

# EFECTO DE LA ESTRATEGIA DE IMPLANTACIÓN CON ZERANOL SOBRE LA CALIDAD QUÍMICA Y FISICOQUÍMICA DE LA CARNE DE CORDEROS DE PELO CORTO

## Effect of Zeranol Implantation Strategy on Chemical and Physicochemical Characteristics of Meat of Hair Lambs

Humberto González-Ríos\*, Nidia Vanessa Valenzuela-Grijalva, Martín Valenzuela-Melendres y Libertad Zamorano-García

Laboratorio de Investigación en Carne y Productos Cárnicos, Centro de Investigación en Alimentación y Desarrollo A.C. Hermosillo Sonora, México. 83000. \*Autor para correspondencia, E-mail: hugory@ciad.mx, Teléfono +52 (662) 28924 00, Ext. 360.

### RESUMEN

Con el objetivo de evaluar el efecto de la estrategia de implantación con zeranol sobre las características químicas y fisicoquímicas de la carne, se utilizaron 32 corderos de pelo machos Dorper x Pelibuey que fueron asignados aleatoriamente a uno de cuatro tratamientos (n=8) durante su alimentación en confinamiento: C, grupo control sin implante; Z12, implantados con 12 mg de zeranol; Z24, implantados con 24 mg de zeranol; y RZ12, implantados en dos ocasiones con 12 mg de zeranol. Una vez sacrificados los animales, se diseccionaron los músculos *Longissimus dorsi* (LD) y *Biceps femoris* (BF) para evaluar la composición proximal, pH, capacidad de retención de agua (CRA), color, resistencia al corte (RC), colágeno total (CT), insoluble (CINS), y los porcentajes de solubilidad (PSOL) e insolubilidad (PINS). La implantación disminuyó ( $P<0,05$ ) el contenido de grasa en ambos músculos, y esta disminución fue mayor en el BF al incrementar la dosis de zeranol y al reimplantar. La CRA del LD fue afectada por los tratamientos siendo mayor en los implantados ( $P<0,05$ ). La RC del LD cambió ( $P<0,05$ ) por la implantación, siendo de 7,53 kgF en el control y de 5,13 kgF en los implantados ( $P<0,01$ ). El contenido de colágeno y sus componentes, se vieron mayormente afectados ( $P<0,05$ ) en el BF. El CT aumentó con la implantación, mientras que la reimplantación incrementó el PINS. El aumento en la dosis y la reimplantación de corderos, no afecta negativamente las características fisicoquímicas, y a pesar de que puede darse una reducción del contenido de grasa y un incremento del colágeno, la ternura de la carne no se ve afectada. Lo anterior, sugiere el uso de estos promotores del crecimiento en la producción ovina, sin detrimento de la calidad de la carne.

**Palabras clave:** Estrategia de implantación, zeranol, corderos, calidad de carne.

### ABSTRACT

Dorper x Pelibuey hair male lambs (n=32) with initial body weight (BW) of  $21,3 \pm 1,53$  kg, and 60 days (d) old were used to evaluate the influence of implantation strategy with zeranol on chemical and physicochemical characteristics. Lambs were randomly assigned to four treatments (8 by group). Treatments were: C, control group without implant; Z12, 12 mg of zeranol; Z24, 24 mg of zeranol in a single application, and RZ12, 12 mg of zeranol given twice. Upon slaughtered, the muscles *Longissimus dorsi* (LD) and *Biceps femoris* (BF) were used to evaluate the proximal composition, pH, water holding capacity (WHC), color, shear force (SF), total collagen (TC), insoluble (CINS), and those solubility percentage (PSOL) and insolubility (PINS). A decrease ( $P<0.05$ ) in intramuscular fat content was observed to implanting, and this decrease was higher in BF increasing zeranol doses and reimplantation. The WHC of LD muscle was affected by treatments, being higher in implanted lambs ( $P<0.05$ ). The SF of LD changed ( $P<0.05$ ) by implantation, being 7,53 kgF at control and 5,13 kgF at lamb implanted ( $P<0.01$ ). The collagen content and their components were mostly affected in BF ( $P<0.05$ ). The implantation increase TC, and the reimplantation raise PINS. The zeranol doses increase and lambs reimplantation, does not adversely effect on physicochemical characteristics, and even when there may be a fat reduction and a collagen increase, the meat tenderness was not affected. For all that, suggests the use of these growth promoters in sheep production without meat quality detriment.

**Key words:** Implantation strategy, zeranol, lambs, meat quality.

### INTRODUCCIÓN

Los promotores del crecimiento se utilizan desde hace varias décadas y hoy en día son una práctica común en pro-

ducción animal, dado que el productor desea obtener los mayores rendimientos [20]. Dentro de ellos se tienen los implantes hormonales, los cuales debido a su naturaleza anabolizante incrementan la tasa de crecimiento y la eficiencia alimenticia [37]. Sin embargo, para obtener sus máximos beneficios es necesario tener en cuenta varios factores relacionados con el animal (ej. Condición sexual) y con el tipo de implante (ej. dosis y compuesto activo). Por lo que, el productor se ve en la necesidad de aplicar una estrategia de implantación que se ajuste a su sistema de producción en particular.

En varias investigaciones [8, 27], se ha observado que la manipulación del crecimiento animal a través del uso de implantes como el acetato de trembolona, puede tener un efecto negativo sobre la calidad final de la carne, siendo afectada principalmente la terneza al ser disminuida. Estos mismos autores señalan que éste aumento es mayor al implementar estrategias de implantación agresivas como lo son dosis altas, reimplantaciones o combinación de compuestos anabolizantes. Por consiguiente es un punto importante para la industria cárnica prevenir o solucionar los posibles cambios negativos en la terneza, ya que ésta es la principal característica de calidad de la carne para el consumidor [21].

La terneza de la carne puede estar influenciada por varios factores, tales como: la longitud del sarcómero, el diámetro del fibra muscular, la actividad enzimática *posmortem* y la cantidad y solubilidad del colágeno muscular [17], siendo estos últimos los de mayor correlación con la terneza, puesto que se ha encontrado que cualquier incremento en la solubilidad del colágeno puede estar asociado con cambios en la terneza de la carne [4, 34].

Actualmente existe poca información sobre los cambios producidos en las características de calidad de la carne ovina (*Ovis aries*) por el uso del implante zeranól. Además, existe escasa o nula evidencia sobre la causa de la disminución de la terneza, así como los cambios en las variables fisicoquímicas y químicas (cantidad y solubilidad del colágeno) que expliquen tal disminución por el uso de implantes en la producción ovina. En consecuencia, el conocimiento sobre los posibles cambios en las características de calidad será de utilidad para la elección de los factores de implantación (estrategia de implantación), por parte de los productores.

En base a lo anterior, el objetivo de este trabajo de investigación fue evaluar el efecto de la estrategia de implantación con zeranól sobre las características químicas y fisicoquímicas de la carne de corderos de pelo.

## MATERIALES Y MÉTODOS

**Animales y tratamientos.** Se utilizaron 32 corderos de pelo, machos enteros de cruces comerciales de Dorper x Pelibuey ( $21,3 \pm 1,53$  kg de peso vivo (PV) y 60 d de edad), los cuales fueron asignados al azar dentro de cuatro tratamientos para realizar la prueba de comportamiento productivo (cada

tratamiento constituido por 8 animales). Los tratamientos fueron: C (control, 0 mg de zeranól); Z12 (12 mg de zeranól, Ralgró®, Intervet Schering-Plough Animal Health, EUA); Z24 (24 mg de zeranól en una sola aplicación), y RZ12 (12 mg de zeranól en dos aplicaciones). Los corderos fueron implantados 12 d previos al inicio de la prueba de comportamiento productivo y los animales del tratamiento RZ12 fueron reimplantados a los 28 d de iniciado el experimento. Todos los animales recibieron la misma dieta basal compuesta por 20% de forraje y 80% de concentrado, la cual fue formulada para contener 18% de proteína cruda y 2,6 Mcal de energía metabolizable por kg de alimento en base seca [24]. Durante los 15 d previos a la prueba de comportamiento, los corderos fueron adaptados a la dieta experimental. La prueba de comportamiento tuvo una duración de 56 d y se realizó en los corrales de producción ovina de la Facultad de Zootecnia de la Universidad Autónoma de Chihuahua en México.

Por restricciones del propietario de los animales, sólo 16 de ellos fueron seleccionados aleatoriamente ( $n=4$ /tratamiento) para el estudio de calidad de la carne. El PV (media  $\pm$  D.E) al final de la prueba de comportamiento fue de  $36,9 \pm 1,22$ ;  $39,7 \pm 0,85$ ;  $40,7 \pm 0,78$  y  $39,6 \pm 1,15$  para los grupos C, Z12, Z24 y RZ12, respectivamente. Los animales fueron sacrificados siguiendo la normatividad vigente. A las 24 horas (h) *posmortem*, las canales se diseccionaron y se separaron los músculos *Longissimus dorsi* (LD) y *Biceps femoris* (BF), los cuales fueron empacados al vacío y congelados inmediatamente a  $-20^{\circ}\text{C}$  (Direct freezer, Sanyo Scientific MDF-U5410, EUA). Las muestras se trasladaron al laboratorio de Investigación de Productos Cárnicos localizado en el Centro de investigación en Alimentación y Desarrollo A. C., en Hermosillo, Sonora, México, para su posterior análisis.

**Análisis proximal.** El porcentaje de humedad y grasa intramuscular se obtuvo mediante la metodología 985,14 y 960,39, respectivamente, propuestas por la Association of Official Analytical Chemists (AOAC) [1].

**Calidad fisicoquímica.** Para la determinación del pH se utilizó un potenciómetro digital HANNA portátil con electrodo de penetración y termómetro (modelo HI 98140, GLP pH Meter, EUA), éste se introdujo en el músculo y se leyó directamente la lectura del pH. Se realizaron tres determinaciones por muestra.

La determinación de color de los músculos LD y BF se llevó a cabo utilizando un colorímetro Minolta (Chroma meter CR-400, Konica Minolta Sensing, Inc. Japon) con el iluminante D65 y  $10^{\circ}$  en el observador [38]. En la evaluación se midieron los parámetros de color  $L^*$ ,  $a^*$  y  $b^*$ . Además se estimó el ángulo de matiz (Hue $^{\circ}$ ) utilizando la fórmula  $\tan^{-1}(b^*/a^*)$ . Para cada parámetro de color se realizaron cinco mediciones sobre la superficie de las muestras frías ( $4-8^{\circ}\text{C}$ ).

El análisis de la capacidad de retención de agua (CRA) se llevó a cabo mediante el procedimiento descrito por Sutton y col. [32], el cual se basa en la centrifugación (Beckman Coul-

ter, Allegra X-12R, EUA) de la muestra de carne. El porcentaje de CRA fue calculado en función de la diferencia de peso de la muestra, antes y después de la centrifugación.

Para la evaluación de la resistencia al corte Warner-Bratzler (RC), se utilizó un texturómetro Texture Analyzer T.A.X.T. Plus, EUA. Los músculos LD y BF fueron acondicionados para la posterior medición de la RC en carne cocinada y ésta consistió en: obtener cortes de 2,5 cm de grosor, los cuales fueron cocinados en un sartén eléctrico (Cook Master Ester, modelo 3222-3, Canada) hasta alcanzar una temperatura interna de 71°C, la cual fue monitoreada por un termopar tipo T conectado a un lector de temperatura (Barnant CO. Modelo 692-0000, Barrington Ill, EUA). Una vez cocinadas, las muestras fueron enfriadas a temperatura ambiente (25 a 30°C) y posteriormente refrigeradas en una nevera (Whirlpool CGS 70HLP, EUA) a 4°C por 24 h. Posteriormente, la carne se cortó en trozos de 1,27 cm de diámetro en dirección longitudinal a las fibras musculares. La RC se midió perpendicularmente a las fibras musculares, utilizando el accesorio cortador Warner-Bratzler montado en el equipo. El valor de RC fue expresado en kilogramos fuerza (kgF). Se realizaron al menos 6 repeticiones por unidad experimental.

**Determinación de colágeno total e insoluble.** Para la cuantificación de colágeno total e insoluble se utilizó la metodología descrita por Bonnet y Kopp [7], basada en la medición de la concentración de hidroxiprolina (Spectronic Genesys 5, Thermo Electronic Corp., EUA); la cual, es obtenida de la carne después de dos digestiones, la primera con una solución de TRIS a 90°C durante dos horas. Lo anterior con el fin de obtener el colágeno insoluble. La segunda digestión se realiza con ácido perclórico al 70% (colágeno total e insoluble). Después la hidroxiprolina obtenida es oxidada con cloramina T (sal de sodio del p-Tolueno sulfonamida) al ácido pirrol 4-hidroxi-2-carboxílico, éste reacciona con el

ñ-DAB (p-dimetilaminobenzaldehído) reactivo de Erlich para producir un cromógeno (rosa), el cual es medido a una longitud de 558 nm. Los resultados se reportaron en mg de hidroxiprolina por gramo (g) de tejido fresco. Con base en el contenido de colágeno total (CT) e insoluble (CINS) se calcularon los porcentajes de colágeno insoluble (PINS) y porcentaje de colágeno soluble (PSOL).

**Análisis estadístico.** Los valores obtenidos de todas las determinaciones fueron analizados mediante un análisis de varianza de una vía, donde el efecto principal fueron los tratamientos. Se estimaron significancias a un nivel de probabilidad en el error tipo I de 0,05. Cuando se detectó efecto del tratamiento, se realizó una prueba de comparación de medias a través de contrastes ortogonales. Se probaron los siguientes contrastes ortogonales: contraste C1: C vs Z12+Z24+RZ12; contraste C2: Z12 vs Z24+RZ12; y contraste C3: Z24 vs RZ12. Todos los datos fueron procesados en el paquete estadístico NCSS [23].

## RESULTADOS Y DISCUSIÓN

### Calidad fisicoquímica

Las características fisicoquímicas de los músculos *Longissimus dorsi* y *Biceps femoris* de corderos de pelo por tratamiento se muestran en las TABLAS I y II.

En cuanto al contenido de grasa del músculo LD, se encontró que al implantar a corderos de pelo ocurrió una disminución del 27,14% del contenido de grasa respecto a los animales del grupo control ( $P < 0,05$ , efecto del contraste C1). Así mismo, se observó efecto de la reimplantación ( $P < 0,05$ , efecto de contraste C3), ya que en el grupo RZ12 el contenido de grasa intramuscular disminuyó un 39,06% respecto al grupo implantado con 24 mg de zeranol en dosis única.

TABLA I  
CARACTERÍSTICAS FISICOQUÍMICAS DEL MÚSCULO *Longissimus dorsi* DE CORDEROS DE PELO IMPLANTADOS CON ZERANOL

Variable <sup>b</sup>	Tratamientos <sup>a</sup>					Nivel de Significancia <sup>c</sup>		
	C	Z12	Z24	RZ12	EEM <sup>e</sup>	Contrastes <sup>d</sup>		
Grasa (%)	3,93	3,07	3,43	2,09	0,21	***	NS	***
pH	5,79	5,67	5,75	5,65	0,03	**	NS	NS
L*	37,00	39,10	35,04	37,56	2,37	NS	NS	NS
a*	11,36	14,58	13,51	14,73	1,18	NS	NS	NS
b*	6,49	7,13	6,11	7,06	0,78	NS	NS	NS
Hue°	17,92	22,16	22,27	22,85	1,02	**	NS	NS
CRA	77,44	82,29	81,23	87,66	1,06	***	NS	***
EC	7,53	4,86	4,04	5,49	0,42	***	NS	***

<sup>a</sup> C, Control; Z12, implantados con 12 mg de Zeranol; Z24, implantados con 24 de Zeranol; RZ12, Implantados reimplantados con 12 mg de Zeranol. <sup>b</sup> L\*, a\* y b\*: parámetros de color, Hue°: ángulo de matiz, CRA: capacidad de retención de agua, EC: esfuerzo al corte en KgF. <sup>c</sup> ns,  $P > 0,05$ ; \*,  $P < 0,05$ ; \*\*,  $P < 0,01$ ; \*\*\*,  $P < 0,001$ . <sup>d</sup> C1 = C vs Z12+Z24 + ZR12, C2 = Z12 vs Z24 + ZR12, C3 = Z24 vs RZ12. <sup>e</sup> EEM, error estándar de la media.

**TABLA II**  
**CARACTERÍSTICAS FÍSICOQUÍMICAS DEL MÚSCULO *Biceps femoris* DE CORDEROS DE PELO IMPLANTADOS CON ZERANOL**

Variable <sup>b</sup>	Tratamientos <sup>a</sup>					Nivel de Significancia <sup>c</sup>		
	C	Z12	Z24	RZ12	EEM <sup>e</sup>	Contrastes <sup>d</sup>		
						C1	C2	C3
Grasa (%)	3,17	2,61	2,01	2,11	0,15	***	***	NS
pH	5,77	5,78	5,74	5,75	0,02	NS	NS	NS
L*	3,23	32,69	32,51	29,53	0,95	**	NS	NS
a*	25,15	18,46	20,78	19,17	2,85	NS	NS	NS
b*	8,76	8,61	11,01	9,89	0,37	***	***	NS
Hue°	41,04	32,98	37,20	37,76	4,17	NS	NS	NS
CRA	77,83	81,46	79,43	79,89	0,59	***	**	NS
EC	5,75	5,31	4,94	5,99	0,64	NS	NS	NS

<sup>a</sup> C, Control; Z12, implantados con 12 mg de Zeranol; Z24, implantados con 24 de Zeranol; RZ12, Implantados reimplantados con 12 mg de Zeranol. <sup>b</sup> L\*, a\* y b\*: parámetros de color, Hue°: ángulo de matiz, CRA: capacidad de retención de agua, EC: esfuerzo al corte en KgF. <sup>c</sup> ns, P > 0,05; \*, P < 0,05; \*\*, P < 0,01; \*\*\*, P < 0,001. <sup>d</sup> C1 = C vs Z12+Z24 + RZ12, C2 = Z12 vs Z24 + RZ12, C3 = Z24 vs RZ12. <sup>e</sup> EEM, error estándar de la media.

Igualmente, el contenido de grasa para el músculo BF fue afectado por los tratamientos (P<0,05). Se encontró una disminución (29,3%) del contenido de grasa al utilizar el zeranol respecto al grupo control (P<0,05, efecto de contraste C1). En cuanto a la estrategia de implantación, se observó una disminución del contenido de grasa al aumentar la dosis de zeranol (P<0,05, efecto de contraste C2), encontrándose un 2,61% de grasa para el grupo implantado con 12 mg de zeranol y un 2,06 % para el grupo con 24 mg de zeranol.

Los porcentajes de grasa intramuscular obtenidos en el presente estudio para los dos músculos evaluados, son similares a los reportados por González-Ríos [13], donde se evaluó el efecto de la implantación con zeranol y la castración a corderos de pelo. De igual forma, están en concordancia con lo encontrado por otros autores [15], quienes observaron una reducción en grasa intramuscular al utilizar el implante zeranol en ganado *Bos taurus* productor de carne.

Duckett y col. [9], al evaluar el efecto de la estrategia de implantación sobre el contenido de grasa del músculo LD observaron un efecto similar al presente estudio. Ellos encontraron una notable disminución del contenido de grasa intramuscular al implantar a bovinos para carne (3,36%). Sin embargo, sus hallazgos difieren al presente estudio en cuando la evaluación de la estrategia de implantación, ya que no encontraron efecto de la reimplantación y tipo de implante utilizado. Estos investigadores atribuyen tal alteración al efecto de dilución de los componentes químicos debido al incremento encontrado en el tamaño del músculo *Longissimus dorsi*.

Otros investigadores, adjudican la disminución del contenido de grasa intramuscular al efecto anabolizante y lipolítico comprobado de los implantes hormonales en los sistemas de producción para carne [25].

Cabe destacar que los valores encontrados de grasa intramuscular en el presente estudio son bajos, no obstante éstos se encuentran dentro de los rangos de grasa intramuscular aceptables por el consumidor sin demeritar los atributos sensoriales [35].

El pH del músculo BF no fue afectado por los tratamientos, observándose una media general de 5,76. A diferencia de éste, en el LD se observó una disminución (P<0,05, efecto del C1) del pH al implantar con zeranol a corderos de pelo (5,69) respecto a los animales del grupo control (5,79). Los valores de pH de los dos músculos se encuentran dentro del rango normal (5,5 – 5,8) reportado para carne fresca ovina [28]. Por otra parte, otros autores [11] no encontraron efecto significativo en el pH por el uso de implantes, y reportan un promedio de 5,7, siendo este valor similar a los encontrados en el presente estudio.

Es importante mencionar, al margen de los resultados obtenidos, que es necesario mantener el pH final de la carne dentro de los rangos normales para que otras características de calidad no sean afectadas, pues se señala que, a medida que se hace mayor la velocidad de caída del pH y disminuye el pH final de la carne, aumenta su dureza y la cantidad de jugo liberado [5].

Respecto a los parámetros que definen el color, sólo el ángulo de matiz (Hue°) del músculo LD fue afectado al implantar zeranol (P<0,05, efecto de contraste C1), siendo mayor este valor en la carne proveniente de animales implantados con un valor de 22,46. En cuanto al músculo BF, sólo los parámetros L\* y b\* fueron afectados (P<0,05). Se observó, que existió una disminución del parámetro L\* al implantar zeranol. Contrario a lo sucedido en b\*, donde se encontró que al emplear el zeranol como agente anabólico, este incrementó (P<0,05) tal parámetro de color.

En varias investigaciones se ha coincidido en que el uso de implantes anabólicos incrementa la incidencia de cortes oscuros, encontrando valores de  $L^*$  bajos [8, 30]. Contrario a esto, Reilling y Johnson [26], no encontraron cambios en el parámetro  $L^*$  del corte LD de animales implantados, lo cual es similar a lo encontrado en el presente estudio. Sin embargo, aún cuando se encontraron valores bajos de  $L^*$ , éstos son valores normales, destacando que la carne de cordero es más oscura que la de bovino [30]. Aunado a que, a pH altos no se presenta una desnaturalización de las proteínas y con ello existe una mayor capacidad de retención de agua la cual disminuye la liberación de agua superficial y al no desnaturalizarse las proteínas no existe cambio de la mioglobina del músculo, disminuyendo la reflexión de este. Por todo lo anterior, el músculo se observa oscuro [8].

La CRA de los dos músculos fue afectada por los tratamientos ( $P < 0,05$ ). En ambos músculos se observó una mayor CRA en los músculos provenientes de animales implantados (LD, 83,75% y BF, 80,26%; efecto de contraste C1) respecto a los no implantados (LD, 77,44% y BF, 77,86%). Asimismo, se observó el mismo comportamiento al incrementar la dosis de implantación (BF, efecto de contraste C2) y al reimplantar (LD, efecto de contraste C3).

De acuerdo a Barriada [3], el empleo de algunas sustancias anabólicas aumenta el contenido de agua de la carne lo cual no se traduce en un incremento paralelo de la CRA, pues el agua que se acumula en la carne por "hinchamiento" se expulsa fácilmente. Lo anterior es contrario a lo obtenido en esta investigación, donde se observó que los tratamientos con implante obtuvieron los porcentajes de CRA más altos que los no implantados. Lo cual conlleva a la suposición de que la carne proveniente de cordero, no presentará problemas de pérdidas de agua por goteo y pérdida de peso por cocinado.

La RC del músculo LD fue afectada por los tratamientos ( $P < 0,05$ ), observándose valores mayores en el tratamiento control seguido por los tratamientos RZ12, Z12 y por último el tratamiento Z24 (7,53; 5,49; 4,86 y 4,04 kgF, respectivamente). Al separar el efecto de las medias por contrastes ortogonales, se encontró que el contraste C1 fue significativo ( $P < 0,05$ ), siendo la media del tratamiento control mayor (7,53 kgF) con respecto a la media de los tratamientos con zeranol (4,79 kgF). También el contraste C3 fue significativo, obteniéndose un valor medio menor de RC en la carne proveniente de los animales implantados con 24 mg de zeranol en dosis única respecto a los animales reimplantados.

Los valores de RC registrados en este estudio son mayores a los reportados por otros autores (1,73 a 3,98 kgF) para esta especie [10]. Sin embargo, los valores de RC de la carne proveniente de animales con el implante zeranol presentaron valores por debajo del límite superior de 6 kgF indicado por Shackelford y col. [31], quienes clasifican a la carne como tierna si presenta valores de RC por debajo de los 6 kgF. Lo anterior es de importancia comercial, ya que, el uso del implante no produjo una carne que puede ser clasificada como dura.

Así mismo, los resultados encontrados en el presente estudio, no concuerdan con otras investigaciones, ya que varios autores han coincidido que el empleo de anabolizantes en la producción animal se traduce en una influencia negativa sobre la terneza de la carne, observándose valores altos de RC. Estos cambios negativos, los han atribuidos a ciertas diferencias en: disminución de la grasa intramuscular, aumento del colágeno insoluble, diferencias en el pH que conllevan a una disminución de la actividad del sistema calpaína, así como un aumento de tamaño de las fibras musculares (hipertrofia muscular) [8, 36]. Otros estudios [2, 12], no han observado influencia del uso de implantes sobre los valores de EC.

En cuanto al uso del implante zeranol en ganado ovino, existe muy poca información acerca del efecto de éstos sobre la calidad de la carne. De la información existente se tiene lo encontrado por el equipo de trabajo de esta investigación [13], quienes evaluaron el efecto del implante con zeranol y la castración de corderos de pelo y se observó que no hubo un efecto negativo sobre la terneza de la carne (control, 5,18 kgF e implantados, 4,24 kgF), siendo esto similar a los resultados de la presente investigación.

La RC del músculo BF no presentó cambios ( $P > 0,05$ ) al implantar zeranol. El valor medio obtenido del RC para este músculo fue de 5,13 kgF. En el trabajo de González-Ríos [13], no se encontró efecto de la implantación con zeranol sobre la RC y los valores reportados fueron similares a los de esta investigación. Además, coincidiendo con lo observado en el músculo LD, los valores obtenidos de RC no se encuentran fuera del límite propuesto [31] de 6 kgF para una carne tierna.

### Determinación de colágeno total e insoluble

El contenido de colágeno total, colágeno insoluble y sus porcentajes de solubilidad de los músculos *Longissimus dorsi* y *Biceps femoris* se observan en la TABLA III. En el caso del músculo LD se observa que el contenido de colágeno total e insoluble no fue afectado por los tratamientos ( $P > 0,05$ ). El contenido de colágeno total del LD presentó valores desde 0,88 a 1,19 mg de hidroxiprolina por g de músculo fresco, mientras que para el colágeno insoluble fueron de 0,55 a 0,92 mg de hidroxiprolina por g de músculo.

El PINS y PSOL fueron afectados por la dosis de implantación (efecto de contraste C2,  $P < 0,05$ ). El PINS del grupo Z12 fue de 55,02%, mientras que para los implantados con 24 mg de zeranol (Z24 + RZ12) fue de 76%. El PSOL fue de 44,97% para los implantados con 12 mg de zeranol y 24% para los implantados con 24 mg de zeranol.

En el caso del BF, se observaron mayores cambios en el contenido de colágeno total y sus componentes ( $P < 0,05$ ). El CT y CINS se incrementó al aplicar el implante y al aumentar la dosis de implantación (efecto de contrastes C1 y C2). Para el caso del PINS y PSOL todos los contrastes probados fueron significativos ( $P < 0,05$ ). Destaca en los resultados que al aplicar una dosis de 24 mg de zeranol se disminuyó el porcentaje

**TABLA III**  
**CONTENIDO DE COLÁGENO TOTAL E INSOLUBLE Y SUS PORCENTAJES DE SOLUBILIDAD**  
**PARA LOS MÚSCULOS *Longissimus dorsi* y *Biceps femoris* DE CORDEROS DE PELO**

Variable <sup>b</sup>	Tratamientos <sup>a</sup>					Nivel de Significancia <sup>c</sup> Contrastes <sup>d</sup>		
	C	Z12	Z24	RZ12	EEM <sup>e</sup>	C1	C2	C3
<i>Longissimus dorsi</i>								
CT	0,88	0,99	0,87	1,19	0,11	NS	NS	NS
CINS	0,64	0,55	0,64	0,92	0,10	NS	NS	NS
PINS (%)	73,04	55,02	75,22	76,85	3,67	NS	**	NS
PSOL (%)	26,95	44,97	24,77	23,14	3,67	NS	**	NS
<i>Biceps femoris</i>								
CT	0,95	1,02	1,62	1,53	0,05	***	***	NS
CINS	0,75	0,83	1,13	1,18	0,04	***	***	NS
PINS (%)	78,79	81,32	69,96	77,04	0,81	**	***	***
PSOL (%)	21,20	18,67	30,03	22,95	0,81	**	***	***

<sup>a</sup> C, Control; Z12, implantados con 12 mg de Zeranol; Z24, implantados con 24 de Zeranol; RZ12, Implantados y reimplantados con 12 mg de Zeranol. <sup>b</sup> CT: Colágeno total (mg de hidroxiprolina /g de carne fresca), CINS: Colágeno insoluble (mg de hidroxiprolina /g de carne fresca), PINS: Porcentaje de insolubilidad, PSOL: Porcentaje de solubilidad. <sup>c</sup> ns, P > 0,05; \*, P < 0,05; \*\*, P < 0,01; \*\*\*, P < 0,001. <sup>d</sup> C1 = C vs Z12+Z24 + ZR12, C2 = Z12 vs Z24 + ZR12, C3 = Z24 vs ZR12. <sup>e</sup> EEM, error estándar de la media.

de insolubilidad, y por tanto se incrementó el porcentaje de solubilidad (efecto de contraste C2).

Los valores encontrados de colágeno total e insoluble del músculo LD, coinciden con los reportados por Sylvestre y col. [33] para ovinos con alta tasa de crecimiento. Por otra parte, Maiorano y col. [18] y Nold y col. [22], encontraron que la concentración de colágeno total y colágeno insoluble no fueron afectadas por la implantación con zeranol, lo cual es similar a lo observado en el LD del presente estudio. Además, los mismos autores encontraron un cambio en la solubilidad del colágeno, siendo mayores en los animales implantados respecto a los no implantados, estos resultados concuerdan con lo observado en este trabajo para los implantados con 12 mg de zeranol.

El aumento en el contenido y poca solubilidad del colágeno ha sido asociado a la presencia de mayor cantidad de hidroxilisipiridinolina (HLP) en el colágeno intramuscular con una disminución de la terneza de la carne, es decir valores altos de RC [16, 17, 34]. Sin embargo, en el presente estudio no sucedió tal efecto, ya que, la cantidad de colágeno total e insoluble del LD, no se vio afectada por el tratamiento y el porcentaje de solubilidad del tratamiento control respecto a la de los tratamientos con zeranol el cual fue similar.

Los valores que se observaron en este estudio, concuerdan con los reportados (84,57%) para carne de corderos jóvenes de la raza Manchego [29], mientras que fueron más altos a los reportados por Hufstedler y col. [14] y similares a los encontrados por Bianchi y col. [6].

Miller y col. [19] mencionan que, al estimular el crecimiento de corderos mediante implantes anabólicos (dihidrotestosterona y 17- $\beta$  estradiol) se produjo un incremento en la

deposición de colágeno. Sin embargo, no se observó una mayor maduración del colágeno a través del entrecruzamiento en los músculos de animales implantados. Igualmente se encontró el mismo comportamiento en los dos músculos en nuestro estudio. Adicionalmente, en el caso del tipo de estrategia de implantación se observaron resultados contrastantes entre músculos, ya que mientras en el LD una dosis baja de zeranol (12 mg) redujo el porcentaje de insolubilidad con respecto a los de dosis doble (24 mg), resultados contrarios sucedieron en el BF. Sin embargo, al relacionar estos resultados con los valores de EC, un mayor porcentaje de insolubilidad en la carne no representó mayores valores de EC de esta misma.

## CONCLUSIONES E IMPLICACIONES

El incremento en el empleo de sustancias anabólicas en producción ovina para el estímulo del crecimiento animal ha llevado consigo la interrogante de cuál será la calidad final de la carne provenientes de estos animales, ya que aún cuando para el productor lo más importante es el incremento de la tasa de crecimiento y la eficiencia alimenticia, para otros actores de la cadena productiva de la carne, como los industrializadores y comercializadores esto no lo es del todo, y esperan cierta calidad que se adecue a su tipo de comercio. El uso del implante zeranol (un incremento en la dosis y uso de reimplantación), no afecta negativamente las características fisicoquímicas, y a pesar de que puede darse una reducción del contenido de grasa y un incremento del colágeno, la terneza de la carne no se ve afectada. Lo anterior, sugiere el uso de este promotor del crecimiento en la producción ovina, sin detrimento de la calidad de la carne.

## REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- [1] ASSOCIATION OF OFFICIAL ANALYTICAL CHEMISTS (AOAC). *Official Methods of Analysis*. 15<sup>th</sup> Ed. Washington D. C. Pp 1094. 1990.
- [2] BARHAM, J.C.; BROOKS, B.L.; BLANTON, J.R.; HERRING, A.D.; CARR, M.A.; KERTH, C.R.; MILLER, M.F. Effects of growth implants on consumer perceptions of meat tenderness in beef steers. **J. Anim. Sci.** 81:3052-3056. 2003.
- [3] BARRIADA, M.; CASTRO, P.; MARTINEZ, A.; OSORO, K. Efecto del sistema de alimentación y del peso de sacrificio sobre las características de la canal de añajos de raza asturiana de los valles. **ITEA** 12:631-636. 1993.
- [4] BAYLE, A.J.; LIGTH, N.D. In: A. J. Bayle & N. D. Ligth (Eds.), **Connective tissue in meat and meat products**. London and New York: Elsevier Applied Science. Pp 170-194. 1989.
- [5] BERIAIN, M.J.; LIZASO, G. Calidad de la carne de vacuno. En: **Vacuno de carne: aspectos clave** (C. Buxadé, Ed). Mundi Prensa, Madrid. Pp 493-510. 1997.
- [6] BIANCHI, G.; GARIBOTTO, G.; FEED, O.; BENTANCUR, O.; FRANCO, J. Efecto del peso al sacrificio sobre la calidad de la canal y de la carne de corderos Corriedale puros y cruza. **Arch. Med. Vet.** 38 (2):161-165. 2006.
- [7] BONNET, M.; KOPP, J. Dosage du collagene dans les tissus conjonctifs de la viande et les produits carnés. **Viandes Prod. Carnés** 7: 263-266. 1986.
- [8] DIKEMAN, M.E. Effects of metabolic modifiers on carcass traits and meat quality. **Meat Sci.** 77: 121-135. 2007.
- [9] DUCKETT, S.K.; WAGNER, D.G.; OWENS, F.N.; DOLEZAL, H.G.; GILL, D.R. Effect of anabolic implants on beef intramuscular lipid content. **J. Anim. Sci.** 77:1100-1104. 1999.
- [10] DUCKETT, S.K.; ANDRAE, J.G.; OWENS, F.N. Effect of high-hoil corn or added corn oil on ruminal biohydrogenation of fatty acids and conjugated linoleic acid formation in beef steers fed finishing diets. **J. Anim. Sci.** 80:3353-3360. 2002.
- [11] FOUTZ, C.P.; DOLEZAL, H.G.; GARDNER, T.L.; GILL, D.R.; HENSLEY, J.L.; MORGAN, J.B. Anabolic implant effects on steer performance, carcass traits, subprimal yields, and longissimus muscle properties. **J. Anim. Sci.** 75:1256-1265. 1997.
- [12] GERKEN, C.L.; TATUM, J.D.; MORGAN, J.B.; SMITH, G.C. Use of genetically identical (clone) steers to determine the effects of estrogenic and androgenic implants on beef quality and palatability characteristics. **J. Anim. Sci.** 73:3317-3324. 1995.
- [13] GONZALEZ-RIOS, H. Manipulación del comportamiento productivo, la calidad de la canal y la carne de corderos de pelo en confinamiento, mediante la castración y un promotor del crecimiento. Chihuahua, México. Universidad Autónoma de Chihuahua. Tesis de Grado. 197 pp. 2009.
- [14] HUFSTEDLER, G.D.; GILLMAN, P.L.; CARSTENS, G.E.; GREENE, L.W.; TURNER, N.D. Physiological and hormonal Responses of Lambs Repeatedly implanted with Zeranol and provided two levels of Feed intake. **J. Anim. Sci.** 74:2376-2384. 1996.
- [15] LEMIEUX, P.G.; BYERS, F.M.; SCHELLING, G.T. Relationship of anabolic status and phase and rate of growth to priorities for protein and fat deposition in steers. **J. Anim. Sci.** 68:1702-1710. 1990.
- [16] LEPETIT, J. A theoretical approach of the relationships between collagen content, collagen cross-links and meat tenderness. **Meat Sci.** 76:147-159. 2007.
- [17] LISTRAT, A.; HOCQUETTE, J.F. Analytical limits of total and insoluble collagen content measurements and type I and III collagen analysis by electrophoresis in bovine muscles. **Meat Sci.** 68: 127-136. 2004.
- [18] MAIORANO, G.; MCCORMICK, R.J.; FIELD, R.A.; SNOWDER, G. Intramuscular collagen characteristics of ram, wether, and zeranol-implanted ram lambs. **J. Anim. Sci.** 71:1817-1822. 1993.
- [19] MILLER, L.F.; JUDGE, M.D.; SCHANBACHER, B.D. Intramuscular collagen and serum hydroxyproline as related to implanted testosterone, dihydrotestosterone and estradiol-17 beta in growing wethers. **J. Anim. Sci.** 68:1044-1048. 1990.
- [20] MONSON, F.; SAÑUDO, C.; BIANCHI, G.; ALBERTI, P.; HERRERA, A.; ARIÑO, A. Carcass and meat quality of yearling bulls as affected by the use of clenbuterol and steroid hormones combined with dexamethasone. **J. Muscle Foods.** 18: 173-185. 2007.
- [21] MUCHENJE, V.; DZAMA, K.; CHIMONYO, M.; STRYDOM, P.E.; HUGO, A.; RAATS, J.G. Some biochemical aspects pertaining to beef eating quality and consumer health. **Food Chem.** 112:279-289. 2009.
- [22] NOLD, R.A.; UNRUH, J.A.; SPAETH, C.W.; HUNT, M.C. Effects of implanting ram and wether lambs with zeranol at birth and weaning on palatability and muscle collagen characteristics. **J. Anim. Sci.** 70: 2752-2757. 1992.
- [23] NUMBER CRUNCHER STATISCAL SYSTEM (NCSS). Users Guide. N.C, USA. 2001.
- [24] NATIONAL RESEARCH COUNCIL (NRC). *Nutrient Requirements of Sheep*. 6th Ed. Nat. Acad. Press. Washington. D.C. Pp. 36-39. 1985.
- [25] PLATTER, W.J.; TATUM, J.D.; BELK, K.E.; ENGLE, T.E.; SMITH, G.C. Effects of repetitive use of hormonal

- implants on beef carcass quality and consumer ratings of beef palatability. **Final Report to the National Cattle-men's Beef Association**. Meat Science Program, Department of Animal Sciences, Colorado State University, Fort Collins, CO. Pp 1-56. 2001.
- [26] REILING, B.A.; JOHNSON, D.D. Effects of implant regimens (trenbolone acetate-estradiol administered alone or in combination with zeranol) and vitamin D 3 on fresh beef color and quality. **J. Anim. Sci.** 81:135-142. 2003.
- [27] ROEBER, D.C.; CANELL, R.C.; BELK, K.E.; MILLER, R.K.; TATUM, J.D.; SMITH, G.C. Implant strategies during feeding: impact on carcass grades and consumer acceptability. **J. Anim. Sci.** 78:1867-1874. 2000.
- [28] SAÑUDO, C.; SANTOLARIA, P.; MARIA, G.; OSORIO, M.; SIERRA, I. Influence of carcass weight on instrumental and sensory lamb meat quality in intensive production systems. **Meat Sci.** 42:195-202. 1996.
- [29] SAÑUDO, C.M.; CAMPO, I.; SIERRA, G.A.; MARIA, J.L.; OLLETA, P.; SANTOLARIA, P. Breed effect on carcass and meat quality of suckling lambs. **Meat Sci.** 4:357-365. 1997.
- [30] SCHILLING, B.J. Performance evaluation, carcass characterization and palatability assessment of hair sheep. Texas Tech University. Thesis of Grade. U.S.A. 79 pp. 2005.
- [31] SHACKELFORD, S.D.; WHEELER, T.L.; KOOHMA-RAIE, M. Tenderness classification of beef: I. Evaluation of beef longissimus shear force at 1 or 2 days post mortem as a predictor of aged beef tenderness. **J. Anim. Sci.** 75: 2417-2422. 1997.
- [32] SUTTON, D.S.; ELLIS, M.; LAN, Y.; MCKEITH, F.K.; WILSON, E.R. Influence of Slaughter Weight and Stress Gene Genotype on the Water-holding Capacity and Protein Gel Characteristics of Three Porcine Muscles. **Meat Sci.** 46:173-180. 1997.
- [33] SYLVESTRE, M.N.; BALCERZAK, D.; FEIDT, C.; BARACOS, V.E.; BRUN-BELLUT, V.E. Elevated rate of collagen solubilization and postmortem degradation in muscles of lambs with high growth rates: Possible relationship with activity of matrix metalloproteinases. **J. Anim. Sci.** 80:1871-1878. 2002.
- [34] TORRESCANO, G.; SÁNCHEZ-ESCALANTE, A.; JIMÉNEZ, B.; RONCALÉS, P.; BELTRÁN, J.A. Shear values of raw samples of 14 bovine muscles and their relation to muscle collagen characteristics. **Meat Sci.** 64: 85-91. 2003.
- [35] TROY, D.J.; KERRY, J.P. Consumer Perception and the Role of Science in the Meat Industry. **Meat Sci.** 86:214-26. 2010
- [36] VERGARA, H.; GALLEGO, L. Effect of electrical stunning on meat quality of lamb. **Meat Sci.** 56:345-349. 2000.
- [37] WATSON, R. Meta-analysis of the published effects of HGP use on beef palatability in steers as measured by objective and sensory testing. **Aust. J. Exp. Agric.** 48: 1425-1433. 2008.
- [38] YOUNG, S.K.; SEOK, K.Y.; YOUNG, H.S.; SPING, K.L. Effect of season on color of Hanwoo (Korean native cattle) beef. **Meat Sci.** 63: 509-513. 2003.