



**UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DEL ESTADO DE MÉXICO**  
**MAESTRÍA Y DOCTORADO EN CIENCIAS AGROPECUARIAS Y**  
**RECURSOS NATURALES**

**EFFECTO DE LA ADICIÓN DE EXTRACTO DE *Salix babylonica* Y ENZIMAS  
EXÓGENAS EN LA DIETA BASE, SOBRE LA CALIDAD DE LA CARNE DE  
CORDEROS SUFFOLK**

**TESIS**

**QUE PARA OBTENER EL GRADO DE MAESTRO EN CIENCIAS  
AGROPECUARIAS Y RECURSOS NATURALES**

**PRESENTA**

**IAZ. JORGE ADALBERTO CAYETANO DE JESÚS**

**El Cerrillo Piedras Blancas, Toluca, Estado de México, Enero 2014**



**UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DEL ESTADO DE MÉXICO**  
**MAESTRÍA Y DOCTORADO EN CIENCIAS AGROPECUARIAS Y**  
**RECURSOS NATURALES**

**EFFECTO DE LA ADICIÓN DE EXTRACTO DE *Salix babylonica* Y ENZIMAS  
EXÓGENAS EN LA DIETA BASE, SOBRE LA CALIDAD DE LA CARNE DE  
CORDEROS SUFFOLK**

**TESIS**

**QUE PARA OBTENER EL GRADO DE MAESTRO EN CIENCIAS  
AGROPECUARIAS Y RECURSOS NATURALES**

**PRESENTA**

**IAZ. JORGE ADALBERTO CAYETANO DE JESÚS**

**COMITÉ DE TUTORES**

<b>Dr. Abdel-Fattah Zeidan Mohamed Salem.</b>	<b>Tutor Académico</b>
<b>Dr. Rolando Rojo Rubio.</b>	<b>Tutor Adjunto</b>
<b>Dra. María Antonia Mariezcurrena Berasain.</b>	<b>Tutor Adjunto</b>

**El Cerrillo Piedras Blancas, Toluca, Estado de México, Enero 2014**

El presente trabajo de tesis titulado “**Efecto de la adición de extracto de *Salix babilónica* y enzimas exógenas en la dieta base, sobre la calidad de la carne de corderos Suffolk**” ha sido aprobado por su comité tutorial como requisito parcial para obtener el grado de:

**MAESTRO EN CIENCIAS AGROPECUARIAS Y RECURSOS NATURALES**

**Asesor**

---

**Dr. Abdel-Fattah Zeidan Mohamed Salem**

**Asesor**

---

**Dr. Rolando Rojo Rubio**

**Asesor**

---

**Dra. María Antonia Mariezcurrena Berasain**

## **DEDICATORIA**

A Dios

Por ser mi fuente de confianza, vida y sabiduría, permitiéndome concluir una etapa más en formación profesional.

A mi hijo

Por ser la luz de mi vida

A mis padres y hermanas

Por su amor, apoyo y confianza para seguir adelante

## RESUMEN

El objetivo del presente estudio fue determinar el efecto de la adición de extractos de *Salix babylonica* y enzimas exógenas individuales y en combinación en la dieta base sobre la calidad de la carne de corderos Suffolk con edades promedio de 6 a 8 meses. Los corderos fueron divididos en cuatro grupos, 4 animales por grupo en un diseño completamente al azar. Los tratamientos fueron: (i) Control: dieta base compuesta de concentrado (30%) y ensilado de maíz (70%); (ii) EZE (enzimas exógenas): alimentados con la dieta base y 10 g de enzimas (Zado ®); (iii) SB (*Salix babylonica*): alimentados con la dieta base más 30 ml de extracto de *S. babylonica* y (iv) EZESB (enzimas exógenas + extracto de *Salix babylonica*): alimentados con la dieta base más 10 g de enzimas y 30 ml de extracto de *S. babylonica*. El estudio tuvo una duración 60 días durante los cuales los corderos fueron alojados en jaulas individuales durante todo el periodo experimental. Los extractos SB se administraron vía oral, mientras que el EZE se mezcló con 50 g de concentrado de la dieta base. Después de finalizados los 60 días del periodo experimental los corderos fueron sacrificados tomando muestras del musculo *Longissimus dorsi* para el análisis de la composición química. De las muestras se le analizaron proteína bruta, grasa bruta, cenizas y contenido de materia seca. Algunos otros parámetros de calidad de la carne se determinaron incluidos color, pH, temperatura de canal y grasa peri renal. No se encontraron diferencias significativas para peso vivo, composición química, así como para peso de canal caliente y fría, temperatura inicial y final y grasa peri renal. Aumento la luminosidad de carne (variable L\*) y arrojó el pHf más ácido ( $P < 0.05$ ) con el tratamiento EZESB en comparación con los otros tres tratamientos. En conclusión, una administración combinada de EZESB a la dieta basal mejora la calidad de la carne mediante la reducción del pH y aumento a la luminosidad dando mejor aspecto a la carne en comparación con la adición individual de EZE o SB.

## ABSTRACT

The objective of this study was to determine the effect of adding *Salix babylonica* extracts and exogenous enzymes in combination or individually on the quality of meat of Suffolk lambs aged between 6 and 8 months of age. Lambs were divided into 4 groups of 4 animals each in a completely randomized design (CRD). The treatments were: (i) Control: basal diet of concentrate (30%) mixture and corn silage roughage (70%); (ii) EZE (exogenous enzymes): fed the basal diet plus 10 g of enzyme (Zado<sup>®</sup>); (iii) SB (*Salix babylonica*): fed the basal diet plus 30 ml of *S. babylonica* extracts, and (iv) EZESB (exogenous enzymes + *Salix babylonica*): fed the basal diet plus 10 g enzyme and 30 ml of *S. babylonica* extracts. The study lasted 60 days during which time the lambs were housed in individual cages that was the whole time of the experiment. The SB extracts were given orally while the EZE was mixed with 10 g of the basal diet concentrate. At the end of the 60-day experimental period, all lambs were slaughtered and samples of *Longissimus dorsi* muscle were taken for chemical composition analysis. The samples were analyzed for crude protein, crude fat, ash and dry matter content. Other parameters of meat quality were determined including color parameters, pH, carcass temperature and perirenal fat. No significant differences for live weight, chemical composition, as well as hot carcass weight and cold, initial and final temperature and perirenal fat were observed. Meat lightness (variable L\*) and pH<sub>f</sub> were improved (P < 0.05) with EZESB treatment compared to the other three treatments, and the most optimal pH<sub>f</sub> for all four treatments was the most acidic. In conclusion, a combined administration of a basal diet with EZESB improved meat quality by reducing the pH and increasing the brightness, giving better appearance compared to meat with individual EZE or SB.

## **AGRADECIMIENTOS**

A la Universidad Autónoma del Estado de México por acogerme durante mi formación profesional y respaldar mis estudios

Al Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología (CONACyT) por la beca otorgada para cursar mis estudios de maestría.

A mis tutores de tesis el Dr. Abdel-Fattah Zeidan Mohamed Salem, Dr. Rolando Rojo Rubio y la Dra. María Antonia Mariezcurrena Berasain, por darme la oportunidad de estudiar bajo su dirección, por sus consejos, apoyo y confianza.

Al Dr. F. Javier Giráldez, director del Instituto de Ganadería de Montaña (CSIC-ULE) de León España por brindarme la oportunidad de realizar una estancia en la institución antes mencionada a su cargo.

Y a todos aquellos que contribuyeron con la realización del presente trabajo de investigación.

## CONTENIDO

	<b>Página</b>
INDICE DE CUADROS.....	vii
INDICE DE FIGURAS.....	viii
I. INTRODUCCIÓN.....	3
II. REVISIÓN DE LITERATURA.....	5
2.1. La Raza Suffolk en México.....	5
2.2. Situación actual de la raza Suffolk en México.....	6
2.3. Calidad de la carne.....	7
2.4. Factores que influyen en la calidad de la carne.....	8
2.4.1. Factores intrínsecos.....	8
2.4.2. Factores extrínsecos.....	12
2.5. Parámetros físico-químicos que definen la calidad de la carne.....	13
2.5.1. pH.....	13
2.5.2. Capacidad de retención de agua.....	14
2.5.3. Color.....	15
2.5.4. Textura.....	17
2.5.5. Grasa.....	17
2.5.6. Perfil de ácidos grasos.....	18
2.6. Aditivos en la alimentación de rumiantes.....	19
2.7. Arbóreas forrajeras.....	20
2.8. Compuestos secundarios.....	22
2.8.1. Adaptación de los rumiantes a los compuestos secundarios.....	23
2.9. Extracto de árboles forrajeros en la calidad de carne de pequeños rumiantes.....	23
2.10.- Enzimas exógenas sobre la calidad de carne en rumiantes.....	30
III. JUSTIFICACIÓN.....	34
IV. HIPÓTESIS.....	35
V. OBJETIVOS.....	36
5.1. General.....	36
5.2. Específicos.....	36

VI. MATERIALES Y MÉTODOS.....	37
6.1. Animales.....	37
6.2. Preparación del extracto.....	37
6.3. Grupos experimentales.....	37
6.4. Tratamientos.....	38
6.5. Efecto de los tratamientos sobre la calidad de carne.....	38
6.6. Evaluación de la calidad de la carne .....	39
6.6.1. pH y temperatura .....	39
6.6.2. Composición química.....	40
6.6.3. Grasa peri renal.....	40
6.6.4. Color .....	40
VII. DISEÑO EXPERIMENTAL.....	42
VIII. RESULTADOS.....	43
8.1. Artículo publicado .....	44
8.2. INTRODUCTION .....	45
8.3. MATERIALS AND METHODS.....	45
8.4. RESULTS.....	47
8.5. DISCUSSION .....	49
8.6. CONCLUSION .....	49
8.7. REFERENCES.....	50
IX.- DISCUSIÓN GENERAL.....	52
X.- CONCLUSIÓN GENERAL.....	53
XI. ESTANCIA EN EL EXTRANJERO.....	54
XII.- REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	60

## ÍNDICE DE CUADROS

1	Efecto de extractos arbóreos, forrajeras y sistemas de alimentación sobre algunas características de la calidad de carne en pequeños rumiantes.	29
2	Efecto de enzimas en sistemas de alimentación sobre algunas características de la calidad de carne en rumiantes.	33
3	Grupos experimentales y tratamientos.	38
4	The effect of adding <i>Salix babylonica</i> extracts (SB), exogenous enzymes (EZE) or the mixture of the two (EZE-SB) on pH and the carcass temperature in sheep.	47
5	The effect of adding <i>Salix babylonica</i> extracts (SB), exogenous enzymes (EZE) or the mixture of the two (EZE-SB) on some production parameters in sheep.	48
6	The effect of adding <i>Salix babylonica</i> extracts (SB), exogenous enzymes (EZE) or the mixture of the two (EZE-SB) on parameters of chemical composition of sheep meat.	48
7	The effect of adding <i>Salix babylonica</i> extracts (SB), exogenous enzymes (EZE) or a mixture of the two (EZE-SB) on color (L*, a*, b*) of sheep meat.	49

## ÍNDICE DE FIGURAS

1	Peso de canal caliente	38
2	Peso de canal fría	38
3	Toma de muestras	39
4	Identificación de muestras	39
5	Registro de pH y temperatura a las 0 y 24 horas.	39
6	Determinación de proteína por el método de Kjeldhal.	40
7	Determinación de grasa por el método de Soxlet.	40
8	Determinación de coordenadas colorimétricas (Minolta Chroma meter)	41

## I. INTRODUCCIÓN

La búsqueda de alternativas para economizar los gastos de producción en la ganadería de México y el mundo está en la actualidad siendo ampliamente estudiada, como lo es tratar de reducir los costos por concepto de alimentación siendo este uno de los principales rubros que involucra más del 50% del total de los gastos. En las últimas décadas, los países latinoamericanos han explorado otras alternativas, en el campo de los recursos alimenticios, que puedan sustituir parcialmente el uso de concentrados comerciales para proveer de una manera eficiente y económicamente viable una producción animal rentable. En este sentido, las plantas arbóreas y arbustivas han ocupado un papel muy importante por sus considerables niveles proteicos, valor nutritivo, naturaleza multipropósito y amplio margen de adaptación a climas y suelos (**García, 2003**).

El empleo de extractos de plantas como aditivos dentro de la alimentación animal se ha venido usando desde hace miles de años con egipcios, indios, griegos y chinos, incluso se han empleado de manera importante como medicamentos o remedios caseros para contrarrestar enfermedades. Dichos extractos hoy en día tienen aspectos multifuncionales beneficiosos que derivan de sus componentes bio-activos específicos.

Aunado al uso de extractos como aditivos se pretende mejorar la acción positiva de estos con el uso de enzimas exógenas. Las enzimas son proteínas que actúan como catalizadores biológicos producidos por los seres vivos que tienen la función de acelerar reacciones biológicas y hacerlas energéticamente posibles, en general, los aditivos enzimáticos comerciales se caracterizan según su capacidad para degradar las paredes celulares de los vegetales. Aunado al efecto fibrolítico que presentan las enzimas, estas también tiene la capacidad de generar actividades secundarias, como es la degradabilidad del almidón, proteína y pectinas, lo cual genera un aumento en la capacidad hidrolítica.

Después de informar las oportunidades que genera el empleo de extractos y enzimas exógenas en la dieta de los ovinos, toca resaltar la evaluación de la calidad de carne que se produce en estos animales tras el suministro de extractos de las arbóreas, tomando en cuenta que el consumidor es el eslabón más importante en esta cadena alimenticia y el último dentro de una producción, las cualidades de entrada más importantes al momento de la compra de la carne por parte del consumidor es la presentación en general y el color en particular (**Bianchi,**

**2008a).** Así como de igual modo hacen mención de otras características involucradas directamente sobre la calidad de la carne como son; pH, capacidad de retención de agua, flavor (olor + sabor) y el contenido de ácidos grasos volátiles siendo la concentración de estos un factor muy importante ya que tiene un impacto considerable sobre la salud humana generalmente en enfermedades cardiovasculares.

Se han hecho numerosos estudios en distintas razas y con distintos métodos experimentales para analizar la calidad de la carne ofrecida al consumidor, buscando productos de muy buena calidad y que no afecten la salud humana. Con este proyecto de investigación se pretende generar información acerca del efecto que puedan tener el empleo o adición como aditivo al uso del extracto de Sauce llorón (*Salix babylonica*) y enzimas exógenas, adicionadas de manera individual y combinada, sobre la calidad de carne de los ovinos de lana.

## II. REVISIÓN DE LITERATURA

### 2.1. La Raza Suffolk en México

Tras el cruzamiento de las razas ovinas Southdown y Norfolk, se desarrolló a la raza Suffolk esto en los inicios de 1800 en el sudeste de Inglaterra, posteriormente fue importada por Canadá para 1888, alcanzando una distribución considerablemente importante, a la fecha la raza Suffolk continúa siendo una de las más dominantes en la industria Canadiense, con la raza Suffolk se tienen mejores tasa de crecimiento, y responde bien al confinamiento, ofrece excelentes retornos económicos y continúa dominando el mercado del cordero pesado. Los carneros son ampliamente usados como línea terminal en rebaños comerciales de hembras, debido a sus habilidades para la producción de corderos con excelente crecimiento y características de la canal. Debido a que ésta raza requiere de mucha alimentación, se recomienda mantenerlas en tamaños medio y bajo sistemas de manejo controlados pudiendo con esto explotar sus características cárnicas; siempre y cuando se haga de manera económica y eficiente **(Almanza, 2007)**.

En México, la AMCO (Asociación Mexicana de Criadores de Ovinos) tiene registros de 3 mil 100 cabezas de ovinos en promedio, lo que coloca a la raza Suffolk en tercer lugar de los ovinos de lana en el país, esto tomando en cuenta los números de registros. La mayor concentración de ovinos Suffolk se concentran principalmente en los estado de Querétaro, Estado de México, Hidalgo, Guanajuato, Aguascalientes, San Luis Potosí, Jalisco, Morelos, Veracruz y Distrito Federal, donde es utilizada para cruzamientos terminales **(Alicia, 2007)**.

En general el ovino de raza Suffolk esta caracterizado por ser un ovino de talla grande, de conformación musculosa, de cuerpo largo y alto. Tiene vellón de lana blanca en el cuerpo y pelo negro en cabeza y patas; su piel del rostro es negra. Una característica propia de esta raza es la cola corta propia de las razas nórdicas, la cual es delgada y de forma triangular. Los Suffolk son de talla media; el peso promedio en las hembras adultas es de 80 a 100 kilogramos y en los machos de 130 a 170 kilogramos. El aspecto de las ovejas adultas es de animales altamente fértiles y con gran capacidad de vientre. Son de hueso fino y de masas musculares regulares con excelente conformación cárnica, de rápido crecimiento y alta prolificidad **(INEGI, 2013)**.

## **2.2. Situación actual de la raza Suffolk en México**

En México existe un inventario de 8 millones 219 mil 386 ovinos, según datos oficiales, cifras que nos indica que en los últimos 10 años la población de ovinos ha fluctuado entre los 6 y 7 millones de cabezas, con un incremento desde 2002 al 2011 de 1 millón 802 mil 306 cabezas **(Cifras preliminares al 2011, SIAP, SAGARPA)**. Los ovinos en el México se encuentran distribuidos de la siguiente manera: el 52 por ciento está concentrado en la región centro, con gran parte de razas de lana productoras de carne como: Suffolk, Hampshire, Rambouillet y Dorset; el 23 por ciento del inventario en la zona sur con ganado de pelo (cruzas de Pelibuey, Black Belly, Katahdin y Dorper); en la región occidente, alrededor del 14 por ciento con rebaños con razas de pelo cruzadas con lanadas y, el 11 por ciento restante se encuentra en la región norte, donde existen básicamente inventarios de Rambouillet y cruzas de ganado de pelo **(Alicia, 2007)**.

En cuanto a la producción de carne de ovino, en los últimos 10 años (del 1999 a 2008), ésta ha mostrado incremento considerable, pasando de una producción de 30 mil 785 toneladas de carne para el año 1999, a una producción de 51 mil 275 toneladas para el 2008, teniendo un incremento del 66.5 % a partir del año 1999 **(SIAP, 2013)**. Aunque el consumo de carne de ovino es fundamentalmente en barbacoa, en los últimos años también se ha desarrollado un mercado de nuevos productos regionales, como cordero al pastor, al ataúd, lechal, sustituto de cabrito, cortes de cordero y raciones de barbacoa enlatada o conservada para calentar en horno de microondas **(Castelán, 2007)**.

Tomando en cuenta los datos recabados hasta el momento nos podremos dar cuenta que la actividad ovina en los últimos años ha ido pasando poco a poco de ser una actividad de traspatio o secundaria hacia una actividad principal de producción y sustento familiar. Como parte de este cambio, ha sido fundamental la orientación de la industria hacia la producción de cordero, razón fundamental para el crecimiento de la actividad, que ha colocado a los ovinocultores mexicanos en posición de competir con calidad y precio, en condiciones favorables con las importaciones de carne congelada y las borregas de desecho. En México se explotan masivamente ocho razas: Rambouillet, Suffolk, Hampshire, Dorset, Pelibuey, Black Belly, Katahdin y Dorper, que componen prácticamente el inventario ovino mexicano. Existen pequeños núcleos de Saint Croix, Romanov, Texel, East Friesian, Dorper Blanco, Damara, Charollais, Arcot y ovino criollo. Aquí los registros genealógicos, productivos y las pruebas de

comportamiento por Ley son emitidos para todas las razas por la Asociación Mexicana de Criadores de Ovinos (AMCO) y son regulados a través de un Reglamento Técnico aprobado para ésta y por la SAGARPA, que además supervisa el funcionamiento del esquema. A partir del 2006 se inició un modelo de especialización denominado Comisión de Raza, que son órganos consultivos de apoyo y asesoría para el Comité Técnico de la AMCO, comités de ferias y exposiciones y productores de las diferentes especies. En lo que relación con los animales inscritos en el Libro de Pureza y correspondientes a razas de pelo, el 35 por ciento son Pelibuey; el 33, Katahdin; el 16, Black Belly; el 11, Dorper, y el 5 por ciento a otras razas. En cuanto a razas de lana, el Suffolk ocupa el 38 por ciento de los animales de este tipo; el Hampshire, el 26; el Rambouillet, el 16; el Dorset, el 9, y el 11 por ciento otras razas, entre éstas se incluyen la East Friesian, Romanov y Charollais (**Arteaga, 2007**). Las expectativas de la producción ovina en México en los próximos años son prometedoras, se considera que ésta continuará creciendo en la medida que se muestre mayor capacidad y eficiencia. El alza en el precio de los granos obviamente impacta a todos los esquemas de producción. Sin embargo, existe la posibilidad de aumentar la productividad de los rebaños; se puede intentar reducir el consumo de granos en ciertas etapas; buscar alternativas en praderas naturales o inducidas; fuentes alternas de insumos más baratos y, sobre todo, actuar en las fases en que sólo se aprovechan los costos de oportunidad y se tiene baja productividad, o bien se está iniciando.

### **2.3. Calidad de la carne**

Según **Consigli 2001**, el término calidad considera y toma como conjunto a las características de un producto o servicio que satisfacen las necesidades o deseos del cliente, donde se encuentra una estrecha relación entre las características reales y las esperadas de cierto producto, en la medida que se satisface las necesidades o deseos del consumidor. Pero el concepto o percepción de calidad es más amplio, en cierto modo subjetivo ya que considera a la certificación de los procesos y productos y la oferta de productos de calidad constante, entre otras características implicadas en este concepto.

La calidad puede ser definida como el conjunto de características cuya importancia relativa le confiere al producto un mayor grado de aceptación y un mayor precio frente a los consumidores o frente a la demanda del mercado (**Colomer Rocher, 1988**). Por otro lado encontramos otros autores que para definir calidad consideran diferentes factores y posibles

tipos, como lo son; calidad nutritiva: va acorde con los nutrientes que nos pueda proporcionar, calidad higiénico-sanitario: la cual considera a la carga microbiana que se presenta en la carne, así como los residuos que esta pueda presentar, calidad tecnológica: considera a la diversidad de posibilidades con las que cuente la carne para la elaboración de productos cárnicos y calidad sensorial que toma en cuenta a los atributos visuales y características apreciables al momento de la degustación. Aspectos relacionados al sistema de producción como bienestar animal o impacto sobre el medio ambiente son ampliamente considerables para referirse a calidad de la carne ya que tiene gran influencia sobre los productos finales (**Zimmerman, 2012**). Calidad de la canal, esta se encuentra definida por una serie de características que le atribuyen una máxima aceptación en el mercado y que se traduce en un mayor precio o en una mayor demanda (**Zimmerman, 2009**), siendo quizás el más importante de todos el color (**Pearson, 1966**). La terneza y el sabor, en dicho orden, son lo que, después del color, más influyen en la aceptabilidad de la carne (**Brayshaw et al., 1965**). Por lo tanto, puede decirse que los intentos de definir la calidad de la carne implican tanto su atractivo como su jugosidad (**Pierce et al., 1974**). Los atributos que contribuyen de forma más importante a ésta última son la terneza, la jugosidad, el sabor y el aroma (**Wood, 1990**).

## **2.4. Factores que influyen en la calidad de la carne**

### **2.4.1. Factores intrínsecos**

#### **2.4.1.1. Raza**

Se han realizado trabajos donde se presta más atención al factor raza para encontrar alguna diferencia entre esta en cuanto a calidad de carne se refiere, donde se han manejado razas de igual peso o a igual edad y las razas más precoces o de conformación adulta, han alcanzado mayor grado de madurez y por lo tanto tendrán mayor cantidad de grasa que aquellas razas más tardías (**Pollott et al., 1994; Beerman et al., 1995**). **Sañudo et al. (1997)**, comparando razas españolas: Churra, Castellana, Manchega, y cruza con Awassi, han encontrado que las canales más engrasadas y con mayor cantidad de grasa subcutánea, intermuscular e interna eran las pertenecientes a la raza Churra debido a la mayor precocidad de esta. También se deduce de ese trabajo, que los corderos Manchegos tienen mejores características para la producción de carne, presentando una conformación, contorno de caderas y desarrollo de la pierna, más satisfactorios, que el resto de razas rústicas de aptitud lechera. Generalmente las

diferencias asociadas a la raza y el sexo se eliminan cuando el peso de los tejidos se expresa como proporción del peso de la canal y cuando se comparan a igual proporción de peso maduro. (**Oberbauer et al., 1994; Snowden et al., 1994**). **Wood et al. (1991)**, afirmaron que la composición tisular en las distintas razas ovinas es muy similar cuando los animales son sacrificados a porcentajes iguales de su peso adulto que es cuando han alcanzado su estado de madurez. Las proporciones de músculo y hueso se mantienen prácticamente constantes, apareciendo sólo ligeras variaciones en la grasa. **Snowden et al. (1994)**, realizaron estudios para determinar los pesos óptimos de sacrificio para la producción de carne de cordero, en cuatro razas, concluyendo que la raza menos precoz y de mayor talla, presentaba menos grasa subcutánea y menos grasa pelvicorrenal, por lo que convendría sacrificar a pesos mayores.

La raza también influye en la distribución del tejido adiposo, así en las razas de aptitud cárnica la grasa tiende a distribuirse uniformemente por el tejido conjuntivo subcutáneo, mientras que las razas rústicas depositan la grasa en cavidades corporales (**Kempster, 1981b**), región sacra y base de cola. La raza afecta más a la conformación de la canal que a la proporción de las distintas regiones corporales para animales de un peso y estado de engrasamiento próximos (**Boccard y Dumont, 1960b**).

El desarrollo muscular está muy influenciado por la raza del animal, así los corderos de razas muy especializadas en la producción de carne, van a tener mayor desarrollo de los músculos precoces, mientras que los animales menos seleccionados presentan crecimientos más tardíos.

Los huesos de razas mejoradas para la producción de carne son más cortos y relativamente más gruesos que los de las razas no mejoradas, lo que se traduce en una pierna más corta recubierta por una mayor proporción de carne (**Hammond, 1966**). Los animales especializados en la producción de carne presentan mayores rendimientos a la canal. **Wylie et al. (1997)**, encontraron que las canales procedentes de corderos de raza Texel, tienen mejores rendimientos de la canal que las procedentes de Suffolk (481 frente a 476 g/Kg), criados de la misma manera y sacrificados a 40, 44, y 48 Kg de peso.

#### **2.4.1.2. Sexo**

El desarrollo corporal de los animales se encuentra muy influenciado por el sexo, por lo que también va a influir sobre la calidad de la canal. De manera general hay una diferencia en el tamaño corporal entre sexos, los machos son más pesados debido a su mayor tasa de

crecimiento y a que este es más prolongado en el tiempo. Las hembras presentan la pubertad a edad más temprana, debido a su mayor precocidad. También se observan diferencias en la conformación y el grado de engrasamiento (**Hammond, 1932; Torres, 2013**). El mayor grado de desarrollo muscular del macho (importante desde el punto de vista de producción de carne), es debido a la acción anabólica de las hormonas masculinas. Sin embargo los machos presentan mayor proporción de cuello y espalda mientras que las hembras poseen mayor proporción de piezas de primera categoría.

Con relación a esto, **Butler-Hogg y Brown (1986)**, encontraron, al estudiar la distribución de los músculos entre machos y hembras, que aunque los machos presentan mayor cantidad de músculo que las hembras, estudiando cada músculo, las diferencias son poco acusadas. También observaron que las hembras presentaban mayor cantidad de músculo en la pierna y menor en el miembro torácico y el cuello, por lo que presentarían mayor cantidad de carne en las piezas de primera categoría, al contrario que los machos. Otros autores, estudiando el crecimiento de corderos de ambos sexos de raza Talaverana, encontraron que los machos presentaban valores significativamente superiores, en cuanto al peso medio de las piezas, excepto en el costillar y el lomo donde las diferencias de peso eran menores debido al desarrollo del tejido adiposo (**Guía y Cañeque, 1992**), mientras que la relación M/H es mayor en hembras debido a que poseen menor desarrollo óseo que los machos (**Cañeque et al., 1989**). También es mayor el crecimiento en grosor del hueso en los machos que en las hembras y en animales castrados (**Hammond, 1932**). Por lo general las hembras presentan un mayor nivel de grasa por unidad de músculo, por lo que su índice M/G será menor que en los machos. **Velasco et al. (2000)**, encontraron en corderos Talaveranos, que las hembras presentaban un mayor engrasamiento general de la canal que los machos, esto se vio reflejado en una mayor proporción de grasa total y principalmente de grasa interna (omental, y pelvicorrenal) y subcutánea. **Cañeque et al. (1989)**, sugieren que como a igual peso vivo, el engrasamiento de las hembras es mayor, se podrían sacrificar a pesos menores. **Pérez et al. (1995)**, encontraron en corderos sacrificados a los 105 días de edad, que las medidas de conformación presentaban valores superiores en machos que en hembras como consecuencia del mayor peso que alcanzaron éstos. En cambio **Guía y Cañeque (1992)**, vieron que los machos y hembras a la misma edad presentan medidas de conformación análogas, pero que las canales de las hembras estarían proporcionalmente mejor conformadas.

El sexo tiene influencia sobre los rendimientos presentando a igualdad de peso, mayores rendimientos las hembras que los machos (**Vergara et al., 1999a; Velasco et al., 2000**), como consecuencia de una mayor deposición de grasa debida a su mayor precocidad.

#### **2.4.1.3. Edad y Peso**

La edad es un factor muy ligado al peso y al estado de engrasamiento. Con la edad el peso de sacrificio aumenta, así como el peso de la canal, por lo que hay que esperar que una mayor edad traiga consigo, a partir de un momento determinado, rendimientos de canal (**Salomón et al., 1980**), y engrasamientos superiores (**Zygoyiannis et al., 1990; Azíz et al., 1993a**).

A medida que aumenta el peso de la canal, la conformación mejora y las medidas de engrasamiento (apreciación visual, espesor de grasa dorsal) aumentan (**Bicer et al., 1995; Vergara et al., 1999a**). **Guía y Cañequé (1992)**, observaron que todas las medidas de conformación aumentaban en valor absoluto con la edad al sacrificio. A medida que aumenta el peso de la canal, ésta se hace más corta, ancha, redonda y compacta, manifestando una mejor conformación. La cantidad de grasa de la canal está estrechamente relacionada con el peso de la canal (**Falagan, 1980**). La proporción de grasa aumenta con la edad de sacrificio, desde un 17% hasta un 29% de grasa, con un fuerte aumento de la pendiente principalmente en las hembras (**Kemp et al., 1976**), ello es debido a que al ser un tejido de desarrollo tardío, la cantidad de grasa se incrementa en mayor proporción que el resto de los tejidos cuando aumenta el peso de la canal (**Pérez et al., 1994**). La cantidad total de hueso y músculo de la canal aumenta con el peso de la misma, aunque no ocurre lo mismo con la proporción de estos tejidos con respecto a la canal, que para ambos va disminuyendo a medida que aumenta el peso (**Pérez et al., 1994**). **Jeremiah et al. (1997a)**, también observaron una disminución en la proporción de magro de la canal cuando se incrementaba el peso vivo y por lo tanto el peso de la canal. **Zigoyiannis et al. (1990)**, también señalaron que con el incremento del peso de la canal, la proporción de hueso y músculo disminuye y que la de grasa aumenta (**Butterfield, 1988 y Wood et al., 1991**).

Con el crecimiento del cordero (y por tanto con el aumento de peso), las regiones corporales se van modificando de tal manera que la proporción de piezas de mayor valor como el lomo aumenta en relación a las de menor valor (cabeza, cuello y parte distal de las extremidades) (**Hammond, 1932**). La proporción de piezas de desarrollo precoz (pierna, espalda y badal)

disminuye al aumentar el peso de la canal según **Boccard y Dumont (1960b; Vázquez et al., 2011)** ). El fenómeno contrario se presenta en piezas de desarrollo tardío (bajos y costillar), que presentan mayor desarrollo de los tejidos adiposos a medida que el animal se aproxima a la madurez. El peso de la canal influye en el rendimiento al despiece, pues a mayor peso de la canal mayor peso de las piezas (**Pérez et al., 1994**). **Jacobs et al. (1972)**, confirman que a medida que aumenta el peso de sacrificio y consecuentemente el peso de la canal, la proporción de piezas de primera categoría disminuye. Esto concuerda con **Cabrero (1984)**, para el que al aumentar el peso de sacrificio, se incrementaban el rendimiento, el engrasamiento y el tamaño de la canal, mientras que disminuía la proporción de piezas nobles. De manera general los rendimientos a la canal aumentan al hacerlo el peso de sacrificio (**Pérez et al., 1994 y Vergara et al., 1999a**). Así **Velasco et al. (2000)**, encontraron en lechales talaveranos, que los rendimientos comercial y de matadero eran mayores en los animales sacrificados a los 12 Kg que en los de 10 Kg, debido a que el incremento de peso de la canal es mayor que el peso de los despojos (**Colomer-Rocher y Espejo, 1971**).

#### **2.4.2. Factores extrínsecos**

##### **2.4.2.1. Alimentación**

La alimentación, asociada al sistema de explotación, puede también afectar la terneza, aunque con resultados variables. Se encontraron en la bibliografía experimentos que reportan mejoras significativas en la terneza instrumental y sensorial de vacunos alimentados con concentrados, atribuible ya sea a la mayor cantidad de grasa intramuscular, caída más rápida del pH (con la consecuente mayor proteólisis), mayor longitud de sarcómero y menor tasa de enfriamiento. Por el contrario, otros estudios o bien no reportan diferencias entre sistemas de alimentación a pasto o grano, o, cuando lo hacen, la terneza de la carne proveniente de los animales que consumían pasto era mayor conforme la maduración transcurría (**Bianchi, 2007**).

##### **2.4.2.2. Época del año**

La relación que existe entre los valores de pH final y la época del año en que son sacrificados los animales estaría indirectamente justificada por el efecto de la alimentación. Así en épocas en las que la disponibilidad de alimento permite la ingestión abundante del mismo, se ven incrementadas las reservas de glucógeno muscular y como consecuencia las canales tienden a presentar valores de pH más bajos. Así **Santolaria (1993)**, observó que en otoño, cuando

disminuye la disponibilidad de alimento, aumentó ligeramente el número de terneros que presentaron pH elevado ( $p \leq 0.05$ ). El efecto que la estación invernal tiene sobre el valor del pH se podría explicar en parte por las escasas reservas corporales y la necesidad del individuo de mantener su temperatura corporal. El mecanismo de producción de calor en situación de hipotermia invernal conlleva al consumo de las reservas de glucógeno, con el consiguiente incremento del valor de pH y la presencia de carnes de corte oscuro (**Alexandrova et al., 1996**).

#### **2.4.2.3. Estrés**

El consumo de las reservas de glucógeno muscular en situación de estrés está relacionado directamente con la aparición de pH elevados. La experiencia de **Devine et al. (1993)**, En 18 corderos de raza Romney, mostró que tras someterlos a diferentes tratamientos estresantes, se incrementaba significativamente el pH final, y que estuvo directamente relacionado con la intensidad de dicho tratamiento, ya que se ha comprobado que cuanto mayor sea el número de factores que producen estrés, el pH es más alto debido a que algunos de los efectos son acumulativos (**Apple et al., 1993**). También **Pinkas et al. (1982)**, en ganado ovino manifestaron que existe una fuerte interacción entre estrés y tipo metabólico en el pH último de los músculos. Aunque en los ovinos aparecen también perturbados los fenómenos de la glucogenolisis por efecto del estrés, lo son en menor grado que en el cerdo mejorado y seleccionado para la producción de carne (Charpentier y Goutefongea, 1966), hecho menos apreciable en el cerdo ibérico y sus cruces (**Sañudo y Sierra, 1991**).

## **2.5. Parámetros físico-químicos que definen la calidad de la carne**

### **2.5.1. pH**

El pH de la carne es una de las principales características que determinan la calidad del producto y está influida por un sinnúmero de factores que pueden interactuar entre sí determinando la velocidad de descenso y pH final. Este rasgo es el factor principal en determinar las características organolépticas: color, olor y textura de la carne, además de afectar la capacidad de retención de agua (jugosidad) de la carne. Parámetro que como ya se menciono está influenciada por un gran número de factores, dentro de estos se encuentran la alimentación del animal, el medio y modo de transporte, el estrés al cual este expuesto el

ovino, y el modo de sacrificio, estos factores actúan directamente sobre el nivel de pH de la carne, **Okeudo y Moss (2004)**, reportaron diferencias en el nivel de pH correlacionadas directamente con el peso de la canal, donde 21 kg de peso en canal arrojó un pH de 5.74 y posteriormente con el aumento de peso el pH encontrado fue disminuyendo. Mismos estudios sobre calidad de carne en ovinos con la comparación entre razas, **Cloete et al. (2012)**, reportaron diferencias en los pH arrojados por la raza Dohne Merino y SAMM siendo menor el nivel de pH del Merino en comparación con la raza SAMM.

### 2.5.2. Capacidad de retención de agua

**Hamm (1960)**, define la capacidad de retención de agua (CRA) como la propiedad que tiene la carne para retener su agua constitutiva tanto durante la aplicación de fuerzas externas como por otros tratamientos. **Sañudo et al. (1992a)**, la define como la capacidad de la carne para retener el agua que ella misma contiene cuando se aplican fuerzas externas como cortes, calentamiento, trituración y prensado lo cual presenta un gran interés durante su conservación, fileteado, cocinado y transformación.

La CRA contribuye a la calidad de la carne (**Hamm, 1960**) y de sus productos derivados, estando relacionada con la textura, terneza, y color de la carne cruda, jugosidad y firmeza de la carne cocinada (**Offer et al., 1989**). El parámetro de calidad más afectado por la CRA es la jugosidad. Al hablar de la jugosidad de la carne se pueden distinguir dos estados, en primer lugar aparece una jugosidad inicial, que produce sensación de humedad al inicio de la masticación, debido a una rápida liberación de jugo, y que depende básicamente de la capacidad de retención de agua de la carne.

Posteriormente, aparece una jugosidad continuada, mantenida o sostenida, la cual está determinada por la cantidad de grasa que esa carne posea. Según describe **Hamm (1963)**, el 70% del agua constitutiva de la carne fresca se encuentra localizada en las miofibrillas musculares, el 20% en el sarcoplasma y el resto en el tejido conjuntivo. Del total de agua del músculo un 4-5% se encuentra asociada a los grupos polares de la proteína se conoce como "agua ligada". Este grado de unión depende de la solubilidad proteica y esta a su vez del estado de las proteínas miofibrilares (**Sayre y Briskey, 1963**) y del pH. Así el agua ligada permanece fuertemente unida a las proteínas, incluso cuando se aplican fuerzas externas sobre el músculo. Después de la muerte y antes del inicio del rigor mortis se produce una reducción

del sistema miofibrilar junto con una disminución de la CRA debido al efecto de la disminución del pH (**Hamm, 1981, 1982**) y de la concentración del ATP. La instauración del rigor mortis se asocia a una reducción de la CRA por la liberación de iones divalentes ( $\text{Ca}^{2+}$  y  $\text{Mg}^{2+}$ ) y la consiguiente creación de puentes que aproximan las cadenas proteicas al combinarse estos iones con los grupos reactivos negativos de las proteínas.

### 2.5.3. Color

Desde un punto de vista físico, el color de la carne es el resultado de la distribución espectral de la luz que incide sobre ella, y de la intensidad de la luz reflejada por su superficie. Es probablemente el primer factor que considera el consumidor en el momento de adquirir carne. En general se asocia “carne oscura” con “animales viejos”, y si bien algo de cierto hay en esa suposición, la realidad es que tanto animales de mayor peso, como las razas adaptadas a condiciones ambientales extremas tienden a presentar carnes más oscuras y con mayor índice de rojo. La alimentación del animal en algunos casos puede afectar el color de la carne. Por ejemplo, es sabido que la carne proveniente de animales lactantes es más clara y presenta menor índice de rojo que la de aquellos que se encuentran en pastoreo. El agregado de ciertas sustancias, como antioxidantes naturales a la dieta permite que el color de la carne se mantenga estable durante un mayor período. El color puede ser medido instrumentalmente con colorímetros u espectrofotómetros, aunque también se pueden utilizar patrones fotográficos.

El color de la carne depende de la concentración de pigmentos hemínicos (fundamentalmente mioglobina), del estado químico de la mioglobina en superficie, de la estructura y estado físico de las proteínas musculares y de la proporción de grasa de infiltración (**Warris et al., 1990a**). La mioglobina es una proteína sarcoplasmática, relativamente pequeña, portadora de oxígeno (PM: 16.700). Su función es la de almacenar oxígeno y facilitar su transporte a las mitocondrias. Contiene una proteína, la globina, con un grupo hemo de ferroporfirina que es idéntico al de la hemoglobina. El grupo hemo es el responsable del intenso color rojo-pardo de la hemoglobina y de la mioglobina. La mioglobina exhibe una afinidad muy elevada por el oxígeno, (se halla saturada ya en un 50% cuando la presión de oxígeno es de 1 a 2 mm Hg y en un 95% cuando la presión es de 20mm Hg). La mioglobina almacena y transporta el oxígeno que necesita el músculo, por lo que su concentración aumenta a medida que crece la demanda de oxígeno; por ello es superior en los músculos más activos y según crece el animal,

siendo, además diferente en las distintas especies domésticas. La hemoglobina (especialmente en los animales mal sangrados), los citocromos y los flavonoides pueden influir también en el color de la carne, así como, indirectamente, su contenido en humedad y grasa intramuscular (**Cepero y Sañudo, 1996**). El color de la carne es uno de los atributos más valorados por el consumidor en el momento de la compra hasta el punto de ser considerado uno de sus criterios preferenciales (**Krammer, 1994**). El consumidor en general prefiere una carne de color rojo brillante mientras que rechaza la de color apagado o pardo (**Beriain y Lizaso, 1997**). No obstante en la aceptación del color influyen factores geográficos, sociales culturales por lo que la generalización en este parámetro es compleja. La apreciación que tiene el consumidor del color de la carne se ve influida por el grado de infiltración grasa (marmóreo) de la pieza muscular, de modo que valores superiores al 2.5% de contenido de grasa de infiltración aumentan la reflectancia de la luz y en consecuencia proporcionan un aspecto más claro a la carne (**Barton-Gade, 1981**).

El sistema de representación del color más adecuado es el CIELAB (**CIE, 1986**), ya que se presenta más uniforme en la zona de los rojos (**Hernández, 1994**). Este sistema emplea las coordenadas tricromáticas  $L^*$  (luminosidad),  $a^*$  (índice rojo) y  $b^*$  (índice de amarillo), de manera que a partir de relaciones entre ellas se pueden obtener las coordenadas colorimétricas, intensidad de color o croma ( $C^* = (a^{*2} + b^{*2})^{1/2}$ ) y tono ( $H^* = \arctg b^*/a^*$ ).

La coordenada  $L^*$  es la más relacionada con la valoración visual del consumidor (**Murray, 1989**). Depende de varios factores como el pH, la capacidad de retención de agua, la humedad, la integridad de la estructura muscular, y en menor medida del grado de oxidación de los hemopigmentos (**Palombo y Wijngaards, 1990; Sayas, 1997**). En un trabajo realizado por **Pérez-Álvarez et al. (1998)**, con carne de pollo, cerdo y ternera, llegan a la conclusión de que el contenido en grasa es otro factor a tener en cuenta sobre esta coordenada, pues las materias primas con mayor contenido en grasa, son las que presentan mayores valores de  $L^*$ .

La coordenada  $a^*$  (rojo-verde) está relacionada con el contenido de mioglobina. En esta afirmación coinciden **Pérez-Álvarez et al. (1998)**, quienes encuentran un mayor valor de  $a^*$  en aquellas carnes con mayor contenido en mioglobina. La coordenada  $b^*$  (amarillo-azul) ha sido relacionada con los distintos estados de la mioglobina (**Pérez-Álvarez, 1996**). En el trabajo desarrollado por el equipo de este mismo autor en 1998, llegan a la conclusión de que la concentración de mioglobina no es un factor determinante sobre esta coordenada, ya que si

esta hemoproteína fuese la determinante, cabría esperar un comportamiento similar al obtenido para la coordenada a\*. Sin embargo, observan que las "carnes grasas" presentan valores de b\* similares a los obtenidos para las "carnes magras". Este comportamiento podría deberse a una mayor contribución en "componentes amarillos" por parte de la grasa.

#### 2.5.4. Textura

La textura de la carne se percibe como un conjunto de sensaciones táctiles resultado de la interacción de los sentidos con las propiedades físicas y químicas entre las que se incluyen la densidad, la dureza, la plasticidad, la elasticidad, la consistencia, la cantidad de grasa, la humedad y el tamaño de las partículas de la misma. De entre ellas el consumidor confiere una mayor importancia a la textura o bien si se considera de forma antagónica, a la dureza, como principal atributo de la textura, siendo uno de los criterios determinantes de la calidad de la carne (**Lawrie, 1998; Ouali, 1991**). Así la textura determina no sólo el precio de la carne, sino que además la clasificación en categorías comerciales de la misma resultante del despiece, que se realiza en base a la textura potencial. **Chambers y Bowers (1996)**, afirman que la terneza decide el valor comercial de la carne, y **Boleman et al. (1995)**, confirman que el consumidor paga por terneza. Otros autores señalan que la terneza y el color de la carne son los parámetros principales que determinan las preferencias del consumidor (**Pearson, 1966; Prescott y Hinks, 1968**). Dos fracciones proteicas determinan la terneza, por una parte están las proteínas del tejido conjuntivo y por otra las miofibrilares (**Marsh, 1980**). Las primeras están constituidas por el colágeno, la elastina y la reticulina y constituyen un elemento negativo que limita la terneza. El colágeno es el principal componente del tejido conjuntivo, determina la dureza de base ya que cuanto mayor es su cantidad, más dura es la carne. Algunos autores en cambio señalan que es la solubilidad del colágeno el factor más importante a considerar al hablar de la terneza (**Hill, 1966**). **Young y Braggins (1993)**, señalan que la concentración de colágeno es más determinante en la valoración de la terneza de la carne ovina por un panel sensorial, mientras que la solubilidad está más relacionada con la fuerza de corte.

#### 2.5.5. Grasa

Es un indicador del grado de terminación que tienen los animales. Puede valorarse según la grasa de cobertura de las canales (grasa subcutánea) o a través del engrasamiento interno

(grasa renal). En ambos casos es necesario utilizar una escala basada en patrones fotográficos. En general las razas cuya aptitud no es principalmente la carnífera, es decir aquellas que habitan en zonas con condiciones climáticas adversas: razas lecheras, laneras o productoras de pelo; tienden a depositar más grasas cavitarias (grasas internas, que se depositan en la cavidad abdominal) que de cobertura, es por ello que para éstas es recomendable utilizar la clasificación según su engrasamiento renal (**Pighin et al., 2013**).

#### **2.5.6. Perfil de ácidos grasos**

Los ácidos grasos más abundantes en la grasa de origen animal presentan un número par de átomos de carbono y de longitud comprendida entre 14 y 22 átomos de carbono, siendo los más abundantes los de 16 y 18 átomos de carbono. Normalmente, los dobles enlaces de los ácidos grasos insaturados se presentan en la configuración *cis*, siendo menos frecuente la configuración *trans*. Los ácidos grasos saturados mayoritarios en la grasa de origen animal son los ácidos láurico (C12:0), mirístico (C14:0), palmítico (C16:0), esteárico (C18:0) y araquídico (C20:0). Los ácidos grasos monoinsaturados más importantes cuantitativamente son los ácidos palmitoleico (C16:1) y oleico (C18:1) y de los poliinsaturados, los ácidos linoleico (C18:2), linolenico (C18:3) y araquidónico (C20:4). Los ácidos grasos con un número impar de átomos de carbono mayoritarios en la grasa animal son el pentadecanoico (C15:0) y el heptadecanoico (C17:0) (**Body, 1988**). En general, los ácidos grasos saturados y monoinsaturados son los mayoritarios en la carne de los animales domésticos, siendo el ácido oleico el mayoritario en la carne de cordero (aproximadamente el 40% del total) (**Lough et al., 1992; Salomón et al., 1992**). La presencia de ácidos grasos insaturados en la grasa de los animales favorece por una parte la reducción de la incidencia de enfermedades coronarias y por otra parte mejora las propiedades sensoriales de la carne (**Rhee et al., 1990 a; b; Shackelford et al., 1990; Ziprin et al., 1990**). **Huerta-Leindez et al. (1993)**, agruparon a los ácidos grasos bajo el término “ácidos grasos deseables” a aquellos que tienen efecto neutro o hipocolesterolémico sobre la salud humana, incluyendo en este grupo a los ácidos grasos de naturaleza insaturada y al ácido esteárico (C18:0).

## 2.6. Aditivos en la alimentación de rumiantes

Basándonos en el reglamento (CE) N° 1831/2003, el cual clasifica a los aditivos para alimentación animal en las siguientes cinco categorías:

a) aditivos tecnológicos, que se definen como cualquier sustancia añadida a los piensos con fines tecnológicos y que incluyen a los conservantes, antioxidantes, emulgentes, estabilizantes, espesantes, gelificantes, ligantes, antiaglomerantes, reguladores de la acidez, aditivos para ensilaje y desnaturalizantes.

b) aditivos organolépticos, que se definen como cualquier sustancia que, añadida a los piensos, mejora o modifica las propiedades organolépticas de éstos o las características visuales de los alimentos de origen animal y que incluyen a los colorantes y aromatizantes.

c) aditivos nutricionales, que incluyen a las vitaminas, provitaminas y sustancias químicamente definidas de efecto análogo, oligoelementos o compuestos de oligoelementos, aminoácidos, sus sales y análogos, y a la urea y sus derivados.

d) aditivos zootécnicos, que se definen como cualquier aditivo utilizado para influir positivamente en la productividad de los animales sanos o en el medio ambiente y que incluyen a diversos grupos funcionales, como los digestivos, los estabilizadores de la flora intestinal, las sustancias que influyen positivamente en el medio ambiente y a otros aditivos zootécnicos.

d) coccidiostáticos e histomonostáticos

De los cinco grupos de aditivos, y desde el punto de vista de la producción animal, los aditivos zootécnicos son uno de los grupos que suscita mayor interés, ya que su utilización puede mejorar el rendimiento productivo de los animales y disminuir los costes de producción (**Carro *et al.*, 2006**).

Por ello, este trabajo se centra en algunos grupos de aditivos que, por sus mecanismos de acción y características, podrían ser clasificados como aditivos zootécnicos. Estos grupos de aditivos son los probióticos, los prebióticos, los ácidos orgánicos, los preparados enzimáticos y los extractos vegetales (**Carro *et al.*, 2006**).

Los probióticos, también denominados aditivos microbianos, son cultivos vivos de diversos microorganismos que se administran como suplementos alimenticios a los animales y que provocan efectos beneficiosos en el animal hospedador mediante modificaciones en la población microbiana que alberga su tracto digestivo (**Fuller, 1989**). Este es un grupo amplio

de aditivos que incluye cultivos de bacterias, hongos, o incluso esporas. Dentro de las bacterias, la mayoría de las utilizadas en los animales rumiantes pertenecen a las especies *Lactobacillus*, *Enterococcus* y *Bacillus*, y entre los hongos destacan *Aspergillus oryzae* y la levadura *Saccharomyces cerevisiae*. Los ácidos orgánicos se utilizan habitualmente como aditivos en la alimentación de los animales monogástricos, pero su uso en los animales rumiantes es limitado y las experiencias realizadas en estos animales, hasta el momento, se reducen a los ácidos fumárico y málico. Los ácidos orgánicos pueden ser administrados a los animales como tales, pero su manejo es peligroso, ya que son sustancias líquidas y corrosivas, por lo que resulta más recomendable el uso de sus sales, principalmente sódicas. El modo de acción de los ácidos orgánicos en los animales rumiantes no es totalmente conocido, pero parecen ejercer su acción a nivel del rumen. En estudios *in vitro* (**Russell y Van Soest, 1984**) se ha observado que los microorganismos ruminales son capaces de fermentar concentraciones 7,5 mM de malato en menos de 24 horas. Esto significa que cuando las sales de los ácidos orgánicos son administradas a estos niveles son completamente transformadas y no pasan al tracto digestivo posterior, por lo que son sustancias que no pueden dejar residuos en los productos animales.

Los aditivos enzimáticos se emplean frecuentemente en la alimentación de los animales monogástricos con diferentes fines, como son eliminar factores antinutritivos de los alimentos, aumentar la digestibilidad de determinados nutrientes, complementar la actividad de las enzimas endógenas de los animales, y reducir la excreción de ciertos compuestos. La mayoría de los preparados enzimáticos comerciales que pueden ser usados como aditivos en la alimentación de los rumiantes proceden de cuatro especies bacterianas (*Bacillus subtilis*, *Lactobacillus acidophilus*, *Lactobacillus plantarum* y *Streptococcus faecium*) y tres fúngicas (*Aspergillus oryzae*, *Trichoderma reesei* y *Saccharomyces cerevisiae*; (**McAllister et al., 2001**).

## **2.7. Arbóreas forrajeras**

El uso del follaje de arbustos y árboles en la alimentación de los rumiantes es una importante alternativa para el desarrollo de una producción animal sostenible; sin embargo, presentan compuestos secundarios con actividad anti-nutricional, que actúan como mecanismos de defensa contra microorganismos, insectos y depredadores principalmente taninos (**Camacho**

*et al., 2010*). No obstante algunos de ellos pueden ser benéficos para los animales. Un gran número de árboles son forrajeros y ramoneables, por lo que constituyen un recurso alimenticio importante para los rumiantes debido a su alto contenido de proteína cruda y minerales (calcio y fosforo), además de que son un importante complemento en la temporada de secas y mejoran la cantidad y la calidad de los pastos (**Camacho et al., 2010**).

Hasta hace poco los árboles como recurso alimenticio habían sido ignorados por científicos debido al conocimiento inadecuado de su uso potencial y a la carencia de iniciativa para desarrollar sistemas alimenticios más innovadores actualmente los sistemas de producción agropecuarios han retomado como objetivo alcanzar una comunidad estable, con varios estratos de plantas productoras de follaje y/o frutos con valor nutritivo complementario a los monocultivos (**Olivares et al., 2005**). Los requisitos para que un árbol sea clasificado como forrajeros son: 1) Que su consumo por los animales sea adecuado como para esperar cambios en los parámetros de respuesta; 2) Que el contenido de nutrientes, sea atractivo para la producción animal; 3) Que sea tolerante a la poda 4) Que el rebrote sea lo suficientemente vigoroso, para obtener niveles significativos de producción de biomasa comestible, por unidad de área 5) Que los niveles de compuestos secundarios no afecten el consumo, parámetros productivos y la salud del animal (**Sosa et al., 2004**). Existen muchas especies con potencial forrajero, entre las que se destacan las integrantes de la familia leguminosas por su excelente producción de biomasa en el periodo seco, los altos contenidos de proteína y su naturaleza multipropósito (**Camacho et al., 2010**). Asimismo, en América Continental y el Caribe, algunas de las leguminosas forrajeras de mayor importancia lo constituyen las especies pertenecientes a los géneros Albizia, Cassia, Pithecellobium, Leucaena, Lysiloma y Enterolobium, las cuales son excelentes fuentes de fibra, energía, proteína y algunos minerales (**Aregheore y Perera, 2004; Aregheore et al., 2006**).

El valor nutritivo de arbóreas y arbustivas varía en los diferentes componentes de la biomasa arbórea. Las hojas presentan mayores concentraciones de nutrientes que las ramas y los tallos, la variación también se ha relacionado con la edad y con la posición en el árbol, siendo las hojas jóvenes más ricas en proteínas que las viejas y estas además presentan porcentajes de digestibilidad bajos, debido a las concentraciones mayores de lignina y posiblemente de factores anti-nutricionales como los taninos (**Carmona, 2007**).

Debido a las perspectivas y propiedades de estas plantas las cuales favorecen a la ganadería, se busca conocer las particularidades esenciales de su composición fitoquímica, el valor nutritivo y su repercusión en la aceptabilidad, por parte de los rumiantes, para poder establecer las principales ventajas y limitaciones en el uso de cada planta (**García y Medina, 2006**).

## **2.8. Compuestos secundarios**

El término de metabolitos secundarios engloba sustancias químicamente muy diversas y se establece como contraposición a los productos del metabolismo primario, que aparecen en el citoplasma de todas las células vegetales y cuyas diferencias entre plantas son únicamente de índole cuantitativo (**Augustin et al., 2011**). Estos son derivados de plantas que se vienen utilizando ya sea como productos farmacéuticos, aditivos alimentarios, etc., siendo las plantas similares en estructura y bioactividad en cuanto a metabolitos secundarios se refiere pero muy diferentes en cuanto a las estructuras de sus cadenas se refiere (**Zhong, 2011**). Tomando en cuenta que existen miles de estos compuestos, generalmente se clasifican según las sustancias químicas que los contribuyen, como pueden ser (**Ramos et al., 1998**):

- Fenólicos: taninos, fitoestrógenos y cumarinas
- Toxinas nitrogenadas: alcaloides, glicósidos, cianogénicos, glucosinolatos, aminoácidos tóxicos, lectinas e inhibidores de las proteasas
- Terpenos: lactonas sesquiterpénicas, glicósidos cardíacos, saponinas
- Hidrocarburos poliacetilénicos
- Oxalatos

Dentro de las plantas encontramos que estos metabolitos secundarios son empleados como mecanismos de defensa contra microorganismos, insectos y depredadores, en general de factores bióticos y abióticos que puedan alterar la estabilidad de la planta (**Salem et al., 2006; Zhao et al., 2005; Pedraza, 2008**), dichos metabolitos y actividad genera efectos contraproducentes afectando el valor nutritivo de los forrajes que los contienen, ejemplo de estos compuestos son taninos, saponinas, compuestos fenólicos, alcaloides, los cuales generan sabores desagradables afectando el consumo voluntario provocando su disminución (**Salem et al., 2006, 2010; Santacoloma-Varón y Granados, 2010**).

### **2.8.1. Adaptación de los rumiantes a los compuestos secundarios**

Según **Provenza et al. (1990)**, los herbívoros han venido desarrollando ciertas adaptaciones que les han permitido disminuir los efectos nocivos de los metabolitos secundarios presentes en las plantas que consumen, como es el caso de la saliva la en la cual se ha observado en la saliva la presencia de proteínas ricas en el aminoácido prolina que tiene gran afinidad con los taninos con los que forma un complejo soluble (**Robbins et al., 1987**). **Ammar et al. (2011)**, realizando un experimento para determinar si la ingestión de plantas con altos contenidos de taninos (quebracho) en ovejas, puede causar cambios en la saliva secretada y que mejore la digestión in vitro de arbustos ricos en taninos, llegó a la conclusión de que la adición de plantas ricas en taninos no produce más proteína de las que se producen normalmente por lo que no protegen a los animales de los efectos negativos de los taninos durante el proceso de digestión. De manera general las principales acciones y efectos causados por estos compuestos sobre los rumiantes se pueden observar con una disminución en el consumo voluntario y la preferencia, afectar los procesos de rumia, digestión y absorción, así como alterar el sistema nervioso, produciendo un efecto negativo sobre la salud del animal y pueden ocasionar la muerte por toxicidad en forma directa e indirecta (**Allen and Segarra, 2001**). Sin embargo **García et al. (2006)**, encontraron estudiando el follaje de algunos árboles forrajeros tropicales como *A. lebbek* y *P. dulce* presentaron mayor factibilidad nutricional, debido a que estas contiene baja concentraciones de metabolitos secundarios pero amplio rango de toxicidad, pero mejor valor nutritivo en cuanto a degradabilidad y digestibilidad posruminal.

### **2.9. Extracto de árboles forrajeros en la calidad de carne de pequeños rumiantes**

Tomando en cuenta hoy en día todos los cambios que se han venido generando en la legislación para controlar el uso de aditivos en la alimentación animal (Community Register of Feed additives pursuant to Regulation (EC) No. 1831/2003), y la creciente demanda por parte de los consumidores de productos cárnicos saludables, de ser posible libre de aditivos químicos, han despertado el interés en sobre los metabolitos secundarios bioactivos presentes en las plantas y árboles como alternativa para mejorar el rendimiento animal (**Gema et al., 2009**). La utilización de plantas o de alguno de sus componentes se plantea actualmente como una de las alternativas más naturales a la adición de antibióticos promotores de crecimiento (APC). Desde hace varios años se están investigando nuevos aditivos alimentarios cuyo

mecanismo de acción se basa en la reducción de la degradación de las proteínas y la maximización del metabolismo energético. Entre ellos destacan los extractos naturales de plantas y sus fitomoléculas de bioactividad secundaria, de familias diversas en estructura, modo de acción y sobre todo, beneficios para los animales.

Recientemente se ha venido incrementando el interés en los compuestos secundarios presentes en los extractos de plantas y arbóreas, estas como herramientas para mejorar aspectos de la calidad de la leche y de la carne, como es el caso de los compuestos fenólicos, taninos condensados, saponinas y aceites esenciales ricos en terpenos, se han realizado estudios donde el suministro de estos compuestos es a través de extractos y no de la planta como tal ha permitido desentrañar los mecanismos de acción de los compuestos secundarios sobre la calidad de los productos **(Valentina y Giuseppe, 2011)**. Muchos compuestos secundario forman uniones indigestibles con nutrientes en el rumen que contrarrestan el bajo pH del abomaso lo cual permite la liberación de los nutrientes para la digestión post-ruminal, en el intestino grueso los compuestos secundario puede disociarse de los nutrientes y actuar sobre las bacterias ácido lácticas, lo cual es importante ya que puede regular el medio microbiano del intestino delgado, disminuir los trastornos digestivos, inhibir microorganismos patógenos intestinales **(Brashears et al., 2003)** y mejorar la conversión del pienso y la salud animal **(Windschitl, 1992)**.

Los estudios han demostrado que los extractos de las plantas tiene un efecto antimicrobiano *in vitro*. Considerable interés ha surgido en el uso de antioxidantes naturales que pueden utilizarse como suplementos sintéticos destinados a mejorar la calidad de la carne, no dejar residuos en el producto o en el medio ambiente **(Yanishlieva-Maslarova, 2001)**. Del mismo modo el orégano ha sido utilizado como un aditivo con la intención de mejorar la calidad y cantidad de los productos cárnicos, estudios en animales han informado que la adición de aceite de orégano mejora del crecimiento de los cerdos **(Namkung et al., 2004)** y en pollos con estudios similares que han dado datos positivos **(Giannenas et al. 2005)**, así como la mejora de la vida útil de los canales de ovejas, pero no se encontraron estudios que reporten encontrar algún efecto sobre el crecimiento en cerdos después del suministro de orégano en ovejas **(Janz et al., 2007, Simitzis et al., 2008a)**.

La creciente demanda por parte de los consumidores de productos cárnicos saludables, de ser posible libre de aditivos químicos, han despertado el interés en sobre los metabolitos

secundarios bioactivos presentes en las plantas y árboles como alternativa para mejorar el rendimiento animal (**Gema et al., 2009**). La utilización de plantas o de alguno de sus componentes se plantea actualmente como una de las alternativas más naturales a la adición de antibióticos promotores de crecimiento (APC). Destacan los extractos naturales de plantas por sus fitomoléculas de bioactividad secundaria, de familias diversas en estructura, modo de acción y sobre todo, beneficios para los animales, estas como herramientas para mejorar aspectos de la calidad de la leche y de la carne, como es el caso de los compuestos fenólicos, taninos condensados, saponinas y aceites esenciales ricos en terpenos, se han realizado estudios donde el suministro de estos compuestos es a través de extractos y no de la planta como tal, esto ha permitido desentrañar los mecanismos de acción de los compuestos secundarios sobre la calidad de los productos (**Valentina y Giuseppe, 2011**). Muchos compuestos secundario forman uniones indigestibles con nutrientes en el rumen que contrarrestan el bajo pH del abomaso lo cual permite la liberación de los nutrientes para la digestión post-ruminal, en el intestino grueso los compuestos secundario puede dissociarse de los nutrientes y actuar sobre las bacterias ácido lácticas, lo cual es importante ya que puede regular el medio microbiano del intestino delgado, disminuir los trastornos digestivos, inhibir microorganismos patógenos intestinales (**Brashears et al., 2003**), y mejorar la conversión del pienso y la salud animal (**Windschitl, 1992**). Considerable interés ha surgido en el uso de antioxidantes naturales que pueden utilizarse como suplementos sintéticos destinados a mejorar la calidad de la carne sin dejar residuos en el producto o en el medio ambiente (**Yanishlieva-Maslarova, 2001**).

Diversos son los experimentos que se han enfocado a la evaluación de la calidad de la carne empleando a los arbustivos u hojas de árboles dentro de las dietas del ganado, los cuales han tenido impactos importantes sobre la los parámetros que involucran a la calidad de la carne, así como los efectos de los diversos sistemas de alimentación, a manera de revisión se da a conocer a continuación resultados diversos de algunas investigaciones relacionadas al tema, y concentradas en el cuadro 1. Tal es el caso de **Gema et al. 2010**, donde realizaron un experimento en ovinos, una dieta base y una sustitución parcial de la dieta base por 10 y 20% de destilado de hoja de romero sin encontrar diferencias significativas entre los tratamientos, pero si una diferencia numérica de R1 sobre los otros dos tratamientos, siendo este el más ácido (pH 5.61) en el día 21, en lo que respecta a los parámetros de color, reportan valores

superiores de L\* (luminosidad) para C al transcurrir los días de tomas de muestras desde el día 0 hasta el día 21, con valores de 42.5, 44.8, 49.8 y 53.6 respectivamente como se muestran en el cuadro. Para a\* (rojos) reportan una disminución considerablemente marcada en el tratamiento C después de reportar para día 0 y día 7 valores de 17.1 y 16.4 respectivamente estos disminuyeron drásticamente con valores de 8.49 y 4.16 para los días 14 y 21 respectivamente, para b\* (amarillos) estos se comportaron de manera similar que para L\*, ya que estas incrementaron progresivamente con el correr de los días (0, 7, 14 y 21). Los autores llegan a la conclusión de que el destilado de hoja de romero es una buena alternativa para la inclusión en la dieta de los ovinos, tras haber encontrado una mejor estabilidad en cuanto a color de la carne se refiere a los 21 días de almacenamiento. **Olfaz et al. 2005**, incluyendo pulpa de remolacha en sustitución parcial de la fibra ofrecida (60 y 40%) encontraron diferencias significativas entre el grupo control con un pH de 6.3 y los dos tratamientos los cuales arrojaron pH finales de; para 40% de 6.1 y para 60% de 6.0, los autores asumen estas respuesta y principalmente las del grupo control por el alto contenido de heno de alfalfa, y posiblemente a un menor potencial glucolítico del alimento comercial ofrecido. Para las cuestiones de color de la carne en L\* se encontraron diferencias significativas entre los tratamientos C y 40% sobre 60% siendo este último el que arrojó el valor más alto de los tres con 42.1, los otros dos tratamientos arrojaron valores de 38.9 y 39.4 respectivamente. Por otro lado **Luciano G. et al. 2009**, en un experimental donde compararon la dieta de las ovejas (Comisana) ya sea a base de concentrados o a base de forraje y su respuesta sobre la calidad de la carne, reportaron no haber encontrado diferencias significativas para L\* (luminosidad), entre los dos tratamientos a las 2 horas de almacenadas las muestras analizadas (día 0), dichos resultados los atribuye a que los ovinos tuvieron tasas de crecimiento similar. Valores de L\* para los dos tratamientos fueron superiores a 40. Para los valores de a\* en el día 0 se comportaron similares los dos tratamientos y posteriormente para los siguientes días el tratamiento con Veza fue ligeramente superior que Concentrado, encontrando diferencias significativas notables en el día 7. En otro experimental donde de igual modo se evaluó la respuesta sobre la calidad de la carne tras la comparación de forraje y concentrados, **Priolo 2002**, reporta valores de pH finales con comportamientos normales entre sus tratamientos, pH finales de 5.5 fueron reportadas para el sistema de alimentación y nivel de crecimiento bajo, y 5.6 para sistema de alimentación en hierba, para nivel de crecimiento alto fue similar con 5.6.

Para cuestiones de color L\* (luminosidad) reportaron valores más bajos en el tratamiento sistema de alimentación en pasto con 46.1 y el más alto fue para el tratamiento sistema de alimentación en establo con 49.2. En un experimento semejante **Petron et al. 2007**, evaluaron la estabilidad oxidativa de la carne de cordero, tras basar la alimentación de los corderos en tres praderas diferentes, *Rye grass* intensiva, pasturas con diversidad botánica y pastura rica en leguminosa, donde obtuvieron para pH en 1, 2 y 24 horas, reportaron disminuciones graduales normales, encontrando diferencias significativas entre los tres tratamientos después de 1 hora post-mortem, siendo el tratamiento de *Rye grass* intensivo el que presentó el pH más ácido y el tratamiento con diversidad botánica con 6.7. Otras investigaciones de igual modo enfocadas al estudio de la calidad de la carne de ovinos donde se consideran razas y sistemas de alimentación, **Faria 2012**, comparó dos cruza de ovinos (Texel x Plwarth, Texel x Corriedale) alimentadas en pasturas ricas en trébol, donde tras evaluar sus resultados encontró un pH promedio final de 5.6, el cual considero adecuado ya que este permite una mejor vida útil a la carne. Dentro de las coordenadas colorimétricas la cruza de Texel x Polwarth presentó mejores índices de rojo (L\*) con 41.4 ligeramente superior a Texel x Corriedale el cual arrojó un valor de 39.6, para las coordenadas de a\* y b\* no se reportan diferencias numéricas considerables ya que estas se comportaron de manera similar con promedio de 10.0 y 6.9 respectivamente, lo que sugiere que son similares respecto a la morfología de las fibras musculares, reacciones glucolíticas post-mortem y proporciones de pigmento. Resultados similares fueron reportados por **Santos-Silva et al. 2002**, en una investigación en ovinos Merino Blanco y tres sistemas de alimentación (pastoreo con la madre, pastoreo con la madre + concentrado y concentrado) no encontraron diferencias significativas en L\* (luminosidad) y a\* (rojos), en b\* (amarillos) el tratamiento C reportó una diferencia significativa sobre los otros dos tratamientos siendo ésta superior con 6.8. Los valores finales de pH oscilaron entre 6.0 y 6.3 encontrándose diferencias significativas entre el grupo control con un pH de 6.3 y los dos tratamientos los cuales arrojaron pH finales de; para 40% de 6.1 y para 60% de 6.0, los autores asumen estas respuesta y principalmente las del grupo control por el alto contenido de heno de alfalfa, y posiblemente a un menor potencial glucolítico del alimento comercial ofrecido. Para las cuestiones de color de la carne en L\* se encontraron diferencias significativas entre los tratamientos C y 40% sobre 60% siendo este último el que arrojó el

valor más alto de los tres con 42.1, los otros dos tratamientos arrojaron valores de 38.9 y 39.4 respectivamente.

**Cuadro 1. Concentrado: Efecto de extractos arbóreos, forrajeras y sistemas de alimentación sobre algunas características de la calidad de carne en pequeños rumiantes.**

Autor	Sustituto	pHi	pHf	L*	a*	b*	PCC	PCF	Gr.	Prot.	Cen.	CRA	FC
Gema <i>et al.</i> 2009	Concentrado		5.64	47.42	11.53	11.93							
	10% destilado romero		5.64	44.70	14.75	10.88							
	20% destilado romero		5.64	46.02	13.87	11.33							
Luciano <i>et al.</i> 2009	Concentrado			40.00	13.00	3.90							
	<i>Vicia sativa</i>			40.00	12.00	3.80							
Petron <i>et al.</i> 2007	P. <i>Rye grass</i>	6.51	5.64	40.70	11.60	12.80	15.8 kg	43.3%					
	P. Pradera diversa	6.76	5.80	38.00	11.30	12.60	8.9 kg	35.7%					
	P. Leguminosas	6.68	5.63	37.70	11.30	12.20	15.8 kg	44.3%					
Priolo <i>et al.</i> 2002	Pradera		5.62	46.10	7.60	9.79			2.45				
	Concentrado		5.57	49.23	7.35	10.71			2.44				
Faria <i>et al.</i> 2012	<i>Trifolium</i> TxP		5.61	41.47	9.86	6.83				20.80	1.09		
	<i>Trifolium</i> TxC		5.66	39.62	10.33	7.08				20.97	1.13		
Santos <i>et al.</i> 2002	Pastura			49.00	13.10	5.90						40.80	3.28
	Pastura/Concentrado			48.80	13.60	5.70						38.90	3.11
	Concentrado			49.0	14.70	6.80						37.70	3.35
Olfaz <i>et al.</i> 2005	Con 60%+40 % fibra			38.90	17.20	10.40							
	60 fibra+40 pulpa			39.40	14.00	9.80							
	40 fibra+60 pulpa			42.10	15.00	10.90							

pHi: pH inicial, pHf: pH final, L\*: luminosidad, a\*: rojos, b\*: amarillos, PCC: peso canal caliente, PCF: peso canal fría, Prot.: proteína, Cen.: cenizas, CRA: capacidad de retención de agua, FC: fuerza de corte.

## 2.10.- Enzimas exógenas sobre la calidad de carne en rumiantes

Las enzimas son proteínas que actúan como catalizadores biológicos producidas por los seres vivos y que tienen la función de acelerar reacciones y hacerlas energéticamente posibles. Los componentes del alimento se dividen para su aprovechamiento durante el proceso digestivo gracias a las enzimas (**Annison, 1997**). La mayoría de los preparados enzimáticos comerciales usados como aditivos en la alimentación de los rumiantes proceden de cuatro especies bacterianas (*Bacillus subtilis*, *Lactobacillus acidophilus*, *Lactobacillus plantarum* y *Streptococcus faecium*) y tres fúngicas (*Aspergillus oryzae*, *Trichoderma reesei* y *Saccharomyces cerevisiae*) (**McAllister et al., 2001**). En general, los aditivos enzimáticos comerciales se caracterizan según su capacidad para degradar las paredes celulares de los vegetales, y por ello se clasifican principalmente como celulasas o xilanasas, aunque también suelen presentar actividades enzimáticas secundarias de tipo amilasa, proteasa o pectinasa. **Vahjen y Simon (1999)**, nos dicen de manera general que las enzimas que se emplean para la alimentación animal son una mezcla de diferentes polisacáridos, glucosidasas y proteasas, que usualmente requieren diferentes condiciones para mostrar sus máximos efectos. Aunado al efecto fibrolítico que presentan las enzimas, estas también tienen la capacidad de generar actividades secundarias, como es la degradabilidad del almidón, proteína y pectinas, lo cual genera un aumento en la capacidad hidrolítica. En la década de los 60 se realizaron varios de los primeros trabajos sobre el uso de enzimas exógenas en rumiantes (**Burroughs et al., 1960; Ralston et al., 1962; Rust et al., 1965**), época en donde la producción de enzimas exógenas resultaba muy cara, limitando la continuidad de estos trabajos y no permitiendo determinar el modo de acción de estos productos. La reducción actual de los costos de producción, unido a la existencia de preparados enzimáticos más activos y mejor definidos, han entusiasmado a los investigadores a volver a retomar los trabajos con enzimas exógenas en la nutrición de los rumiantes (**Chen et al., 1995; Beauchemin et al., 1997; McAllister et al., 2001**). Como menciona **Salem et al. 2012**, el uso de enzimas microbianas exógenas tiene el potencial de la utilización de arbóreas forrajeras acompañadas por aumento en la ingesta de la alimentación lo cual se le puede atribuir a una mayor palatabilidad de la dieta gracias a los azúcares liberados pro la pre-ingestión, resultados similares fueron encontrados por **Gado et al., 2007**. Como estos trabajos, hoy tenemos a la mano información proporcionada de diversos experimentos realizados por investigadores años atrás en rumiantes, resultados diversos son los encontrados.

**Alvarado et al. 2007**, trabajaron con bovinos y Fibrozyme®, estudiaron el efecto de la adición (TC) y la no adición (TS), reportaron haber encontrado diferencias significativas a los 28 días en la ganancia diaria de peso (GDP) en el tratamiento TC con 0.247 kg/a/d, sobre el tratamiento TS, a los 52 días la GDP fue mayor para el tratamiento TS con 0.168 kg/a/d. Los autores consideran que la adición de Fibrozyme® en la dieta no mejoro el comportamiento productivo de los toretes en desarrollo. **Awawdeh M.S. y Obeidat B.S. (2011)**, evaluaron el rendimiento de corderos Awassi tras suplementar con enzimas exógenas, donde después de concluido dicho experimento no encontraron diferencias significativas entre los tratamientos, la suplementación con enzimas exógenas no tuvo efecto sobre la ingesta de nutrientes y rendimiento además de no afectar la digestibilidad de los nutrientes de la dieta. Concluyen que el suplemento no logro mejorar el rendimiento de los corderos y exhortan a la realización de próximos estudios para determinar el método adecuado para la suplementación enzimática y otros métodos para mejorar el valor nutritivo de lo arujos. **Leonel (2003)**, en un experimento donde evaluaron a la caña de azúcar como forraje suplementario a bovinos en pastoreo y enzimas exógenas. No encontraron diferencias significativas en el consumo de pasto y consumo total entre los cuatro tratamientos, de igual modo para la digestibilidad de la caña de azúcar en sus respectivos tratamientos. Los autores concluyen que el uso de la caña de azúcar procesada como saccharina, adición de urea con o sin enzimas, no mejora el comportamiento productivo de los toretes en pastoreo. Por otro lado **McAllister et al. 1999**, trabajaron con la combinación comercial de celulasa y xylanasa (2:1) aplicada directamente al forraje de la dieta suministrada a ganado de engorda, el tratamiento cuatro en la GDP tuvo un aumento del 11% y una mejor conversión alimenticia la cual fue de 12%, sobre los otros tres tratamientos, durante la segunda fase la cual se le denomino finalización (del día 56 al día 120), no se encontraron diferencias significativas en GDP y conversión alimenticia, para el porcentaje de grasa y área del ojo de la chuleta también se encontraron diferencias significativas, mejorando en un 5% en el tratamiento cuatro sobre los otros tratamientos. Por otro lado **Beauchemin et al. 1997**, realizaron un estudio para determinar el efecto de la adición de enzimas fibrolíticas sobre dietas de ganado de engorda basada en maíz y cebada en las características de rendimiento y de la canal. La GDP se incrementó 6% en el grupo de animales que recibía el producto enzimático aplicado a la dieta con cebada. Asimismo la eficiencia alimenticia mejoró 11% con el producto enzimático aplicado a la dieta de cebada, este resultado se debió al incremento en la digestibilidad de la dieta. La carne de los novillos alimentados

con cebada tendió a un mejor marmoleo y era más brillante que el color de la carne de novillos alimentadas con maíz. Por otro lado **Beauchemin et al. 1997**, realizaron un estudio para determinar el efecto de la adición de enzimas fibrolíticas sobre dietas de ganado de engorda basada en maíz y cebada en las características de rendimiento y de la canal. La GDP se incrementó 6% en el grupo de animales que recibía el producto enzimático aplicado a la dieta con cebada. Asimismo la eficiencia alimenticia mejoró 11% con el producto enzimático aplicado a la dieta de cebada, este resultado se debió al incremento en la digestibilidad de la dieta. La carne de los novillos alimentados con cebada tendió a un mejor marmoleo y era más brillante que el color de la carne de novillos alimentadas con maíz. Mismos autores (**Beauchemin et al. 1995**) habían trabajado antes en un experimento donde evaluaron el efecto de enzimas fibrolíticas en diferentes niveles sobre forraje seco. En la dieta que contenía heno de alfalfa la GDP se incrementó en 24% con los niveles 1 y 2, y 30% con el nivel 3 comparados con el grupo testigo que no recibía enzima. En la dieta que contenía heno de timothy la GDP se incrementó en 36% y la conversión alimenticia en 20% con el nivel 5 de enzima, atribuido a una mayor digestibilidad de la FDA. Sin embargo, en el ensilado de cebada la GDP no mejoro en relación al grupo testigo, sugiriendo que la adición de enzimas fibrolíticas mejora la GDP y CA en dietas que contienen forrajes secos pero no en los ensilados, esto es atribuido a que el incremento en la digestibilidad de la fibra de forrajes secos es mayor que en forrajes succulentos.

**Cuadro 2. Concentrado: Efecto de enzimas en sistemas de alimentación sobre algunas características de la calidad de carne en rumiantes.**

Autor	Aditivo	Tratamiento	GDP	Pi.	Pf.	C.A.	P. Canal	C.M.S.		
Alvarado <i>et al.</i> , 2007	Fibrozyme ®	TS	28 d- 1.03 ±.073							
		TC	28d- 1.28±0.73							
		TS	56d- 1.54±.073							
		TC	56d- 1.36±.073							
McAllister <i>et al.</i> ,1999	Celulasa	y Control	1.13	417.6	487.4	10.13	235.8			
	Xilanasa	Enzimas	1.25	413.3	491.2	9.54	233.8			
Beauchemin <i>et al.</i> , 1995	Celulasa Xilanasa	y Heno Alfalfa 0	1	1.03					10.2	
			2	1.27					10.8	
			3	1.28						10.5
			4	1.34						11.7
			5	1.19						10.9
		Heno Timo	0	1.12						10.3
			1	1.21						8.8
			2	1.32						8.3
			3	1.13						7.5
			4	1.24						9.2
		Ensilado	0	1.27						8.6
			1	1.64						9.3
			2	1.12						7.5
			3	1.15						8.1
			4	0.99						6.8
	5	1.02						7.8		
	4	1.12						7.3		
	5	1.11						7.3		

GDP: Ganancia diaria de peso, Pi: peso inicial, Pf: peso final, P. Canal: peso canal, C.M.S: Consumo de Materia seca, TS: tratamiento sin enzima, TC: Tratamiento con enzima

### III. JUSTIFICACIÓN

Muchas investigaciones se han enfocado en los efectos benéficos de los extractos de arbóreas como micro-ingredientes del alimento *in vitro* (Salem *et al.*, 2010) e *in vivo*. Sin embargo, no existen estudios en México, donde se haya evaluado el efecto que tienen los extractos de las plantas forrajeras, en este caso *Salix babylonica* sobre la calidad de carne en ovinos, de igual manera el efecto de las enzimas exógenas, estas de manera individual o en combinación con el extracto de *Salix babylonica*.

#### **IV. HIPÓTESIS**

Trabajos anteriores (**Salem *et al.*, 2011**) han reportado tras el suministro de extracto de *Salix babylonica* incrementos en ganancias de peso en ovinos, así como la mejora en parámetros productivos en estos ovinos, y teniendo conocimiento que las enzimas exógenas contribuyen al mejor aprovechamiento de las dietas suministradas al ganado, inferimos en que el uso de extracto de *Salix babylonica* y enzimas exógenas tendrán efecto positivo mejorando los parámetros de calidad de carne de los ovinos.

## **V. OBJETIVOS**

### **5.1. General**

Evaluar el impacto del extracto de *Salix babylonica*, enzimas exógenas y la mezcla de ambos sobre la calidad de carne en ovinos.

### **5.2. Específicos**

Evaluar el efecto de los tratamientos sobre:

I.- pH y temperatura

II.- Análisis químico (bromatológico) de la carne

III.- Colorimetría

IV.- Grasa peri renal

## **VI. MATERIALES Y MÉTODOS**

El trabajo de investigación se llevó a cabo en las instalaciones de la posta zootécnica de la FMVZ de la UAEM.

### **6.1. Animales**

Se utilizaron 16 corderos machos destetados (4 animales en cada tratamiento), cuyo peso fueron de  $28 \pm 3$  kg con una edad de 7 – 8 meses de edad.

Los animales fueron alimentados con una dieta base compuesta de 70% ensilado de maíz, 30% concentrado comercial (Purina), la cual se proporcionó a libre acceso al igual que el agua de bebida.

Se utilizó 30ml/d/animal del extracto de *Salix babylonica*.

### **6.2. Preparación del extracto**

Se siguió la metodología de Salem (2006), donde se colectaron hojas del árbol de *S. babylonica* al azar de varios árboles jóvenes y maduros, en verano. Las hojas se cortaron en fresco de 1-2 cm de longitud, para preparar 1 g de hojas/8 ml de una mezcla de disolventes. La mezcla de disolventes contenía metanol 10 ml (99.8/100, grado analítico, Fermont ®, Monterrey, México), etanol 10 ml (99/100, grado analítico, Fermont ®, Monterrey, México) y 80 ml de agua destilada. Los materiales vegetales se sumergieron de forma individual y se incubaron en el disolvente en el laboratorio a 25-30 ° C durante 48-72 h en botellas de 500 ml negros cerrados. Después de la incubación, los tarros se calentaron a 39° C durante 1 h, y después se filtró inmediatamente y los filtrados se recogieron y se almacenaron a 4 ° C para su uso posterior.

### **6.3. Grupos experimentales**

Se formaron cuatro grupos experimentales de cuatro animales por grupo; Grupo I (Grupo control dieta base), Grupo II (dieta base + *Salix babylonica*), Grupo III (dieta base + Enzimas exógenas), Grupo IV (dieta base + *Salix babylonica* + Enzimas exógenas).

**Cuadro 3: Grupos experimentales y tratamientos**

GRUPO	NOMBRE	TRATAMIENTO
I	CONTROL (C)	Dieta base
II	SB	Dieta base + 30ml de extracto de <i>Salix babylonica</i>
III	EZ	Dieta base + 10g Enzimas exógenas
IV	SBEZ	Dieta base + 30ml de extracto de <i>Salix babylonica</i> + 10gr Enzimas exógenas

Extractos fueron preparados de acuerdo a la técnica de **Salem et al., (2006)**. SB: *Salix babylonica* , EZ: enzimas exógenas , SBEZ: *Salix babylonica* + enzimas exogenas.

#### 6.4. Tratamientos

Los tratamientos fueron proporcionados del día 1 al día 60 del experimento vía oral, antes del suministro del alimento.

El extracto fue administrado vía oral con una jeringa directo a boca, mientras que las enzimas se mezclaron como 50g del total de concentrado de la dieta base a consumir por cada animal ofrecida de forma individual.

#### 6.5. Efecto de los tratamientos sobre la calidad de carne.

Concluido el periodo experimental los corderos fueron trasladados al rastro Municipal de Capulhuac, Estado de México para su sacrificio.

Se registraron los pesos de la canal caliente al momento del sacrificio y el peso de la canal fría a las 24 horas post-mortem.

Figura 1. Peso canal caliente



Figura 2. Peso canal fría



Se registró el pH de la canal caliente a los 45 minutos después del sacrificio y el pH de la canal fría a las 24 horas post-mortem.

Se retiró del musculo *Longissimus dorsi* un total de 4 costillas a las 24 horas post-mortem para los análisis posteriores subsecuente para calidad de la carne.

Figura 3. Toma de muestras



Figura 4. Identificación de muestras



## 6.6. Evaluación de la calidad de la carne

### 6.6.1. pH y temperatura

Para la determinación de pH y la temperatura se empleó un potenciómetro marca Hanna equipado con un electrodo de penetración. Las medidas se tomaron sobre el musculo *Longissimus dorsi* (a nivel de la décima costilla). Se midió el pH mediante el electrodo de penetración a los 45 min después del sacrificio del animal (tiempo que demora hasta llegar a canal) y a las 24 horas post-mortem.

Figura 5. Registro de pH y temperatura 0 y 24 horas.



### 6.6.2. Composición química

De las chuletas almacenadas y congeladas se tomaron muestras del ojo de estas (12ª a 13ª costilla), se descongelaron a 4° C durante 24 horas y enseguida fueron analizados sus contenidos de humedad, de proteína cruda, extracto etéreo y cenizas, según la **AOAC (1990)**.



Figura 6. Proteína-Kjeldhal



Figura 7. Grasa-Soxlet

### 6.6.3. Grasa peri renal

Para la evaluación y clasificación de la grasa que cubre los riñones se utilizó una escala del 1 al 4, donde 1 fue para los riñones totalmente descubiertos de grasa, 2: riñones con una gran ventana, solo provistos de grasa en la periferia del riñón, 3: riñones con una pequeña ventana, la cubierta de grasa solo permite ver una parte del riñón y 4: riñones cubiertos de grasa completamente, de acuerdo a la metodología de **Delfa et al. (1995)**.

### 6.6.4. Color

Se retiraron las chuletas previamente congeladas para su descongelación por un periodo de 24 horas a temperatura ambiente. Se empleó un Colorímetro Minolta Chroma meter, cabeza de medición CR-400, plato de calibración CR.A43, ángulo de visión 20°, se empleó la metodología establecida por **Brewer, (1999); Honikel, (1998)**.

Figura 8. Determinación de coordenadas Colorímetrias



## VII. DISEÑO EXPERIMENTAL

Se utilizó un diseño experimental completamente al azar con 4 tratamientos.

Se utilizó el siguiente modelo

$$Y_{ijk} = \mu + T_i + E_{ijk}$$

Donde:

$Y_{ijk}$  = Variable respuesta de  $i$ -ésimo periodo,  $j$ -ésimo animal y  $k$ -ésimo tratamiento

$\mu$  = Media general

$T_i$  = Efecto del  $i$ -ésimo tratamiento

$E_{ijk}$  = Error aleatorio

El análisis de la información fue analizada con el procedimiento GLM de SAS (2002) y para la comparación de medias se aplicó la prueba Tukey (Steel y Torrie, 1980).

## VIII. RESULTADOS

Artículo publicado en: *Animal Nutrition and Feed Technology* (2013) 13:373-380

Publisher: Animal Nutrition Association

Impact Factor: (ISI Philadelphia) 2011: 0.323)

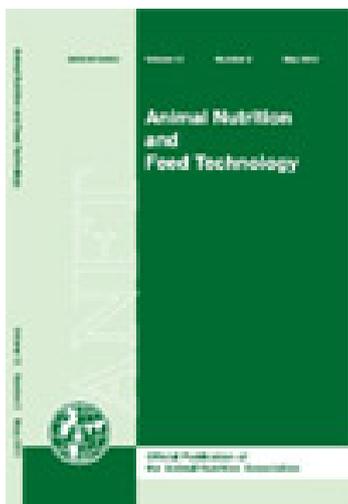
Print ISSN: 0972-2963

Online ISSN: 0974-181X

Number of issues per year: 3

Print frequency: Thrice a year

Month(s) of publication: January, May and September



Con el Título:

**Effect of Adding *Salix babylonica* Extracts and Exogenous Enzymes to Basal Diets on the Meat Quality of Growing Suffolk Lambs**

## 8.1. Artículo publicado



Animal Nutrition and Feed Technology (2013) 13: 373-380

### Effect of Adding *Salix babylonica* Extracts and Exogenous Enzymes to Basal Diets on the Meat Quality of Growing Suffolk Lambs

J.A. Cayetano<sup>1</sup>, A.Z.M. Salem<sup>1,6,\*</sup>, B.M.A. Mariezcurrena<sup>1</sup>, R. Rojo<sup>2</sup>,  
M.A. Cerrillo-Soto<sup>3</sup>, H. Gado<sup>4</sup> and L.M. Camacho<sup>5</sup>

Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia  
Universidad Autónoma del Estado de México, México

#### ABSTRACT

Cayetano, J.A., Salem, A.Z.M., Mariezcurrena, B.M.A., Rojo, R., Cerrillo-Soto, M.A., Gado, H. and Camacho, L.M. 2013. Effect of adding *Salix babylonica* extracts and exogenous enzymes to basal diets on the meat quality of growing Suffolk lambs. *Animal Nutrition and Feed Technology*, 13: 91-98.

It was evaluated the effect of adding *Salix babylonica* L. extracts and exogenous enzymes in combination or individually on meat quality in growing Suffolk lambs. Animals were divided into 4 groups of 4 animals each in a completely randomized design (CRD). Treatments were: (i) Control: basal diet of concentrate (30%) mixture and corn silage roughage (70%); (ii) EZE (exogenous enzymes): basal diet plus 10 g of enzyme (Zado®); (iii) SB (*Salix babylonica*): basal diet plus 30 ml of *S. babylonica* extracts, and (iv) EZESB (exogenous enzymes + *Salix babylonica*): basal diet plus 10 g enzyme and 30 ml of *S. babylonica* extracts. Lambs were housed in individual cages for 60 days. Extracts were dosed orally while EZE was mixed with concentrate. At the end of the trial, lambs were slaughtered and *Longissimus dorsi* samples were analysed. Samples were analysed for CP, CF, ash and DM. Meat quality parameters included color, pH, carcass temperature and kidney fat. No significant differences for live weight, chemical composition, as well as hot carcass weight and cold, initial and final temperature and kidney fat. Meat lightness (variable L\*) and pHf were improved (P<0.05) with EZESB treatment compared to the other three treatments, and the most optimal pHf four treatments being the most acidic. Lambs fed SB or EZE were not different from the control. In conclusion, a combined administration of EZESB to the basal diet improves meat quality by reducing the pH and increasing its lightness when compared to either EZE or SB, individually.

**Key words:** Exogenous enzymes, Lambs, Meat quality characteristics, *Salix babylonica* extracts

\*Corresponding author: asalem70@yahoo.com

<sup>1</sup>Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia, Universidad Autónoma del Estado de México, México <sup>2</sup>CU-Temasaltepec, Universidad Autónoma del Estado de México, México

<sup>3</sup>Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia, Universidad Juárez del Estado de Durango., Durango, Dgo, 34280, México

<sup>4</sup>Department of Animal Production, Faculty of Agriculture, Ain Shams University, Cairo, Egypt

<sup>5</sup>Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia, Universidad Autónoma de Guerrero, Cd. Altamirano, Gro, 40660, México

<sup>6</sup>Faculty of Agriculture (El-Shatby), Alexandria University, Egypt.

## 8.2. INTRODUCTION

Globally, it is recognized that the cost of feeding livestock accounts for over 50% of total production costs, thus there is a constant search for alternative feeding methods that will allow for optimum growth and performance with minimum economic investment. Some of the alternative production methods developed to date include the use of pre and probiotics, ionophores, exogenous enzymes and even local fodder shrubs and trees. Use of foliage from local resources has helped in some areas to reduce costs of production considering that most of these trees grow naturally and there are virtually no management costs associated with their production. In Mexico, the search for these alternatives production/feeding methods has become relevant. Studies performed in Egypt have reported some profitable alternative methods preparing animal feeds (Salem *et al.*, 2006, 2007, 2010). Research conducted with local trees and shrubs and extracts from the same species as additives indicated they represent an important potential in feeding ruminants in arid and semi-arid regions of Northern Egypt.

Addition of fodder tree and shrub extracts to the basal diet of sheep have resulted in positive effects in performance, nonetheless, the addition of exogenous enzymes might prove further improvements in sheep nutrition practices. Utilization of tree/shrub extracts have promoted fiber digestion (non-starch polysaccharides), reduced viscosity of the bolus, increased the bioavailability of nutrients, inhibited the growth of pathogens bacteria and enhanced the growth of probiotic intestinal flora by the hydrolysis of non-starch which allow a better use of the energy value of cereals. Moreover, plant extracts tend to reduce losses and excretion of certain compounds such as phosphorus and nitrogen, reducing negative environmental impacts. Furthermore, they prevent diarrhea and digestive disorders and as a result improves growth performance, reproductive, and animal immune system. Gado *et al.* (2007) indicated that supplementing dairy and beef cattle with exogenous improved fiber degradation, such information was further supported in lambs through *in vitro* and *in vivo* studies (Gado and Salem, 2008). Meat quality evaluation in sheep supplemented with extracts and exogenous enzymes ought to be performed. Bianchi (2007) mentioned that an important attribute for the consumer while buying meat was color, however, other features such as pH, water holding capacity, flavour, smell and fatty acid concentration are also considered, the later being an important issue in human health due to cardiovascular disease concerns. Previous work have indicated positive impacts while using *Salix babylonica* extracts on productive parameters, whereas favourable properties have also been determined by addition of exogenous enzymes (Zado®), thus, this study was conducted to evaluate the meat quality response of these two additives added individually or in combination hoping for positive effects on meat quality of Suffolk lambs.

## 8.3. MATERIALS AND METHODS

The research was conducted at the premises of the zoo technical post at the Faculty of Veterinary Medicine of the Autonomous University of the State of Mexico.

Extract preparations and quality meat evaluations conducted at the Food Science Laboratory of Animal Nutrition of the Faculty.

#### *Preparation of extracts*

The extraction of tree/shrub (SB) was conducted according to Salem (2006), where leaves of *S. babylonica* were collected randomly from several young and mature trees during Summer. The fresh leaves were chopped into 1-2 cm lengths and immediately extracted with a prepared solvent mixture (1 g leaf/8 ml). The extraction mixture contained 10 ml methanol (99.8%, analytical grade, Fermont®, Monterrey, Mexico), 10 ml ethanol (99% analytical grade, Fermont®, Monterrey, Mexico) and 80ml distilled water. The chopped leaf materials were individually soaked and incubated in the solvent mixture at laboratory room temperature at 25-30°C for 48 to 72 hrs in closed black/dark 500 ml bottles. After incubation, jars were heated at 39°C for 1 h, and then immediately filtered after which the filtrates were collected and stored at 4°C for further use.

#### *Animals and treatments*

Sixteen growing male lambs (4 animals in each treatment) (28 kg BW) and from 7 to 8 months were used. Animals were fed a basal diet consisting of 70% corn silage and 30% commercial concentrate (Purina®) for sixty days. Lambs were provided throughout the study with feed and drinking water *ad libitum*.

Treatments were: (i) Control: basal diet of concentrate (30%) mixture and corn silage roughage (70%); (ii) EZE (exogenous enzymes): basal diet plus 10 g of enzyme (Zado®; commercial product from El Cairo, Egypt). The enzyme treatment was prepared by mixing 10 g of enzyme complex with 200 g concentrate mixture fed to each animal; (iii) SB (*Salix babylonica*): basal diet plus 30 ml of *S. babylonica* extracts; lambs were drenched with the extract directly in the mouth, and (iv) EZESB (exogenous enzymes + *Salix babylonica*): basal diet plus 10 g enzyme and 30 ml of *S. Babylonica* extracts. The experiment was performed during 60 days.

#### *Measurements and instrumentation*

Temperature of hot carcass and pH was recorded on carcass immediately after slaughter and at 24 hours post-mortem. Samples from the *Longissimus dorsi* muscle were collected from 12, 13, 14, 15<sup>th</sup> ribs at 24 hours post-mortem and stored in a freezer for later analysis.

pH Measurements: The determination of pH and temperature of carcass were performed using a pH meter that was equipped with a penetration electrode (HANNA HI99163). Measurements were taken on the *Longissimus dorsi* muscle (at the last rib). pH was measured by electrode penetration at 45 min after slaughter (time taken to reach carcass) and at 24 h.

### Chemical composition analysis

Samples stored in the freezer, which were taken from the ribeye area of the 12<sup>th</sup> and 13<sup>th</sup> rib, were thawed at 4°C for 24 hours and immediately analysed for moisture content, crude protein, ether extract and ash, according to the AOAC (1990).

### Kidney fat scoring

The amount of fat covering the kidneys were scored on a scale of 1 to 4, where 1 was for Kidneys that were completely uncovered 2: Kidneys with large a uncovered window, 3: Kidneys with a small uncovered window and 4 for kidneys that were completely covered in fat. The methodology used for scoring renal fat coverage was according to Delfa *et al.* (1995).

### Colour scoring

To measure the colour of meat from the various treatments, frozen meat chops were first thawed at 3°C, measurements were performed using a Minolta Chroma Meter CR-measuring head 400, calibration plate CR.A43, viewing angle 20°, according to Brewer (1999) and Honikel (1998).

### Statistical analysis

Data were analysed according to a completely randomized design, with 4 treatments and 4 replications for each treatment. The statistical model used was:  $Y_{ijk} = \mu + \tau_i T_i + E_{ijk}$ , where  $\mu$  is the mean,  $T_i$  as the treatment effect and  $E_{ijk}$  as the residual error effect. Data was analysed using the GLM procedure of SAS (2002). Tukey's test was used for mean comparisons (Steel and Torrie, 1980).

## 8.4. RESULTS

In Table 1, initial pH values (pHi) were not affected by dietary treatments ( $P > 0.05$ ). However, for the final pH (pHf), animals offered the SB had lower values ( $P < 0.05$ ) compared to those registered in lambs fed the control and the EZE treatments. Initial and final meat temperature values were not different among treatments ( $P > 0.05$ ).

### Cuadro 4.

Table 1. The effect of adding *Salix babylonica* extracts (SB), exogenous enzymes (EZE) or the mixture of the two (EZE-SB) on pH and the carcass temperature in sheep

Variables	Treatments				LSD	P
	Control	EZE	SB	EZE-SB		
pHi	6.87	6.83	6.80	6.73	0.300	0.572
pHf	6.51 <sup>a</sup>	6.53 <sup>a</sup>	6.46 <sup>ab</sup>	6.25 <sup>b</sup>	0.226	0.010
Ti	20.27	21.36	20.55	20.82	2.226	0.556
Tf	8.82	8.23	8.00	8.02	1.206	0.174

pHi: pH initial, pH final, Ti: initial temperature, Tf: final temperature, EZE: exogenous enzymes, SB: *Salix babylonica*, EZE-SB: exogenous enzymes + *Salix babylonica*

The meat production parameters are shown in Table 2. No significant differences were registered among treatments in all the studied variables. Nonetheless, some

*Salix babylonica* L. extracts and exogenous enzymes in growing lambs

numerical trends in BLW, HCW, CCW and KF were observed. Highest record variables regarding weight were registered in animals fed EZE treatment, followed by EZE-SB, SB and Control. Kidney fat was slightly increased in lambs fed EZE than other treatments. This being one of the parameters that give the conformation pattern of sheep body fat, thus supporting the fact that EZE-SB can be considered an suitable treatment.

**Cuadro 5.**

Table 2. The effect of adding *Salix babylonica* extracts (SB), exogenous enzymes (EZE) or the mixture of the two (EZE-SB) on some production parameters in sheep

Variables	Treatments				LSD	P value
	Control	EZE	SB	EZE-SB		
BLW	34.47	40.13	36.85	37.37	15.656	0.775
HCW	16.30	18.96	16.00	17.47	9.145	0.783
CCW	15.92	18.50	15.50	17.17	9.389	0.791
KF	3.50	3.66	3.50	3.25	1.234	0.797

BLW: Body live weight, HCW: hot carcass weight, CCW: cold carcass weight, KF: kidney fat, EZE: exogenous enzymes, SB: *Salix babylonica*, EZE-SB: exogenous enzymes + *Salix babylonica*.

Meat chemical analysis are shown in Table 3. There were no significant effects of dietary treatments on the studied variables. Average CP values were 17%, while lambs fed EZE had a slightly higher value (17.8%), whereas the control group registered the lowest (17.2%). Regarding fat content, administration of ENZ in lambs resulted in decreased ( $P<0.05$ ) fat content by 3.9% than other treatments.

**Cuadro 6.**

Table 3. The effect of adding *Salix babylonica* extracts (SB), exogenous enzymes (EZE) or the mixture of the two (EZE-SB) on parameters of chemical composition of sheep meat

Variables	Treatments				LSD	P value
	Control	EZE	SB	EZE-SB		
CP	17.20	17.81	17.47	17.26	1.491	0.654
Fat	7.15	3.96	5.78	5.60	3.735	0.164
Ash	0.58	1.21	0.86	0.98	0.978	0.345
DM	25.32	25.45	24.80	24.93	2.699	0.871

EZE: exogenous enzymes, SB: *Salix babylonica*, EZE-SB: exogenous enzymes + *Salix babylonica*.

Meat color was significantly different ( $P<0.05$ ) for lightness among treatments ( $L^*$ ), with lambs fed EZE-SB having the highest value when compared to SB, Control and EZE treatments shown in Table 4. For the red ( $a^*$ ) and yellow ( $b^*$ ) colours, there were no significant differences among treatments. However, a numerical trend was recorded for the various variables of  $L^*$ ,  $a^*$  and  $b^*$ , the lamb fed EZE-SB, which was relatively higher when compared with that of other treatments.

## Cuadro 7.

Table 4. The effect of adding *Salix babylonica* extracts (SB), exogenous enzymes (EZE) or a mixture of the two (EZE-SB) on color of sheep meat

Variables <sup>†</sup>	Treatments				LSD	P
	Control	EZE	SB	EZE-SB		
L*	34.84 <sup>bc</sup>	34.34 <sup>c</sup>	41.42 <sup>ab</sup>	44.36 <sup>a</sup>	6.708	0.0019
a*	12.49	13.58	14.05	15.67	3.481	0.0888
b*	4.08	4.80	4.62	5.59	2.0723	0.2072

<sup>†</sup>L\*: lightness, a\*: red colors, b\*: yellow colors

EZE: exogenous enzymes, SB: *Salix babylonica*, EZE-SB: exogenous enzymes + *Salix babylonica*.

## 8.5. DISCUSSION

Values obtained in this study regarding pH are not in accordance with Hernández *et al.* (2009) and Torrescano *et al.* (2009) who reported initial (6.1 and 6.3) and final (5.8 and 5.5) values, respectively; in Pelibuey sheep. Lawrie (1998) reported that sheep meat has a slightly higher pH than other species. However, results herein are slightly elevated compared to other data in sheep. Accordingly, Ramírez *et al.* (2007) indicated a normal range of 5.8-6.2 for pH values in sheep. In addition, it is recognized that sheep are less susceptible to stress ante-mortem factors which might have contributed to these final pH values. Moderate acidic pH values are known to prevent microbial contamination which favours the preservation of meat. Thus lambs fed EZE-SB with mildly acidic conditions compared to the other treatments are to prove a more favourable condition. It is well known that the final pH as it approaches the protein's isoelectric point (pH 5.0-5.5) will produce gradual decrease in water retention. López (1987), reported that the maximum amount of juice is expelled with higher values of pH in muscles.

Similar results in terms of CP content in Suffolk lamb meat were reported by Pérez *et al.* (2002), with average values being 17% and 18% CP for males and females, respectively.

Results obtained herein regarding meat color are not in agreement to the values reported by Germano *et al.* (2009) who mentioned values for L\* of 27.73, which is low compared to our results. Similarly, data from this study is not in accordance to Costa *et al.* (2008) who while performing studies with Nova, Santa Ines and Dorpper x Santa Ines sheep breeds reported values for L\* (26.46, 28.99 and 28.00 respectively), for a\* (average =12.22) and for b\* (average=18.00). The pH has a close relationship with meat color, high pH in meat results in low luminosity (L\*). It has been indicated (Hopkins *et al.*, 1995) that there is a significant negative correlation between L\* and b\* values and muscular pH, which is in accordance to our study, where treatments with high pH yielded low degrees of lightness (L\*) such as in groups fed Control and EZE, whereas low pH treatments yielded higher degrees of brightness, as SB and EZE-SB. Accordingly, (EZE-SB) had low pH against higher lightness (L\*). In addition, Sañudo *et al.* (1998) indicated differences in the variable L\* for sheep meat with females and males 39.80 and 41.26, respectively.

## 8.6. CONCLUSION

The combination of SB extract enzymes as additives improved meat pH and color compared to the control or individual additives which resulted in a more favourable

color and might contribute to a better conservation profile.

## 8.7. REFERENCES

- AOAC. 1990. *Official Methods of Analysis*, 15th ed. Association of Official Analytical Chemists, Arlington, Virginia. p. 13.
- Bianchi, G. 2007. *Alternativas Tecnológicas para la Producción de Carne Ovina de Calidad en Sistemas Pastoriles* (Ed. Hemisferio Sur), Montevideo, Uruguay, pp. 190-235.
- Brewer, M.S. 1999. Consumer attitudes towards color and marbling of fresh pork. *Food Science*, 64: 171-174.
- Costa, R.G., Cartaxo, F.Q., Santos, N.M. and Queiroga, R.C.R. 2008. Goat and sheep meat: fatty acids composition and sensorial characteristics. *Revista Brasileira De Saúde E Producao Animal*, 9: 497-506.
- Delfa, R., Lahoz, F. and González, C. 1995. Modelos de clasificación de canales ovinas en la Unión Europea. *Eurocarne*, 37: 37-44.
- Gado, H.M., Metwally, H.M., Soliman, H., Basiony, A.Z.L. and El Galil, E.R. 2007. Enzymatic treatments of bagasse by different sources of cellulase enzymes. In: *Proceedings of the 11<sup>th</sup> Conference on Animal Nutrition*, November 13-18, 2007, Al-Aqsor-Aswan, Egypt, Vol. 10. p. 607.
- Gado, H.M. and Salem, A.Z.M. 2008. Influence of exogenous enzymes from anaerobic source on growth performance, digestibility, ruminal fermentation and blood metabolites in lambs fed of orange pulp silage in total mixed ration. In: *Proceedings of the 59th Annual Meeting of the European Association for Animal Production*, August 24-27, Vilnius, Lithuania, p. 228.
- Germano, C.R., Malveira, B.A.S., Suely, M.M., Gonzaga, N.S., Ramos, E.Q.C., Araújo, F.J.T. and Selaive, V.A. 2009. Physical and chemical characterization of lamb meat from different genotypes, submitted to diet with different fibre contents. *Small Ruminant Research*, 81: 29-34.
- Hernández, C.L., Ramírez, B.J.E., Guerrero, L.M.I., Hernández, M.O., Crosby, G.M.M. and Hernández, C.L.M. 2009. Effects of crossbreeding on carcass and meat quality of Mexican lambs. *Arquivo Brasileiro de Medicina Veterinária e Zootecnia*, 61: 475-483.
- Honikel, K.O. 1998. Reference methods for the assessment of physical characteristics of meat. *Meat Science*, 49: 447-457.
- Hopkins, D.L., Ferrier, G.R., Channon, H.A. and MacDonald, B.A. 1995. Assessment of lamb meat quality in Sydney and Melbourne. *Proceedings of the New Zealand Society of Animal Production*, 55: 114-116.
- Lawrie, R.A. 1998. *Lawrie's Meat Science*, 4th ed, Zaragoza. España, pp. 91-156.
- López, M. 1987. *Calidad de la canal y de la carne en los tipos de lechal, ternasco y cordero de la raza Lacha y estudio de su desarrollo*. Thesis Doctoral, Universidad de Zaragoza, Zaragoza, España.
- Pérez, P., Maino, M., Tomic, G., Mardones, E. and Pokniak, J. 2002. Carcass characteristics and meat quality of Suffolk Down suckling lambs. *Small Ruminant Research*, 44: 233-244.
- Ramirez, B.E., Hernández, C.L., Guerrero, L.I. and Hernández, C.L.M. 2007. Calidad de la carne y análisis sensorial en ovinos de pelo y lana provenientes de engorda intensiva en México. *Vº Congreso de Especialistas en Pequeños Rumiantes y Camélidos Sudamericanos*, Mayo, 2007, Mendoza, Argentina, pp. 1-3.
- SAS. 2002. *Users Guide: Statistics* (Release 8.01). SAS Institute Inc. Cary, NC, USA.
- Salem, A.Z.M., Salem, M.Z.M., El-Adawy, M.M. and Robinson, P.H. 2006. Nutritive evaluations of some browse tree foliages during the dry season: secondary compounds, feed intake and *in vivo* digestibility in sheep and goats. *Animal Feed Science and Technology*, 127: 251-267.
- Salem, A.Z.M., Robinson, P.H., El-Adawy, M.M. and Hassan A.A. 2007. *In vitro* fermentation and microbial protein synthesis of some browse tree leaves with or without addition of polyethylene

Cayetano et al.

glycol. *Animal Feed Science and Technology*, 138: 318-330.

Salem, A.Z.M., Robinson, P.H., Lopez, S., Gohar, Y.M., Rojo, R. and Tinoco, J.L. 2010. Sensitivity of sheep intestinal lactic acid bacteria to secondary compounds extracted from *Acaciasaligna* leaves. *Animal Feed Science Technology*, 61: 85-93.

Sañudo, C., Sierra, I., Olleta, J.L., Martin, L., Campo, M.M., Santolaria, P., Wood, J.D. and Nute, G.R. 1998. Influence of weaning on carcass quality, fatty acid composition and meat quality in intensive lamb production systems. *Animal Science*, 66: 175-187.

Steel, R.G.D. and Torrie, J.H. 1980. *Principles and Procedures of Statistics. A Biometrical Approach*, 2nd ed. McGraw Hill Inter. Book Co, Tokyo, Japan.

Torrescano, U.G., Sánchez, E.A., Peñuri, M.F., Velázquez, C.J. and Sierra, R.T. 2009. Características de la canal y calidad de la carne de ovinos pelibuey, engordados en Hermosillo, Sonora. *Biotechnia*, 11: 41-50.

## IX.- DISCUSIÓN GENERAL

De acuerdo a los resultado encontrados tras la realización del presente experimental y el análisis de los datos, obtuvimos que la adición de enzimas exógenas EZE a la dieta de los corderos y suministro de extracto de *Salix babylonica* (SB) en combinación, tratamiento que llevo por nombre EZESB arrojó valor de pHf significativamente inferiores en comparación a los tratamientos EZE y SB suministrados individualmente así como para el tratamiento Control, diferencias significativas similares fueron encontradas para la variable luminosidad (L\*) donde el tratamiento EZESB arrojó los valores más altos en comparación con los tratamientos EZE y SB suministrados de manera individual. El pHf significativamente inferior en comparación con el resto de los otros tratamientos arrojado por el tratamiento EZESB, es la más próxima de los cuatro tratamientos al punto isoeléctrico de pH en la carne, permitiendo con esto una mejor conservación de la carne disminuyendo considerablemente la incidencia de agentes patógenos (microorganismos) que puedan perjudicar la calidad de esta. En cuanto a los valores significativamente superiores de luminosidad (L\*) encontrados en EZESB nos permiten obtener la obtención de una carne más luminosa, con mejor aspecto en comparación con los otros tratamientos. Cabe hacer mención de que la carne de los corderos involucrados en el experimental arrojaron un promedio en cuanto a proteína cruda (PC) se refiere de 17.43.

## **X.- CONCLUSIÓN GENERAL**

En conclusión una administración combinada de EZESB (enzimas exógenas y extracto de *Salix babilónica*) en la dieta basal y suministro oral del extracto a los corderos mejoro la calidad de la carne mediante la disminución de pHf y el aumento de la luminosidad (L\*), permitiéndonos con esto una carne con mejor aspecto y mejor conservación con la disminución en la incidencia de agentes patógenos, esto en comparación con la adición individual de EZE o SB.

## XI. ESTANCIA EN EL EXTRANJERO



# Reporte final estancia

**Alumno de Maestría:** Jorge Adalberto Cayetano de Jesús

**Institución de origen:** Universidad Autónoma de Estado de México

**Institución de recepción:** Instituto de Ganadería de Montaña. CSIC-ULE

**Investigador supervisor:** Dr. Francisco Javier Giráldez García

**Fecha:** 29/08/2013

## **1. Información sobre el Instituto de Ganadería de Montaña**

El Instituto de Ganadería de Montaña (IGM) es un centro mixto de titularidad compartida por el Consejo Superior de Investigaciones Científicas (CSIC) y de la Universidad de León (ULE). El IGM está estructurado en 3 Departamentos: 1) Sanidad Animal; 2) Sistemas ganaderos y uso del territorio y 3) Nutrición y producción de herbívoros.

En el IGM hay 3 grandes líneas de investigación, asociadas a los Departamentos:

- Principales enfermedades parasitarias e infecciosas de los herbívoros. Esta línea de investigación intenta generar información sobre distintos factores (epidemiológicos, inmunológicos, nutricionales, genéticos), con especial atención a los mecanismos responsables de la relación hospedador/patógeno, que intervienen en las enfermedades parasitarias e infecciosas de importancia en Sanidad Animal de herbívoros, mediante estudios en condiciones naturales y experimentales.
- Factores nutricionales que afectan al rendimiento productivo, el bienestar animal, el impacto ambiental y las características de los productos finales en herbívoros de interés ganadero. El objetivo de esta línea es estudiar el efecto aquellos factores relacionados con la alimentación que inciden sobre la productividad animal, teniendo en cuenta el bienestar animal, el impacto ambiental y la calidad de los productos obtenidos en sistemas de producción que permitan la máxima utilización de los recursos naturales.
- Estudio de las características socioeconómicas y técnicas de los sistemas ganaderos y su relación con el uso del territorio. Se trata de generar el conocimiento e integrar la información necesaria para la caracterización socioeconómica y técnico-productiva de explotaciones ganaderas y el desarrollo de alternativas de producción social, medioambiental y económicamente sostenibles.

El IGM cuenta entre sus instalaciones con una finca experimental, con naves para realizar pruebas de alimentación y sanidad animal y rebaños propios de razas de ovino de diferente orientación productiva (Churra, Merina y Assaf).

## **2. Memoria de actividades realizadas**

De acuerdo con el plan de trabajo previsto, durante la estancia en el IGM, colaboré en las siguientes actividades:

### **2.1. Prácticas de manejo de ganado ovino en la explotación del IGM.**

En una etapa inicial, realicé un periodo corto de prácticas con el veterinario responsable de la Granja Experimental del IGM (Dr. Miguel Fernández Gutiérrez) con objeto de

familiarizarme con la gestión técnica y administrativa (por ejemplo, control de censos, registro de medicamentos, recogida de residuos y cadáveres, etc) de las granjas de ovino de producción y experimentales en España. Posteriormente, bajo la supervisión del Dr. Fernández colaboré en la realización de diversas prácticas de manejo, tales como sincronización de celo en ovejas (colocación de esponjas intravaginales y administración de PMSG), diagnóstico de gestación mediante ecografía transabdominal, identificación electrónica y aplicación de diferentes protocolos de prevención sanitaria (vacunación y desparasitación de animales).

## **2.2. Colaboración en experimentos relacionados con Nutrición animal.**

Participé en la realización de un experimento cuyo objetivo era estudiar el efecto de la inclusión de antioxidantes naturales (flores de lúpulo) en la dieta de corderos en cebo intensivo sobre la ingestión, la ganancia diaria de peso, y las características de la canal y de la carne.

Para llevar a cabo este experimento se utilizaron 42 animales de raza Merina, recién destetados, con edades promedio de 6 a 8 semanas y pesos vivos aproximados de 14 + 1.2 kg., los cuales fueron distribuidos en cuatro grupos y asignados a uno de los siguientes tratamientos experimentales:

- Grupo Control, alimentado ad libitum, con un pienso integral constituido por un 43% de cebada, 15% de maíz, 24% de torta de soja, 15% de paja de cereales y un 3% de corrector vitamínico-mineral.
- Grupo LP1.5, que recibió ad libitum el pienso control al que se añadió flor de lúpulo para alcanzar una concentración de 15 g/kg de pienso.
- Grupo LP3.0, que recibió ad libitum el pienso control al que se añadió flor de lúpulo para alcanzar una concentración de 30 g/kg de pienso.
- Grupo LP6.0, que recibió ad libitum el pienso control al que se añadió flor de lúpulo para alcanzar una concentración de 60 g/kg de pienso.

Los animales se alojaron en jaulas individuales durante todo el experimento, siendo sacrificados cuando alcanzaron los 27 kg de peso vivo. A lo largo del período experimental se efectuaron los siguientes controles:

- Control de peso: Al inicio del periodo experimental se pesaron los corderos dos días consecutivos. Posteriormente a las semanas siguientes se pesaron los corderos dos veces por semana (lunes-jueves), registrando todos los datos obtenidos.
- Control de ingestión: Diariamente se pesó la oferta de alimento, procurando que permitiese restos de por lo menos un 10% de la oferta. Los restos de alimento se

retiraron diariamente de los comederos y se pesaron, tomándose una muestra para determinar su contenido de materia seca.

- Control hematológico: Se tomaron muestras de sangre al inicio del experimento así como en el momento del sacrificio para determinar su perfil bioquímico, en el cual se consideraron los siguientes parámetros relacionados con el equilibrio ácido base del organismo: pH, presión parcial de dióxido de carbono, hematocrito, exceso de bases en fluido extracelular, exceso de base en sangre y concentración de bicarbonato.
- Digestibilidad: Se realizó mediante un procedimiento indirecto considerando a la materia seca indegradable como marcador interno. Para ello se recogieron muestras de heces de todos los animales dos veces al día durante 3 días consecutivos. Posteriormente, las muestras recogidas fueron desecadas en una estufa de aire forzado a 55°C y molidas a través de un tamiz de 2 mm. Se realizó el mismo procedimiento con las muestras del alimento. Para determinar la MS indegradable se utilizaron dos vacas equipadas con cánula ruminal. Las muestras de heces se incubaron en el rumen, durante 168 h, utilizando la técnica de las bolsas de nailon (Ørskov et al., 1980). Se emplearon bolsas rectangulares de fibra sintética (Saatilon®) con unas dimensiones de 10 x 15 cm y un tamaño de poro de 46 µm de diámetro. Tras pesar las bolsas vacías, se llenaron con aproximadamente 4 g de muestra, se sellaron con calor el extremo abierto y se les anilló una cuerda de 15 cm de longitud unida a una cadena de metal de 50 cm de largo, que se fijó mediante un mosquetón al tapón de la cánula ruminal. Finalizado el periodo de incubación, las bolsas se extrajeron del rumen y se lavaron con agua fría con el fin de detener la fermentación ruminal. Seguidamente, las bolsas se congelaron a -30°C durante 24 horas con el fin de liberar los microorganismos adheridos a las partículas del alimento. Transcurrido ese tiempo, se descongelaron a temperatura ambiente y se colocaron en una lavadora, utilizando un programa de 15 minutos con agua fría. Posteriormente, se secaron en una estufa de aire forzado a 55°C hasta peso constante y se volvieron a pesar. Todas las pesadas se llevaron a cabo en una balanza electrónica (BP221S, Sartorius, Alemania).

Al alcanzar los 27 kg de peso, los animales fueron sacrificados, siguiendo el método tradicional de sangrado, desollado y eviscerado. Inmediatamente tras el sacrificio, se efectuaron las siguientes medidas:

- Se vació el contenido ruminal. A continuación se filtró y se midió el pH del líquido ruminal, empleando un potenciómetro. Se tomaron muestras para determinar el contenido de amoníaco y ácidos grasos volátiles.

- Se registró el peso de la canal caliente y pH inicial y a los 45 minutos, en el músculo Longissimus dorsi a nivel de la sexta costilla. Las canales se almacenaron en cámaras de refrigeración a 4°C, durante 24 horas. Transcurrido este tiempo, se procedió a medir pH de canal fría y a registrar su peso.
- La canal se dividió en dos partes simétricas y la mitad izquierda de la canal se dividió en piezas comerciales registrando el peso de cada una de estas: espalda, falda, badal, pierna, costillar, cuello y cola.
- En la canal derecha se tomaron muestras de los músculos *longissimus lumborum* y del *gluteus medius*, para la determinación de la capacidad de retención de agua, la composición química, la textura y la evolución del color. Las muestras para la determinación de la composición química y textura se congelaron hasta su posterior análisis. Para estudiar la evolución del color, las muestras se colocaron en bandejas, se recubrieron de film plástico y se almacenaron en cámara fría a 5°C, expuestas a la luz por un periodo de 12 horas durante 10 días. Los días 0, 1, 3, 6, 8 y 10 se determinó, utilizando un colorímetro Minolta® CM-2002.

### **2.3. Prácticas en técnicas rutinarias realizadas en los laboratorios de Nutrición y Sanidad animal.**

En relación con Nutrición animal, realicé prácticas relacionadas con las siguientes técnicas:

- Determinación del contenido de fibra con la técnica Ankom. Se trabajó con el analizador de fibra automático Ankom 2000, el cual permite realizar la determinación de Fibra bruta, fibra neutro detergente y fibra ácido detergente.
- Determinación del calor de combustión (contenido de energía bruta de los alimentos), empleando una Bomba Calorimétrica Parr 6300 Calorimeter automática.

En relación con Sanidad animal, bajo la supervisión de la Dra. Camino González-Lanza, pude realizar prácticas relacionadas con las siguientes técnicas:

- Detección de Cryptosporidios-Tinción de Ziehl-Neelsen modificada.
- Recuentos de huevos Tricos por el método de flotación.
- Recuperación y conservación de larvas de Trichostomylidae.
- Purificación, separación y cultivo de linfocitos.

### **2.4. Realización de visitas a explotaciones ganaderas y empresas.**

- Visita a las instalaciones de las empresas Núcleo de Explotaciones Agropecuarias León S.A y Valles del Esla, localizadas en la montaña de León (Sahelices de

Sabero, León España). Donde se tuvo la oportunidad de conocer un matadero con altos avances tecnológicos para la realización de la matanza de los animales hasta producto final ya empaquetado. Posteriormente nos trasladamos a la explotación ganadera de Valles del Esla, que cuenta con un rebaño de vacas de raza Pardo Alpina de montaña y con un amplio rebaño de bueyes. Esta empresa está especializada en la producción de carne de buey (animales castrados que deben ser sacrificados con una edad superior a los 4 años).

- Visita a las instalaciones de la compañía ALSE (localizada en Ctra. Mame, 151, 24226 Puente Villarente, León). Esta empresa se dedica a la elaboración de alimentos para animales, cubriendo la mayoría de las especies. Dicha compañía basa sus insumos o ingredientes principales de la producción de la propia localidad, comprando la mayoría de los granos a agricultores de la zona, evitando en lo posible a intermediarios.
- Visita a una explotación de ovino de leche, catalogada como una de las mejores, a nivel nacional, por calidad genética de los animales y grado de modernización. Esta empresa está localizada en la provincia de Palencia y cuenta con un censo de 500 cabezas de ovejas de raza Assaf. La duración de la lactación oscila entre los 5 y los 8 meses y el promedio de producción en la lactación es de 2,2 litros por animal y día.

Se trata de una explotación familiar, en la que trabajan a tiempo completo dos personas. Se registra la producción de leche de cada animal durante la lactación, utilizando esta información para realizar la selección de los animales. Los ingresos de la explotación proceden de la venta de leche y de corderos lechales. El cordero de tipo lechal es un cordero que solo ha recibido como alimento leche y que se sacrifica con pesos que oscilan entre los 10 y 12 kg. Este tipo de cordero es muy apreciado en el mercado español.

### **3. Agradecimientos**

Se agradece al Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología la concesión de la beca de Movilidad en el Extranjero (290749) y al Instituto de Ganadería de Montaña (IGM), y por extensión a las instituciones titulares del mismo (CSIC y ULE), la estancia realizada para complementar mi formación.

## **XII.- REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS**

Almanza V. A. 2007. Razas ovinas de uso comercial en México. Número 46 Mayo - junio de 2007.

Allen, V.G. and Segarra, E. 2001. Anti-quality components in forage: Overview, significance and economic impact. *Journal Range Management* 54:409-412.

Alexandrova, N., Banskalieva, V., Angelov, A., Ivanov, I., Laleva, S., y Slavova, P. 1996. Meat quality characteristics and fatty acid composition of triacylglycerols in out-of-season born lambs. In 42nd International Congress of Meat Science and Technology, pp. 204-205, Zaragoza.

Alvarado Cortés, Ph.D. Guillermo Villalobos Villalobos. 2007. Efecto del fibrozyme® en el comportamiento productivo de toretes en desarrollo. Tesis.

Ammar, H., López S., Salem A.Z.M., Bodasa R and González J.S. 2011. "Effect of saliva from sheep that have ingested quebracho tannins on the in vitro rumen fermentation activity to digest tannin-containing shrubs." *Animal Feed Science and Technology* 163 77 - 83.

Annison, G. 1997. The use of enzymes in ruminant diets. In: *Biotechnology in the feed Industry, Proceedings of the 13 th Annual Symposium*. Nottingham University Press, Nottingham, Leics., UK. Pp 115.

AOAC. 1990. Official methods of analysis of the association of analytical chemists 15th Edition. Association of Official Analytical Chemists, Inc. Arlington, Virginia. 931. Method 985.35.

Apple, J.K., Unruh, J.A., Minton, J.E., y Barlett, J.L. 1993. Influence of repeated restraint and isolation stress and electrolyte administration on carcass quality and muscle electrolyte content of sheep. *Meat Sci.*, 35, 191-203.

Aregheore, E. M., Ali I , Ofori K, Rere T. 2006. Studies on Grazing Behavior of Goats in the Cook Islands: The Animal-Plant Complex in Forage Preference/Palatability Phenomena. *Int. J. Agri. Biol* 8(2).

Aregheore, E. M., Perera D. 2004. Effect of Supplementation of a Basal Diet of Maize Stover with *Erythrina variegata*, *Gliricidia sepium* or *Leucaena leucocephala* on Feed Intake and Digestibility By Goats. *Tropical Animal Health and Production* 36: 175 - 189.

Arteaga C.J.D. 2007. Situación de la ovinocultura y sus perspectivas. Memorias de la primera semana nacional de ovinocultura; Hidalgo, México: AMTEO,60-73.

Augustin, J. M., Kuzina V , Andersen SB, Bak S. 2011. "Molecular activities, biosynthesis and evolution of triterpenoid saponins." *Phytochemistry* 72: 435 - 457.

Awawdeh M.S. and Obeidat. 2011. Effect of supplemental exogenous enzymes on performance of finishing Awassi lambs fed olive cake-containing diets. *Livestock Science* 138:20–24.

Barton-Gade, P.A. 1981. The measurement of meat quality in pigs post-mortem. In *Porcine stress and meat quality-causes and possible solutions to the problems.* (eds T. Froystein, E. Slinde y N. Standal), pp. 205. Agricultural Food Research Society.

Beauchemin, K. A., L. M. Rode y V. J. H. Sewalt. 1995. Fibrolytic enzymes increase fiber digestibility and growth rate of steers fed dry forages. *Can. J. Anim. Sci.* 75:641-644.

Beauchemin, K.A. and Rode, L.M. 1996. Use of enzymes in ruminant nutrition. In: *Animal Science Research Development. Meeting Future Challenges. Proceedings of the Canadian Society of Animal Science Meeting.* Ed. L.M. Rode. Lethbridge, Alberta, pp. 103-130.

Beauchemin, K.A., Jones, S.D., Rode, L.M., and Sewalt, V.J.H. 1997. Effects of fibrolytic enzyme in corn or barley diets on performance and carcass characteristics of feedlot cattle. *Can. J. Anim. Sci.* 77:641-644.

Bedford, M. R. 2000. Exogenous enzymes in monogastric nutrition and their current value and future benefits. *Anim. Feed. Sci. Tech.* 86:1

Beerman, D.H., Robinson, T.F., y Hogue, D.E. 1995. Impact of composition manipulation on lean lamb production in the United States. *J. Anim. Sci.*, 73, 2493-2502.

Beriain, M.J. y Lizaso, G. 1997. Calidad de la carne de vacuno. In *Vacuno de carne: aspectos clave* (ed C. Buxadé), pp. 493-510. Mundi Prensa, Madrid.

Bianchi, G. 2007. *Alternativas Tecnológicas para la Producción de Carne Ovina de Calidad en Sistemas Pastoriles*. Editorial Hemisferio Sur (Montevideo, Uruguay). 278 p.

Bianchi, G., Garibotto, G., Ballesteros, F., Franco, J., Feed, O., Gestido, V., Ortega, J.P., Marichal, J. C. Y Betancur, O. 2008a. Administración de calcio a lo largo de la maduración sobre la textura instrumental de carne de cordero In: 31° Congreso Argentino de la Asociación Argentina de Producción Animal. 8-10 de octubre de 2008. San Luis. Argentina. Remitido.

Bicer, O., Gueney, O., y Pekel, E. 1995. Effect of slaughter weight on carcass characteristics of Awassi male lambs. *J. Appl. Anim. Res.*, 8, 85-90.

Boccard, R. y Dumont, B.L. 1960b. Etude de la production de la viande chez les ovins. II.- Variation de l'importance relative des différents régions corporelles de l'agneau de boucherie. *Ann. Zootech*, 9, 355-363.

Body, D.R. 1988. The lipid composition of adipose tissue. *Prog. Lipid Res.*, 27, 39-60.

Boleman, S.J., Boleman, S.L., Savell, J.W., Miller, R.K., Cross, H.R., Wheller, T.L., Koohmaraiae, M., SHackelford, S.D., Miller, M.F., West, R.L., y Johnson, D.D. 1995. Consumer evaluation of beef of known tenderness levels. In 41st International Congress of Meat Science and Technology, San Antonio, TX.

Bowman, G.R., Beauchemin K.A., and Shelford. 2002. The proportion of the diet to which fibrolytic enzymes are added effects nutrient digestion by lactating dairy cows. *J. Dairy Sci.* 85:3420-3429.

Brashears, M.M., Jaroni, D., Trimble, J., 2003. Isolation, selection, and characterization of lactic acid bacteria for a competitive exclusion product to reduce shedding of *Escherichia coli* O157:H7 in cattle. *J. Food Prot.* 66, 355–363.

Brayshaw, G.H.; Carpenter, E.M.; Phillips, R.A. 1965. Butchers and their customers. Rep. núm. 1. Dept. Agric. Mkting. Univ. Newcastie upon Tyne.

Butler-Hogg, B.W. y Brown, A.J. 1986. Muscle weight distribution in lambs: a comparison of entire male and female. *Anim. Prod.*, 42, 343-348.

Burroughs, W., Woods, W., Ewing, S.A., Greig, J., and Theurer, B. 1960. Enzyme additions to fattening cattle rations. *J. Animal. Sci.* 19:458-464.

Butterfield, R.M. 1988. The progress to maturity at 100 kg. liveweight of actual weights of carcasse tissues of a Merino ram relative to progress to maturity of liveweight. In *New Concepts of Sheep Growth.*, pp. 168, Department of Veterinary Anatomy. University of Sidney. Epping NSW 2121. Australia.

Cabrero, M. 1984. Crecimiento y características de la canal de corderos merinos. Influencia del peso de sacrificio del sexo y de la incorporación de pulpa de aceituna a la dieta. Tesis Doctoral, I.N.I.A., Cordoba. España.

Camacho, L. M., Rojo R., Salem A.Z.M., Provenza F.D., Mendoza G.D., Avilés F., Montañez-Valdez O.D. 2010. Effect of season on chemical composition and in situ degradability in cows and in adapted and unadapted goats of three Mexican browse species. *Animal Feed Science and Technology.* 155: 206 - 212.

Cano L, Aranda EM, Mendoza GD, Perez J, Ramos JA. 2003. Comportamiento de toretes en pastos tropicales suplementados con caña de azúcar y enzimas fibrolíticas. *Tec Pec Mex* 41:153-164.

Cañeque, V., Ruiz DE Huidobro, F., Dotz, V., y Hernandez, J.A. 1989. Producción de carne de cordero. In *Colección Técnica.* (ed MAPA), pp. 520.

Carmona, J. C. 2007. Efecto de la utilización de arbóreas y arbustivas forrajeras sobre la dinámica digestiva en bovinos. *Revista Lasallista de Investigación* 4(1): 1 - 13.

Carro M. D., Ranilla, M.J. Giráldez, F. J., Mantecón, A.R. 2006. Effects of malate on diet digestibility, microbial protein synthesis, plasma metabolites and performance of growing lambs fed a highconcentrate diet. *J. Anim. Sci.* 84: 405-410.

Castro CH, Vázquez MS, Sánchez AF, Murillo OM. 2007. Comportamiento productivo de bovinos de engorda con enzimas fibrolíticas en la dieta y caracterización del preparado enzimático. Disponible en: [http://www.cocytod.gob.mx/Memoriasweb/DESARROLLO%20INDUSTRIAL%20Y%20AGROPECUARIO.htm#\\_Toc73419591](http://www.cocytod.gob.mx/Memoriasweb/DESARROLLO%20INDUSTRIAL%20Y%20AGROPECUARIO.htm#_Toc73419591). Accesado el: 4/6/07.

Cepero, R. y Sañudo, C. 1996. Definición y medición de las características de la calidad de la carne de ave. In Jornadas Técnicas de Avicultura., Arenys de Mar, 10-13 Junio de 1996.

Chambers, E.N. y Bowers, J.R. 1993. Consumer perception of sensory quality in muscle foods. *Food Technol.* 116, 120-125.

Chen, K.H., Huber, J.T., Simas, J., Theurer, C.B., Yu, P., Chan, S.C., Santos, F., Wu, Z., and Swingle, R.S. 1995. Effects of enzyme treatment or steam-flaking of sorghum grain on lactation and digestion in dairy cows. *J. Dairy Sci.* 78: 1721-1727.

CIE (Commission International de l'Eclairage) 1986. *Colorimetry*, 2nd Ed. Viena.

Colomer-Rocher, F., Delfa, R., y Sierra, I. 1988. Método normalizado para el estudio de los caracteres cuantitativos y cualitativos de las canales ovinas producidas en el área mediterránea según los sistemas de producción. *Cuadernos INIA.*, 17, 19-41.

Colomer-Rocher, F. y Espejo, M. 1971. Determinación del peso óptimo de sacrificio de los corderos procedentes del cruzamiento Manchego x Rasa Aragonesa, en función del sexo. *An. INIA. Ser.: Prod. Anim.*, 1, 103-132.

Consigli, R. 2001. ¿Qué es la calidad de carne? Universidad Católica de Córdoba. 6ª Jornada El negocio de la carne. la voz del campo EEA INTA Manfredi. [www.produccion-animal.com.ar](http://www.produccion-animal.com.ar) citado 23 /05 /12

Dario G Pighin, Sebastian A Cunzolo, Maria Zimerman, Adriana A Pazos, Ernesto Domingo, Anibal J Pordomingo, Gabriela Grigioni. 2013. Impact of Adrenaline or Cortisol Injection on Meat Quality Development of Merino Hoggets. *Journal of Integrative Agriculture*. Volume 12, Issue 11, November 2013, Pages 1931–1936.

Devine, C.E., Graafhuis, A.E., Muir, P.D., y Chrystall, B.B. 1993. The effect of growth rate and ultimate pH on meat quality of lambs. *Meat Sci.*, 35, 63-77.

Falagan, A. 1980. Estudio del cruce industrial en el ganado ovino. Influencia de la raza paterna en las características de producción de los corderos cruzados. Tesis Doctoral., Universidad de Córdoba, Córdoba. España.

Faria P.B., Bressan M.C., Vieira J.O., Vicente-Neto J., Ferrão, Rosa F.C, Monteiro M. 2012. Meat quality and lipid profiles in crossbred lambs finished on clover-rich pastures. *Meat Science* 90:733–738.

Fuller, R. 1989. A Review: Probiotics in man and animals. *J. Appl. Bacteriol.* 66, 365-378.

Gado, H.M., Metwally, H.M., Soliman, H., Basiony, A.Z.L., El Galil, E.R., 2007. Enzymatic treatments of bagasse by different sources of cellulase enzymes. In: The 11th Conf. Animal Nutr., Al-Aqsor-Aswan, Egypt on 2 November, 13–18, vol. 10, p. 607

García, D. E., Medina G. 2006. Composición química, metabolitos secundarios, valor nutritivo y aceptabilidad relativa de diez árboles forrajeros. *Zootecnia Trop* 24(3): 233 - 250.

García, D. E., Wencomo HB, Gonzalez ME, Medina MG, Cova LJ, SpenglerI (2008). "Evaluación de diecinueve accesiones de *Leucaena leucocephala* basada en la calidad nutritiva del forraje." *Zootecnia Tropical* 26(1).

Gema Nieto, Pedro Díaz, Sancho Bañón, María Dolores Garrido. 2009. Dietary administration of ewe diets with a distillate from rosemary leaves (*Rosmarinus officinalis* L.): Influence on lamb meat quality. *Meat Science* 84:23–29.

Gema Nieto, Pedro Díaz, Sancho Bañón, María Dolores Garrido. 2010. Dietary administration of ewe diets with a distillate from rosemary leaves (*Rosmarinus officinalis* L.): Influence on lamb meat quality. *Meat Science* 84:23–29.

Guía, E. y Cañeque, V. 1992. Crecimiento y desarrollo del cordero Talaverano. Evolución de las características de su canal. Área de Producción Animal. Consejería de Agricultura de la junta de Comunidades de Castilla-La Mancha.

Giannenas, I. A., Florou-Paneri, P., Botsoglou, N. A., Christaki, E., & Spais, A. B. 2005. Effect of supplementing feed with oregano and/or  $\alpha$ -tocopheryl acetate on growth of broiler chickens and oxidative stability of meat. *Journal of Animal and Feed Sciences*, 14, 521–535.

Hamm, R. 1960. Biochemistry of meat hidratation. *Adv. Food Res.*, 10, 355.

Hamm, R. 1963. Die Mikrostruktur des muscles und ihre beziehung zum wasserbindungsvermögen des fleisches. *Fleischwirtschaft*, 15, 298.

Hamm, R. 1981. Developments in meat science. In *Appl. Sci.* , Vol. 2, pp. 93. Ltd. London.

Hamm, R. 1982. Post-mortem breakdown of ATP and glicogen in ground muscle. *Food Technol.*, 36, nº11, 105.

Hammond, J. 1932. Growth and Development of Mutton qualites in the sheep. In (eds Oliver y Boyd), Edinburgh and London.

Hammond, J. 1966. Principios de la Explotación Animal. Reproducción, Crecimiento y Herencia. In (ed Acribia), Zaragoza. España.

Hernandez, B. 1994. Estudio del color en carnes: caracterización y control de calidad. Tesis doctoral., Facultad de Veterinaria. Universidad de Zaragoza. Zaragoza.

Hill, F. 1966. The solubility of intramuscular collagen in meat animals of various ages. *J. Food Sci.*, 31, 161-166.

Honikel, K.O. 1998. Reference Methods for the assessment of physical characteristics of meat. *Meat Science*. 49:447-457.

Hristov A.N., and Broderick, G.A. 1996. Synthesis of microbial protein in ruminally cannulated cows fed alfalfa silage, alfalfa hay, or corn silage. *J Dairy Sci*. 79:1627-1637.

Huerta-Leidenz, N.O., Cross, H.R., Sawell, J.W., Lunt, D.K., Baker, J.F., Pelton, L.S., y Smith, S.B. 1993. Comparison of fatty acid composition of subcutaneous adipose tissue from mature Brahman and Hereford cows. *J. Anim. Sci*, 71, 625-630.

Jacobs, J.A., Field, R.A., Botkin, M.P., Ryley, M.L., y Roehrkasse, G.P. 1972. Effect of weight and castration on lamb carcass composition and quality. *J. Anim. Sci*, 35, 926-930.

Janz, J. A. M., Morel, P. C. H., Wilkinson, B. H. P., & Purchas, R. H. 2007. Preliminary investigation of the effects of low-level dietary inclusion of fragrant essential oils and oleoresins on pig performance and pork quality. *Meat Science*, 75, 360–365.

Jeremiah, L.E., Jones, S.D.M., Tong, A.K.W., Robertson, W.M., y Gibson, L.L. 1997a. The influence of lamb chronological age, slaughter weight, and gender on carcass composition. *Sheep and Goat Res. J.*, 13, 30-38.

Kemp, J.D., Shelley, J.M.J., ELY, D.G., y Fox, J.D. 1976. Effect of dietary protein, slaughter weight and sex on carcass composition, organoleptic properties and cooking losses of lamb. *J. Anim. Sci*, 42, 575-583.

Kempster, A.J. 1981b. Fat partition and distribution in the carcass of cattle, sheep and pigs: A review. *Meat Sci.*, 5, 83-98.

Krammer, A. 1994. Use of colour measurements in quality control of food. *Food Technol.*, 48, 63-71.

Lawrie, R.A. 1998. Glucólisis postmortem. *Ciencia de la carne*. Ed. Acribia S.A. Zaragoza. España. 77-79 pp.

Lough, D.S., Solomon, M.B., Rumsey, T.S., Elsasser, T.H., Slyter, L.L., Kahl, S., y Lynch, G.P. 1992. Effects of dietary canola seed and soy lecithin in high-forage diets on cholesterol content and fatty acid composition of carcass tissues of growing ram lambs. *J. Anim. Sci.*, 70, 1153-1158.

Luciano G., Monahan F.J., Vasta V., Pennisi P., Bella M., Priolo A. 2009b. Lipid and color stability of meat from lambs fed fresh herbage or concentrate. *Meat Science* 82:193–199.

Marsh, B.B. Lochner, J.V., Takahashi, G., Kragness, D.D. 1980. Effects of early *post mortem* pH and temperature on beef tenderness. *Meat Sci.* 5, 479-483.

McAllister, T. A., S. J. Oosting, J. D. Popp, Z. Mir, L. J. Yanke, A. N. Hristov, R. J. Treacher, y K. J. Cheng. 1999. Effect of exogenous enzymes on digestibility of barley silage and growth performance of feedlot cattle. *J. Anim. Sci.* 79:353–360.

McAllister, T.A., Hristov, A.N., Beachemin, K.A., Rode, L.M., and Cheng, K. Jr. 2001. Enzymes in ruminants diets. In: Bedford, M., Partridge, G. (Eds.), *Enzymes in Farm Animal Nutrition*. CABI Publishing. Oxon, UK.

Murray, A.C., Jones, S.D.M., Tong, A.K.W. 1989. Proc. 35th International Congress of Meat Science and Technology. Copenhagen, 35, p. 188.

Namkung, H., Li, M., Gong, J., Yu, H., Cottrill, M., & de Lange, C. F. M. 2004. Impact of feeding blends of organic acids and herbal extracts on growth performance, gut microbiota and digestive function in newly weaned pigs. *Canadian Journal of Animal Science*, 84, 697–704.

Nsereko, V.L., Beachemin, K.A., Morgavi, D.P., Rode, L.M., Furtado, A.F., McAllister, T.A., Iwaasa, A.D., Yang, W.Z., and Wang Y. 2002. Effect of fibrolytic enzyme preparations from *Trichoderma longibrachiatum* on the rumen microbial population of dairy cows. *Can. J. Microbiol.* 48:14-20

Oberbauer, A.M., Arnold, A.M., y Thonneys, M.L. 1994. Genetically size-scaled growth and composition of Dorset and Suffolk rams. *Anim. Prod.*, 59, 223-234.

Okeudo N.J. y Moss B.W. 2004. Interrelationships amongst carcass and meat quality characteristics of sheep. *Meat Science* 69: 1-8

Olfaz M., Ocak N., Erener G., Cam M.A., Garipoglu A.V.. 2005. Growth, carcass and meat characteristics of Karayaka growing rams fed sugar beet pulp, partially substituting for grass hay as forage. *Meat Science* 70:7-14.

Palombo, R. y Wijngaards, G. 1990. Characterization of changes in psychometric colour attributes of comminuted porcine lean meat during processing. *Meat Sci.*, 28, 61-76.

Pearson, A.M. 1966. Desirability of beef. Its characteristics and their measurements. *J. Anim. Sci.*, 25: 843.

Pedraza Olivera Redimio M. 2008. Metabolitos secundarios no fenólicos en el follaje de árboles y arbustos. Efecto en la fisiología digestiva de rumiantes. *Rev. prod. anim.*, 20 (2): 97-101, 2008.

Perez, C., Gonzalez-Chabbarri, E., y Hinarejos, G. 1995. Valoración productiva de los corderos Alcarreño-Manchegos post destete y cebo. In XX Jornadas Científicas de la Sociedad Española de Ovinotecnia y Caprinotecnia, pp. 565-570, Madrid.

Perez, J.I., Gallego, L., Gomez, V., Osorio, M.T., Sañudo, C., OtaL, J., Bernabeu, R., y Molina, A. 1994. Influencia del tipo de destete, tipo de parto, sexo y peso de la canal fría en la composición tisular de la canal en corderos de raza Manchega. Producción ovina y caprina, Colección estudios. In XVIII Jornadas Científicas de la Sociedad Española de Ovinotecnia y Caprinotecnia, pp. 623-627, Albacete.

Pérez-Álvarez, J.A. 1996. Contribución al estudio objetivo del color en productos cárnicos crudo-curados. Tesis Doctoral. Universidad Politécnica de Valencia, Valencia.

Pérez-Álvarez, J.A., Fernández-López, J., Sayas-Barberá, M.E., Cartagena-Graciá, R. 1998. Caracterización de los parámetros de color de diferentes materias primas usadas en la industria cárnica. *Eurocarne* 63:115-122.

Petron M.J., Raes K., Claeys E., Lourenco M., Fremaut D., De Smet S.. 2007. Effect of grazing pastures of different botanical composition on antioxidant enzyme activities and oxidative stability of lamb meat. *Meat Science* 75:737–745.

Pierce, J.C.; Murphey, C.E.; Hallet, D. 1974. Classification, grading and marketing of livestock and meat. En: *Animal Agriculture*. W.H. Freeman and Co.

Pinkas, A., Marinova, P., Tomov, I., y Monin, G. 1982. Influence of age at slaughter, rearing technique and pre-slaughter treatment on some quality traits of lamb meat. *Meat Sci.*, 6, 245.

Priolo A., Micol D., Agabriel J., Prache S., Dransfield E.. 2002. Effect of grass or concentrate feeding systems on lamb carcass and meat quality. *Meat Science* 62:179–185.

Provenza, F. D. 1995. Postingestive feedback as an elementary determinant of food preference and intake in ruminants. *J. Range Manage* 48.

Provenza, F. D., Burritt EA, Clausen TP, Bryant JP, Reichardt PB, Distel RA 1990. Conditioned flavor aversion: a mechanism for goats to avoid condensed tannins in blackbrush. *Am. Nat* 136: 810 - 828.

Pollot, G.E., Guy, D.R., y Croston, D. 1994. Genetic parameters of lamb carcass characteristics at three end-points: fat level, age and weight. *Anim. Prod.*, 58, 65-75.

Ralston, A.T., Church, D.C. and Oldfield, J.E. 1962. Effect of enzymes on digestibility of low quality roughage. *J. Anim. Sci.* 21: 306-308.

Ramos, G., Frutos P, Giráldez FJ, Mantecón AR. 1998. Los compuestos secundarios de las plantas en la nutrición de los herbívoros. *Arch. Zootec* 47: 597 - 620.

Rhee, K.S., Davidson, T.L., Cross, H.R., y Ziprin, Y.A. 1990a. Characteristics of pork products from swine fed a high monounsaturated fat diet: part 1. Whole muscle products. *Meat Sci.*, 27, 329-341.

Robbins, C., Mole S, Hagerman AE, Hanley JA. 1987. Role of tannins in defending plants against ruminants: reduction in dry matter digestion. *Ecology* 68: 1606 - 1615.

Rode, L.M., Yang, W.Z., and Beauchemin, K.A. 1999. Fibrolytic enzyme supplements for dairy cows in early lactation. *J. Dairy Sci.*, 82:2121-2126.

Russell, J.B. Y Van Soest, P.J. 1984. In vitro ruminal fermentation of organic acids common in forage. *Appl. Environ. Microbiol.* 47: 155-159.

Rust, J.W., Jacobsen, N.L., McGilliard, A.D., and Hotchkiss, D.K. 1965. Supplementation of dairy calf diets with enzymes. II. Effect on nutrient utilization and on composition of rumen fluid. *J. Anim. Sci.* 24: 156-160.

Salem A.Z.M., Hassan A.A., Khalil M.S., Gado H.M., Alsersy H., Simbaya J. 2012. Effects of sun-drying and exogenous enzymes on nutrients intake, digestibility and nitrogen utilization in sheep fed *Atriplex halimus* foliages. *Animal Feed Science and Technology* 171:128– 135.

Salem, A. Z. M., El-Adawy M., Gado H., Camacho L.M., Ronquillo M., Alsersy H and Borhami B. 2011. Effects of exogenous enzymes on nutrients digestibility and growth performance in sheep and goats. *Tropical and Subtropical Agroecosystems* 14.

Salem, A. Z. M., Robinson P.H., López S., Gohar Y.M., Rojo R., Tinoco J.L. 2010. Sensitivity of sheep intestinal lactic acid bacteria to secondary compounds extracted from *Acacia saligna* leaves. *Animal Feed Science and Technology.* 161: 85 - 93.

Salem, A. Z. M., Salem M.Z.M., El-Adawy M.M and Robinson P.H. 2006. Nutritive evaluations of some browse tree foliages during the dry season: Secondary compounds, feed intake and in vivo digestibility in sheep and goats. *Animal Feed Science and Technology.* 127: 251 - 267.

Santacoloma-Varón, L. E., Granados JE. 2010. Evaluación del contenido de metabolitos secundarios en dos especies de plantas forrajeras encontradas en dos pisos térmicos de Colombia. *Revista de Investigación Agraria y Ambiental* 1(1): 31 - 35.

Santolaria, P. 1993. Influencia de factores genéticos y ambientales sobre los parámetros sensoriales que definen la calidad de la carne de añojo. Tesis doctoral., Universidad de Zaragoza.

Santos-Silva J., Mendes I.A., Bessa R.J.B.. 2002. The effect of genotype, feeding system and slaughter weight on the quality of light lambs. Growth, carcass composition and meat quality. *Livestock Production Science* 76:17–25. Kamel, C. 2001. Tracing modes of action and the roles of plant extracts in no ruminants. En: *Recent Advances in Animal Nutrition*. (eds. P.C. Garnsworthy y J. Wiseman). pp. 135-150. Nottingham University Press, Nottingham. Reino Unido.

Sañudo, C., Delfa, R., Gonzalez, C., Alcalde, M.J., Casas, M., Santolaria, P., y Vigil, E. 1992<sup>a</sup>. Calidad de la carne de ternasco. In ITEA, Vol. Vol. 88A, pp. 221-227, Zaragoza.

Sañudo, C., Campo, M.M., Sierra, I., Maria, G.A., Olleta, J.L., y Santolaria, P. 1997. Breed effect on carcass and meat quality of suckling lambs. *Meat Sci.*, 46, 357- 365.

Sañudo, C. y Sierra, I. 1991. Calidad de la canal y de la carne en el cerdo ibérico en producción intensiva. *ANAPORC*, diciembre, 107, 27.

Sayas, M.E. 1997. Contribuciones al proceso tecnológico de elaboración del jamón curado: aspectos físicos, fisicoquímicos y ultraestructurales en los procesos de curado tradicional y rápido. Tesis Doctoral., Valencia: Universidad Politécnica de Valencia.

Sayre, R.N. y Briskey, E.J. 1963. Protein solubility as influenced by physiological conditions in the muscle. *J. Food Sci.*, 28, 675.

Schingoethe, D.J., Stegeman, G.A., and Treacher, R.J. 1999. Response of lactating dairy cows to a cellulase and xylanase enzyme mixture applied to forages at the time of feeding. *J. Dairy Sci.* 82:996-1003.

Sen A.R., Santra A., Karim S.A.. 2004. Carcass yield, composition and meat quality attributes of sheep and goat under semiarid conditions. *Meat Science* 66:757–763.

Shackelford, S.D., Miller, M.F., Hayden, K.D., Lovegren, N.V., Lyon, C.E., y Reagan, J.O. 1990. Acceptability of bacon as influenced by the feeding of elevated levels of monounsaturated fats to growing-finishing swine. *J. Food Sci.*, 55, 621-624.

Shepphy, C. 2001. The corrent feed enzyme market and likely trends en Bedford M. y G partridge 2001. Enzymes in farm animal nutrition CAB Internacional 2001.

SIAP. 2013. Servicio de Información Agroalimentaria y Pesquera. Resumen nacional. Producción, precio, valor, animales sacrificados y peso, 2010. México.

Zimerman, M. 2012. pH de la carne y factores que lo afectan. Aspectos estratégicos para obtener carne ovina de calidad en el cono sur americano. [http://www.produccionbovina.com/produccion\\_ovina/produccion\\_ovina\\_carne/146-carne.pdf](http://www.produccionbovina.com/produccion_ovina/produccion_ovina_carne/146-carne.pdf). Revisado el 19-Ene-2012.

Simitzis P.E., Deligeorgis S.G., Bizelis J.A., Dardamani A., Theodosiou I., Fegeros K. 2008. Effect of dietary oregano oil supplementation on lamb meat characteristics. *Meat Science* 79:217–223

Simitzis, P. E., Deligeorgis, S. G., Bizelis, J. A., Dardamani, A., Theodosiou, I., & Fegeros, K. 2008a. Effect of dietary oregano oil supplementation on lamb meat characteristics. *Meat Science*, 79, 217–223.

Snowder, G.D., Glimp, H.A., y Field, R.A. 1994. Carcass characteristics and optimal slaughter weights in four breeds of sheep. *J. Anim. Sci*, 72, 932-937.

J.-J. Zhong. 2011. Plant Secondary Metabolites. *Comprehensive Biotechnology* (Second Edition). 2011, Pages 299–308.

Torres Ramírez. J. C. 2013.

Vahjen, W. and Simon, O. 1999. Biochemical characteristics of non starch polysaccharide hydrolysing enzyme preparations designed as feed additives for poultry and piglet nutrition. *Arch. Anim. Nutr.* 52: 1–14.

Valentina Vasta, Giuseppe Luciano, 2011. The effects of dietary consumption of plants secondary compounds on small ruminants' products quality. *Small Ruminant Research* 101:150– 159.

Vázquez Soria Edith Tatiana, José Armando Partida de la Peña, Ma. Salud Rubio Lozano, Danilo Méndez Medina. 2011. Productive performance and carcass characteristics

in lambs from crosses between Katahdin ewes and rams from four specialized meat breeds. *Rev. mex. de cienc. pecuarias* vol.2 no.3 Mérida jul./sept. 2011.

Velasco, S., Lauzurica, S., Cañeque, V., Perez, C., Ruiz de Huidobro, F., Manzanares, C., y Diaz, M.T. 2000. Carcass and meat quality of Talaverana breed sucking lambs in relation to gender and slaughter weight. *Anim. Sci.*, 70, 253-263.

Vergara, H., Molina, A., y Gallego, L. 1999a. Influence of sex and slaughter weight on carcass and meat quality in light and medium weight lambs produced in intensive systems. *Meat Sci.*, 52, 221-226.

Warris, P.D., Brown, S.N., Adams, S.J.M. 1990. Variation in haem pigment concentration and colour in meat from British pigs. *Meat Sci.* 28, 321-329.

Wylie, A., Chesnutt, D., y Kilpatrick, D.J. 1997. Growth and carcass characteristics of heavy slaughter weight lambs: effect of sire breed and sex of lamb and relationships to serum metabolites and IGF-1. *Anim. Sci.*, 2, 309-318.

Windschitl, P.M., 1992. Effect of probiotic supplementation of hullless barely and corn based diets on bacterial fermentation in continues culture of ruminal contents. *Can. J. Anim. Sci.* 72, 265-272.

Wood, J.D. 1990. Consequences for meat quaiity of reducing carcass fatness. En: *Reducing fat in meat animais*. J.D. Wood yA.V. Fisher (eds). ElsevierApplied Science. London, p. 344-397.

Wood, J.D., Enser, M., y Warris, P.D. 1991. Reducing fat quantity: implications for meat quality and health. In *Animal Biotechnology and the quality of meat production* (eds L.O. Fiems y B.G. Cottyn), pp. 69-84. Elsevier, New York.

Yanishlieva-Maslarova, N. V. 2001. Inhibiting oxidation. In J. Pokorny, N. Yanishlieva, & M. Gordon (Eds.), *Antioxidants in food. Practical applications* (pp. 22-70). Cambridge, England: Woodhead Publishing Limited, CRC Press.

Young, O.A. y Braggins, T.J. 1993. Tenderness of ovine Semimembranosus: is collagen concentration or solubility the critical factor? *Meat Sci.*, 35, 213.

Zhao, J. T., Davis CL, Verpoorte R. 2005. Elicitor signal transduction leading to production of plant secondary metabolites. *Biotechnology Advances* (23): 283 - 333.

Ziprin, Y.A., Rhee, K.S., y Davidson, T.L. 1990. Characteristics of pork products from swine fed a high monounsaturated fat diet. Part 3. A high-fat cured product. *Meat Sci.*, 28, 171-180.

Zygoiannis, D., Stamataris, K., Kouimtzis, S., y Doney, J.M. 1990. Carcass composition in lab of Greek dairy breeds of sheep. *Anim. Prod.*, 50, 261-269.

Zinn R. A. and Salinas J. 1999. Influence of Fibrozyme on digestive function and growth performance of feedlot steers fed a 78% concentrate growing diet. En: Lyons TP, Jacques KA (eds) *Biotechnology in the Feed Industry. Proceedings of the Fifteenth Annual Symposium*. Nottingham University Press. Loughborough: 313-319.