

**UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE SINALOA
COLEGIO DE CIENCIAS AGROPECUARIAS
MAESTRÍA EN CIENCIAS AGROPECUARIAS**



TESIS

**EFECTO DE IMPLANTES CON ZERANOL Y TREMBOLONA -
ESTRADIOL EN LA RESPUESTA PRODUCTIVA DE OVINOS DE
PELO EN ENGORDA INTENSIVA**

**PRESENTADA COMO REQUISITO PARA OBTENER EL GRADO DE
MAESTRO EN CIENCIAS AGROPECUARIAS**

**PRESENTA
BRICEIDA ORTIZ LOPEZ**

**DIRECTOR DE TESIS
DR. RUBÉN BARAJAS CRUZ**

**CO-DIRECTOR
DR. JAVIER ALONSO ROMO RUBIO**

**ASESORES
DR. LEOPOLDO RAÚL FLORES AGUIRRE
MC JUAN JOSÉ LOMELÍ GÓMEZ**

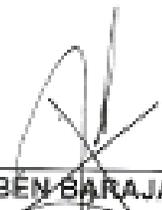
CULIACAN, SINALOA, ENERO DE 2012

ESTA TESIS FUE REALIZADA POR BRICEIDA ORTIZ LÓPEZ, BAJO LA DIRECCIÓN DEL CONSEJO PARTICULAR QUE SE INDICA; Y HA SIDO APROBADA POR EL MISMO COMO REQUISITO PARCIAL PARA OBTENER EL GRADO DE:

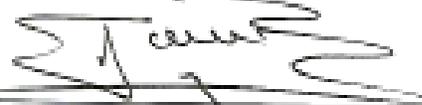
MAESTRO EN CIENCIAS AGROPECUARIAS

CONSEJO PARTICULAR

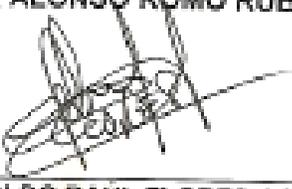
DIRECTOR DE TESIS _____


DR. RUBÉN BARAJAS CRUZ

CO-DIRECTOR DE TESIS _____


DR. JAVIER ALONSO ROMO RUBIO

ASESOR DE TESIS _____


DR. LEOPOLDO RAÚL FLORES AGUIRRE

ASESOR DE TESIS _____


MC JUAN JOSÉ LOMBEL GÓMEZ

CULIACÁN, SINALOA, ENERO DE 2012



UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE SINALOA COLEGIO DE CIENCIAS AGROPECUARIAS

FACULTAD DE MEDICINA VETERINARIA Y ZOOTECNIA
FACULTAD DE AGRONOMÍA CULIACÁN
FACULTAD DE AGRONOMÍA VALLE DEL FUERTE
FACULTAD DE CIENCIAS DEL MAR
FACULTAD DE AGRONOMÍA VALLE DEL CARRIZO

En la Ciudad de Culiacán Rosales, Sinaloa, el día 20 de enero del año 2020, la que suscribe, Briceida Ortiz López alumna del Programa de Maestría en Ciencias Agropecuarias, con número de cuenta 4376862, de la Unidad Académica Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia, del Colegio de Ciencias Agropecuarias de la UAS, manifiesta que es autora intelectual del presente trabajo de Tesis bajo la dirección de la Dr. Rubén Barajas Cruz y del Dr. Javier Alonso Romo Rubio y cede los derechos del trabajo titulado “Efecto de implantes con zeranol y trembolona-estradiol en la respuesta productiva de ovinos de pelo en engorda intensiva”, a la Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia, del Colegio de Ciencias Agropecuarias de la Universidad Autónoma de Sinaloa, para su difusión, con fines académicos y de investigación por medios impresos y digitales, todo esto en apego al artículo 27 de la Ley Federal de Derechos de Autor.

La Ley Federal del Derecho de Autor (LFDA) de los Estados Unidos Mexicanos (México) protege el contenido de la presente tesis. Los usuarios de la información contenida en ella deberán citar obligatoriamente la tesis como fuente, dónde la obtuvo y mencionar al autor intelectual. Cualquier uso distinto como el lucro, reproducción, edición o modificación, será perseguido y sancionado por el respectivo titular de los Derechos de Autor.

ATENTAMENTE

Briceida Ortiz López

DOMICILIO: Calle Magnolia # 1606, Col. Sinaloa. Culiacán, Sinaloa, México.
TELÉFONO: 667-1753774
CORREO ELECTRÓNICO: briceida.ortiz@uas.edu.mx
CURP: OILB830721MSLRPR03

DEDICATORIA

A Dios, por ser mi fortaleza y por hacer palpable su amor a través de cada persona que estuvo conmigo en esta fase de mi formación académica.

A mis padres Nicolás y Crescencia, a mis hermanas: Brígida, María Beni, Rosalvina y a mi hermano Guadalupe, que sin esperar nada a cambio, han sido pilares en mi camino y así, forman parte de este logro que me abre puertas inimaginables en mi desarrollo profesional.

A mis sobrinos esos enanos que con sus travesuras e impertinencias alegran mi vida, los adoro.

A mi familia por estar conmigo, por su apoyo incondicional, en especial a ti Rita, tus consejos siempre son aliento para no desfallecer.

A mis amigos y compañeros de maestría a todos y cada uno por compartir sus conocimientos y brindarme su apoyo siempre, persistiendo en que no hay nada imposible, los sueños de ayer son las esperanzas de hoy y pueden convertirse en realidad mañana.

A ti Peke, porque independientemente de donde estés siempre iluminas mi pensamiento.

“Sólo cerrando las puertas detrás de uno se abren ventanas hacia el porvenir”

(Francoise Sagan)

AGRADECIMIENTOS

A la Universidad Autónoma de Sinaloa, al Colegio de Ciencias Agropecuarias y a la Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia, por brindarme la oportunidad de incursionar en la investigación científica.

A mi director de tesis, **Dr. Rubén Barajas Cruz** que vive entregado a la investigación científica, sabiendo que jamás existirá una forma de agradecer su apoyo incondicional con gran profesionalismo en mi formación investigadora, su trato humano y visión crítica de la vida cotidiana, que ayudan a formarme como persona, deseo expresarle que mis ideales, esfuerzos y logros han sido también suyos y constituye un gran legado, con Admiración y Respeto.

A mi codirector de tesis Dr. Javier Alonso Romo Rubio por su apoyo incondicional, solidaridad, apoyo logístico y confianza que tuvo durante todo este tiempo, sobre todo porque siempre se dio tiempo para realizar pertinentes observaciones que enriquecieron mi formación personal y profesional.

A mis asesores Dr. Leopoldo Raúl Flores Aguirre y MC Juan José Lomelí Gómez, por su apoyo, dedicación e invaluable enseñanzas.

A mis maestros, por su dedicación y por compartir sus conocimientos y experiencias.

A Hilda Sarabia, por su comprensión, amistad e incondicional apoyo.

A la Agrícola y Ganadera Mojolo S.A. de C.V. y personal que ahí labora, por su colaboración para realizar los trabajos experimentales de esta tesis en especial al M.V.Z. Nahúm Emilio Villalba Avitia por su apoyo en esta investigación.

Al CONACYT, por su valiosa aportación durante mis estudios de maestría.

A PROFAPI-UAS por el apoyo financiero para el desarrollo de la investigación

CONTENIDO

ÍNDICE DE CUADROS.....	v
RESUMEN.....	vi
ABSTRACT.....	vii
I. INTRODUCCIÓN.....	1
II. REVISIÓN DE LITERATURA.....	2
2.1. Situación de la ganadería ovina.....	2
2.2. Sistemas de producción para ovinos en finalización.....	3
2.2.2. Engorda intensiva de corderos.....	4
2.3. Implantes hormonales.....	5
2.3.1. Zeranol.....	5
2.3.2. 17 β Estradiol.....	7
2.3.3. Trembolona.....	7
2.4. Uso de implantes en la respuesta productiva.....	8
III. HIPÓTESIS.....	10
IV. OBJETIVO GENERAL.....	11
V. OBJETIVOS ESPECÍFICOS.....	11
VI. MATERIALES Y MÉTODOS.....	12
6.1. Ubicación geográfica.....	12
6.2. Manejo general de los corderos.....	12
6.3. Experimento 1.....	12
6.3.1. Animales y alojamiento.....	12
6.3.2. Diseño experimental y tratamientos.....	13
6.3.3. Medición de Condiciones medioambientales.....	13
6.3.4. Procedimiento experimental.....	13
6.4. Experimento 2.....	14
6.4.1. Animales y alojamiento.....	14
6.4.2. Diseño experimental y tratamientos.....	14
6.4.3. Medición de condiciones medioambientales.....	16
6.4.4. Procedimiento experimental.....	16
6.5. Análisis estadístico.....	17
VII. RESULTADOS Y DISCUSIÓN.....	18
7.1. Experimento 1.....	18
7.2. Experimento 2.....	21
VIII. CONCLUSIÓN.....	25
IX. LITERATURA CITADA.....	26

ÍNDICE DE CUADROS

CUADRO	TÍTULO	PÁGINA
1	Composición en base seca de la dieta utilizada en los experimentos 1 y 2...	14
2	Indicadores de las condiciones medioambientales prevalecientes durante el Experimento 1.....	18
3	Influencia del implante de Zeranol en la respuesta productiva de corderos de pelo engordados en forma intensiva.....	19
4	Indicadores de las condiciones medioambientales prevalecientes en los corrales durante el Experimento 2.....	21
5	Influencia de la potencia del implante en la respuesta productiva de corderos en engorda intensiva.....	22

Resumen

Efecto de implantes con Zeranol y Trembolona-Estradiol en la respuesta productiva de ovinos de pelo en engorda intensiva

M.V.Z. Briceida Ortiz López

Con el objetivo de determinar el efecto de la aplicación de implantes hormonales con distinta potencia en la respuesta productiva de ovinos de pelo en engorda intensiva se realizaron dos experimentos: Experimento 1. Se utilizaron 24 corderos $\frac{3}{4}$ Dorper x $\frac{1}{4}$ Katahdin (29.23 kg), los que fueron incluidos en una prueba de respuesta productiva en corral por 35 días; en un diseño de bloques completos al azar asignados a los siguientes tratamientos: 1) Sin implante (Testigo); y 2) Implante con 12 mg de zeranol (Zeranol). Experimento 2. Se utilizaron 36 corderos $\frac{3}{4}$ Katahdin x $\frac{1}{4}$ Pelibuey (24.23 kg), los que fueron incluidos en una prueba de respuesta productiva en corral por 28 días; en un diseño de bloques completos al azar asignados a los siguientes tratamientos: 1) Corderos no implantados (Testigo), 2) Corderos que recibieron 12 mg de zeranol como implante de potencia mediana (Z); y 3) Corderos que recibieron 40 mg de trembolona y 8 mg de estradiol como implante de potencia elevada (TE). En el Experimento 1. El peso final fue similar en ambos tratamientos ($P > 0.25$). La aplicación de Zeranol incrementó ($P = 0.06$) en 20.5% la ganancia diaria de peso (0.329 vs. 0.273 kg/día). El consumo de materia seca no fue afectado por los tratamientos ($P = 0.30$). La conversión alimenticia (consumo/ganancia) fue mejorada ($P = 0.02$) 17.6% en los animales que recibieron Zeranol en comparación con el grupo testigo. Experimento 2. El peso final se incrementó linealmente ($P = 0.02$) a medida que aumentó la potencia del implante. Los animales que recibieron el implante de potencia elevada tuvieron una ganancia diaria de peso 27.8% superior a los corderos del grupo testigo ($P = 0.03$). La ganancia diaria de peso de los corderos aumento linealmente ($P = 0.03$) a medida que se incrementó la potencia del implante aplicado. El consumo de la materia se incrementó ($P = 0.10$) con la potencia del implante. La conversión alimenticia (consumo/ganancia) fue promovida de manera lineal ($P = 0.02$) en la medida que se incrementó la potencia del implante. Los resultados de la presente investigación, sugieren que los implantes de potencia elevada con Trembolona-estradiol, son los recomendables para incrementar la respuesta productiva de ovinos de pelo en engorda intensiva en clima caluroso.

Palabras clave: Ovinos de pelo, Zeranol, Trembolona, Estradiol, Engorda intensiva.

Abstract

Effect of implants with Zeranol and Trenbolone-Estradiol in the productive response of hair lambs in feedlot

M.V.Z. Briceida Ortiz López

With the objective to determine the effect hormonal implants application with different potency on the productive response of feedlot hair sheep two experiments were conducted: Experiment 1. Forty four lambs $\frac{3}{4}$ Dorper x $\frac{1}{4}$ Katahdin (29.23 kg) were used in a 35-days feedlot-performance trial; in a complete block design experiment they were randomly assigned to the following treatments: 1) no implant (control), and 2) implant with 12 mg of zeranol (zeranol). Experiment 2. Thirty six lambs $\frac{3}{4}$ Katahdin x $\frac{1}{4}$ Pelibuey (24.23 kg) were used in a 28-days feedlot-performance trial for 28 days; in a complete block design they were randomly assigned to the following treatments: 1) no implanted lambs (Control); 2) lambs receiving 12 mg of zeranol as medium potency-implant (Z); and 3) lambs receiving 40 mg of trenbolone and 8 mg of estradiol as high potency-implant (TE). In Experiment 1. The final weight was similar in both treatments ($P > 0.25$). The application of zeranol increased ($P = 0.06$) in 20.5% the daily weight gain (0.329 vs. 0.273 kg/day). Dry matter intake was no affected by treatment ($P = 0.30$). Feed conversion (consumption/gain) was improved ($P = 0.02$) 17.6% in animals receiving zeranol compared with control group. Experiment 2. The final weight was increased linearly ($P = 0.02$) as increased the potency of implant. The animals that received the implant of high potency-implant had dairy gain 27.8% higher than no implanted lambs ($P = 0.03$). Average daily gain of lambs augmented linearly ($P = 0.03$) as increased the potency of implant. Dry matter intake increased ($P = 0.10$) with the potency of implant. The feed conversion (consumption/gain) was promoted in a linear manner ($P = 0.02$) with the potency of implant. The result of this study suggest that implant of high potency with trenbolone-estradiol, are the recommendable to increase the productive response of feedlot hair lambs in a hot weather environment.

Keywords: Hair sheep, Zeranol, Trenbolone, Estradiol, Feedlot.

I.- INTRODUCCIÓN

La engorda intensiva de ovinos es una actividad creciente en el Estado de Sinaloa; es interés de los ganaderos aumentar la respuesta de crecimiento de los animales en explotación intensiva (SAGARPA, 2009). La aplicación de implantes anabólicos es una estrategia que se utiliza comúnmente en los bovinos en engorda intensiva (Cooper, 1983; Fisher *et al.*, 1986).

En ovinos se han estudiado diversos efectos de los implantes (Nold *et al.*, 1992; Field *et al.*, 1993; Salysbury *et al.*, 2007), sin embargo su aplicación en la industria de la engorda de ovinos en Estados Unidos alcanza apenas el 1.7% (Salysbury *et al.*, 2007), en México no existe estadística alguna al respecto. La mayor parte de las pruebas de respuesta productiva con el uso de implantes, se han realizado con ovinos de razas pesadas (Lough *et al.*, 1993; McClure *et al.*, 2000; Salysbury *et al.*, 2007), que corresponden a genotipos distintos a las razas de pelo que son explotadas intensivamente en las regiones tropicales y subtropicales de América Latina.

Las razas de ovinos con genotipo pequeño como las razas de pelo tropicales, tienen mayores requerimientos energéticos para crecimiento que las de genotipo pesado (NRC, 1985), por lo que el genotipo puede modificar la magnitud de la respuesta a los implantes. Es escasa la información relacionada con la modificación en el desempeño productivo de los ovinos de pelo en respuesta a la aplicación de implantes hormonales.

Esta investigación se realizó con el objetivo de determinar el efecto de la aplicación de implantes hormonales con distinta potencia en la respuesta productiva de ovinos de pelo en engorda intensiva.

II.- REVISIÓN DE LITERATURA

2.1. Situación de la ganadería ovina

Los pequeños rumiantes han ganado importancia socio-económica en los países en desarrollo, debido a que su ciclo reproductivo y productivo es más corto comparado con los grandes rumiantes, esto los convierte en una alternativa sustentable para la producción de carne (Torres, 2006).

Por su población ovina México se ubica como el 6º lugar en Latinoamérica y en el 38º a nivel mundial (Acero, 2005); sin embargo, en los últimos años la producción de carne ovina en México se ha caracterizado por su dinamismo; observándose un aumento del 7% de la población ovina en el periodo de 2005 a 2008, al pasar de 7.20 a 7.75 millones de cabezas, que expresado como producción de carne en canal, pasó de 46,229 t a 51,275 t (SIAP, 2008), de las cuales el estado de Sinaloa aporta el 4.02%, con un inventario de 149,096 cabezas (SAGARPA, 2009).

El clima del Estado de Sinaloa se caracteriza por tener una temperatura promedio anual es de 25.9 °C con máxima de 30.4 °C en junio y julio, y mínima de 20.6 °C en enero (CIAPAN, 2002), lo que favorece el desarrollo de la producción ovina tomando en cuenta que la zona de confort térmico de los ovinos es de -12 °C a +32 °C (Odongo *et al.*, 2006).

Las razas utilizadas principalmente en el Estado de Sinaloa corresponden a las razas desarrolladas bajo condiciones de climas calurosos, con una base generalizada de la raza Pelibuey Tabasco y Black Belly en una proporción menor, con la introducción en años recientes de sangre Katahdin, todas ellas de genotipo pequeño que aunque aportan rusticidad y prolificidad, en cierta manera limitan la productividad en corral, tomando en cuenta, que los genotipos de raza pequeña tienen mayores requerimientos energéticos que los de razas pesadas (NRC, 1985). Entre las razas de genotipo pesado que se han introducido a Sinaloa en los últimos años, la raza Dorper es la que ha recibido la mayor aceptación de los ganaderos para mejorar la producción cárnica.

2.2. Sistemas de producción para ovinos en finalización

Los sistemas de producción ovina son similares con los de bovinos, en el sentido de que la producción de corderos se lleva a cabo en sistemas extensivos de bajos insumos y la engorda se realiza tanto en corral como en pastoreo (Hernández, 2001; Bores y Vega, 2003). En México, la engorda intensiva de corderos ha tomado auge; anteriormente la mayor parte de esta actividad se concentraba en la zona centro del país y utilizaban en mayor medida ingredientes con bajo valor nutricional como rastrojos, pollinaza y subproductos agrícolas; complementados en algunos casos con forrajes de mayor valor nutricional y granos; sin embargo, estas raciones la mayoría de las veces no aportan los requerimientos nutrimentales de los corderos, haciendo de la engorda bajo este sistema, un proceso lento (AMCO, 2005).

La utilización de sistemas intensivos estabulados para producción de carne en ovinos es reciente y ha ganado popularidad (De Lucas y Arbiza, 2000). Se estima que alrededor del 20% de los animales se finalizan en corral con sistema basados en dietas con elevada proporción de concentrados, 40% en pastoreo en sistemas con niveles medianos de ingredientes con alto contenido energético y proteico; y el otro 40% en sistema de pastoreo con el uso de ingredientes de bajo valor nutricional (Bores y Vega, 2003), por lo que en este último, los niveles de producción son modestos ya que el potencial genético del ovino no es expresado en su totalidad (Améndola *et al.*, 2006).

Recientemente, la alta demanda de cordero de buena condición corporal, ha creado un creciente interés por las engordas tecnificadas, en donde se utilizan insumos de alta calidad como los granos, alimentos proteicos como las pastas de soya y canola, etc. así como forrajes de buena calidad (Gutiérrez, 2005).

La producción de carne de ovino en condiciones de estabulación, puede lograrse tanto en machos como en hembras, y el tipo de animales más adecuado para ser engordado intensivamente es el que proviene de cruza, ya que las ganancias diarias de peso van de los 250 a 300 g y los corderos alcanzan su peso de mercado aproximadamente a los 120 días de edad; los corderos engordados intensivamente tienen mejor calidad de carne, comparados con los que son

engordados en praderas, debido a que son más jóvenes por lo que su masa corporal está mejor conformada y su carne más tierna (Gutiérrez, 2005).

2.2.2. Engorda intensiva de corderos

Este método es empleado preferentemente para la producción de carne de corderos, usando dietas concentradas, en este sistema los animales deben pasar por un período de adaptación al sistema de alimentación y a la presentación física del alimento, suficiente para producir una razonable adaptación de los microorganismos ruminales, cuyo tiempo dependerá de las condiciones previas de crianza del cordero (Pérez, 1983); con la finalización intensiva de corderos, se logra una buena ganancia, mejor conversión alimenticia y se produce un canal de animal más joven y tierno (Pérez, 1983; Cano *et al.* 2001).

El factor más importante que ha determinado el crecimiento de la actividad ovina, ha sido la engorda de corderos, lo cual ha permitido llegar al mercado con un producto de mejor calidad y rendimiento (Gutiérrez, 2005). En este sistema sin embargo, se requiere de una mayor inversión en capital e infraestructura, que los sistemas basados en el pastoreo (Cano *et al.* 2001).

Durante los últimos cincuenta años, tanto ganaderos como investigadores han buscado la forma de acelerar el crecimiento y la ganancia de peso del ganado, especialmente en los animales desarrollados bajo el sistema de engorda intensiva, de tal forma que han recurrido al uso de los implantes anabólicos hormonales (Carroll *et al.*, 2007). Se utilizan tanto implantes estrógenicos como androgénicos, así como la combinación de ambos.

Los primeros implantes comerciales utilizados masivamente fueron los que contienen Zeranol, más tarde los que contienen estradiol y recientemente los que contienen combinaciones de estradiol con acetato de trembolona, estas sustancias anabolizantes son capaces de mejorar el balance nitrogenado mediante el aumento del depósito de proteínas en el organismo animal (Broome, 1980; Montgomery *et al.*, 2001), lo que representa una alternativa eficaz y a la vez económica que permite un crecimiento más rápido y una mejor eficiencia de

conversión alimenticia, produciendo como resultado final un incremento en la tasa de crecimiento y productividad del ganado (Cooper, 1983; Fisher y Wood, 1986).

La eficacia del Zeranol como promotor del crecimiento y mejorador de la eficiencia alimenticia en ovinos ha sido ampliamente estudiada (Wiggins *et al.*, 1979; Field *et al.*, 1993; Salysbury *et al.*, 2007), observando en la mayoría de los estudios una mejora en la respuesta de los animales implantados con relación a los testigos. Con el uso de implantes combinados con acetato de Trembolona + Estradiol, se aprecia en promedio una ganancia diaria superior en 21% comparadas con los animales que no recibieron implante (Grandadam *et al.*, 1975; Johnson *et al.*, 1998; McClure *et al.*, 2000).

2.3. Implantes hormonales

Los implantes hormonales contienen sustancias con un importante efecto anabólico, que se manifiesta con una mejora en la ganancia de peso y conversión alimenticia (Carroll *et al.*, 2007), lo cual se atribuye a una serie de cambios en la secreción de hormonas reguladoras del crecimiento en el propio animal implantado (Johnson *et al.*, 1998; Webb *et al.*, 2002); el impacto se manifiesta en un incremento de la masa muscular, debido al aumento en el balance de nitrógeno (Hufstedler *et al.*, 1996).

Entre las sustancias incluidas como principio activo de los implantes comercialmente utilizados sobresalen: el zeranol que fue el primero en ser empleado en bovinos y que sigue en uso (Hufstedler y Green, 1995); el estradiol, que es la sustancia estrogénica de tipo esteroidal con mayor tiempo en uso (Leffers *et al.*, 2001), así como la trembolona, una sustancia con actividad androgénica que fue la última en ser incluida en la composición de los implantes (Johnson *et al.*, 1998). Una proporción importante de los implantes actualmente disponibles están conformados por una mezcla de las dos últimas sustancias (Webb *et al.*, 2002).

2.3.1. Zeranol

El Zeranol, también conocido como α -Zearalanol es una lactona del ácido resorcílico (Olsen *et al.*, 1977; Leffers *et al.*, 2001), se obtiene por reducción de la zearalenona un metabolito con potente actividad estrogénica que es producido por

varias cepas de *Fusarium sp* (Hagler *et al.*, 1979; Mirocha *et al.*, 1979; Carrol *et al.*, 2007). La fórmula estructural del zeranol ($C_{18}H_{28}O_5$; masa molecular = 322.4 g mol⁻¹) se presenta en la Figura 1.

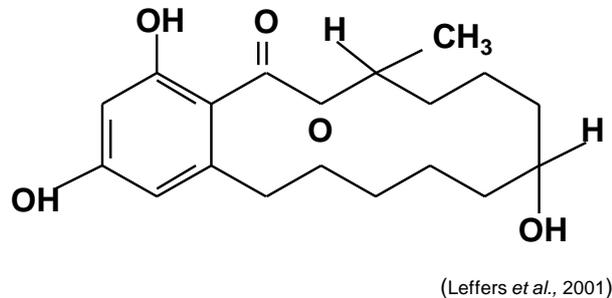


Fig. 1. Zeranol (α – Zearalanol)

El zeranol es utilizado en los rumiantes en engorda por su efecto en promover la ganancia de peso y la eficiencia alimenticia (Olsen *et al.*, 1977). La aplicación de zeranol en implante provoca un incremento en tamaño y peso de la glándula pituitaria (Wiggins *et al.*, 1979; Hufstedler *et al.*, 1996; Carroll *et al.*, 2007), acompañada de un aumento en la concentración plasmática de hormona del crecimiento (GH) e insulina (Wiggins *et al.*, 1976; Olsen *et al.*, 1977), hormonas relacionadas con la promoción del crecimiento y el anabolismo.

El zeranol además, induce en corderos un aumento en la concentración de glucosa y un incremento en los niveles plasmáticos del Factor de Crecimiento 1 parecido a la insulina (GFI-I) hasta en 56% (Hufstedler *et al.*, 1996). El incremento en la concentración de GH, de GFI-I y de insulina sugieren que el aumento en la masa muscular se debe a un incremento en la acreción de aminoácidos y síntesis de proteína en las células musculares, dado que estas son respuestas fisiológicas conocidas de estas hormonas (Cunningham, 1997).

El implante, también induce a una proliferación de pre-adipositos en vaquillas, lo que puede explicar el aumento de peso en los animales implantados, dado que los mioblastos y los preadipositos provienen del mismo tipo de células madres y están más interrelacionados que otras estirpes celulares (Ye *et al.*, 2009).

La elevación de estos metabolitos y sustancias reguladoras del crecimiento, afectan el metabolismo de los nutrimentos disponibles en los corderos, con una

mejora en la retención del N e incrementos de 98% en la retención de calcio, 138% la de magnesio y 60% la del zinc (Hufstedler y Green, 1995; Hufstedler *et al.*, 1996).

2.3.2. 17 β -Estradiol

El 17 β -Estradiol (C₁₈H₂₄O₂; masa molecular 272.39 g mol⁻¹), es un esteroide anabólico natural; en la hembra es producido por el folículo ovárico, siguiendo un patrón cíclico y provocando los cambios de conducta observados durante el estro, en el macho es producido en pequeñas cantidades por las glándulas adrenales; en los rumiantes es la fracción estrogénica fisiológicamente activa de mayor importancia (Bavera *et al.*, 2002). Su modo de acción es compatible con los anabólicos estrogénicos, actúan a nivel de hipófisis, estimulando la producción de somatotropina (STH), adrenocorticotropina (ACTH) y tirotropina (Bavera *et al.*, 2002). El implante incrementa la hormona del crecimiento en el plasma lo que va a aumentar la concentración de nitrógeno, lo cual resulta en un incremento de la producción de carne magra sin efectos adversos en la calidad de la carne (Trenkle, 1970). La fórmula estructural del 17 β -Estradiol se presenta en la figura 2.

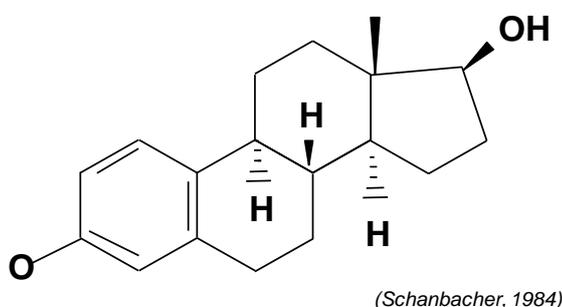


Fig. 2. 17 β -Estradiol

2.3.3. Trembolona

La trembolona (C₁₈H₂₂O₂; masa molecular 270.37 g mol⁻¹), es una sustancia con potente actividad androgénica, se utiliza en los implantes para el ganado en forma de acetato de trembolona (Grandadam *et al.*, 1975). Su fórmula estructural se presenta en la figura 3.

La trembolona pertenece al grupo de los xenobióticos o no estilbenos, y fue el primer esteroide anabolizante sintético derivado de la nortestosterona (Bavera

et al., 2002), posee actividad hormonal similar a la testosterona, pero con mayor actividad anabólica, se ha empleado con éxito en forma comercial en la industria pecuaria, se le considera como hormona sexual anabólica (Grandadam *et al.*, 1975; Salgado *et al.*, 2008), incrementa el número de células satélite en los músculos semimembranosos, aumenta las concentraciones de IGF-I circulante, IGF-I y los niveles de ARNm en músculo (Pampusch *et al.*, 2008).

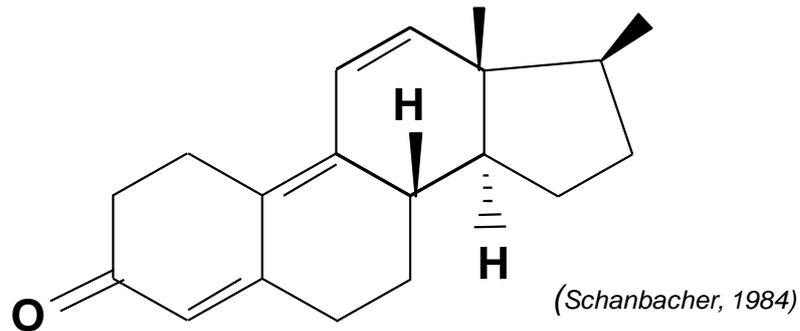


Fig. 3. Trembolona

El acetato de trembolona en combinación con estradiol mejora el crecimiento muscular mediante el aumento de la tasa de proliferación y el estado de activación de las células satélite del músculo, estas células contribuyen al crecimiento postnatal (Weeb *et al.*, 2002); también, disminuye la producción de glucocorticoides adrenales, que posteriormente pueden mediar la reducción de la degradación de la proteína del músculo (Hayden *et al.*, 1992).

2.4. Uso de implantes en respuesta productiva

El uso de implantes para mejorar la respuesta productiva ha sido adoptado de forma rutinaria en la mayoría de los programas de producción, ya que se optimiza el consumo de alimento, la ganancia diaria de peso y la conversión alimenticia (Weeb *et al.*, 2002). Existen experimentos que demuestran que el uso de zeranol, 17 β -estradiol y acetato de trembolona incrementan los parámetros productivos en las diferentes especies (Grandadam *et al.*, 1975; Montgomery *et al.*, 2001).

El zeranol se ha utilizado como un modificador del metabolismo durante varias décadas por su capacidad para retener nitrógeno, que favorece el crecimiento muscular y al aumento de peso (Hufstedler y Green, 1995). La

actividad anabólica del zeranol se sustenta en los resultados de una serie de estudios realizados por diferentes investigadores: Salisbury *et al.* (2007), al evaluar la respuesta productiva en corderos Rambouillet con 29.5 kg de peso inicial implantados con zeranol, reportaron una ganancia diaria de peso de 293 g y conversión alimenticia de 5.84 kg/kg. Hufstedler *et al.* (1996), al medir los efectos del zeranol (12 mg) alimentando corderos cruzados *ad libitum*, obtuvieron consumos de 1249 g/d, 217 g de ganancia diaria de peso y conversión alimenticia de 167 g/kg, de igual manera Field *et al.* (1993), al usar el mismo tipo de implante en corderos Columbia con peso inicial de 35 kg a los 70 días de prueba reportaron pesos de 48.45 kg, ganancia diaria de 250 gr y conversión alimenticia de 131 g/kg, por su parte Hutchenson *et al.* (1992), reportaron ganancia diaria de 290 g en corderos producto de cruce.

El acetato de trembolona se usa generalmente en combinación con el estradiol, en implantes que estimulan el crecimiento muscular sin aumentar la ingesta (Blanco *et al.*, 2002). El incremento en la masa muscular inducido por la trembolona, es mediante el aumento de la tasa de proliferación y el estado de activación de las células satélite del músculo, estas células contribuyen al crecimiento postnatal (Weeb *et al.*, 2002), lo anterior es apoyado por McClure *et al.* (2000), quienes usaron 60 mg de acetato de trembolona y 12 mg de benzoato de estradiol en ovinos castrados cruce de Targhee x Hampshire, reportan una ganancia diaria de peso de 325 g/día. Por su parte Johnson *et al.* (1998), midieron el efecto del acetato de trembolona-estradiol (40mg de TBA+8 mg de E₂) en la respuesta productiva de corderos mestizos obteniendo 482 g/día, de ganancia de peso, 1.32 kg de consumo de materia seca y 2.74 kg para conversión alimenticia.

Con la combinación de andrógenos y estrógenos se logran aumentos sinérgicos en la tasa de crecimiento de los rumiantes (Morón y Rumbos, 1997), algunos autores indican que una combinación de implantes incrementa la tasa de crecimiento y mejora la conversión alimenticia aproximadamente entre 15 y 20% comparado con animales no implantados (Schanbacher, 1984; Bartle *et al.*, 1992). Los implantes hormonales de origen tanto estrogénico como androgénico y su combinación benefician la producción ya que aumentan la tasa de ganancia de peso y la conversión alimenticia (Mateescu y Thonney, 2005).

III.- HIPÓTESIS

La aplicación de implantes hormonales de potencia elevada con (trembolona-estradiol) mejora la respuesta productiva de ovinos de pelo en engorda intensiva en relación a corderos sin implantar o que reciben un implante de mediana potencia (zeranol).

IV.- OBJETIVO GENERAL

Determinar el efecto de la aplicación de implantes hormonales con distinta potencia (trembolona-estradiol o zeranol) en la respuesta productiva de ovinos de pelo en engorda intensiva.

V.- OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- 5.1. Determinar el efecto de implante de mediana potencia (zeranol) en la respuesta productiva de ovinos de pelo en engorda intensiva.
- 5.2. Determinar el efecto de implante de potencia elevada (trembolona-estradiol) en la respuesta productiva de ovinos de pelo en engorda intensiva.
- 5.3. Comparar el impacto de la aplicación de implantes con diferente potencia en la respuesta productiva.

VI.- MATERIALES Y MÉTODOS

6.1. Ubicación geográfica

La investigación se llevó a cabo durante los meses de junio a septiembre de 2010 en la unidad de investigación para ovinos “Mojolo- CAUAS210”, ubicado en las instalaciones de Agrícola y Ganadera Mojolo, S.A. de C.V. en el poblado de Mojolo, Culiacán, Sinaloa, en el Noroeste de México, localizada a 24° 53' 16" de latitud Norte y 107° 25' 03" longitud Oeste a 46 msnm.

La zona se caracteriza por tener un clima BS₁ (h') w(w)€, el cual se define como clima semiseco, muy cálido, extremoso, con lluvias en verano, según la clasificación de Koppen modificada por García (1988); la temperatura promedio anual es de 25.9 °C con máxima de 30.4 °C en junio y julio, y mínima de 20.6 °C en enero; la humedad relativa promedio es de 68%, con máxima de 81% en septiembre y mínima de 51% en abril; la precipitación anual promedio es de 665.6 mm (CIAPAN, 2002).

6.2. Manejo general de los corderos

En ambos experimentos, los corderos fueron identificados con arete de plástico numerado, desparasitados y vitaminados con una aplicación por vía subcutánea a cada cordero de 0.75 mL de Virbamec ADE fuerte® (Lab. Virbac), la cual contiene por cada mL: ivermectina 10 mg, vit A 500000 U. I, Vit D 75000 U.I y Vit E 50 U.I. Los animales también fueron vacunados para prevenir enfermedades clostridiales (Covexin; lab. Schering Plough; 1 mL/cordero vía sc) y las causadas por *Mannheimia haemolytica* (One Shot; Lab. Pfizer; 1 mL/cordero vía sc).

6.3. Experimento 1

6.3.1 Animales y alojamiento

Se utilizaron 24 corderos de pelo ($\frac{3}{4}$ Dorper x $\frac{1}{4}$ Katahdin) con un peso promedio inicial de 29.23 ± EE 0.87 kg en una prueba de respuesta productiva en corral de engorda con duración de 49 días. Al inicio del experimento, los animales se pesaron; con base en el peso inicial, los corderos se agruparon en dos bloques de 12 corderos cada uno (Ligeros 25.85 ± EE 0.75 kg; y pesados 32.61 ± EE 0.75

kg). Dentro de cada bloque, en grupos de tres, los animales fueron alojados en cuatro corrales (0.9 m x 1.9 m), con piso elevado a 0.6 m sobre el nivel del suelo; el piso de los corrales se integró con tablillas de plástico ranuradas, equipados con 0.3 m de comedero lineal y un bebedero automático compartido por cada dos corrales.

6.3.2. Diseño experimental y tratamientos

Se utilizó un diseño de bloques completos al azar (Hicks, 1973). El criterio de bloqueo fue el peso (ligeros y pesados), dentro de cada bloque, los corrales fueron asignados de manera aleatoria a uno de dos tratamientos: 1) Corderos sin implante (Testigo); y 2) Corderos implantados con 12 mg de zeranol (Zeranol). La dosis de 12 mg de zeranol por cordero, se obtuvo con la aplicación de un comprimido del implante Ralgro® (Lab. Intervet Shering-Plough Animal Health), el cual en su presentación comercial contiene 36 mg distribuidos en tres comprimidos.

6.3.3. Medición de Condiciones medioambientales

Los datos de temperatura del aire y humedad relativa correspondientes a los días del periodo de prueba se obtuvieron de la estación meteorológica más cercana (Estación No. 25 Mojolo-Culiacán; CAADES, Sistema Meteorológico Nacional, CNA) la cual se localiza a 24° 55' 56" de latitud Norte y 107° 26' 27" longitud Oeste a 74 msnm. Con los datos de temperatura y humedad relativa se calcularon los valores del índice de Temperatura y Humedad (THI), con la fórmula: $THI = [0.8 \times \text{temperatura ambiente}] + [(\% \text{ de humedad relativa}/100) \times (\text{temperatura ambiente} - 14.4)] + 46.4$ (Mader *et al.*, 2006). El código de interpretación del THI es: Normal THI < 74; Alerta 75 < THI < 78; Peligro 79 < THI < 83; y emergencia THI > 84.

6.3.4. Procedimiento experimental

Los animales fueron alimentados a libre acceso (105% del consumo del día anterior) con la dieta que se presenta en el Cuadro 1. La ración diaria fue dividida en dos porciones 40% de la misma fue servida a las 0800 y el 60% restante a las 1600 horas. La cantidad de alimento no consumido fue pesado a las 0800 horas. El

consumo de alimento se consideró como el ofrecido menos el rechazo semanal acumulado.

Cuadro 1. Composición en base seca de la dieta utilizada en los experimentos 1 y 2.

Ingredientes	Proporción en la materia seca, %
Rastrojo de maíz	5.04
Maíz	73.63
Pasta de Canola	13.62
Melaza de caña	5.04
Ganamin ovinos Engorda Total	2.13
Acid-Phos	0.53
Total	100%
Análisis calculado (Base seca)	
MS, %	89.22
PC, %	14.18
EM, Mcal/kg	2.950
ENm, Mcal/kg	2.002
ENg, Mcal/kg	1.353
Ca, %	0.65
P, %	0.41

¹Ganamin Ovinos engorda (Técnica Mineral Pecuaria, S.A. de C. V.) premezcla de vitaminas, minerales y aditivos, contiene monensina sódica (Rumensin 200; Elanco Animal Health, IN). ²Acid-Phos^{MR} (Técnica Mineral Pecuaria, S.A. de C.V.) Premezcla preventiva para problemas de uriolitiasis. ³ Análisis calculado con base en valores publicados NRC (2007)

Semanalmente se tomaron 4 muestras de la dieta (½ kg) directamente del alimento a proporcionar a los corderos, las cuales fueron previamente homogenizadas mediante la técnica de cuarteo, posteriormente fueron secadas en estufa de aire forzado (105 °C por 24 h; AOAC, 1975), para estimar el consumo semanal de materia seca de los animales.

Los animales se pesaron individualmente al inicio del experimento (día 1), a los 21 días cuando el bloque de animales pesados alcanzó el peso al mercado (35-40 kg) y el bloque de corderos ligeros se pesó nuevamente a los 49 días en que finalizó la prueba. La ganancia diaria de peso se calculó como la diferencia entre el peso final y el peso inicial de cada cordero, dividido entre el número de días que

integraron el periodo respectivo. La conversión alimenticia se calculó dividiendo el consumo del corral, dividido entre el peso ganado del corral respectivo.

6.4. Experimento 2

6.4.1. Animales y alojamiento

Se utilizaron 36 corderos de pelo ($\frac{3}{4}$ Katahdin x $\frac{1}{4}$ Pelibuey) con un peso promedio inicial de $24.23 \pm EE 0.67$ kg en una prueba de respuesta productiva en corral de engorda con duración de 28 días. Al inicio del experimento, los animales se pesaron, con base en el peso inicial, los corderos se agruparon en dos bloques de 18 corderos cada uno (Ligeros $20.82 \pm EE 0.45$ kg; y pesados $27.63 \pm EE 0.55$ kg), en grupos de tres, los animales fueron alojados en seis corrales (0.9 m x 1.9 m), con piso elevado a 0.6 m sobre el nivel del suelo; el piso de los corrales se integró con tablillas de plástico ranuradas, equipados con 0.3 m de comedero lineal y un bebedero automático compartido por cada dos corrales.

6.4.2. Diseño experimental y tratamientos

Se utilizó un diseño de bloques completos al azar (Hicks, 1973). El criterio de bloqueo fue el peso (ligeros y pesados), dentro de cada uno de los bloques, los corrales fueron asignados de manera aleatoria a uno de tres tratamientos: 1) Corderos sin implante (Testigo), 2) Corderos con implante de potencia mediana implantados con 12 mg de zeranol (Z); y 3) Corderos con implante de potencia elevada, que fueron implantados con 40 mg de trembolona y 8 mg de estradiol (TE).

La dosis de 12 mg de Zeranol por cordero se obtuvo con la aplicación en la base de la oreja de un comprimido del implante Ralgro® (Lab. Intervet Shering-Plough Animal Health), cuya presentación comercial contiene 36 mg de zeranol, distribuidos en tres comprimidos.

La dosis de 40 mg de trembolona y 8 mg de estradiol por cordero se obtuvo con la aplicación en la base de la oreja de dos comprimidos del implante Component TES/con Tylan® (ELANCO), cuya presentación comercial contiene 120 mg de acetato de Trembolona y 24 mg de Estradiol distribuidos en seis comprimidos, más 29 mg de tartrato de tylosina en un comprimido adicional. En cada cordero, además de los dos comprimidos que contienen el implante

hormonal, se incluyó un comprimido que contiene tylosina con el propósito de disminuir el riesgo de falla del implante por el desarrollo de procesos infecciosos.

6.4.3. Medición de condiciones medioambientales

Los datos de temperatura del aire y humedad relativa correspondientes a los días del periodo de prueba se obtuvieron de la estación meteorológica más cercana (Estación No. 25 Mojolo-Culiacán; CAADES, Sistema Meteorológico Nacional, CNA; 24° 55' 56" N y 107° 26' 27" O a 74 msnm), de manera similar a la descrita en el Experimento 1. Adicionalmente, la temperatura del aire y la humedad en los corrales fueron medidas a las 10:00 y 15:00 horas durante los 28 días que duró la prueba experimental con el uso de un termohigrómetro portátil (HI 8314; Hanna Instruments), cuyo bulbo sensor se colocó a una altura de 0.45 m sobre el nivel del piso, considerada como equivalente al centro de la masa corporal de los corderos; Mader *et al.* (2006), recomiendan que las mediciones de temperatura y humedad desarrolladas para estimar el impacto de las condiciones medioambientales en los animales, se lleven a cabo a la altura del centro de la masa corporal del animal, tomando en cuenta que es la parte en la que se genera la mayor cantidad de calor que el animal debe disipar a su entorno.

Con los resultados de temperatura y humedad relativa tanto de los datos de la estación meteorológica como de las mediciones en corral se calcularon los valores del índice de Temperatura y Humedad (THI), con la fórmula: $THI = [0.8 \times \text{temperatura ambiente}] + [(\% \text{ de humedad relativa}/100) \times (\text{temperatura ambiente} - 14.4)] + 46.4$ (Mader *et al.*, 2006). El código de interpretación del THI es: Normal THI < 74; Alerta 75 < THI < 78; Peligro 79 < THI < 83; y emergencia THI > 84.

6.4.4. Procedimiento experimental

El manejo alimenticio fue similar al descrito en el experimento 1. Los animales se pesaron al inicio del experimento (día 1) y a los 28 días en que finalizó la prueba. La ganancia diaria de peso se calculó como la diferencia entre el peso final y el peso inicial de cada cordero, dividido entre los 28 días que integraron el periodo de prueba. La conversión alimenticia se calculó dividiendo el consumo de la MS del corral, entre el peso ganado del corral respectivo.

6.5. Análisis estadístico

A los valores de consumo de materia seca, ganancia diaria de peso y conversión alimenticia, se les aplicó análisis de varianza para un Diseño en Bloques Completos al Azar (Hicks, 1973) y se consideró a cada corral con tres corderos como la unidad experimental. El modelo matemático (Hicks, 1973) utilizado fue el siguiente:

$$Y_{ijk} = \mu + \beta_i + T_j + \epsilon_{ijk}$$

Dónde:	Y_{ijk}	=	Variable de respuesta
	μ	=	Media general
	β_i	=	Efecto i-ésimo bloque
	T_j	=	Efecto i-ésimo implante
	ϵ_{ijk}	=	Error aleatorio (experimental)

El efecto del implante con relación a los animales que no lo recibieron (testigo) se comparó con contrastes ortogonales (Hicks, 1973); el contraste utilizado fue: testigo vs [(zeranol) + (trembolona-estradiol)]. La relación lineal entre la respuesta productiva y el aumento en la potencia del implante utilizado se probó con el procedimiento de polinomios ortogonales (Hicks, 1973), para efectos del cálculo se le asignaron a los tratamientos los siguientes valores numéricos: Testigo = 0; Zeranol (implante de potencia mediana) = 1; y Trembolona-estradiol (implante de potencia elevada) = 2. Cuando existió diferencia estadística, ($P \leq 0.10$), la separación de medias se realizó con la prueba de diferencia mínima significativa. Todos los procedimientos matemáticos se desarrollaron con la versión 9 del paquete computacional Statistix® (2007).

VII.- RESULTADOS Y DISCUSIÓN

7.1. Experimento 1

Los valores de los indicadores de las condiciones medioambientales prevalecientes en los corrales durante el experimento se presentan en el Cuadro 2.

Cuadro 2. Indicadores de las condiciones medioambientales prevalecientes durante el Experimento 1.

Variables	Lugar de mediciones medioambientales					
	Estación Meteorológica	Corraletas experimentales				
		Promedio	Matutina 10 horas		Vespertina 15 horas	
			Media	EE	Media	EE
Temperatura del aire, °C	29.4	29.7	± 0.26	37.0	± 0.30	
Humedad relativa, %	56.7	61.6	± 1.53	34.5	± 1.18	
Índice de temperatura y humedad, THI	78	80	± 0.71	84	± 0.68	
Condición de acuerdo a THI	Alerta	Peligro		Emergencia		

El Índice de Temperatura y Humedad (THI) fue calculado con la fórmula: $THI = [0.8 \times \text{temperatura ambiente}] + [(\% \text{ de humedad relativa}/100) \times (\text{temperatura ambiente} - 14.4)] + 46.4$ (Mader *et al.*, 2006). El código de interpretación del THI es: Normal $THI < 74$; Alerta $75 < THI < 78$; Peligro $79 < THI < 83$; y emergencia $THI > 84$.

Los datos de temperatura sugieren que en promedio los ovinos se encontraron dentro de su zona de termoneutralidad cuyo umbral se ubica en los 32 °C para esta especie (Odongo *et al.*, 2006), aunque durante las horas de la tarde, el umbral fue rebasado alcanzando en promedio los 37 °C; sin embargo, conjuntando los valores de temperatura y humedad relativa, de acuerdo con el código de interpretación del THI, los animales se encontraron durante la prueba, sometidos en promedio a una situación considerada mínimamente como de Alerta ($75 < THI < 78$), misma que al acercarse a las horas del mediodía llegó a una condición de Peligro ($79 < THI < 83$), y durante las horas de la tarde alcanzó condiciones de Emergencia ($THI > 84$). Los resultados de las mediciones medioambientales permiten confirmar que los ovinos que participaron en el presente experimento estuvieron expuestos a condiciones calurosas que son características de las regiones tropicales y subtropicales durante primavera-verano.

La influencia del implante de zeranol en la respuesta productiva de corderos de pelo engordados en forma intensiva se presentan en Cuadro 3.

Cuadro 3. Influencia del implante de Zeranol en la respuesta productiva de corderos de pelo engordados en forma intensiva.

Variables	Tratamientos		EEM ¹	Valor de <i>P</i>
	Testigo	Zeranol		
Corderos, n	12	12		
Corraletas, n	4	4		
Días en prueba ²	35	35	2.92	
Peso vivo, kg				
Día 1	29.147	29.312	0.77	0.88
Día 21	35.288	36.534	0.92	0.35
Final ²	38.827	40.449	0.98	0.25
Ganancia diaria de peso, kg/día				
Días 1 a 21	0.293	0.344	0.02	0.15
Días 22 a Final	0.253	0.280	0.01	0.12
Días 1 a Final	0.273	0.329	0.02	0.06
Consumo de materia seca, kg/día				
Días 1 a 21	1.200	1.164	0.03	0.36
Días 22 a Final	1.269	1.204	0.07	0.56
Días 1 a Final	1.252	1.205	0.03	0.30
Consumo MS/ganancia, kg/kg				
Días 1 a 21	4.143	3.405	0.19	0.05
Días 22 a Final	5.017	4.312	0.22	0.15
Días 1 a Final	4.526	3.728	0.18	0.02

¹ Error estándar de la media

² El bloque de corderos pesados permaneció 21 días en engorda y el de los ligeros 49 días.

El peso final fue similar en ambos tratamientos ($P > 0.25$). La aplicación de Zeranol incrementó ($P = 0.06$) en 20.5% la ganancia diaria de peso (0.329 vs.

0.273 kg/día). La mejora en la ganancia de peso se atribuye a que el implante con Zeranol, induce un incremento en tamaño y peso de la glándula pituitaria (Carroll *et al.*, 2007), con un aumento en la concentración plasmática de hormona del crecimiento (GH) e insulina (Wiggins *et al.*, 1976; Olsen *et al.*, 1977), que se traduce en un incremento de la concentración plasmática del Factor de Crecimiento 1 parecido a la insulina (GFI-I); los cambios hormonales producidos por el zeranol, se manifiestan como un incremento de la concentración plasmática de glucosa, una mejora en la retención de N y varios minerales (Hufstedler *et al.*, 1996).

El incremento en la acreción de aminoácidos y en la síntesis de proteína en las células musculares inducidos por el Zeranol se reflejan en el aumento de la masa muscular (Cunningham, 1997) y por ende en la ganancia de peso. El 20.5% de aumento en la ganancia de peso, inducido por el implante con 12 mg de Zeranol en corderos de pelo Dorper x Katahdin alimentados con dietas altas en energía (95% de concentrado) observado en la presente investigación, es bastante cercano al 21% de incremento en la ganancia de peso que encontraron Salysbury *et al.* (2007) en corderos de raza Texas x Rambouillet que recibieron dietas con 80% de concentrado e implantados con 12 mg de Zeranol, en relación a los corderos de sus respectivos grupos testigo.

El consumo de materia seca no fue modificado ($P = 0.30$) por efecto de zeranol, resultados similares fueron observados por (Wiggins *et al.*, 1976). La conversión alimenticia (consumo/ganancia) fue mejorada 17.6% ($P = 0.02$) en los animales que recibieron Zeranol en comparación con el grupo testigo. La conversión de alimento a peso del animal, es el mejor indicador de la eficiencia productiva en el proceso de producción intensiva de carne, por lo que también se considera como el mejor indicador del efecto anabólico atribuido a los implantes (Nold *et al.*, 1992; Hufstedler *et al.*, 1996).

La mejora en 17.6% de la conversión alimenticia observada en esta investigación ($P = 0.02$), confirma el efecto anabólico del zeranol cuando es aplicado en dosis de 12 mg por animal en periodos de engorda cercanos a los 50 días de duración; el valor encontrado, es bastante cercano a la disminución de 10.4% y 13.61% en la cantidad de alimento necesaria para incrementar una

unidad de peso, en corderos Suffolk x Columbia-Hampshire y Texas x Rambouillet, alimentados con dietas que contuvieron 80% de concentrado y que fueron implantados también con 12 mg de Zeranol (Wiggins *et al.*, 1976; Salysbury *et al.*, 2007).

El resultado que se obtuvo en el presente experimento de una mejora en la conversión alimenticia, con corderos de carga génica $\frac{3}{4}$ Dorper x $\frac{1}{4}$ Katahdin, que debido a su pelaje corto se consideran como aptos para desempeñarse en climas cálidos, es compatible con la mejora en conversión alimenticia que como respuesta al implante con Zeranol otros autores han observado en razas de pelambre larga aptos para climas templados como Hampshire, Suffolk, Columbia y Rambouillet (Wiggins *et al.*, 1976; Field *et al.* 1993; Salysbury *et al.*, 2007); por lo que es pertinente el considerar el implante con 12 mg de zeranol como una herramienta útil en la producción de carne de ovinos en condiciones de climas tropicales.

7.2. Experimento 2

Los valores de los indicadores de las condiciones medioambientales prevalecientes en los corrales durante el experimento se presentan en el Cuadro 4.

Cuadro 4. Indicadores de las condiciones medioambientales prevalecientes en los corrales durante el Experimento 2.

Variables	Lugar de mediciones medioambientales				
	Estación Meteorológica	Corraletas experimentales			
		Promedio	Matutina 10 horas		Vespertina 15 horas
			Media	EE	Media
Temperatura del aire, °C	28.0	27.8	± 0.24	33.7	± 0.24
Humedad relativa, %	78.6	77.6	± 1.05	49.2	± 2.18
Índice de temperatura y humedad, THI	79	79	± 0.46	83	± 0.41
Condición de acuerdo a THI	Peligro	Peligro		Peligro	

El Índice de Temperatura y Humedad (THI) fue calculado con la fórmula: $THI = [0.8 \times \text{temperatura ambiente}] + [(\% \text{ de humedad relativa}/100) \times (\text{temperatura ambiente} - 14.4)] + 46.4$ (Mader *et al.*, 2006). El código de interpretación del THI es: Normal $THI < 74$; Alerta $75 < THI < 78$; Peligro $79 < THI < 83$; y emergencia $THI > 84$.

Los datos de temperatura sugieren que en promedio los ovinos se encontraron dentro de su zona de termoneutralidad cuyo umbral se ubica en los 32

°C para esta especie (Odongo *et al.*, 2006), aunque durante la tarde el límite fue rebasado alcanzando un valor promedio cercano a los 34 °C; de acuerdo con el código de interpretación del THI, los animales se encontraron durante la mayor parte de la prueba sometidos a una situación considerada como de Peligro ($79 < \text{THI} < 83$), lo que indica que los ovinos utilizados en este experimento estuvieron en condiciones medioambientales típicas de los animales explotados en climas cálidos durante el verano.

Los resultados de la Influencia del tipo de implante, en la respuesta productiva de corderos de razas de pelo adaptadas a clima tropical en engorda intensiva se muestran en el Cuadro 5. En conjunto, los animales que recibieron los dos tipos de implantes tuvieron un peso final 5.7% superior al del grupo testigo ($P = 0.06$). El implante de potencia elevada, mostró claramente su efecto en el peso final y los animales que lo recibieron fueron 8.5% más pesados ($P = 0.02$) que los del grupo testigo al concluir la prueba.

Cuadro 5. Influencia de la potencia del implante en la respuesta productiva de corderos en engorda intensiva.

Variables	Tratamientos			EEM ¹	Valor de P	Testigo Vs. Implante	Respuesta lineal
	Testigo	Zeranol	Trembolona-Estradiol				
Corderos, n	12	12	12				
Corraletas, n	4	4	4				
Días en prueba	28	28	28				
Peso inicial, kg	23.919	24.212	24.554	0.63	0.78	0.20	0.13
Peso final, kg	31.045 ^b	31.923 ^{ab}	33.687 ^a	0.63	0.02	0.06	0.02
GDP, kg/día	0.255 ^b	0.275 ^{ab}	0.326 ^a	0.02	0.03	0.08	0.03
Consumo MS, kg/día	0.963 ^b	1.019 ^{ab}	1.079 ^a	0.05	0.10	0.15	0.10
Consumo/ganancia, kg/kg	3.802 ^a	3.700 ^a	3.316 ^b	0.12	0.05	0.07	0.02

¹ Error estándar de la media

El peso final presentó un incremento lineal ($P = 0.02$) a medida que aumentó la potencia del implante utilizado. La ganancia diaria de peso de los corderos que recibieron los dos tipos de implantes fue 17.7% mayor ($P = 0.08$) en relación al testigo. Los animales que recibieron el implante de potencia elevada (Trembolona-

Estradiol) tuvieron una ganancia diaria de peso superior en 27.8% ($P = 0.03$) a los corderos que no recibieron implante. Al igual que ocurrió con el peso final, la ganancia diaria de peso de los corderos aumentó linealmente ($P = 0.03$) a medida que se incrementó la potencia del implante que les fue aplicado.

El 27.8% de aumento en la ganancia de peso corporal de los animales que recibieron el implante con Trembolona-Estradiol en éste trabajo, corresponde con la respuesta esperable de acuerdo a los resultados publicados por Johnson *et al.* (1998), quienes en un experimento con 24 días de duración, observaron un aumento 25.5% en la GDP de corderos que recibieron un esquema de implantes similar al del presente experimento (40 mg Trembolona y 8 mg de Estradiol).

El aumento en la ganancia de peso y en el peso final de los corderos implantados en relación a los del grupo Testigo, es la manifestación del efecto anabólico de los implantes que recibieron, y se atribuye a que el acetato de trembolona en combinación con el estradiol incrementan la concentración de IGF-1 circulante y los niveles de ARNm en músculo (Pampusch *et al.*, 2008), lo que induce un incremento en la tasa de proliferación y el estado de activación de las células satélite del músculo (Johnson *et al.*, 1988; Weeb *et al.*, 2002), que induce un aumento en el diámetro de las fibras musculares (Kellermeier *et al.*, 2009), y que finalmente deriva en un incremento de la masa muscular del cuerpo del animal.

En otros trabajos (Grandadam *et al.*, 1975; McClure *et al.*, 2000) en los que se implantaron corderos con dosis diferentes de Trembolona en combinación con Estradiol a las que se utilizaron en la presente investigación, encontraron incrementos en la ganancia de peso que oscilaron entre 12 y 27% por encima de sus respectivos testigos sin implantes. Estos resultados sugieren la ventaja del uso de implantes de potencia elevada en los corderos en engorda intensiva.

El consumo de la materia seca se incrementó ($P = 0.10$) a medida que se aumentó la potencia del implante. La conversión alimenticia expresada como consumo/ganancia, fue mejorada 8% por el uso de implantes en general. La conversión alimenticia fue promovida de manera lineal ($P = 0.02$) en la medida que

se incrementó la potencia del implante. Los corderos que recibieron el implante de potencia elevada (Trembolona-Estradiol), requirieron de 12% menos alimento por cada kg de aumento de peso en relación a los testigos no implantados ($P = 0.05$). Este resultado se corresponde con lo observado por Johnson *et al.* (1998), quienes encontraron una mejora del 16% en la conversión alimenticia de corderos que recibieron implantes con Trembolona-Estradiol en dosis similares a la del presente estudio y establecen que el aumento en la ganancia de peso y en la eficiencia del uso del alimento son evidencia de la eficacia del uso de implantes con Trembolona-Estradiol en los ovinos.

La mejora en forma lineal ($P < 0.05$) de la ganancia de peso y conversión alimenticia a medida que la potencia del implante fue en aumento, observadas en el presente experimento, sugieren que el uso de implantes de potencia elevada (Trembolona-Estradiol) son los recomendables para incrementar la respuesta productiva de ovinos de pelo en engorda intensiva.

VIII.- CONCLUSIÓN

Los resultados de la presente investigación, sugieren que los implantes de potencia elevada con Trembolona-Estradiol, son los recomendables para incrementar la respuesta productiva de ovinos de pelo en engorda intensiva en clima caluroso.

IX.- LITERATURA CITADA

- Acero, C. M. 2005. El papel de México y América Latina en el comercio mundial de la carne ovina. Memoria electrónica de la XXXIII Reunión de la Asociación Mexicana de Producción Animal, y XIX Reunión de la asociación Latinoamericana de Producción Animal. Tampico, Tamaulipas, México.
- AMCO, 2005. Asociación Mexicana de criadores de ovinos. Disponible en: www.asmexcriadoresdeovinos.org. Fecha de acceso: 10 de septiembre de 2009.
- Améndola, R., E. Castillo and P. A. Martínez. 2006. Sheep production in Country pasture/profiles. Disponible en: <http://www.fao.org/ag/AGP/agpc/doc/Counprof/Mexico/Mexico.htm>. Fecha de acceso: 26 de mayo de 2011.
- AOAC, 1975. Official Methods of Analysis (12 th Ed). Association of Official Analytical Chemists, Washington, DC.
- Bartle, S. L., R. L. Preston, R. E. Brown and R. J. Grant. 1992. Trenbolone acetate/estradiol combinations in feedlot steers: Dose-response and implant carrier effects. *J. Anim. Sci.* 70: 1326-1332.
- Bavera, G., O. Bocco, H. Beguet y A. Petryna. 2002. Promotores del crecimiento y modificadores del metabolismo. Disponible en: www.produccion-animal.com.ar. Fecha de acceso: 22 de enero de 2010.
- Blanco, A., L. Moya, R. Flores, E. Aguera, and J. G. Monterde. 2002. Effects of anabolic implants of estradiol alone or in combination with trenbolone acetate on the ultrastructure of mammary glands in female lambs regarding their interference in prolactin secretion. *J. Vet. Med.* 49: 13-17.
- Bores, Q. R. y M. C. Vega. 2003. La investigación pecuaria ante los retos y desafíos de la ovinocultura en México. Memorias del primer simposium internacional de Ovinos de Carne 17-19 de noviembre, Pachuca, Hidalgo, México. Pp. 80-95.
- Broome, A. W. J. 1980. Mechanisms of action of growth promoting agents in ruminant animals. En: *Growth in Animals*, ed. por T.L.J. Lawrence. Redwood Burn Limited, Great Britain, Pp. 189-205.
- Cano, B. J., T. J. De Lucas y R. G. Valenzuela. 2001. Crecimiento comparativo entre corderos alimentados en pastoreo y corral de engorda Memoria

- electrónica del 2^o Congreso Latinoamericano de Especialistas en Pequeños Rumiantes y Camélidos Sudamericanos, XI Congreso Nacional de Producción Ovina. 22 al 25 de mayo. Mérida, Yucatán, México.
- Carroll, J. A., M. A. Walker, S. M. Hartsfield, N. H. Mc Arthur, and T. H. Welsh Jr. 2007. Visual documentation of ovine pituitary gland development with magnetic resonance imaging following zeranol treatment. *Laboratory Animals* 41: 120-127.
- CIAPAN, 2002. Guía para la asistencia técnica del Valle de Culiacán. INIFAP. Culiacán, Sinaloa, México. p. 97
- Cooper, A. 1983. The value of growth promoters to the U.K. beef producers and processors. *Proceedings of Symposium Rugby, Northamptonshire, Reino Unido*, Pp. 1-9.
- Cunningham, J. G. 1997. *Fisiología Veterinaria*. Nueva Editorial Interamericana. D. F. México.
- De Lucas, T. J. y A. S. Arbiza, 2000. *Producción Ovina en el Mundo y México*. Editores Mexicanos Unidos. México D.F.
- Field, R. A., G. D. Snowden, G. Maiorano, R. J. McCormic, and M. L. Riley. 1993. Growth and slaughter characteristics of ram and whether lambs implanted with zeranol. *J. Anim. Sci.* 71: 631-635.
- Fisher, A. V., Wood, J. D., XX Tas, M. V. 1986. Effects of some anabolic agents on the growth, carcass and tissue composition of barley-fed entire and castrated male Friesian cattle. *Anim. Prod.* 42: 195-201.
- Grandadam, J. A., J. P. Scheid, A. Jorbard, H. Dreux and J. M. Boisson. 1975. Results Obtained with Trembolone Acetate® in Conjunction with Estradiol 17 β in veal Calves, Feedlot Bulls, Lambs and Pigs. *J. Anim. Sci.* 41: 969-977.
- Gutiérrez, A. J. L. 2005. *Cría de ovinos productores de carne en el Norte de México*. Editorial Tecno Publicaciones, S de R.L.MI. Chihuahua México. Pp. 263-265.
- Hagler, W. M., C. J. Mirocha, S. V. Pathre, and J. C. Behrens. 1979. Identification of the naturally occurring isomer of zearalenol produced by *Fusarium roseum* Gibbosum I rice culture. *Applied and Environmental Microbiology.* 37: 849-853.
- Hayden, J. M., W. G. Bergen, and R. A. Merkel. 1992. Skeletal muscle protein metabolism and serum growth hormone, insulin and cortisol concentrations in

- growing steers implanted with estradiol-17 beta, trenbolone acetate, or estradiol- 17 beta plus trenbolone acetate. *J. Anim. Sci.* 70: 2109-2119.
- Hernández, J. O. 2001. Finalización de borregos pelibuey en pastoreo y con concentrado energético en el trópico húmedo. *Acontecer ovino-caprino*. Volumen II, número 13, julio septiembre. Ediciones pecuarias. Pp. 13-19.
- Hicks, C. R. 1973. *Fundamental concepts in the design of experiments*. Holt, Rinehart and Winston, New York.
- Hufstedler, G. D., P. L. Gillman, G. E. Carstens , L. W. Greene, and N. D. Turner. 1996. Physiological and Hormonal Responses of Lamb Repeatedly Implanted with Zeranol and provided two levels of feed intake. *J. Anim. Sci.* 74: 2376-2384.
- Hufstedler, G. D., and L. W. Greene. 1995. Mineral and nitrogen balance in Lambs Implanted with zeranol. *J. Anim. Sci.* 73: 3785-3788.
- Hutcheson J. P., L. W. Greene, G. E. Cartens and F. M. Byers. 1992. Effects of zeranol and two dietary levels of calcium and phosphorus on performance, carcass and bone characteristics, and calcium status in growing lambs. *J Anim. Sci.* 70: 1346-1351.
- Johnson, M. E., M. E. White, M. R. Hathaway, C. J. Christians and W. R. Dayton. 1998. Effect of a combined trenbolone acetate and estradiol implant on stedy-state IGF-I mRNA concentrations in the liver of wethers and the longissimus muscle of steers. *J Anim. Sci.* 76: 491-497.
- Kellermeier, J. D., A. W. Tittor, J. C. Brooks, M. L. Galyean, D. A. Yates, J. P. Hutchenson, W. T. Nichols, M. N. Streeter, B. J. Johnson, and M. F. Miller. 2009. Effects of zilpaterol hydrochloride with or without an estrogen trenbolone acetate terminal implant on carcass traits, retail cutout, tenderness, and muscle fiber diameter in finishing steers. *J Anim. Sci.* 87: 3702-3711.
- Leffers, H., M. Naesby, B. Vendelbo, N. E. Skakkebaek, and M. Jorgesen. 2001. Oestrogenic potencies of zeranol, oestradiol, diethyltboestrol, bisphenol-a and genistein: implications for exposure assessment of potential endocrine disrupters. *Human Reproduction.* 16:1037-1045.
- Lough, D. S., S. Kahl, M. B. Solomon and T. S. Rumsey. 1993. The effect of trembolona acetate on performance, plasma lipids, and carcass characteristics of growing ram and ewe lambs. *J. Anim. Sci.* 71:2659-2665.

- Mader, T. L., M. S. Davis, and T. Brown-Brandl. 2006. Environmental factors influencing heat stress in feedlot cattle J. Anim. Sci. 84: 712-719.
- Mateescu, R. G., and M. L Thonney. 2005. Effect of testosterone on insulin- like growth factor-I, androgen receptor, and myostatin gene expression in splenius and semitendinosus muscles in sheep. J. Anim. Sci. 83: 803-809.
- McClure, K. M., M. B. Solomont, and S. C. Loerch. 2000. Body weight and tissue gain in lambs fed an all- concentrate diet and implanted with trenbolone acetate or grazed on alfalfa. J. Anim. Sci. 78: 1117-1124.
- Mirocha, C. J., B Schauerhamer, C. M. Christensen, M.L Nliku-Pavola, and M. Nummi. 1979. Incidence of zearalenol (*Fusarium Mycotoxin*) in animal feed. Applied and environmental Microbiology. 38: 749-750.
- Mongomery, T. H., P. F. Dew, and M. S. Brown. 2001. Optimizing carcass value and the use of anabolic implants in beef cattle. J. Anim. Sci. 79 (E. Suppl.)E296-E306.
- Moron, F. O. E y G. J. L. Rumbos, 1997. Uso de la doble implantación y el efecto del tipo racial en toros bajo condiciones de sabana. Arch. Latinoam. Prod. Anim. 5: 180-182.
- Nold, R. A., J. A. Unruh, C. W. Spaeth and J. E. Minton. 1992. Effect of zeranol implants in ram and wether lambs on performance traits, carcass characteristics, and suprial cut yields and distribution. J. Anim. Sci. 70: 1699-1707.
- NRC, 1985. Nutrien Requierements of Sheep. (6th Rev. Edition). National Academy Press. Washington, D.C.
- NRC, 2007. Nutrient Requirements of Small Ruminants. Editorial. National Academy Press. Washington, D.C.
- Odongo, N. E., O. AlZahal, M. I. Lindinger, T.F. Duffield, E.V. Valdes, S. P. Terrell, and B. W. McBride. 2006. Effects of mild heat stress and grain challenge on acid-base balance and rumen tissue histology in lambs. J. Anim. Sci. 84:447-455.
- Olsen, R. F., P. J. Wangsness, R. J. Martin, and J. H. Gahagan. 1977. Effect of zeranol on blood metabolities and hormones in wether Lambs. J. Anim. Sci. 45: 1392-1396.
- Pampush, M. S., M. E. White, M. R. Hathaway, T. J. Baxa, K. Y. Chung, S. L. Parr, B. J. Johnson, W. J. Weber, and W. R. Dayton. 2008. Effects of implants of

trembolona acetate, estradiol, or both, o muscle insulin-like growth factor-I receptor, estrogen receptor- α , and androgen receptor messenger ribonucleic acid levels I feedlot steers. J. Anim. Sci. 86: 3418-3423.

Pérez M. Patricio. 1983 Aspectos Generales Sobre la Alimentación de Corderos. Monografías de Medicina Veterinaria. 5:1.

SAGARPA, 2009. Secretaría de Agricultura, Ganadería, Desarrollo Rural, Pesca y Alimentación. Disponible en: <http://www.siap.gob.mx/index.php?idCat=108>
Fecha de acceso: 20 de agosto de 2009.

Salgado, Z. H., S. H. Marañón, A. H. Azpeitia y E. P. Maya. 2008. Efecto anabólico y androgenico del esteroide acetato de trembolona en el guppy (*Poecilia reticulata*) Rev. Vet. Mex. 3: 270.

Salisbury, M. W., B. J. May, S. J. Talley, M. A. Carr and G. R. Engdahl. 2007. Feedlot performance and carcass characteristic of feeder lambs implanted and re-implanted with zeranol. The Texas Journal of Agriculture and Natural Resource 20: 1-9.

Shanbacher, B. D. 1984. Manipulation of endogenous and exogenous hormones for red meat production. J. Anim. Sci. 59: 1621-1630.

SIAP, 2008. Sistema Integral de Información Agroalimentaria y Pesquera. Disponible en: web: www.siap.sagarpa.gob.mx. Fecha de acceso: 14 de noviembre de 2009.

Statistix, 2007. Statistic User's Manual, Release 9.0 Analytical Software, Tallahassee, FL.

Torres, H. G. 2006. Caprinocultura y mejoramiento genético Disponible en: <http://www.oeidrusslp.gob.mx/modulos/biblioteca/pecuario/Caprinocultura%20y%20mejoramiento%20Genetico.pdf> Fecha de acceso: 20 de agosto de 2009.

Trenkle, A. 1970. Plasma levels of growth hormone, insulin and plasma protein-bound iodine in finishing cattle. J. Anim. Sci. 31: 389.

Weeb, A. S., R. W. Rogers, Pas, and B. J. Rude. 2002. Androgenic, estrogenic, and combination implants: production and meat quality in beef. The Professional Animal Scientist. 18: 103-106.

Wiggins, J. P., L. L. Wilson, H. Rothenbacher, and S.L. Davis. 1976. Effects of diethylstilbestrol, zeranol and sex on live, blood metabolite, Carcass and endocrine characteristics of lambs. J. Anim. Sci. 43: 518-527.

- Wiggins, J.P., H. Rothenbacher, L. L. Wilson, R.J. Martin, P. J. Wangsness, and J. H. Ziegler. 1979. Growth and endocrine responses of Lambs to zeranol implants: effects of preimplant growth rate and breed of sire. *J. Anim. Sci.* 49: 291-297.
- Ye, W. P., W. Xu, R. Threlfall, R. Jen, H. Li, S. Lin, C. Kuo, and Y. C. Lin. 2009. Zeranol Enhances the proliferation of Pre-adipocytes in beef heifers. *Anticancer Research* 29: 5045-5052.