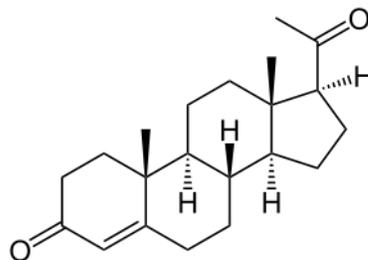


Figura 3. Estructura química de la progesterona Fuente: Hui *et al.*, 2001

En los mamíferos, la progesterona, tal como todas las hormonas esteroides, es sintetizada a partir de la pregnenolona, que a su vez se deriva del colesterol (Paul, 2009)

Durante la fase folicular del ciclo estral, la progesterona se sintetiza en pequeñas cantidades en las células foliculares. Después de la ovulación, el cuerpo lúteo la produce y segrega en grandes cantidades ya que está encargada de preparar al útero para la gestación donde su fuente principal será la placenta. La progesterona también evita que el animal vuelva al celo al inhibir la liberación de gonadotropinas de la glándula pituitaria en el cerebro (DeJarnette *et al.*, s.f.)

El mecanismo de acción de progesterona no es muy claro, ya que se cree que esta hormona se fija al receptor androgénico donde ejercería su acción. Es probable que en su metabolización la progesterona se convierta a testosterona y su mayor uso es ayudando a retrasar la liberación del estradiol comprimido en los implantes de pellets. (Velle, 1981)

Hormona no esteroidea natural

Zeranol

El Zeranol es considerado un implante de por vida, ya que puede emplearse desde el momento del nacimiento del becerro y se puede repetir su aplicación cada 90 días hasta el momento del sacrificio. (Correal, 2006)

Virbac s.f. una marca de implantes para ganado vacuno describe el Zeranol (Fig.4) como un agente anabólico promotor del crecimiento semisintético no esterooidal. Se obtiene a partir de la toxina zearalenona producida por el hongo *Giberella zeae* y de *Fusarium roseum*.

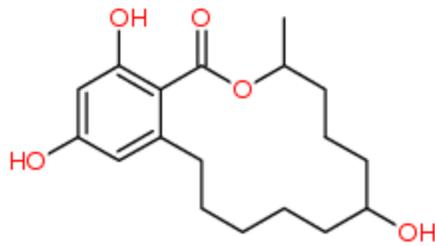


Figura 4. Estructura del Zeranol. Fuente: Hui *et al*, 2001.

El modo de acción del zeranol es ocupar y bloquear los receptores de los glucocorticoides que son sustancias con potente actividad catabólica que al ocupar dichos receptores evita el catabolismo e induce el anabolismo. El Zeranol también promueve el aumento del tamaño de la glándula tiroide, así como el número de células secretoras de hormona adrenocorticotropa (ACTH) en la hipófisis, incrementando la secreción de la hormona del crecimiento, la cual induce un incremento de aminoácidos en el musculo. También se determinó que el zeranol estimula el crecimiento muscular en los bovinos gracias a que favorece la retención del nitrógeno de la orina y a que mejora la síntesis proteica muscular proporcionando incrementos en las ganancias de peso que va del 10 al 20%, también mejora la conversión alimenticia entre un 10 y 12% y acorta el periodo de tiempo del bovino al sacrificio. Puede utilizarse en bovinos de cualquier edad, raza, sexo y sistema de producción de bovinos en crecimiento o engorda.

Hormonas sintéticas

Acetato de Trembolona

El acetato de trembolona (TBA) es la hormona más utilizada en el mercado de los implantes, sin embargo su uso se considera bajo muchas precauciones ya que es un compuesto agresivo, genotóxico y no se metaboliza con facilidad (Álvarez, s.f.)

Scarth *et al.* (2009) señalaron que la trembolona es una sustancia sintética perteneciente al grupo de los xenobióticos no estilbenos la cual deriva de la

nortestosterona también indica que su modo de acción es similar a la testosterona debido a la afinidad que presenta por los receptores androgénicos y que su administración en el ganado vacuno se lleva a cabo entre los 60 y 90 días ya que este implante por su potencia se considera de finalización.

Algunos novillos tratados con altas dosis de TBA se pueden volver agresivos poco después de la implantación y de difícil manejo. Asimismo, el uso repetido de implantes con TBA puede desarrollar una apariencia de toro en el animal, y la musculatura de los cuartos delanteros de novillos y vaquillas puede incrementarse. (Nix *et al*, 2000)

Composición de los implantes

La Organización de Ganado y Carne de Australia en 2011 describe la composición de los implantes que a continuación se detallan.

Los implantes anabólicos están constituidos por un elemento esteroide natural, sintético o con alguna actividad anabólica, representados por compuestos estrogénicos, androgénicos, prostagénicos o su combinación y que al inyectar el pellet dentro del organismo del animal la matriz acarreadora es expuesta a los fluidos corporales dentro del animal liberando la hormona. Generalmente el colesterol es utilizado como matriz acarreadora en los implantes de crecimiento gracias a su composición y su difícil disolución, lo que ayuda a una lenta liberación de la hormona; aunque, también se puede hacer uso de la lactosa o el polietilenglicol, siendo estas de menor eficiencia representativa. También menciona que existen 2 tipos de implantes: el pellet comprimido y el pellet a base de silicona.

Para el caso de los implantes en forma de pellets comprimidos las dosis hormonales dependerán totalmente del número de pellets con los que cada implante cuente, siendo así que a mayor número de pellets, mayor será la dosis hormonal y viceversa.

Por ejemplo, el implante Revalor G cuenta con 3 pellets y tiene una dosis hormonal de 60 mg de acetato de trembolona (TBA) y 12 mg de estradiol-17 β , mientras que el implante Progro TE-H utiliza 10 pellets para liberar 200 mg TBA+ 20mg estradiol-17 β .

Generalmente, los pellets (Fig.5) comprimidos tienen en una bola esférica o balín, la cual se encarga de abrir el camino para los pellets suaves al ser introducidos debajo de la piel de la oreja, al mismo tiempo que también permanece palpable en la oreja para confirmar que el animal se implantó en tiempos anteriores.

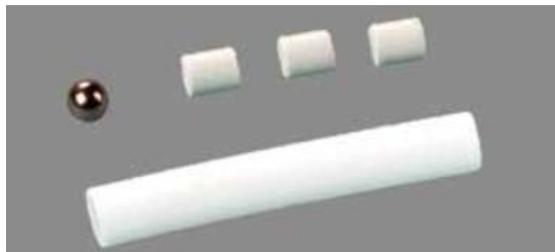


Figura 5. Pellets y gomas silásticas.

Fuente: Organización de Ganado y Carne de Australia, 2011

En el pellet de silicona (Fig. 6 A, B) la hormona es impregnada en la capa de caucho siliconado y la duración de liberación es controlada por el área de superficie comprendida por el grosor y la longitud, en tanto que los implantes de goma de silicona no se disuelven por lo que es fácil detectar si ese animal fue implantado con anterioridad.

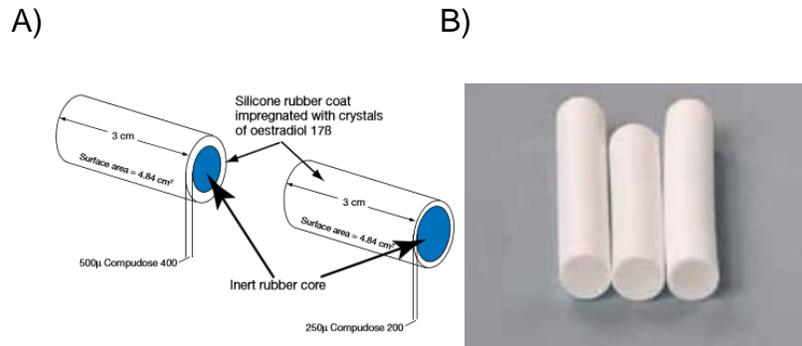


Figura 6. A) Implantes de gomas de silicona de diferentes espesores para diferentes tiempos de liberación. B) Implantes de caucho siliconado de diferentes longitudes (dosis por día) y diferentes grosores de silicona. De izquierda a derecha: Compudose (200, 100 y 400 días) (Hunter *et al.*, 2011)

Manejo en la implantación del ganado bovino para carne

Según el Servicio Nacional de Sanidad, Inocuidad y Calidad Agroalimentaria SENASICA (2014) dentro del Manual de Buenas Prácticas en la Producción de Carne de Ganado Bovino en Confinamiento, afirma que el manejo que recibe el animal durante todas las etapas de su vida, es determinante para la ganancia de peso, calidad de la carne, y una menor exposición a enfermedades. Es por esto que el proceso de implantación se debe llevar a cabo con todas las precauciones y planeaciones posibles.

La implantación del ganado se lleva a cabo al momento de la recepción, en animales con edades entre los 8 y 12 meses, con pesos de alrededor de 245 a 300 kg y puede existir una reimplantación dependiendo el tipo de implante utilizado y el objetivo del productor (Arroniz, s.f)

Las unidades de producción en donde se realiza esta actividad deben: elaborar un programa de implantes y reimplantes, capacitar al personal encargado de esta actividad, prevenir y cuidar cualquier tipo de infección (SENACICA, 2014)

Modo de implantación

En el 2013, Stewart afirmó que el único lugar que la Organización de Administración de Drogas y Comida (FDA) aprueba para que se coloque un implante en el ganado bovino es en el tercio medio en la parte trasera de la oreja (Fig. 7), entre la piel y el cartílago. Del mismo modo decretó que la respuesta óptima de los implantes depende de la sanidad y la técnica correcta de colocación, ya que si no se siguen estas recomendaciones se pueden causar abscesos, colocación inapropiada, pérdida de implantes, pellets aplastados o pellets perdidos. El implante y la pistola implantadora deben estar hechas por la misma empresa, para que no se presente ningún defecto al momento de la aplicación. Los siguientes pasos descritos a continuación son recomendaciones para llevar a cabo una buena práctica de implantación.

1. Retener la cabeza del animal dentro del corral de manejo, para restringir el movimiento. Si el animal no se encuentra en calma, utilizar un inmovilizador para la seguridad tanto del animal como el técnico. Si el animal se mueve, es muy fácil que la aguja salga a través de la oreja y el implante caiga al suelo.
2. Cerciorarse de que la aguja se encuentra asegurada a la pistola de implantación; reemplazar la aguja una vez que se dañe o esta pierda su capacidad punzante. Limpiar la aguja con un desinfectante cada vez que se realice una implantación.
3. Limpiar y desinfectar la oreja antes de la colocación del implante.
4. Colocar el implante en el centro del tercio de la oreja. Para prevenir que el pellet no se aplaste, retirar lentamente la aguja mientras el implante se administra. Para cerrar la incisión hecha por la aguja hacer presión hacia abajo sobre la abertura.
5. Examinar la oreja para asegurarse de que el implante fue aplicado correctamente. El implante debe moverse con facilidad dentro de la oreja.

Si el implante fue colocado en el cartílago, éste no se absorberá ya que en el cartílago no existe corriente sanguínea. Evitar aplicar el implante en una vena, ya que la capacidad de absorción será mayor y el implante será efectivo por un periodo más corto. Ser paciente y asegurarse de que el implante se haya administrado de forma correcta, ya que cada implante mal colocado se traduce en una pérdida de ingresos.

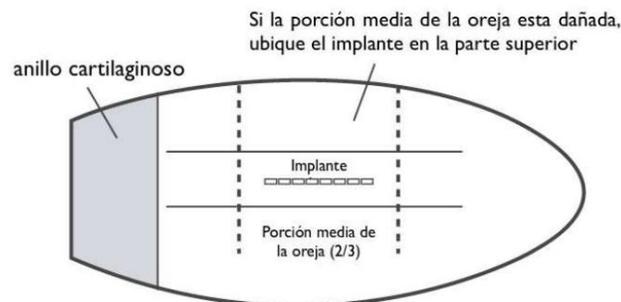


Figura 7. Lugar correcto para la ubicación del implante promotor de crecimiento
Fuente: Arias, 2013.

Vida funcional del implante

Para Hunter *et al.* (2011) la vida funcional de un implante está definida como el periodo en el cual el implante libera la hormona, pero no necesariamente es el tiempo que se promueve el crecimiento. Los pellets comprimidos tienen una vida funcional de 60 a 140 días aproximadamente, mientras que los implantes de caucho siliconado tienen una liberación más lenta (100, 200 400 días) y por ende una vida funcional más larga.

Una de las recomendaciones más importantes al hacer uso de los implantes hormonales, es que el animal no debe ser reimplantado dentro de los siguientes 70 días, ya que esto provoca que el pellet tome una vida funcional de esa duración.

Diseño de un programa de implantación.

Abarca (2010) estableció que para la realización de un programa de implantes el productor debe basarse en un adecuado comportamiento productivo y un mérito de la canal que cubra los requisitos del mercado. Considerando los factores que pueden afectar la producción como por ejemplo, el costo del alimento, y de los animales, el potencial genético del ganado, y las ventajas económicas de la venta del ganado en pie o en canal.

Por otro lado en 2013 Arías afirmó que la genética, la nutrición y la planificación del programa de implantes son factores claves a considerar, haciendo un énfasis en que si los animales no están ganando por lo menos 0.700 kg/día, o bien el consumo de alimentos no es superior a 1.5 veces los requerimientos energéticos de mantención (Energía Neta de mantención), la respuesta a un programa de implantes será reducida o bien insignificante. Los productores deben preocuparse de asegurar una adecuada nutrición y seleccionar un programa de implantes adecuado a la longitud del período de pastoreo, o un plan para re-implante, con el fin de lograr el máximo crecimiento y beneficio.

En contraste a lo dicho anteriormente, Jerez y Rodas (2005) argumentaron que para obtener un mejor resultado, con un mínimo de efectos adversos sobre las características de la canal y palatabilidad de las carnes, el diseño de un programa de implante debe considerar también la alimentación, tipo de implante, secuencia de implantes, vida funcional del implante y la fase de producción en la cual se desea vender el producto final.

Es importante considerar que cuando se va a hacer uso de un implante hay que tener en cuenta: distinción entre productos naturales y sintéticos, así como entre categorías determinadas por los distintos grados de riesgos y factores de tolerancia

relacionados con el metabolismo de cada sustancia en el organismo receptor (Avaroma y Roca, 2012).

Animales a implantar

Según Cañez *et al.* (1985) citado por Orellana (2005) los implantes deben utilizarse solamente en animales destinados al abasto y nunca en animales para reproducción; ya que estos implantes pueden afectar el comportamiento reproductivo de toros, vacas y vaquillas de reemplazo. Generalmente deben usarse con animales en crecimiento, novillos y/o vaquillas que serán enviados al rastro, y que pesen como mínimo 180 kg.

Bolaños e Inga (2010), apuntaron que no solo se utilizan los implantes en animales alimentados en corral de engorde, sino que también pueden utilizarse en animales manejados en pradera, solamente que deben cuidarse el contenido de proteínas del pastizal y seguir las recomendaciones de pastoreo, principalmente carga animal adecuada.

Está comprobado que en becerros en desarrollo, tanto enteros como castrados, los mejores resultados se obtienen al administrar implantes anabólicos androgénicos en baja concentración. Por el contrario, en el caso de los toretes o vaquillas en finalización lo más rentable es implantar con compuestos androgénicos y quizá en combinación con algún estrogénico, dependiendo sobre todo la terminación con respecto a la grasa intramuscular que se le quiera dar a la carne (Varela, 2010)

Arías (2013) indica que Implantar vacas de desecho puede ser rentable si las perspectivas de mercado para ésta clase de animales son favorables. Existen estudios que indican que la utilización de implantes en vacas de desecho por períodos de 56 a 100 días mejora la tasa de ganancia de 0 a 31%, dependiendo del implante utilizado.

Del mismo modo consideró que se debe tener en cuenta la edad a la que se va a implantar el animal ya que el ganado puede comenzar a depositar grasa intramuscular a partir de los 4 a 12 meses de edad. Es por esto que es recomendable esperar mínimo 12 meses para llevar a cabo el primer implante. Por otro lado también se debe considerar el tipo racial de los animales destinados a implantar, la Unión Ganadera Regional de Jalisco (s.f.) dio a conocer que el factor *raza* es cada vez de mayor importancia en los programas de selección de implantes. Esto, debido a que las razas inglesas (Angus y Hereford) al igual que las Cebuinas depositan grasa a menor edad y su peso corporal es mayor que en animales de raza continental, tal como Charolais, Limousin o Simmental.

Importancia de la nutrición al utilizar implantes

La mejor respuesta al implante se obtendrá cuando los animales llenen sus requerimientos nutricionales, especialmente los de proteína. Sin embargo, aun en condiciones de bajo nivel nutricional, los agentes anabólicos ayudan a utilizar mejor la proteína disponible, aunque no se obtenga la respuesta máxima esperada. (Detaci *et al.*, 2009)

Zorrilla (2008) señaló que para obtener los mejores resultados con animales implantados con acetato de trembolona y estrógenos se debe proporcionar dentro de la dieta un mayor contenido de proteína, ya que los requerimientos de esta son mayores al hacer uso de este tipo de implantes.

Reimplantación

Paul, durante el 2009, realizó un estudio con el objetivo de demostrar que la aplicación del reimplante mejora la ganancia diaria de peso (GDP) así como el rendimiento de la canal (RC) en bovinos de engorda. Para una máxima respuesta productiva se debe llevar a cabo una implantación terminal de potencia alta con un nivel de proteína cruda de al menos un 13%.

Implantes existentes en el mercado

Para Soto (2008) los productos son divididos en implantes de un solo ingrediente o de ingredientes combinados, los productos de un solo ingrediente contienen ya sea estradiol – 17 β , zeranol o acetato de trembolona en varias concentraciones. Los productos de ingredientes combinados contienen benzoato de estradiol/progesterona, benzoato de estradiol/testosterona, benzoato de estradiol/acetato de trembolona, o estradiol/acetato de trembolona; con varias concentraciones de cada ingrediente activo.

Siendo así, los 5 tipos de hormonas más usados en la producción de carne incluyen cuatro hormonas naturales, 17 β estradiol, testosterona y progesterona y zeranol, por otro lado una sintética que es la trembolona (Passantino, 2012)

Algunas de las combinaciones hormonales más usadas para los implantes son: benzoato de estradiol y progesterona, benzoato de estradiol y testosterona y estradiol y acetato de trembolona. Por otro lado las hormonas también pueden ser usadas individualmente como el zeranol y el estradiol. (Stewart, 2013)

Parámetros de producción obtenidos al utilizar implantes en bovino para carne

Según Guiroy *et al.* (2002) citado por Intervet/Schering-Ploug Animal Health (s.f.) esta herramienta ha demostrado que aumenta las ganancias diarias de peso (GDP) de un 5 a un 20%, mejora la conversión alimenticia (CA) de 3 a 8% y reduce el costo para producir un kilo de carne. Algunos trabajos han declarado que el uso de implantes androgénicos tiene un impacto significativo en ciertos músculos como lo es en el área de la costilla, que incrementa de entre 4 a 8%. Sin embargo, la deposición

de grasa intramuscular se ve afectada con el uso de implantes ya que esta se reduce entre 6 a 11%.

Los implantes modifican la curva de crecimiento, lo que permite producir mayor peso de la canal manteniendo el mismo porcentaje de grasa, en comparación con los animales no implantados. El efecto específico es aumentar el depósito de proteína y retrasar el de grasa, lo que significa que los animales deberán ser más pesados al alcanzar su madurez (Intervet, s.f.)

Efectos de implantes en la calidad de la canal

Otro aspecto importante que debe ser considerado es que el uso de implantes anabólicos que incluyen TBA pueden aumentar la incidencia de cortes oscuros en la carne. Sin embargo, se puede reducir si el ganado se sacrifica más de 100 días después del último implante. Las vaquillas que reciben un implante de estrógeno como implante final pueden tener una mayor incidencia de corte oscuro que aquellas que reciben estrógeno + TBA como implante final. Sin embargo, la mayor frecuencia de cortes oscuros se presenta por un mal uso de los implantes, por ejemplo, la utilización de implantes destinados a vaquillas que contienen una alta dosis de andrógenos en novillos, así como la doble o triple implantación como productos de alta potencia. El uso de implantes afecta en la canal diversas características como lo es la acumulación de grasa subcutánea que esta tiende a ser mayor y por otro lado la grasa intermuscular e intramuscular se ven afectadas (McEwen y Mandell, s.f.)

Mecanismos de acción de los implantes anabólicos sobre el metabolismo del organismo del animal

El crecimiento corporal es el resultado de interacciones entre genética, el medio ambiente y el abastecimiento de nutrientes en el cuerpo. El sistema endocrino es el mecanismo por medio del cual estas interacciones son coordinadas. Los implantes anabólicos se utilizan para provocar en el sistema endocrino a una mayor proporción de síntesis/degradación de proteína muscular (Soto, 2008).

La fijación de proteínas en el organismo es un proceso de muy poco rendimiento metabólico en los animales mamíferos, es necesario procesar 9 partes de proteínas para fijar 1. Este es el motivo principal por lo cual se utilizan productos que incrementan la fijación de Nitrógeno, como son los anabólicos (Gimeno, 2000).

En términos generales el efecto promotor de crecimiento o anabólico de los implantes se debe al redireccionamiento de la energía consumida por el bovino, que se destina a la síntesis proteica en vez de la síntesis de grasa, se requiere entonces menos energía consumida por unidad de ganancia de peso. Básicamente, el implante modifica la composición de la ganancia de peso, es decir, tejido muscular vs. tejido graso que se deposita por cada kilo de peso ganado (Cook, 2000)

Existen dos principales rutas o mecanismos de acción de los implantes anabólicos sobre el metabolismo animal, uno es a través del estímulo combinado de la hormona de crecimiento o 18 Somatotropina y Factor de crecimiento I de la insulina (IGF I) o Somatomedinas, lo cual se consigue con implantes basados en componentes estrogénicos. La otra es por un estímulo de la producción de las somatomedinas o Factor de crecimiento I de la insulina, producido por implantes basados en componentes androgénicos como el Acetato de Trembolona (Gonzales *et al.*, 2012).

Para poder entender el modo de mecanismo de los anabólicos debemos entender las bases biológicas del crecimiento y desarrollo posnatal de los músculos.

Células satélites

Las células satélites tienen un origen desconocido con respecto a su grado de diferenciación y un estado intrigante con respecto a su futuro. Fueron descubiertas ya en 1961 y su función no está aún clara. Se trata de células mononucleadas, con un citoplasma muy pequeño, viven fuera de las células musculares diferenciadas, tienen su propia membrana pero comparten la membrana basal con las fibras musculares. No tienen contacto con los nervios, tienen la capacidad de emigrar a lo

largo y en profundidad del músculo, y no se dividen, excepto cuando son requeridas para reemplazar a las fibras musculares muertas. Cuando lo hacen, una de las hermanas queda como satélite, y las otras se diferencian, adquiriendo un estrecho control neuronal y la capacidad de formar sarcómeros. El número de divisiones en la vida de una célula satélite es considerablemente menor que en el de otras células somáticas las cuales se comportan más como los ovocitos que es como si fueran un tipo de células jóvenes en reserva, en reposo prolongado y sin divisiones. (Grassino *et al*, 2013)

Durante el desarrollo embrionario del tejido muscular, se lleva a cabo una proliferación de células mononucleadas precursoras de los músculos, estas comienzan un proceso de diferenciación y se empiezan a fusionar para formar miotubos, los cuales se convertirán en las fibras musculares multinucleadas. Este número de fibras musculares es determinado al momento del nacimiento, por lo que el crecimiento postnatal de los músculos se debe a un incremento en el largo y el diámetro de las fibras musculares ya existentes, es decir, se lleva a cabo el proceso de hipertrofia y no hiperplasia. Debido a que los núcleos de las fibras musculares son incapaces de dividirse, el crecimiento en las fibras musculares depende de las células satélites, o células mononucleadas ya que estas les proporcionan el ADN adecuado (Dayton *et al.*, 2013)

Las células satélites están localizadas en la periferia de las fibras esqueléticas maduras entre la lámina basal y el sarcolema (Figura 9). Son mononucleadas, lo que las diferencia de los miotubos que son multinucleados y su principal característica es que están rodeadas por la misma lámina basal que rodea a la fibra muscular (Grau, 2007)

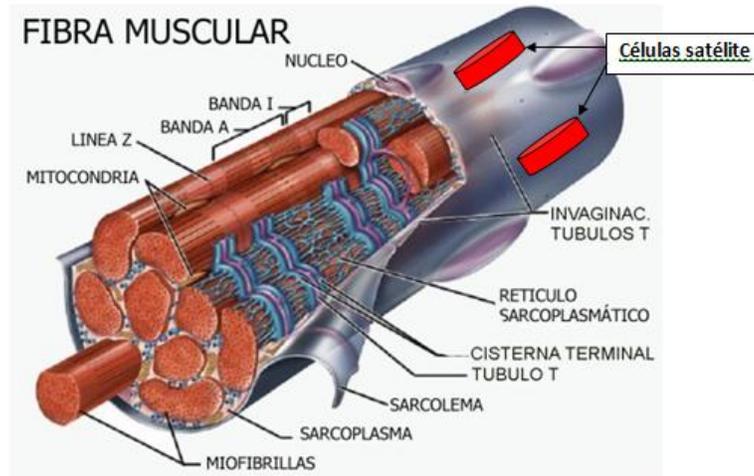


Figura. 9. Localización de células satélite en una fibra muscular. Grau *et al*, 2007

Células satélite inactivas:

Se encuentran dentro del músculo esquelético adulto y son células mononucleares indiferenciadas. Las células satélite inactivas se caracterizan por tener un espacio nuclear-citoplásmico grande con pocos orgánulos como: pocos ribosomas, retículo endoplásmico, mitocondrias y complejos de Golgi; un núcleo pequeño en relación con el del miotubo adyacente y una mayor cantidad de heterocromatina transcripcionalmente inactiva en el núcleo de la célula satélite comparado con el núcleo de la fibra muscular lo cual muestra su inactividad mitótica (Fig. 10)

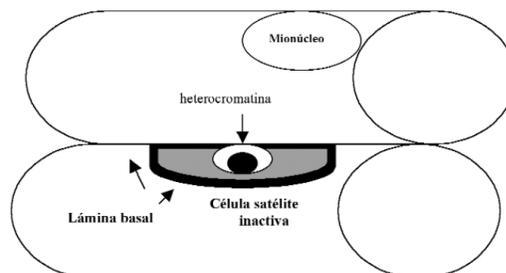


Figura 10. Miofibrillas musculares y localización de las células satélite inactivas dentro de la misma lamina basal que la miofibra. En la fibra muscular no estimulada, la célula satélite esta inactiva y descansa en una hendidura en el musculo adulto. Las

células satélites pueden diferenciarse del núcleo muscular por la lámina basal que las rodea y la cantidad abundante de heterocromatina, señalada en negro en esta figura. Fuente: Grau *et al*, 2007.

Células satélites activas:

Tras la activación por medio del estímulo a la fibra muscular, las células satélites son más fácilmente identificables porque morfológicamente se observan como un abultamiento en la miofibra con procesos citoplásmicos que se extienden a uno o a los dos polos de la célula. Este aumento de la actividad mitótica produce una serie de cambios en estas células, observándose: reducción en la cantidad de heterocromatina, incremento en el número de caveolas; incremento en el ratio citoplásmico-nuclear e incremento en el número de orgánulos intracelulares (Fig. 11) (Grau *et al*, 2007).

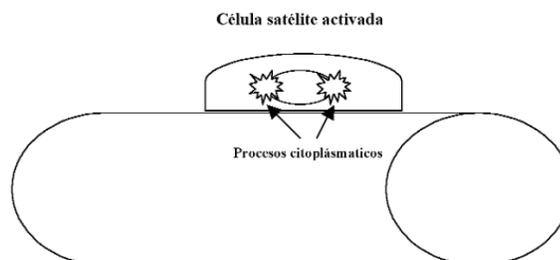


Figura 11. Activación de la célula satélite. Cuando la fibra se estimula, las células satélites se activan e incrementan su contenido citoplásmico. Los procesos citoplásmicos se producen por quimiotaxis (reclutamiento químico de otras células) de la célula satélite a lo largo de la miofibra. Fuente: Grau *et al*, 2007.

Las células satélites se fusionan con las fibras ya existentes para contribuir con sus núcleos. Se ha establecido que las células satélites aportan aproximadamente del 60 a 90% del Ácido Desoxirribonucleico (ADN) a las fibras musculares maduras. Por lo tanto, la proliferación de las células satélite y su fusión con las fibras musculares para proporcionar el ADN necesario para el crecimiento de la fibra es un paso crítico, que limita la velocidad en el crecimiento muscular. Ésta capacidad de fusionarse de

las células satélite se va reduciendo con la edad del animal, básicamente porque disminuye dramáticamente el número de células satélite ya que se encuentran inactivas y no se produce la proliferación. Debido a que la fusión de una célula de satélite con la fibra muscular resulta en la pérdida de esa célula satélite, éstas deben ser estimuladas a proliferar con el fin de mantener su población en el músculo en crecimiento. En éste equilibrio dinámico entre la proliferación y fusión de células satélites se inclina más hacia la fusión. En consecuencia, el número de células satélite activas y su tasa de proliferación pueden limitar la velocidad de acumulación de ADN y por lo tanto el potencial de crecimiento del músculo en todas las etapas de crecimiento. Estudios realizados últimamente han reflejado que el factor de crecimiento insulínico tipo-I (IGF-I) juega un papel importante en la regulación de la proliferación y diferenciación de las células satélite. Por otro lado también se sabe que la actividad biológica del IGF-I se regula por una familia de proteínas de unión receptoras del factor de crecimiento insulínico (IGFBP). En consecuencia, el nivel de IGFBP en el tejido muscular también juega un importante rol en la regulación de la respuesta de células satélite a IGF-I. Se ha reportado que hay otros factores de crecimiento tales como factor de crecimiento de fibroblastos-2 (FGF-2), factor de crecimiento derivado de plaquetas (PDGF) y factor de crecimiento transformante beta 1 (TGF-beta-1) que regulan la proliferación y diferenciación de las células satélite. En resumen, una vez que las células satélites han sido activadas, la proliferación puede ser estimulada por factores de crecimiento tales como el IGF-I y FGF. Por lo tanto, la producción de estos factores de crecimiento en el tejido muscular juegan un papel importante en la regulación del crecimiento muscular posnatal, mediante la regulación de la proliferación de las células satélite. (Dayton *et al.*, 2013)

Modo de acción de los anabólicos en las células satélites

A pesar de muchos años de trabajo y estudios la forma específica en que los anabólicos actúan para estimular el crecimiento muscular en los bovinos se desconoce. Aunque existen muchas teorías y experimentos que tratan de averiguar el modo de acción específico. Lo que se cree es que al implantar una hormona

dentro del organismo del animal, ya sea andrógeno, prostágeno o estrógeno, esta va actuar sobre las células satélites inactivas y de alguna forma que se desconoce las activen. Una vez activas, el IGF-1 o el FGF estimularán su proliferación y las células satélites se fusionarán con fibras ya existentes y así es como surgiría un estímulo al crecimiento muscular en el animal (Dayton *et al.*, 2013)

Rentabilidad del uso de implantes

Según Torrano (2002) los años de investigación en la industria farmacéutica y ganadera han demostrado que el uso de sustancias hormonas es una práctica de manejo que ha demostrado ser rentable. Estas hormonas se han empleado para favorecer el crecimiento muscular e impactar en la conformación de la canal. Lo que ha dado como resultado una reducción tanto en el tiempo de engorda, como en los costos de alimentación, permitiendo considerables ahorros económicos para los productores y los consumidores de estos productos cárnicos (Valladares, 2005)

Borja en 2012 realizó un análisis de costo- beneficio en una unidad de producción de bovino para carne en condiciones de pastoreo con la adición de anabólicos. El estudio refleja que la mejor rentabilidad en novillos para engorda fue determinada en los animales tratados con Acetato de Trembolona + 17- β Estradiol, alcanzando un índice de Beneficio - Costo de 1.32 Dólares de Estados Unidos de América (USD), lo que quiere decir que por cada dólar gastado con la utilización de este anabólico en novillos mestizos se tiene una utilidad neta de 0.32 USD.

Efectos en la Salud pública

El grupo de trabajo de la FAO que evalúa los anabólicos encontró que los residuos de esteroides hormonales naturales de animales tratados no son peligrosos para la salud humana porque el hígado los transforma por metabolismo con mucha rapidez, el consumidor produce cantidades diarias superiores de estas hormonas y en cambio

el consumidor se expone a dosis variables más altas y difundidas procedentes de carne y leche de animales no tratados (Correal, 2009)

La cantidad de hormonas esteroides que se consume en la carne de un animal tratado con ellas es sumamente insignificante a lo que el cuerpo humano produce diariamente. Hasta hoy no existen suficientes estudios epidemiológicos que apoyen o refuten totalmente los riesgos de salud que representan el exceso de hormonas en la carne, que, como ya se dijo antes, es monitoreado y controlado (Delgado *et al*, 2011)

El DES, denestrol y hexoestrol y el Clenbuterol son anabólicos que están prohibidos en todo el mundo ya que diversos estudios demostraron que causan efectos secundarios como acciones teratogénicas y carcinogénicas en el humano al consumir carnes tratadas (Rocha, 2014)

En México aún existe el peligro del uso ilegal de clenbuterol, el cual está prohibido por la Norma Oficial Mexicana 061 en engordas de bovino. Esta sustancia anabólica se deposita principalmente en el hígado (80%) y el resto se disemina en músculos y otros órganos. El consumo de carne contaminada con clenbuterol causa intoxicación crónica en humanos y una inmediata reacción que va desde los 30 min. a 4 hrs., cuyos síntomas principales son: dolor de cabeza, angustia, temblor, taquicardia, palpitaciones, malestar general. Esta situación se agrava en los estados del centro y sur del territorio mexicano, en donde las autoridades agrícolas y sanitarias están luchando para acabar con esta práctica desleal. La carne proveniente de rastros certificados por SAGARPA como los de Tipo Inspección Federal (T.I.F), supermercados y carnicerías con sello de garantía es más segura (Rocha, 2014)

CONCLUSIONES

La necesidad de satisfacer las demandas nutritivas de una población siempre creciente ha llevado a la lucha incansable de mejoras dentro de los sistemas de producción agrícola y ganadera.

Si se comparan los índices productivos actuales con los que existían hace una o dos décadas, los logros obtenidos han sido extraordinarios gracias a los avances tecnológicos que se han llevado a cabo dentro de la agronomía y ganadería. Uno de estos es el uso de anabólicos y es por esto que esta tecnología tiene gran aceptación.

Es sumamente importante, que los profesionales encargados de administrar estos compuestos, como también los fabricantes de los mismos y las autoridades encargadas de la salud pública y de los programas ganaderos, tomen clara conciencia de que se trata de agentes que debidamente usados constituyen una irremplazable herramienta para mejorar la producción de carne, pero que también pueden caer fácilmente en el descrédito, por problemas de salud pública que sería lamentable que ocurrieran.

Sin embargo, son escasos los trabajos en los que se evalúa el impacto de los aditivos al medio ambiente, el efecto residual de los mismos en el ganado y a la salud de las personas consumidoras, así mismo son también pocas las evaluaciones sobre la relación de los aditivos y promotores con la rentabilidad de las empresas pecuarias.

Palabras Clave: Implantes anabólicos, bovinos, hormonas esteroides, hormonas no esteroides, modo de acción.

Correo Electrónico: Andrea Ruiz Campos, andy_5_91@hotmail.com

LITERATURA CITADA

- Abarca, A. 2010. *Implantes Anabólicos en el Ganado bovino, Situación Actual y Perspectivas*. Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo. Facultad de Medicina, Veterinaria y Zootecnia. Tarímbaro, Michoacán. Tesis de Grado. [En línea] Recuperado 2014, Noviembre 18. <http://bibliotecavirtual.dgb.umich.mx:8083/jspui/handle/123456789/361>
- Almanza C. (2010) *El consumo de Carne en México*. El Economista. Sitio Web: <http://eleconomista.com.mx/columnas/agro-negocios/2010/02/19/consumo-carne-mexico?page=1369>
- Álvarez, A. s.f. “*Fisiología del Crecimiento*”. Recuperado de: <http://prodanimal.fagro.edu.uy/cursos/NUTRICION/MATERIAL%202012/Fisiologia%20crecimiento.pdf>
- Arias, R. 2013. *Uso Correcto de Implantes Promotores de Crecimiento en Bovinos de Carne*. Universidad Católica de Temuco Chile. Escuela de Agronomía. [En línea] Recuperado 2014, Noviembre 18. https://www.academia.edu/5439882/Uso_correcto_de_implantes_anab%C3%B3licos_en_el_ganado_de_carne_2013
- Arroniz V. s.f. *Recomendaciones sobre sistemas intensivos de producción de carne: estabulación, semiestabulación y suplementación estratégica en pastoreo*. Recuperado el 2015, Marzo 4. http://www.mag.go.cr/biblioteca_virtual_animal/estabulacion.pdf
- Avaroma J. y Roca R. 2012. *Evaluación de dos implantes anabólicos combinados con dos bioestimulantes en el engorde de Novillos en la Finca Santa Elisa, El Paraíso, Honduras*. Departamento de Ciencia y Producción Agropecuaria. [En línea] Recuperado de: <http://bdigital.zamorano.edu/bitstream/11036/1036/1/T3261.pdf>

- Bavera G., Bocco O., Beguet H. & y Petryna A. 2002. *Promotores del crecimiento y modificadores del metabolismo*. 2004, de Cursos de Producción Bovina de Carne, F.A.V. UNRC. Sitio web: http://www.produccion-animal.com.ar/informacion_tecnica/invernada_promotores_crecimiento/19-promotores_del_crecimiento.pdf.
- Bolaños, T. e Inga, R. 2010. *Evaluación de ganancia de peso en toretes charolais mediante la aplicación de dos anabólicos (Revalor G y Boldenona) frente a animales castrados en la provincia de Morona Santiago*. (Tesis inédita de pregrado). Universidad Politécnica Salesiana Sede Cuenca, Ecuador. Recuperado de <http://dspace.ups.edu.ec/handle/123456789/1089>
- Borja M. 2012. *Engorde de novillos Brahman mestizo bajo sistema de pastoreo y suplementación mineral, con la adición de dos anabólicos comerciales*. Tesis de Grado. Recuperado de: <http://dspace.esPOCH.edu.ec/bitstream/123456789/2217/1/17T1143.pdf>
- Botana, M. Landoni, F. Jiménez, T. 2002. *Farmacología y terapéutica veterinaria*. España, McGraw-Hill Interamericana. Recuperado: http://webcache.googleusercontent.com/search?q=cache:OBbB7Qc9vagJ:redbi-blio.unne.edu.ar/pdf/0603-002739_D.pdf+&cd=4&hl=es-419&ct=clnk&gl=mx
- Cabello M. y Torres E. 2010. *Panorama Agroalimentario Carne de Bovino 2010*. Noviembre 1, 2014, de Dirección de Análisis Económico y Sectorial (DAES) Sitio web: <http://www.corraldeengorda.com.mx/download/panorama-bovino-carne-2010.pdf>
- Cook R. (2014, Octubre 3). *World Beef Production: Ranking Of Countries*. Beef2live. 2014, Noviembre 2, De FAS y USDA Base de datos. Sitio Web: <http://beef2live.com/story-world-beef-production-ranking-countries-130-106885>
- Cook R. (2014, Septiembre 13). *World Cattle Imports: Ranking of Countries*. Beef2live. 2014, Noviembre 2, De FAS y USDA Base de datos. Sitio Web: <http://beef2live.com/story-world-cattle-exports-ranking-countries-130-106911>

- Cook R. (2014, Septiembre 19). *World Cattle Exports: Ranking of Countries*. Beef2live. 2014, Noviembre 2, De FAS y USDA Base de datos. Sitio Web: <http://beef2live.com/story-world-cattle-exports-ranking-countries-130-106911>
- Cook. D. (2000). *Implant strategies for feedlot cattle, adding value to implant strategies through zero defect implanting and application of innovation technologies to modern cattle feeding programs*. Minnesota Cattle Feeder Report B-469. Recuperado : http://www.google.com.mx/url?sa=t&rct=j&q=&esrc=s&source=web&cd=1&ved=0CCEQFjAA&url=http%3A%2F%2Fwww.mnbeef.umn.edu%2Fcattle-feeder%2F2000%2FB-469.pdf&ei=6z2HVMMeSNIuayASU4YCQCw&usq=AFQjCNHOdpqLb2LfNt4tX1JKtckUNIK_nq
- Correal H. 2009. *Uso de Anabólicos en Bovinos. Promotores de Crecimiento*. Recuperado el 2014, Marzo 8 de: http://www.produccion-animal.com.ar/informacion_tecnica/invernada_promotores_crecimiento/27-anabolicos.pdf
- Dayton, W. y White M 2013 . *Mechanisms of anabolic steroid action in bovine skeletal muscle. Evaluating Veterinary Pharmaceutical Behavior in the Environment*. G. P. a. S. Cobb, P.N. Washington DC, American Chemical Society. 1126: 12
Recuperado de: <http://pubs.acs.org/doi/abs/10.1021/bk-2013-1126.ch001>
- Dayton, W.R. , B.J. Johnsonb, M.E. Whitea, and M.R. Hathaway (1999). *Effect of Anabolic steroid implantation on muscle growth in feedlot steers*. Minnesota Cattle Feeder Report B-464. Recuperado: <http://www.mnbeef.umn.edu/cattle-feeder/1999/B-464.pdf>
- DeJarnette M., Nebel R. s.f. “*Anatomía y Fisiología de la Reproducción Bovina*”.
Select Sires. Recuperado de: http://www.selectsires.com/dairy/spanresources/reproductive_anatomy_spanish.pdf

- Delgado C, Rosegrant M, Corbouis C, Steinfeld H & Ehui S. (2011). *La ganadería hasta el año 2020: La próxima revolución alimentaria*. 2011, de Instituto Internacional de Investigaciones sobre Políticas Alimentarias Sitio web: http://www.planagropecuario.org.uy/publicaciones/revista/R94/R94_14.htm
- Detaci E., Sinha S., y Vitto V. 2009 *Evaluación del efecto del implante Synovex-H sobre la preñez de novillas Brahman con un modelo de regresión logística exacto*. San Cristobal, Venezuela. Seventh LACCEI Latin American and Caribbean Conference for Engineering and Technology (LACCEI'2009). [En línea] Recuperado: 2014, Noviembre 18 <http://www.laccei.org/LACCEI2009-Venezuela/p15.pdf>.
- Doyle E. 2000. "*Human Safety of Hormone Implants Used to Promote Growth in Cattle*". Food Research Insitute, University of Winsconsin. Recuperado de https://fri.wisc.edu/files/Briefs_File/hormone.pdf
- FAO 1991. Alimentación, Nutrición y Agricultura. Alimento para el Futuro.Crecimiento Demográfico y Crisis *Alimentaria*, 1, 2014, Noviembre 4, De FAO Corporate Document Repository Base de datos. Sitio Web: <http://www.fao.org/docrep/u3550t/u3550t04.htm#crecimiento%20demogr%C3%A1fico%20y%20crisis%20alimentaria>
- Fritz M. y Speroff L. 2012 *Clinical Gynecologic Endocrinology and Infertility* [Libro en Línea] Lippincott Williams & Wilkins, 2012. Capítulo: History. Recuperado el Noviembre 12, 2014.
- Gimeno, E. 2000. *Anabólicos, su interpretación técnica y económica. Sitio argentino de produccion animal*. Recuperado de http://www.produccion-animal.com.ar/informacion_tecnica/invernada_promotores_crecimiento/62-anabolicos_interpretacion.pdf
- Gonzales, H., Valenzuela, N., Valenzuela, M. & Torrescano, G. 2012. *Efecto de la estrategia de implante con Zeranol y maduración post-mortem sobre la fuerza de corte de la carne de corderos mestizos de pelo corto*. *Revista Científica FCV-LUZ*, XXII (3), 238-244. <http://www.redalyc.org/pdf/959/95922219007.pdf>

- Grassino A., Czaika G. y Mayot M. 2013. *Biología del daño y reparación muscular*. Centro Hospitalario de la Universidad de Montreal. Canada. Recuperado de : <http://www.archbronconeumol.org/es/biologia-del-dano-reparacion-muscular-articulo/10395/>
- Grau A., Guerra B., López J 2007. *Papel de las células satélites en la hipertrofia y regeneración muscular en respuesta al ejercicio*. Recuperado en 2014, Marzo 8 de: http://femedede.es/documentos/Revision_Celulas%20satelites_187_119.pdf
- Guiroy P, Tedeschi L., Fox D. y Hutcheson J. 2002. *The effects of implant strategy on finished body weight of beef cattle*. Journal Animal Science. Vol. 80 no. 71791-1800 [En línea] Recuperado de : <http://www.journalofanimalscience.org/content/80/7/1791.long>
- Hojas, G. (2004). *Evaluación de dos compuestos hormonales en la engorda de vaquillas*. (Tesis de pregrado, Universidad Austral de Chile, Valdivia, Chile. Recuperado de: <http://cybertesis.uach.cl/tesis/uach/2004/fah719e/pdf/fah719e-TH.4.pdf>
- Hui H., Nip W., Rogers W., Young A. 2001 “*Meat Science and Applications*” Marcel Dekker, Inc. Recuperado de: https://books.google.com.mx/books?id=mvgwz8MI8PEC&dq=androgens+anabolic+steroids+beef&source=gbs_navlinks_s
- Hunter R., Davies B., y Sergeant E. 2011 *Hormone growth promotants and beef production A best practice guide*. 2014, Noviembre 18, de Meat and Livestock Australia Sitio web: <http://www.mla.com.au/News-and-resources/Publication-details?pubid=5351>

Interevet/ Schering Ploug Animal Health. s.f. *Estrategias de Implantación*. Recuperado de : <http://www.google.com.mx/url?sa=t&rct=j&q=&esrc=s&source=web&cd=1&ved=0CB0QFjAA&url=http%3A%2F%2Fwww.corraldeengorda.com.mx%2Fdownload%2FWEB-Trip-Estrategia-Implantacion.pdf&ei=XID7VMDtI8mXyAT9iILQBg&usq=AFQjCNHtiL7qlzmtFhCzunSYzbHHhRoJcA>

Jerez, N. y Rodas, A. (2005). Castración e implantes en la producción de carnes de calidad. *Facultad de Agronomía, _Facultad de Ciencias Veterinarias, Núcleo Agropecuario Ciudad Universitaria. Universidad del Zulia. Maracaibo, Venezuela*. Recuperado de http://www.avpa.ula.ve/docuPDFs/libros_online/manual-ganaderia/seccion9/articulo2-s9.pdf

Ledezma B. 2014. *Utilización de Implantes Anabolizantes en Producción de Carne Bovina*. Universidad Nacional Abierta y a Distancia. Escuela de Ciencias Agrarias, Pecuarias y del Medio Ambiente. Programa de Zootecnia. Sitio web: <http://repository.unad.edu.co/bitstream/10596/2713/1/10697554.pdf>

Lozano R. s.f. *Efecto de los promotores del crecimiento en el ganado y en la carne*. Recuperado www.fmvz.uat.edu.mx/%20Investigaci%F3n/

Martínez, M. 1993. *Repercusiones del implante de anabolizantes androgénicos sobre los perfiles hormonales de ganado vacuno*. (Tesis inédita doctoral). Universidad Complutense de Madrid, España. <http://biblioteca.ucm.es/tesis/19911996/D/2/AD2008201.pdf>

McEwen P. y Mandell I. s.f. *Implant effects on carcass composition and meat quality as affected by diet*. Department of Animal and Poultry Science, University of Guelph. Recuperado en 2015, Marzo 8 de : http://www.ridgetownc.uoguelph.ca/research/documents/mcewen_Implantc1.pdf

- Miles E. 2013. "Effect of estradiol supplementation on blood estradiol and metabolite levels, and hepatic protein expression, in growing, mature, and senescent beef cattle". University of Kentucky. Animal and Food Science. Recuperado de: http://www.google.com.mx/url?sa=t&rct=j&q=&esrc=s&source=web&cd=10&ved=0CF4QFjAJ&url=http%3A%2F%2Fuknowledge.uky.edu%2Fcgi%2Fviewcontent.cgi%3Farticle%3D1013%26context%3Danimalsci_etds&ei=MljiVP20I4KnNrnFgNgC&usg=AFQjCNE558UnL6wgOojTJRX-dLAMwezX1A
- Morales F., Vega S., Escobar A., Gutiérrez R. 2013. "Application of high-performance liquid chromatography–UV detection to quantification of clenbuterol in bovine liver samples." *Journal of Food and Drug Analysis* Diciembre 2013: 414-420. JFDA. 4 Noviembre 2014 <http://www.jfda-online.com/article/S1021-9498%2813%2900073-2/fulltext>
- Morante M. 1989 "La primera presidencia comunitaria de España en la Prensa (1989). (Tesis Doctoral) Universidad Complutense de Madrid. Facultad de Ciencias de la Información. Departamento de Periodismo III. Madrid [En línea] <http://eprints.ucm.es/tesis/19972000/S/3/S3034601.pdf>
- Moreno B. 2003. "Higiene e Inspección de Carnes, Volumen 2" Ed. Diaz de Santos. Recuperado de : https://books.google.com.mx/books?id=xgWf4gUXRwEC&dq=RESIDUOS+DE+ACETATO+DE+TREMBOLONA+EN+LA+CARNE&source=gbs_navlinks_s
- Muñiz R. 2008 "Desarrollo de Métodos Cromatográficos Para la Determinación de Esteroides (Corticoides y Anabolizantes) En Piensos y Aguas de Consumo Animal" (Tesis Doctoral) Universidad Complutense de Madrid. Facultad de Ciencias Químicas. Departamento de Química Analítica. [En línea] Madrid. <http://eprints.ucm.es/8280/>
- Nix, JP; Spitzer, JC; Chemoweth, PJ. 2000. Serum testosterone concentration, efficiency of estrus detection and libido expression in androgenized beef cows (en línea). Consultado el 21 feb. 2005. Disponible <http://www.vet.unicen.edu.ar/cátedras/Fisio/resúmenes2000.PDF>

- Ochoa R. & Rodriguez F. 2010. *Producción Pecuaria Su Sustentable y Ordenamiento Ganadero y Apícola (Pro Gan 2008-2012)*. Claridades Agropecuarias, 207, 24. 2014, Noviembre 3, De SAGARPA Base de datos.
- Orellana J. (2005) “*Evaluación del Implante Propionato de Testosterona más Benzoato de Estradiol, Sobre la Ganancia de Peso en Novillas de la Raza Brown Swiss*” (Tesis de grado inédita) Universidad de San Carlos de Guatemala. Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia .Escuela de Medicina Veterinaria. Guatemala. [En línea] http://biblioteca.usac.edu.gt/tesis/10/10_0957.pdf
- Paez, J. 2006. *Evaluación de un implante anabólico con antibiótico en corrales de engorda de la zona centro del estado de Veracruz*. Tesis de Grado. Recuperado de: <http://cdigital.uv.mx/handle/12345678/117>
- Passantino A. 2012. Steroid Hormones in Food Producing Animals:, A Bird's-Eye View of Veterinary Medicine, Dr. Carlos C. Perez-Marin (Ed.), ISBN: 978-953-51-0031-7, InTech, Available from: <http://www.intechopen.com/books/a-bird-s-eye-view-of-veterinary-medicine/title-steroid-hormones-in-foodproducing-animals-regulatory-situation-in-europe>
- Paul M. 2009. “*Medicinal natural products: a biosynthetic approach*”. New York: Wiley. Recuperado de: <http://www.amazon.com/Medicinal-Natural-Products-Biosyntheti-Approach/dp/0470741678>
- Quirós E. 2006. *Tendencias y perspectivas del mercado de la carne bovina para el 2006*. Noviembre 2, 2014, de Corporación Ganadera CORFOGA Sitio web: <http://www.corfoga.org/pdf/articulos/perspectivasmercadocarne2006.pdf>
- Raun A.,Preston R. 2002 *History of diethylstilbestrol use in cattle*. American Society of Animal Science. 2002. Sitio Web: <https://www.asas.org/docs/publications/raunhist.pdf>

- Regal P., Cepeda A. & Fente C. 2012. *Natural Hormones in Food-Producing Animals: Legal Measurements and Analytical Implications, Food Production - Approaches, Challenges and Tasks*, Prof. Anna Aladjadjyan (Ed.), ISBN: 978-953-307-887-8, InTech, Sitio Web: <http://www.intechopen.com/download/pdf/26524>
- Río I. 2010. *Anabolismo. Biología 2da edición*. Recuperado de: http://www.edu.xunta.es/centros/iesriocabe/system/files/u1/T_204_Anabolismo.pdf
- Rocha A. 2014. *Antibióticos y Promotores en la Carne y su impacto en la salud humana*. Recuperado de: <http://nutrien.com.mx/secciones/alimentacion/95-antibioticos-en-la-carne-y-su-impacto-en-la-salud>
- Román H., Aguilera R. & Patraca A.. 2012. *Panorama Mundial y Panorama Nacional. En Producción y Comercialización de Ganado y Carne de Bovino en el estado de Veracruz* (pp. 4-7). Veracruz: Comité Nacional del Sistema Productos Bovino de Carne. [En línea] http://www.nuttropic.com/publicaciones/produccion_y_comercializacion_de_la_carne_veracruz_vf.pdf.
- SAGARPA. Secretaría de Agricultura, Ganadería Desarrollo Rural, Pesca y Alimentación. (2012). *Producción Pecuaria Sustentable y Ordenamiento Ganadero y Apícola 2007-2012*. 2014, Noviembre 3, de PROGAN Sitio web: <http://www.sagarpa.gob.mx/irc/Libros%20Blancos/PROGAN.pdf>
- SAGARPA. Secretaría de Agricultura, Ganadería, Desarrollo Rural, Pesca y Alimentación 2012. www.sagarpa.gob.mx
- Sánchez J. 2013. *Zootecnia de Bovinos Productores de Carne*. Unidad 2. UNAM. Recuperado: 2014, Noviembre 13. [En línea] http://www.fmvz.unam.mx/fmvz/p_estudios/apuntes_zoo/unidad_2_bovinoscarn_e.pdf.
- Sansoucy R. 2005. *Livestock - a driving force for food security and sustainable development*. Animal Production and Health Division, 2014, Noviembre 3, De FAO Base de datos. Sitio Web: <http://www.fao.org/docrep/v8180t/v8180t07.htm>

- Scarth, J., Akre C., Ginkel L., Le Bizec B., Brabander H., Korth W., Points J. Teale P., Kay J. 2009. "Presence and Metabolism of endogenous androgenic-anabolic steroids hormones in meat-producing animals: a review" Vol. 26. Recuperado de [http://www.hdb.ugent.be/HDB/Publications_files/P2009-05%20\(James\).pdf](http://www.hdb.ugent.be/HDB/Publications_files/P2009-05%20(James).pdf)
- SENASICA. 2014. *Manual de Buenas Prácticas Pecuarias en el Sistema de Producción de Ganado Productor de Carne en Confinamiento*. [En línea] Recuperado : 2014, Noviembre 13. <http://www.senasica.gob.mx/?doc=21454>
- Soto, S. 2008. *Implantes estrogénicos y androgénicos, estado actual y potencial en bovinos productores de carne*. Nutriciero, Recuperado de <http://www.nxtbook.com/dtxt/EdicionesPecuarias/Nutriciero/index.php?startid=32>
- Stewart, L. 2013. *Implanting Beef Cattle*. University of Georgia. Cooperative Extension. College of Agricultural and Environmental Sciences. College of Family and Consumer Services. Recuperado: 2013, Noviembre 13. [En línea] <http://extension.uga.edu/publications/detail.cfm?number=B1302>
- The Feeder Association of Alberta and Alberta Agriculture and Rural Development. 2007. *Alberta Feedlot Management Guide*. Nutrition and Management: Growth Implants for Beef Cattle. Recuperado: 2014, Noviembre 13 [En línea] [http://www1.agric.gov.ab.ca/\\$department/deptdocs.nsf/all/beef11691](http://www1.agric.gov.ab.ca/$department/deptdocs.nsf/all/beef11691)
- Torrano, C. (2002). *Moduladores del crecimiento y control parasitario para incrementar la ganancia diaria de peso*. Memorias XI congreso venezolano de producción e industria animal. Recuperado en http://www.avpa.ula.ve/congresos/cd_xi_congreso/pdf/cesartorranosa.PDF
- Ulmer A. 2009. *Nutrition and Management: Growth Implants for Beef Cattle*. *Alberta Feedlot Management Guide*, 2, 130. 2014, Noviembre 3, De Alberta Agriculture an Rural Development Base de datos.

- Unión Ganadera Regional de Jalisco. s.f. *Utilización de anabólicos en bovinos productores de carne*. Autorizado por la INIFAP. Recuperado de: http://www.ugrj.org.mx/index.php?option=com_content&task=view&id=307&Itemid=140
- Valladares, M. 2005. *Efecto de los implantes anabólicos sobre la ganancia diario de peso, la composición de la canal y el análisis financiero de toretes en pastoreo de la zona centro del estado de Veracruz*. Universidad Veracruzana. Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia. Tesis de Grado. [En línea] Recuperado: 2014, Noviembre 19.
- Varela, F. (2010). *Aspectos básicos en el manejo de anabólicos en ganado bovino*. Recuperado de http://www.ganaderia.com.mx/ganaderia/home/articulos_int.asp?vdr=1&cve_art=554
- Velle W. 1981. *Hormones in Animal Production. The Use of Hormones in Animal Production*, de FAO 2014, Noviembre 11 Sitio web: <http://www.fao.org/docrep/004/X6533E/X6533E00.htm#TOC>
- Virbac s.f. *Manual Técnico*. Virbac. Salud Animal. Zeramec. Recuperado de: <http://www.virbac.mx/zeramec/>
- Woehling H., Wilson G, Grummer R., Bray R. & Casida L. 1951. *Effects of Stilbestrol and Testosterone Pellets Implanted into Growing-Fattening Pigs*. *Journal of Animal Science*, 1, 5. 2014, Noviembre 12, De American Society of Animal Science Base de datos [En línea] <http://www.journalofanimalscience.org/content/10/4/889.full.pdf+html?sid=c2f0f3d5-7721-4f2a-b3f5-a6e9a61f3fea>

Zorrilla, R. 2008. *Utilización de Anabólicos en Bovinos Productores de Carne*, Centro Experimental, Jalisco, INIFAP-SAGARPA. Jalisco, MX. sp. Sitio web: <http://utep.inifap.gob.mx/tecnologias/2.%20Bovinos%20Carne/2.%20Nutrici%C3%B3n/UTILIZACI%C3%93N%20DE%20ANAB%C3%93LICOS%20EN%20BOVINOS%20PRODUCTORES%20DE%20CARNE.pdf>.