

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE NUEVO LEÓN
FACULTAD DE CIENCIAS BIOLÓGICAS



**CARACTERIZACIÓN DE LOS FACTORES QUE INFLUYEN EN EL
RENDIMIENTO Y CARACTERÍSTICAS DE LA CANAL DE ÉQUIDOS**

POR

MC. PEDRO HERNÁNDEZ BRIANO

**COMO REQUISITO PARCIAL PARA OBTENER EL GRADO DE
DOCTOR EN CIENCIAS CON ACENTUACIÓN EN ALIMENTOS**

MARZO, 2018

CARACTERIZACIÓN DE LOS FACTORES QUE INFLUYEN EN EL
RENDIMIENTO Y CARACTERÍSTICAS DE LA CANAL DE ÉQUIDOS

Comité de Tesis

Ph.D. ROQUE GONZALO RAMIREZ LOZANO

Director

DR. JAIRO IVÁN AGUILERA SOTO

Director externo

DRA. MARIA ADRIANA NÚÑEZ GONZÁLEZ

Asesor

DR. CARLOS ABEL AMAYA GUERRA

Asesor

DR. JUAN GABRIEL BÁEZ GONZÁLEZ

Asesor

**CARACTERIZACIÓN DE LOS FACTORES QUE INFLUYEN EN EL
RENDIMIENTO Y CARACTERÍSTICAS DE LA CANAL DE ÉQUIDOS**

Comité Académico de Doctorado

Subdirector de Estudios de Postgrado

ARADECIMIENTOS

A mi familia, por todo su amor y apoyo incondicional en cada paso de mi vida.

A la Universidad Autónoma de Nuevo León y la Facultad de Ciencias Biológicas por la oportunidad de realizar mis estudios de doctorado.

Al Ph. D. Roque Gonzalo Ramírez Lozano, con toda mi admiración y respeto; por su calidad humana, confianza, dedicación, paciencia y valiosos consejos; los cuales han contribuido en mi formación.

A mis asesores, Dra. Ma. Adriana Núñez González, Dr. Carlos Abel Amaya Guerra y Dr. Juan Gabriel Báez González, por haber colaborado y evaluando el desarrollo de esta investigación, y la culminación con la elaboración de la tesis y examen de grado.

A mis maestros y ahora también compañeros de trabajo, el Dr. Jairo Iván Aguilera Soto y el Dr. Marco Antonio López Carlos; gracias por su amistad, su apoyo incondicional, sus consejos y el tiempo dedicado durante mi formación.

Al Dr. Octavio Carrillo Muro y el M. en C. Alejandro Rivera, por su amistad sincera, sus consejos y apoyo incondicional.

Al CONACYT por el apoyo económico para la realización de mis estudios de doctorado.

DEDICATORIA

A mis padres, por creer en mí en todo momento, por su amor y apoyo incondicional. Por entregar su vida y lo mejor de ustedes en cada uno de sus hijos, por ser nuestro ejemplo y forjar en nosotros la rectitud, el servicio a los demás y el amor al trabajo; pero sobre todo, el amor a la familia.

A mis hermanos, Juan, Laura, Ana María, Lupita, Carmelita, Fernando y Chuy; por su amor y su apoyo en cada uno de mis pasos.

A mis sobrinos y a mi ahijada Alexa; por su cariño y por contagiarme siempre de su alegría y su energía.

TABLA DE CONTENIDO

| | |
|-----------------------------------|----------|
| Resumen..... | 1 |
| Abstract..... | 3 |
| Introducción | 5 |
| Hipótesis..... | 7 |
| Objetivos..... | 7 |
| Objetivo general..... | 7 |
| Objetivos específicos..... | 7 |

CAPÍTULO 1.

REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA

| | |
|--|----|
| 1.1 Introducción | 8 |
| 1.2 Producción de carne de équidos..... | 9 |
| 1.3 Consumo de carne de équidos..... | 9 |
| 1.4 Tipo de equinos para sacrificio | 10 |
| 1.5 Composición de la carne | 12 |
| 1.5.1 Ácidos grasos | 12 |
| 1.5.3 Aminoácidos. | 13 |
| 1.5.4 Minerales y vitaminas. | 14 |
| 1.6 Rendimiento en canal..... | 14 |
| 1.7 Factores que afectan el rendimiento en canal | 15 |
| 1.7.1 Alimentación y sistema de producción. | 16 |
| 1.7.2 Raza y género..... | 17 |
| 1.7.3 Edad. | 19 |
| 1.8 Conclusiones..... | 20 |
| 1.9 Literatura citada | 20 |

CAPÍTULO 2.

EFFECTO DE LA PROCEDENCIA, GÉNERO, EDAD Y PESO AL SACRIFICIO SOBRE EL RENDIMIENTO EN CANAL, COLOR, PÉRDIDA POR REFRIGERACIÓN Y PESO DE LOS ÓRGANOS VISCERALES DE ASNOS

| | |
|------------------------------------|-----------|
| 2.1 Resumen..... | 25 |
| 2.2 Abstract..... | 26 |
| 2.3 Introducción | 27 |
| 2.4 Material y Métodos..... | 29 |

| | |
|---|-----------|
| 2.4.1 Animales | 29 |
| 2.4.2 Sacrificio de los animales y mediciones | 30 |
| 2.4.3 Peso de la canal caliente..... | 31 |
| 2.4.4 Componentes viscerales | 31 |
| 2.4.5 Peso de la canal fría | 31 |
| 2.4.6 Pérdida por refrigeración | 32 |
| 2.4.7 pH..... | 32 |
| 2.4.8 Color de la carne y grasa..... | 32 |
| 2.4.9 Análisis estadístico..... | 32 |
| 2.3 Resultados y Discusión | 33 |
| 2.3.1 Procedencia | 33 |
| 2.3.2 Género..... | 36 |
| 2.3.3 Edad | 38 |
| 2.4 Conclusiones | 44 |
| 2.5 Literatura citada | 45 |

CAPÍTULO 3.

| | |
|--|-----------|
| EFFECTO DE LA PROCEDENCIA, GÉNERO, EDAD Y PESO AL SACRIFICIO SOBRE EL RENDIMIENTO EN CANAL, COLOR, PÉRDIDA POR REFRIGERACIÓN Y PESO DE LOS ÓRGANOS VISCERALES DE EQUINOS..... | 54 |
| 3.1 Resumen..... | 54 |
| 3.2 Abstract..... | 55 |
| 3.3 Introducción | 56 |
| 3.4. Material y Métodos..... | 58 |
| 3.4.1 Animales | 58 |
| 3.4.2 Sacrificio de los animales y mediciones | 59 |
| 3.4.3 Peso de la canal caliente..... | 60 |
| 3.4.5 Peso de la canal fría | 60 |
| 3.4.6 Pérdida por refrigeración | 60 |
| 3.4.7 pH..... | 61 |
| 3.4.8 Color de la carne y grasa..... | 61 |
| 3.4.9 Análisis estadístico..... | 61 |
| 3.5 Resultados y discusión | 62 |
| 3.5.1 Origen de los equinos..... | 62 |

| | |
|-----------------------------------|-----------|
| 3.5.2 Género..... | 65 |
| 3.5.3 Edad | 68 |
| 3.5.4 Peso al sacrificio | 71 |
| 3.6 Conclusiones..... | 76 |
| 3.7 Literatura citada..... | 76 |

CAPÍTULO 4.

COMPORTAMIENTO PRODUCTIVO, CARACTERÍSTICAS DE LA CANAL Y CALIDAD DE LA CARNE DE YEGUAS CON TRES PERIODOS DE ENGORDA

| | |
|---|-----|
| 4.1 Resumen..... | 85 |
| 4.2 Abstract..... | 86 |
| 4.3 Introducción | 87 |
| 4.4 Material y métodos | 89 |
| 4.4.1 Área de estudio | 89 |
| 4.4.2 Animales | 89 |
| 4.4.3 Tratamientos | 90 |
| 4.4.4 Alimentación de los animales | 90 |
| 4.4.5 Pesaje de los animales..... | 92 |
| 4.4.6 Características de crecimiento y de la canal | 92 |
| 4.4.7 Área del ojo de la costilla y grasa dorsal..... | 93 |
| 4.4.8 Análisis sanguíneos..... | 93 |
| 4.4.9 Peso al sacrificio (PS) y de la canal caliente (PCC)..... | 93 |
| 4.4.10 Pérdida por refrigeración (PPR)..... | 94 |
| 4.4.11 pH..... | 94 |
| 4.4.12 Color de la carne y grasa..... | 94 |
| 4.4.13 análisis estadístico..... | 94 |
| 4.5 Resultados y Discusión | 95 |
| 4.5.1 Comportamiento productivo | 95 |
| 4.5.2 Química sanguínea | 99 |
| 4.5.3 Características de la canal en canal | 104 |
| 4.6 Conclusiones..... | 109 |

CAPÍTULO 5.

| | |
|------------------------------------|------------|
| CONCLUSIONES GENERALES..... | 117 |
|------------------------------------|------------|

RESUMEN CURRICULAR 119

LISTA DE TABLAS

| Tabla | | Página |
|--------------|---|---------------|
| 2.1 | Medias de mínimos cuadrados de las características de la canal, componentes corporales y color (L^* , a^* , b^*) del musculo <i>semitendinoso</i> , grasa subcutánea y abdominal de los asnos de acuerdo a su origen..... | 34 |
| 2.2 | Medias de mínimos cuadrados de las características de la canal, componentes corporales y color (L^* , a^* , b^*) del musculo <i>semitendinoso</i> , grasa subcutánea y abdominal de los asnos de acuerdo a su origen..... | 37 |
| 2.3 | Medias de mínimos cuadrados de las características de la canal, componentes corporales y color (L^* , a^* , b^*) del musculo <i>semitendinoso</i> , grasa subcutánea y abdominal de los asnos de acuerdo a su edad..... | 39 |
| 2.4 | Medias de mínimos cuadrados de las características de la canal, componentes corporales y color (L^* , a^* , b^*) del musculo <i>semitendinoso</i> , grasa subcutánea y abdominal de los asnos de acuerdo a su peso al sacrificio..... | 42 |

| | | |
|-----|--|-----|
| 3.1 | Medias de mínimos cuadrados de las características de la canal, componentes corporales y color (L*, a*, b*) del musculo <i>semitendinoso</i> , grasa subcutánea y abdominal de los equinos de acuerdo a su origen..... | 63 |
| 3.2 | Medias de mínimos cuadrados de las características de la canal, componentes corporales y color (L*, a*, b*) del musculo <i>semitendinoso</i> , grasa subcutánea y abdominal de los equinos de acuerdo a su género..... | 66 |
| 3.3 | Medias de mínimos cuadrados de las características de la canal, componentes corporales y color (L*, a*, b*) del musculo <i>semitendinoso</i> , grasa subcutánea y abdominal de los equinos de acuerdo a su edad..... | 69 |
| 3.4 | Medias de mínimos cuadrados de las características de la canal y componentes corporales de los equinos de acuerdo a su peso al sacrificio..... | 72 |
| 3.5 | Medias de mínimos cuadrados del color (L*, a*, b*) del musculo <i>semitendinoso</i> , grasa subcutánea y abdominal de los equinos de acuerdo a su peso al sacrificio..... | 75 |
| 4.1 | Ingredientes y composición de la dieta que se utilizada en la prueba de comportamiento..... | 91 |
| 4.2 | Medias de mínimos cuadrados (\pm Error Estándar) de las características productivas de yeguas sometidas a cuatro distintos periodos de engorda..... | 96 |
| 4.3 | Medias de mínimos cuadrados (\pm Error Estándar) de metabolitos sanguíneos de yeguas sometidas a cuatro distintos periodos de engorda..... | 100 |

4.4 Medias de mínimos cuadrados (\pm Error Estándar) de las características de la canal y color (L^* , a^* , b^*) del musculo *semitendinoso* y grasa subcutánea de yeguas sometidas a cuatro distintos periodos de engorda..... 105

Resumen

Con el objetivo de caracterizar los factores que afectan el rendimiento en canal, comportamiento productivo y calidad de la carne de équidos se realizaron tres trabajos de investigación. En el primero de ellos se evaluó el efecto de la procedencia, peso al sacrificio, edad y sexo sobre el peso de la canal caliente (PCC), peso de la canal fría (PCF), rendimiento en canal caliente (RCC), rendimiento en canal fría (RCF), pérdida por refrigeración (PPR), color de la carne, color de la grasa y rendimiento de los componentes corporales en asnos. El segundo, evaluó el efecto de la procedencia, peso al sacrificio, edad y sexo sobre RCC, RCF, PPR, color de la carne, color de la grasa y rendimiento de los componentes corporales en equinos. El tercer trabajo tuvo como objetivo evaluar el efecto del periodo de engorda (PE) sobre la ganancia diaria de peso (GDP), consumo de materia seca (CMS), conversión alimenticia (CA) área del ojo de la costilla (AOC), espesor de la grasa dorsal, bioquímica sanguínea, perfil de lípidos y características de la canal en yeguas. En el primer estudio, se observó que el PCC, PCF, RCC y RCF fueron afectados por el origen, género, edad y peso al sacrificio de los asnos. De acuerdo con el género, los asnos machos fueron superiores a las hembras en estos parámetros independientemente de su origen. En lo referente a la edad, los asnos adultos tuvieron mayores rendimientos comparados con los asnos jóvenes y los potros. El peso al sacrificio influyó sobre RCC y RCF, observándose que a mayor peso al sacrificio existió también mayor peso y rendimiento en las canales. La pérdida por refrigeración fue afectada por el origen y el peso al sacrificio, observándose mayor pérdida en animales con pesos superior a los 125 kg. Se concluye que el peso y rendimiento de la canal de la canal, la pérdida por refrigeración es afectada por el

origen, género, edad y peso de los asnos. En lo referente a los equinos, se observó que en promedio los equinos procedentes de EUA tuvieron mayor PCC, PCF, RCC y RCF comparados con los nacionales. De acuerdo con el género, se observó mayor RCC y RCF en los machos con respecto a las hembras. Por su parte, la edad afectó el PCC y PCF; siendo superior en animales adultos. El peso al sacrificio tuvo efecto sobre RCC y RCF, siendo superiores en los equinos de mayor peso. Además, la PPR disminuyó conforme aumentó el peso de los animales; caso contrario, el rendimiento de las vísceras disminuye conforme se incrementa el peso al sacrificio. Se concluye que la procedencia, el género, edad y peso al sacrificio afectan las características de la canal de los equinos sacrificados en México. En el tercer experimento, se observó que el PS de las yeguas se incrementó conforme aumentaron los días en engorda, en lo que respecta a ganancia diaria de peso (GDP), esta fue superior en los PE 21 y 42 con respecto al PE 63; el consumo de materia seca (CMS) se incrementó en los PE 42 y 63; mientras que la CA fue menor en los PE 21 y 42 con respecto al 63. En lo relacionado a los metabolitos sanguíneos, estos fueron afectados por el PE, modificándose conforme el PE se incrementa. En cuanto a las características de la canal, el PCC, PCF, RCC, RCF, AOC y GD se incrementaron con el PE. El color de la carne y de la grasa fueron afectados por el PE, observándose que principalmente L^* y b^* se incrementan conforme aumenta el PE. Se concluye que el PE de engorda afecta las características productivas, de la canal y los metabolitos sanguíneos de los equinos.

Abstract

With the purpose of characterize the factors that affect the carcass yield, productive behavior and quality of the meat of equidae, three research works were carried out. In the first one, the effect of provenance, slaughter weight, age and sex on hot carcass weight (PCC), cold carcass weight (PCF), hot carcass yield (RCC), cold carcass yield (RCF), refrigeration loss (PPR), flesh color, fat color and performance of the body components in donkeys. The second, evaluated the effect of origin, slaughter weight, age and sex on RCC, RCF, PPR, color of the meat, color of the fat and non-carcass components yield in horses. The third work aimed to evaluate the effect of the fattening period (PE) on daily weight gain (GDP), dry matter intake (CMS), feed conversion (CA) rib eye area (AOC), thickness of dorsal fat, blood biochemistry, lipid profile and carcass characteristics. In the first study, it was observed that the PCC, PCF, RCC and RCF were affected by the origin, gender, age and weight at slaughter of the donkeys. According to the genus, the male donkeys were superior to the females in these parameters independently of its origin. Regarding age, adult donkeys had higher yields compared with young donkeys and foals. Sacrificial weight influenced RCC and RCF, observing that at higher slaughter weight there was also greater weight and yield in carcasses. The loss due to refrigeration was affected by the origin and weight at slaughter, with greater loss observed in animals with weights greater than 125 kg. It is concluded that the weight and yield of the carcass of the carcass, the loss by refrigeration are affected by the origin, gender, age and weight of the donkeys. Regarding horses, it was observed that, on average, horses from the USA had higher PCC, PCF, RCC and RCF compared to national ones. According to the genus, higher

RCC and RCF were observed in the males with respect to the females. On the other hand, age affected the PCC and PCF; being superior in adult animals. Sacrificial weight had an effect on RCC and RCF, being higher in the heavier horses. In addition, the PPR decreased as the weight of the animals increased; In contrast, the yield of the viscera decreases as the slaughter weight increases. It is concluded that provenance, gender, age and weight at slaughter affect the carcass characteristics of the horses slaughtered in Mexico. In the third experiment, it was observed that the SP increased as the fattening days increased, in terms of GDP, this was higher in PE 21 and 42, decreasing in 63; CMS increased in PE 42 and 63; while the CA was more efficient in PE 21 and 42 with respect to 63. Regarding blood metabolites, these were affected by PE, modifying as PE increases. Regarding the carcass characteristics, the PCC, PCF, RCC, RCF, AOC and GD were increased with the PE. The color of the meat and the fat were affected by the PE, observing that mainly L * and b * increase as the PE increases. It is concluded that the fattening EP affects the productive characteristics of the carcass and the sanguineous metabolites of horses.

Introducción

De acuerdo con información de la FAOSTAT (2013) el inventario mundial total de équidos para el 2011 fue de 112,160 millones de animales, siendo en su mayoría caballos (58.4 millones, representando el 52.11 %), seguido por los asnos (43.2 millones, que representan el 38.50 %) y en último lugar las mulas (10.5 millones, con un 9.31 % del total). El mismo organismo muestra que los países con la mayor cantidad de équidos son EUA, China, México y Brasil.

En 2011 se produjeron 945 mil ton de carne de équidos en el mundo, de las cuales el 73.70 % corresponde a carne de caballos, 20.50 % de asnos y solo el 5.70 % a carne de mulas. Los países con los mayores volúmenes de producción son aquellos con los mayores inventarios, principalmente China, México y EUA, en orden de importancia, pues juntos representan el 34.70 % del inventario mundial (FAOSTAT, 2013). En el año 2011, fueron sacrificados en México un total de 631 mil équidos. En cuanto a producción de carne, se observa que en los últimos cinco años ésta se ha incrementado al pasar de 79,380 a 83,350 ton, de las cuales se exportaron 14 mil ton. En este sentido, las exportaciones han mostrado un incremento significativo en los últimos cinco años, pasando de 5.6 mil a 14 mil ton. Por su parte, la importación de caballos vivos para abastecer a las empacadoras Tipo Inspección Federal (TIF) ha ido incrementándose año con año. Cabe destacar que México es el segundo productor más importante de carne de caballo en el mundo, sólo superado por China. La carne de caballo mexicana se procesa en instalaciones de rastros TIF, principalmente en la zona Centro-Norte del país (Financiera Rural, 2012).

La producción de carne de caballo en distintos países de Europa se ha presentado como una alternativa dentro de las carnes de abasto; y como posibilidad de aprovechamiento de terrenos marginales (Catelli, 2004). Los estudios de caracterización del producto cárnico de la especie equina a nivel nacional han sido nulos, principalmente debido a la baja importancia que se le ha dado a éste en la economía. Dicha situación es similar a lo reportado por Furtado *et al.* (2010) en Brasil, donde existe poca información técnica respecto al rendimiento, composición y calidad de las canales de equinos sacrificados en los diversos frigoríficos especializados.

Debido a su importancia económica, la industria cárnica en equinos requiere que se lleven a cabo estudios encaminados a evaluar los rendimientos y las características de la carne en las diferentes razas de caballos, ya que actualmente es un tema común de discusión en diferentes estudios científicos, ya que recientemente se ha demostrado una clara distinción en la conformación morfológica del equino, que parece estar relacionado con sus diferentes tipos de uso Brooks *et al.* (2010). Por lo anterior, la presente investigación tiene como objetivo contribuir con información científica sobre la caracterización de los factores que influyen en el rendimiento y calidad de la carne de asnos y equinos; así como el comportamiento productivo en sistema intensivo de esta especie.

Hipótesis

La procedencia, género, edad y peso al sacrificio afecta las características de la canal de equinos y asnos. Además, el periodo de engorda afecta el comportamiento productivo y las características de la canal de los equinos sometidos a un sistema de engorda intensivo.

Objetivos

Objetivo general

Evaluar los factores que afectan el rendimiento y las características de la canal de asnos y equinos sacrificados en el Estado de Zacatecas; además evaluar el comportamiento productivo y características de la canal de equinos en engorda intensiva.

Objetivos específicos

- Evaluar el efecto de la procedencia, género, edad y peso al sacrificio sobre las características de la canal de equinos y asnos.
- Evaluar el efecto de la procedencia, género, edad y peso al sacrificio sobre las características de la canal de equinos.
- Evaluar el efecto del periodo de engorda sobre el comportamiento productivo y características de la canal de yeguas sometidas a un sistema intensivo de engorda.

CAPÍTULO 1.

1. REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA

1.1 Introducción

La producción de carne de equino representa alrededor del 0.25% del total de la producción mundial de carne en el mundo, su mayor consumo se presenta en países europeos. México, desde el 2011 es considerado el segundo mayor productor y exportador de carne de équido, aunque a diferencia de los países europeos, el consumo en el país es limitado, principalmente por cuestiones culturales. Sin embargo, los rendimientos en canal que presentan los équidos son superiores, comparadas con especies como los bovinos, así mismo las características químicas de la carne, como su alto contenido proteico, ácidos grasos esenciales y contenido de hierro la convierte en una alternativa en el consumo de carne roja así mismo como una alternativa de aprovechamiento de terrenos marginales, no aprovechables por otras especies. Sin embargo, a pesar de lo anteriormente mencionado, en el continente americano y en nuestro país, a pesar de ser un importante productor de carne de équido, carece de información científica en esta área, ya que las razas explotadas, así como los sistemas de producción son diferentes a los sistemas europeos, por lo que el comportamiento productivo y las características de la carne pudieran ser distintas.

1.2 Producción de carne de équidos

En 2011 se produjeron 945 mil ton de carne de équidos en el mundo, de las cuales el 73.70 % corresponde a carne de caballos, 20.50 % de asnos y solo el 5.70 % a carne de mulas. Los países con los mayores volúmenes de producción son aquellos con los mayores inventarios, principalmente China, México y EUA, en orden de importancia, pues juntos representan el 34.70 % del inventario mundial (FAOSTAT, 2013). En el mismo año fueron sacrificados en México un total de 631 mil équidos. En cuanto a producción de carne, en los últimos cinco años la producción se ha incrementado al pasar de 79,380 a 83,350 ton, de las cuales se exportaron 14 mil ton. En este sentido, las exportaciones han mostrado un incremento significativo en los últimos cinco años, pasando de 5.6 mil a 14 mil ton. Por su parte, la importación de caballos vivos para abastecer a las empacadoras Tipo Inspección Federal (TIF) ha ido incrementándose año con año. Cabe destacar que México es el segundo productor más importante de carne de caballo en el mundo, sólo superado por China. La carne se procesa en instalaciones de rastros TIF, principalmente en la zona Centro-Norte del país, como en las ciudades de Aguascalientes, y Zacatecas (Jerez y Fresnillo) (Financiera Rural, 2012).

1.3 Consumo de carne de équidos

El consumo estuvo muy extendido en Egipto, Grecia, Rumania, Francia, Alemania, China, Mongolia, Medio Oriente y muchos países africanos.

El consumo de carne de caballo en el mundo está centrado principalmente en algunos países de Europa, como Italia, Francia, Bélgica y los Países Bajos. Italia es el mayor consumidor: 1.3 kg/persona/año. La carne equina representa el 1.6 % del total de carnes consumidas, y es consumidor el 11 % de la población. El consumo promedio anual por persona en Francia es de 0.6 kg, en España representa el 0.20 % del consumo total de carnes en el país, siendo las zonas de mayor consumo las áreas metropolitanas de Barcelona y Valencia, y en menor grado en Cantabria, Castilla-León y Asturias (Catelli, 2004).

Sin embargo, el consumo y comercialización en México es un tema delicado que se deriva desde el hecho cultural, ya que el equino es considerado como un animal de trabajo y de compañía, no obstante, la carne de equino posee cualidades organolépticas y beneficios que superan a la carne de otras especies (Infante, 2008). Si bien México es considerado en la actualidad uno de los principales exportadores mundiales de carne equina, no existe suficiente información sobre esta actividad, quizás, en parte, debido a que su consumo interno no ha llegado a prosperar (Financiera Rural, 2012).

1.4 Tipo de equinos para sacrificio

La producción de carne de caballo en distintos países de Europa se ha presentado como una alternativa, dentro de las carnes de abasto y como posibilidad de aprovechamiento de terrenos marginales, no aprovechables por otras especies (Catelli, 2004).

Catelli et al. (2006) señalan que en los países productores de carne equina hay principalmente 4 sistemas de producción: a) Potrillos para engorda de 6 a 8 meses de edad; b) Potrillos para engorda de 10 a 12 meses de edad; c) Potros para engorda de 18 a 24 meses de edad; y d) Potros para engorda de 30 meses de edad. Estos sistemas son utilizados principalmente en la Unión Europea, utilizando razas pesadas y en algunas ocasiones con manejo intensivo. La principal desventaja de las razas pesadas es que en los sistemas extensivos tendrían problemas para encontrar el alimento que cumpla sus requerimientos nutricionales.

Por otro lado, Torres (2003) clasificó los sistemas de producción de equinos en Argentina de la siguiente manera:

- 1) Producción Intensiva. Es similar a las engordas de bovinos. Se adquieren los animales y se engordan hasta alcanzar el peso de sacrificio. Utilizan animales de entre 1 y 2 años de edad.

- 2) Producción de potrillos mamones. Se complementa la leche de la madre con alimento concentrado a partir de los 3 meses. De esta manera se obtienen, durante el período del nacimiento al destete, ganancias diarias de 1.5/1.8 kg, alcanzando un peso vivo (PV) a los 6 meses de entre 350 y 420 kg.

- 3) Producción de potrillos al destete de 10 a 12 meses. Estos sistemas permiten obtener carne tierna y de coloración rosada de muy buena aceptación comercial. Los cuales se alimentan con concentrado (60 a 70 %) durante 90 días.

4) Producción semi-extensiva. Este sistema se basa en la terminación de potrillos de entre 18 y 20 meses de edad y un PV de entre 300 y 330 kg en praderas. En este sistema se aprovecha la capacidad de crecimiento compensatorio de los potrillos.

5) Producción extensiva. Se utilizan animales de 30 meses o más, para aprovechar al máximo la utilización del pasto y de forrajes.

1.5 Composición de la carne

La composición de la canal del equino se distribuye en 70 % de músculo, 20 % de hueso y 10 % de grasa. Si comparamos ésta composición con la especie bovina, nos tendremos que referir a un 70 % de músculo para el equino y un 57 % del mismo para el bovino, con respecto al hueso un 20 % para el equino y 28 % del mismo para el bovino y el contenido de grasa en el equino es menor, 10 % con respecto al bovino que llega a un 15 % (Torres, 2003).

Sarries y Beriain (2001) señalaron que la carne de equino está compuesta generalmente por un 69 % de humedad, 20 % de proteínas, una variación importante de lípidos que puede ir del 3 al 6 % según el sistema de producción, un 3 % de cenizas y un 2 % de glucógeno.

1.5.1 Ácidos grasos

Está formada por una mayor proporción de ácidos grasos insaturados, predominando los ácidos linoléico y linolénico (Fabregas, 2002; Cunzolo et al., 2011).

La grasa se localiza en la periferia de la fibra sin mezclarse, es poco abundante y se disuelve más rápido que la grasa bovina a menor temperatura, esta carne posee un bajo contenido de grasas (Torres, 2003). Por lo tanto, la carne de equino puede clasificarse como una carne magra, con escaso valor calórico (Fabregas, 2002).

1.5.2 Glucógeno.

El contenido de este compuesto caracteriza a la carne de equino, ya que se encuentra en cantidades elevadas, lo que le otorga un sabor dulce (Fabregas, 2002; Torres, 2003). Esta característica hace que el rigor mortis aparezca más lentamente, normalmente a las 48 horas post mortem, aunque cabe mencionar que los porcentajes de glucógeno diferencian según el sistema de producción, siendo este mayor para los animales criados en sistema intensivo (1.93%) al compararse con los de régimen extensivo (1.62 %) (Sarries y Beriain, 2001).

1.5.3 Aminoácidos.

La carne de equino presenta una elevada cantidad de aminoácidos totales (228.36 mg/g) siendo en su mayoría ácido glutámico (33.85 mg/g), y una alta

proporción de aminoácidos esenciales (92.28 mg/g). Estos valores son superiores a los observados en la carne de bovino (Cunzolo et al., 2011).

1.5.4 Minerales y vitaminas.

La carne de caballo destaca por su alto contenido de minerales, destacando sobretodo el hierro, aunque también contiene potasio, fósforo, magnesio, zinc y cobre. (Badiani et al., 1997; Fabregas, 2002; Sarries y Beriain, 2005). También posee un alto contenido de vitaminas del complejo B (Sarries y Beriain, 2005).

1.6 Rendimiento en canal

La carne de caballo presenta la ventaja de tener un mayor rendimiento en canal (RC) comparado con el de otras especies, ya que es cercano al 70 % (Sarries y Beriain, 2005).

Por su parte, Villanueva et al. (2009) al comparar las razas Burguete y Jaca Navarra observaron un RC de 64 % y 63.50 %, respectivamente. Por su parte Znamirowska (2005) reportó que las canales diferían en la masa y en las medidas lineales como consecuencia de la variedad de razas y tipos de caballo; a pesar de esto, obtuvieron un RC de 68.45 %.

El peso de la canal caliente (PCC) es superior en los caballos en relación a asnos y mulos, no encontrando diferencias entre el peso de la canal de machos y hembras. Las canales de caballo muestran un mayor engrasamiento subcutáneo y también abdominal. Las mulas se engrasan más a nivel abdominal que los caballos.

Por el contrario, las canales de asnos presentan un mayor nivel de engrasamiento en la grupa y en los flancos, que los caballos y las mulas (Fábregas y Such, 2001). No obstante, todo lo anterior contrasta con lo mencionado por Catelli et al. (2006) donde afirman que el RC del equino es similar a la de bovino (58 a 60 %). Para Hernández et al. (2009), el promedio de RCC en relación al PV en bovinos fue similar en tres sistemas de alimentación: engorda intensiva, pastoreo más suplementación y solo pastoreo (57.0, 56.4 y 54.9 %). Los resultados de RCC en ovinos bajo dos sistemas de producción (semi-estabulados y estabulados) fueron de 42 y 43 %, mientras que la pieza de mayor porcentaje de rendimiento en cortes fue la pierna con 19.2 %, seguida de costilla con 19 %, el lomo con 17.7 % y la paleta con 15.5 % (Frías et al., 2011).

1.7 Factores que afectan el rendimiento en canal

La producción de carne de équidos en sistemas extensivos es una actividad común en algunos países de Europa (Torres, 2003; Catelli, 2004; Catelli et al., 2006). Sin embargo, existe una gran falta de información en esta área. Debido a esto, la especie de referencia es el bovino, en la cual se señala que es muy importante elegir animales que demuestren condiciones para la producción de carne, en las que se incluyen raza, condiciones sanitarias, comportamiento, género, edad, peso, condición corporal, talla, calidad y conformación (AMEG, 2006).

De forma parecida, en algunos lugares como España se desarrollan sistemas ganaderos orientados a la producción de carne de potro, donde los animales se encuentran libres en agostaderos o montañas y solo reciben una alimentación de finalización los últimos tres meses (Sarriés et al., 2005; Sarriés y Beriain, 2006).

1.7.1 Alimentación y sistema de producción.

En bovinos, los sistemas de pastoreo más suplementación y engorda intensiva producen canales con mejor conformación, rendimiento y textura, ya que favorecen una menor edad al sacrificio; esto al compararse con canales de animales criados totalmente en pastoreo. En condiciones extensivas siempre habrá una menor ganancia de peso y una menor proporción músculo:hueso (Núñez et al., 2005).

El tipo de alimentación en sistemas de engorda intensivo mejora el rendimiento de la canal e incrementa el espesor de la grasa dorsal, aunque no siempre propicia la deposición de grasa intramuscular. Por otra parte, en sistemas de pastoreo más suplementación no se promueve la deposición de grasa, por lo que las características de la canal son similares a las de los toretes criados bajo sistemas de solo pastoreo, así como también el sistema de alimentación modifica el peso del contenido gastrointestinal (Hernández et al., 2009). Por su parte Morón et al. (1999) también observaron efecto del sistema de alimentación en becerros, encontrando menor contenido gastrointestinal en aquellos que recibieron concentrado en comparación con los de solamente forraje.

El rendimiento y la composición de la canal del ganado bovino, está sujeta a las variaciones del sistema de alimentación, pues animales con un sistema de alimentación basado en pastos y forrajes, muestran antes del sacrificio rendimientos más bajos con respecto a los criados en sistemas estabulados con acceso libre al concentrado. Además si se suministra el concentrado fraccionado dos veces al día permite obtener mayor porcentaje de carne total en la canal (Rodríguez et al., 2012).

1.7.2 Raza y género.

La raza influye principalmente sobre el RC en función de su mayor o menor precocidad y desarrollo muscular (Sañudo et al., 1998). En bovinos las razas rústicas presentan RC por debajo del 58 %; las razas de doble propósito rendimientos próximos al 60 % y las razas cárnicas de 60 a 64 % (Monreal y Horcada, 2007). Además, no todas las razas se finalizan con el mismo peso, puesto que existen razas precoces, las cuales tienen menor peso adulto, menor crecimiento y por lo tanto, un menor aumento de peso desde el nacimiento hasta la edad adulta. Sin embargo, estas razas muestran una mayor deposición de tejido adiposo a edades más tempranas, lo que les permite llegar antes que las razas no precoces al grado óptimo de terminación. Por otro lado, las razas no precoces y sus cruces tienen un mayor peso adulto y mayor crecimiento, es decir tienen mayores ganancias diarias de peso (GDP), deponen el tejido adiposo a menor velocidad por tener menor desarrollo, lo que hace llegar al grado óptimo de terminación a edades más avanzadas (Giraudó, 2005).

La raza y el género muestran efecto sobre las ganancias de peso y los rendimientos en canal, teniendo superioridad los machos sobre las hembras aun entre razas, lo cual reafirma que ambas variables están determinadas por el potencial de crecimiento de los animales (López et al., 2002).

Dependiendo del género se observa diferente desarrollo muscular, óseo y deposición de grasa en el ganado; por ejemplo, en los machos se tiene mayor desarrollo muscular y óseo en comparación con las hembras. Aun comparando los dos géneros con el mismo peso, su desarrollo muscular y óseo es mayor en los machos (Miguel et al., 2003). Los músculos de animales machos contienen menos grasa que los de las hembras, mientras que los animales castrados de ambos géneros presentan más grasa comparada con los bovinos sexualmente completos. En general, el peso de la canal de los machos es superior al de las hembras, esto es debido a que las canales de los machos desarrollan mayor cantidad de masa muscular y son de mayor tamaño en comparación con la de las hembras (Cortés, 2005).

Sin embargo, dependiendo de la raza y el sistema de producción se verán afectados parámetros como GDP, conformación y rendimiento de la canal, ya que las razas cebú y criollas muestran superioridad en condiciones adversas de alimentación. Por su lado las cruza con razas europeas solo pueden competir cuando existe disponibilidad de forraje (Núñez et al., 2005). Aunque también cabe mencionar que dietas altas en proteína solo resultan ventajosas para los animales con mayor potencial de crecimiento (López et al., 2002).

Se puede considerar como óptima la GDP para los becerros machos de las razas cárnica o de doble propósito de 1.5 y 1.6 kg y 1.45 kg para los becerros obtenidos a partir de cruces de razas puras (Monreal y Horcada, 2007). Por el contrario en equinos no existe una estimación óptima de la GDP, ya que los sistemas de producción son muy variados, aunque cabe mencionar lo reportado por Sarriés y Beriain (2005) donde mencionan GDP que van de 0.7 a 1.2 kg/día. Por su parte Catelli et al. (2006) y Torres (2003) reportan una GDP de 1.2 a 1.8 kg/día en sistemas intensivos o mixtos y por el contrario solo 0.6 kg/día en sistemas extensivos o semiextensivo pero dependiendo de la edad y dieta del equino.

1.7.3 Edad.

El efecto de la edad sobre el rendimiento y las características de la canal se ve reflejado en el incremento de peso, ya que por ejemplo en el caso del bovino, conforme va incrementando su edad se va incrementando su peso y la deposición de grasa. La calidad de la carne de los bovinos se ve afectada negativamente con la edad ya que a mayor edad del animal su carne será más dura (Cortés, 2005).

En el caso de bovinos, la madurez o edad fisiológica tiene un efecto positivo sobre el rendimiento cárnico de canales provenientes de machos castrados hasta los tres años de edad, de allí en adelante el incremento de peso es en tejido graso mas no de músculo y hueso lo cual conduce a efectos negativos en los rendimientos de la canal (Meléndez, 1999).

1.8 Conclusiones

El consumo de carne de équidos a la fecha sigue siendo influenciado por cuestiones culturales y económicas; así mismo la desinformación que existe en la población acerca de los sistemas de producción, la calidad e inocuidad de esta carne provoca que exista desconfianza en su consumo. Sin embargo, considerando sus características como su alto valor nutricional, alta digestibilidad, el rendimiento de los animales y su precio; convierten a esta carne en una alternativa viable dentro del área de las carnes rojas.

1.9 Literatura citada

- AMEG. 2006. Carne de Bovino. Indicadores económicos de la industria. Asociación Mexicana de Engordadores de Ganado Bovino A.C. 9º Edición.
- Badiani, A., N. Nanni., P. P. Gatta., B. Tolomelli y M. Manfredini. 1997. Nutrient Profile of Horsemeat. *Journal of food composition and analysis*.10: 254–269.
- Catelli, J.L. 2004. El caballo en Europa para producción de carne. *Veterinaria Argentina* Num. 21 Vol. 205:364-368.
- Catelli, J.L., J.F. Caviglia, M.L. Tassara y R. Giménez. 2006. Producción de equinos para carne. *Revista de Ciencias Agrarias y Tecnología de los Alimentos* Vol. 24.
- Cortés, G.J.C. 2005. Caracterización del ganado bovino sacrificado en el rastro municipal de la ciudad de Chihuahua. Tesis. Universidad Autónoma de Chihuahua Facultad de Zootecnia. Secretaria de Investigación y Posgrado.

- Cunzolo, S.A, A.A. Pazos, D.G. Pighín y P.T. García. 2011. Caracterización de carne equina por su composición centesimal y perfil de aminoácidos. Revista Argentina de Producción Animal Vol. 31: 71-78.
- Fàbregas, X. 2002. Producción, calidad y consumo de carnes equinas en España EUROCARNE N° 110.
- Fábregas, X. y X. Such. 2001. Clasificación de canales equinas: I.- Distribución de clases. ITEA. Producción animal. Extra (22 (II)): 706-708.
- FAOSTAT. 2013. Food and Agricultural Organization Statistical. Disponible en: <http://faostat.fao.org/DesktopDefault.aspx?PageID=291&lang=es> Accesado: Agosto, 2013.
- Financiera Rural. 2012. Monografía del ganado equino. Dirección general adjunta de planeación estratégica y análisis sectorial.
- Frías, J. C., E.M. Aranda, J. A. Ramos, C. Vázquez y P. Díaz. 2011. Calidad y rendimiento en canal de corderos en pastoreo suplementados con caña de azúcar fermentada. Num. 15 Vol. 3: 33-44.
- Giraudó, P. 2005. Tipo de animal a engordar en los feedlots. Depto. Producción Animal, Facultad de Agronomía y Veterinaria, República Argentina. Disponible en: http://www.produccionbovina.com/informacion_tecnica/invernada_o_engorde_a_corral_o_feedlot/46-animal_a_engordar_en_feedlots.htm Accesado: Septiembre 18, 2014.

Hernández, B.J., A.G. Vázquez, F.N. González, F.G.R. Rincón, G.D.M. Martínez, J.A.G. Macías, V. Aparicio, D.H. Sánchez y B.M.J. Torres. 2009. Rendimiento de la canal y de los componentes no cárnicos de toretes Pardo Suizo x Cebú en tres sistemas de alimentación en clima cálido húmedo. *Rev. Universidad y Ciencia*. 25(2):173-180.

López, T.R., R. García, M. Mellado y J. Acosta. 2002. Crecimiento y características de la canal de bovinos Charoláis y Beefmaster alimentados con dos fuentes de proteína y dos niveles de grasa sobrepasante. *Tec. Pecu. Mex*; 40(3): 291-298.

Meléndez, C. S. J. 1999. Efecto de la madurez o edad fisiológica sobre el rendimiento cárnico de canales provenientes de bovinos machos castrados. *Gaceta de Ciencias Veterinarias*. 1: 42-51.

Miguel, E., F. Ruiz, M.T. Díaz, S. Velasco, S. Lauzurica, C. Pérez, E. Onega, B. Blázquez y V. Cañeque. 2003. Methods of carcass classification based on subjective assessments of carcass fatness and of carcass conformation: effect of sex on the prediction of tissue composition in carcasses of sucking lambs. *J. Anim Sci*. 77: 383-393.

Monreal, P.B. y A. Horcada. 2007. Manual de calidad de carne de vacuno. Instituto Técnico y de Gestión Ganadero. Disponible en: <http://www.itgganadero.com/itg/portal/index.asp> Accesado: Septiembre 5, 2014.

Morón, F. O. E., y G. L. Zamorano. 2004. Pérdida por goteo en carne cruda de diferentes tipos de animales. Departamento de Zootecnia, Facultad de

Agronomía, Universidad del Zulia. Revista Científica, FCV-LUZ / Vol. XIV. N° 1, 36 – 39.

Núñez, G.F.A., J.A. García, J. Hernández y J.A. Jiménez. 2005. Caracterización de canales de ganado bovino en los valles centrales de Oaxaca. *Téc. Pecu. Méx.* 43(2): 219-228.

Rodríguez, E. M. E., G. C. Flores, B. S. Sánchez, A. D. A. Rojo, J. A. G. Ahuir, C. R. Muela, L. C. Palacios, V. E. S. Beltrán, y F. J. S. Sánchez. 2013. Calidad de la carne de bovinos engordados en un sistema silvopastoril intensivo en dos épocas del año. *Tropical and Subtropical Agroecosystems*. 16: 235 – 241.

Sañudo, C. y M. Del Mar. 1998. Vacuno de carne: aspectos generales. Calidad de la canal por tipos. Ed. Mundi-prensa, 2da edición.

Sarriés, M. V., y M. J. Beriain. 2005. Carcass characteristics and meat quality of male and female foals. *Meat Sci.* 70: 141–152.

Sarriés, M. V., y M. J. Beriain. 2005. Carcass characteristics and meat quality of male and female foals. *Meat Sci.* 70: 141–152.

Sarriés, M. V., y M. J. Beriain. 2006. Colour and texture characteristics in meat of male and female foals. *Meat Sci.* 74: 738–745.

Sarriés, M. V., y M. J. Beriain. 2001. Carne de potro: ¿desconocida para el consumidor? *Rev. Mundo ganadero*. 84-88.

Sarriés, M. V., y M. J. Beriain. 2001. Carne de potro: ¿desconocida para el consumidor? *Rev. Mundo ganadero*. 84-88.

- Torres, M. E. 2003. Producción de equinos para carne en la meseta patagónica. Subsecretaria de Agricultura, Ganadería y Forestación. Sitio Argentino De Producción Animal. 1-28.
- Villanueva, M., A.P. Muniain y P. Eguinoa. 2009. Razas burguete y jaca navarra. Cebo de potros lechales y quincenos. Rev. ITA Ganadero: 41-44.
- Znamirowska, A. 2005. Prediction of horse carcass composition using linear measurements. Meat Sci. 69: 567–570.

CAPÍTULO 2.

EFECTO DE LA PROCEDENCIA, GÉNERO, EDAD Y PESO AL SACRIFICIO SOBRE EL RENDIMIENTO EN CANAL, COLOR, PÉRDIDA POR REFRIGERACIÓN Y PESO DE LOS ÓRGANOS VISCERALES DE ASNOS

2.1 Resumen

El objetivo de este estudio fue evaluar el efecto del origen, género, edad y peso al sacrificio sobre las características de la canal, componentes corporales y color de la carne y grasa de asnos (*Equus africanus asinus*) sacrificados en el Estado de Zacatecas, México. Un total de 189 animales fueron evaluados. En el periodo ante mortem fue registrado el peso y la edad de los animales. Posteriormente al sacrificio, el peso de la canal caliente y el peso de los componentes corporales fue registrado. Después de 24 h, se obtuvo el peso de la canal fría y se calculó rendimiento de la canal caliente y fría. Los datos fueron analizados como un diseño completamente al azar. El peso y rendimiento de la canal caliente y canal fría respectivamente fue afectado por el origen, género, edad y peso al sacrificio de los asnos. De acuerdo con el género, los machos fueron superiores a las hembras en estos parámetros independientemente de su origen. En lo referente a la edad, los asnos adultos tuvieron mayores rendimientos comparados con los asnos jóvenes y los potros. El peso al sacrificio influyó sobre los rendimientos,

observándose que a mayor peso al sacrificio existió también mayor peso y rendimiento en las canales. La pérdida por refrigeración fue afectada por el origen y el peso al sacrificio, observándose mayor pérdida en animales con pesos superior a los 125 kg. Se concluye que el peso y rendimiento de la canal de la canal, la pérdida por refrigeración son afectadas por el origen, género, edad y peso de los asnos.

Palabras clave: Carne de asno, Procedencia, Peso al sacrificio, Rendimiento en canal.

2.2 Abstract

The aim of this study was to evaluate the effect of origin, gender, age and slaughter weight (SW) on carcass characteristics, non-carcass components, and meat and fat color of donkeys (*Equus africanus asinus*) slaughtered in the State of Zacatecas, Mexico. A total of 189 animals were used, of which 119 come from the United States of America (72 females and 47 males) and 70 were from Mexican origin (47 females and 23 males). In the ante-mortem period, the SW and the age of the animals (estimated by observing the teeth) were recorded. Subsequently, in the post-mortem period, the hot carcass weight and the weight of the non-carcass components were recorded. After 24 h, the weight of the cold carcass was obtained and hot carcass dressing and cold carcass dressing was calculated. Data were analyzed as a completely randomized design. The hot carcass weight, cold carcass weight, hot and cold carcass dressing were affected by the origin, gender, age and SW of donkeys. According to gender, males were greater than females regardless of their origin. In terms of age, adult donkeys had

greater weights and yields compared with young and foal. Regarding to SW it was observed that heavier animals had greater weights and carcass yields compared to light animals. Concerning the cooling loss was affected by the origin and SW, registering that the greatest loss occurred in animals with weights below 125 kg. It was concluded that carcass weight and carcass yield, the cooling loss and meat characteristics are affected by origin, gender, age and weight of donkeys.

2.3 Introducción

De acuerdo con datos de la FAO (2015) México es el principal productor y exportador de carne de équido en el continente americano y participa con el 11% de la producción mundial. En cuanto al consumo de carne de équido en el mundo, éste se encuentra concentrado principalmente en algunos países de Europa, como Italia, Francia y Bélgica, al ser de la dieta tradicional de muchas comunidades (Stanciu, 2015). Sin embargo, es difícil estimar de manera precisa la cantidad consumida per cápita (Gill, 2005), pero se calcula un consumo de 0.10 kg (Belaunzaran et al., 2015). No obstante, el consumo de carne de équido sigue siendo marginal con respecto a otras carnes como la de bovino cerdo y pollo (Lombardi-Boccia et al., 2005). Cabe destacar que su consumo ha mostrado un aumento, por una parte debido a problemas de seguridad y sanidad que enfrentan otras carnes como la encefalopatía espongiforme en bovinos (FAOSTAT 2007) y por otro lado por sus características, al considerada una carne de excelente calidad, rica en hierro, baja en grasa y fuente importante de ácidos grasos insaturados (Lorenzo et al., 2014; Lorenzo et al., 2010; Tateo, 2008).

Dada la composición de la carne de equinos es considerada un alimento nutricionalmente valioso, ya que su consumo puede cubrir los requerimientos diarios de minerales en el ser humano, además de ser rica en ácidos grasos omega 3 por lo que es altamente recomendada para su consumo por personas con problemas de anemia (Lombardi-Boccia et al., 2005). A lo anterior se le suma que el consumidor considera el consumo de carne de équido menos estresante para el medio ambiente, debido a la menor emisión de metano por parte de estos animales (Belaunzaran et al., 2015).

El asno (*Equus africanus asinus*) es una especie doméstica de la familia de los equinos, fue domesticada alrededor del 4000 A. C. (Aganga et al., 2003). Su principal función era como medio de transporte por buen desempeño en climas áridos y su baja demanda de alimento y su tolerancia a los parásitos y enfermedades del trópico (Aganga et al., 2000). Además del transporte, otra actividad importante del asno ha sido el uso de su leche al considerarse el mejor sustituto de la leche materna (Monti et al., 2007) y de su carne considerada también como un alimento altamente nutritivo para el consumo humano (Lorenzo et al., 2014). Sin embargo, la aceptabilidad de la carne de asno ha ido evolucionando, ya que tiempo atrás era poco aceptada por provenir de animales que terminaban su vida útil en otras actividades y que eran sacrificados (Lorenzo y Carballo 2015). En este sentido, Aganga et al. (2003) describió al asno africano como un animal pequeño con una alzada de un metro y un peso promedio de 140 kg en animales adultos, cuya principal actividad era el transporte y la producción de leche y que al ser sacrificados presentan rendimientos de canal caliente que van de 54 a 59 %.

Sin embargo, a pesar de su peso, los rendimientos en los asnos pueden considerarse altos si se coparan con otras especies como los equinos, bovinos y cerdos, los cuales van de 60 a 70 % (Lanza et al., 2009; Sarriés y Beriain, 2005). Los equinos tienen una composición de la canal de 70 % de músculo, 20 % de hueso y 10 % de grasa los cuales son superiores a los rendimientos reportados en especies como bovinos (López et al., 2002) y ovinos (Frias et al., 2011). Diferentes investigaciones han reportado factores como la raza, género, edad y sistema de producción e interacciones entre estas, afectan el peso y rendimiento de la canal, así como la calidad de la carne en especies como los equinos y bovinos (Franco et al., 2011; Juárez et al., 2009; Lambe, 2008; López et al., 2002).

Por lo anterior, aunque México es el segundo exportador mundial hacia Europa y Asia principalmente, carece de información que caracterice el sistema de producción, en particular los rendimientos en canal, de sus componentes y los factores que afectan estos rendimientos. Por esta razón, el objetivo de este trabajo fue evaluar el efecto de la procedencia, género, edad y peso al sacrificio sobre el peso y rendimiento de la canal caliente y fría, componentes corporales y órganos viscerales de asnos sacrificados en México.

2.4 Material y Métodos

2.4.1 Animales

El estudio fue realizado con asnos de la Empacadora de Carnes de Fresnillo, S.A. de C.V. planta Tipo Inspección Federal # E 42 en el Estado de Zacatecas, México. Se

utilizaron 189 asnos, con un total de 119 procedentes de Estados Unidos (EUA) (72 hembras y 47 machos) y 70 de procedencia nacional (47 hembras y 23 machos) sacrificados durante el periodo comprendido entre los meses de abril a junio del 2014.

Los animales fueron clasificados de acuerdo a su procedencia, se consideró como asnos nacionales a todos los provenientes de acopios dentro de la república mexicana y como procedentes de EUA a los asnos importados. De acuerdo al género los animales fueron clasificados como hembras y machos; todos los machos incluidos en estudio estuvieron castrados. Se determinó la edad de los animales por medio de la dentición, los animales menores de 3 años fueron clasificados como potros, como jóvenes a los asnos con edad de 3 a 8 años, como adultos fueron considerados animales con edades de 8 a 15 años y como animales viejos a todos los animales de 15 años o más.

Previo al sacrificio, se determinó el peso al sacrificio de cada animal utilizando una báscula electrónica para ganado marca Torrey® modelo PG con capacidad para 2000 kg. A partir del peso al sacrificio los animales fueron clasificados en uno de cuatro grupos considerados, el primer grupo lo formaron animales con $PS \leq 100$ kg, el segundo grupo animales de 101 a 150 kg, el tercer grupo de 151 a 200 kg y el cuarto grupo de 201 a 250 kg.

2.4.2 Sacrificio de los animales y mediciones

Los animales fueron sacrificados de acuerdo con lo establecido en la Norma Oficial Mexicana para (NOM-033-SAGZOO-2014). Posterior al sacrificio fueron retirados y pesados individualmente la cabeza, miembros y piel utilizando básculas

electrónicas (Torrey® Modelo EQB 100/200) y se calculó el rendimiento de las mimas a partir del peso vivo.

2.4.3 Peso de la canal caliente

La canal caliente fue pesada inmediatamente después del sacrificio. El rendimiento de canal caliente fue calculado dividiendo el peso de la canal caliente entre el peso vivo, restando el peso del contenido digestivo al peso vivo.

2.4.4 Componentes viscerales

Utilizando básculas electrónicas (Torrey® Modelo EQB 100/200) se pesaron de cada animal por separado las vísceras verdes (estómago, intestino delgado, intestino grueso y ciego) y las vísceras rojas (corazón, pulmones, hígado y bazo) y se calcularon los rendimientos de éstas vísceras a partir del peso vivo.

2.4.5 Peso de la canal fría

Las canales fueron refrigeradas por 24 h a 2°C y una humedad relativa de 98%. Después de este periodo las canales fueron pesadas para obtener el peso de la canal fría. El rendimiento en canal fría fue calculado dividiendo el peso de la canal fría entre el peso vivo previo al sacrificio.

2.4.6 Pérdida por refrigeración

Se calculó como el cociente entre la diferencia del peso de la canal caliente y peso de la canal fría, dividido por el peso de la canal caliente.

2.4.7 pH

El pH se evaluó en el longissimus dorsi a los 45 min del sacrificio, utilizando un potenciómetro equipado con un electrodo de penetración y termómetro (Hanna Instruments, HI-9025, Woonsocket, RI).

2.4.8 Color de la carne y grasa

El color de la carne y grasa (L^* , a^* , b^*) se determinó mediante espectrómetro (modelo Minolta CR-400, Konica Minolta Sensing, Inc., Osaka, Japón), en la superficie del músculo semitendinoso a los 45 min. De la misma manera, se midió el color de la grasa dorsal y visceral directamente en la canal a los 45 min post mortem.

2.4.9 Análisis estadístico

Se utilizó un diseño completamente al azar, considerando los efectos fijos de procedencia, género, edad y peso al sacrificio de los asnos. Se realizó análisis de varianza mediante el procedimiento PROC GLM del paquete estadístico SAS University Edition (SAS, Inst. Inc., Cary, NC). Cuando se observaron efectos significativos para las variables evaluadas, se realizó una comparación de medias

utilizando el método Tukey con la instrucción MEANS de SAS. Se consideraron diferencias significativas cuando $P < 0.05$.

2.3 Resultados y Discusión

2.3.1 Procedencia

Los asnos de EUA tuvieron mayor peso y rendimiento de la canal caliente y fría ($P < 0.05$), comparados con los nacionales (Tabla 2.1). Por otra parte, no se observó efecto de la procedencia ($P > 0.05$) sobre el rendimiento de los componentes corporales. En relación con lo anterior, Porlidori et al. (2015) reportaron pesos de canal caliente que van de 49 kg en asnos de ocho meses y 65 kg en asnos viejos de la raza Martina Franca, con rendimientos en canal de 49 a 53 % respectivamente. Así mismo, Aganga et al. (2003) en asnos africanos, reportan un mayor rendimiento en canal caliente y fría; con 59% y 51; sin embargo, los rendimientos reportados en asnos están por debajo de los descritos en equinos por Sarriés and Beriain (2006), Franco et al. (2011) y Nivia et al. (2014).

Tabla 2.1. Medias de mínimos cuadrados de las características de la canal, componentes corporales y color (L^* , a^* , b^*) del musculo *semitendinoso*, grasa subcutánea y abdominal de los asnos de acuerdo a su origen.

| | Origen | | EEM |
|-------------------------------------|-------------------|-------------------|------|
| | Mexico | U.S.A. | |
| Características de la canal | | | |
| Peso de canal caliente, kg | 63.6 ^b | 86.6 ^a | 19.4 |
| Peso de canal fría a 24 h, kg | 61.2 ^b | 83.5 ^a | 19.4 |
| Pérdida por refrigeración a 24 h, % | 4.1 | 3.9 | 1.9 |
| Rendimiento canal caliente, % | 44.5 ^b | 51.4 ^a | 3.7 |
| Rendimiento canal fría, % | 42.7 ^b | 49.5 ^a | 3.7 |
| pH 45 min <i>postmortem</i> | 6.2 ^b | 7.1 ^a | 0.4 |
| Componentes corporales, % | | | |
| Cabeza | 5.4 | 5.1 | 1.2 |
| Piel | 8.0 | 8.4 | 1.3 |
| Intestino delgado | 1.5 | 1.6 | 0.7 |
| Intestino grueso | 0.7 | 0.6 | 0.3 |
| Ciego | 0.7 | 0.6 | 0.2 |
| Bazo | 0.2 | 0.4 | 0.2 |
| Corazón | 0.6 | 0.7 | 0.3 |
| Pulmones | 1.1 | 1.2 | 0.7 |
| Hígado | 3.1 | 4.1 | 0.8 |
| Color | | | |
| Musculo <i>Semitendinoso</i> | | | |
| L^* | 35.5 | 36.0 | 1.2 |
| a^* | 17.1 | 17.2 | 1.2 |
| b^* | 4.3 | 5.1 | 0.3 |
| Grasa abdominal | | | |
| L^* | 78.5 | 77.6 | 0.7 |
| a^* | 2.8 | 2.8 | 0.1 |
| b^* | 14.9 | 14.0 | 1.1 |
| Grasa subcutánea | | | |
| L^* | 64.3 | 65.0 | 0.9 |
| a^* | 10.8 | 11.2 | 0.8 |
| b^* | 22.6 | 22.0 | 1.8 |

^{ab} Literales distintas entre columnas indican diferencia significativa ($P < 0.05$).¹ Los componentes corporales están indicados en porcentaje del peso vivo. ² Escala de color: L^* = Luminosidad (0 = negro, 100 = blanco); a^* = rojo a verde (valores positivos = rojos, valores negativos = verdes); b^* = amarillo a azul (valores positivos = amarillos, valores negativos = azul).

Sin embargo, a pesar de lo descrito anteriormente, cabe señalar que es difícil una comparación entre los asnos y los equinos evaluados en las investigaciones citadas anteriormente, ya que se trata de razas de caballos especializadas en la producción de carne a diferencia de los asnos. Asimismo, es importante mencionar que el sistema de producción tiene un marcado efecto sobre el peso y rendimiento de los animales (Franco et al., 2013; Franco et al., 2011; Tateo et al., 2008) ya que en México los animales destinados a la producción de carne son aquellos que por diferentes razones, principalmente las económicas, son enviados a sacrificio por parte de los propietarios.

Por otra parte, el pH de la canal a los 45 min *post mortem* de los asnos procedentes de EUA fue mayor ($P < 0.05$) comparados con los nacionales (Tabla 2.1). De acuerdo con lo mencionado por Reis y Rosenvold (2014) el pH es un importante indicador relativo de la calidad de la carne. Los valores obtenidos en el presente estudio, coinciden con los descritos en diferentes investigaciones en equinos (Juarez et al., 2009; Polidori et al., 2015), sin embargo, las diferencias observadas en el pH entre los asnos nacionales y los importados; pudieran explicarse por el efecto del estrés originado por el transporte, ya que el estrés causado antes del sacrificio reduce las reservas de glucógeno en el músculo, reduciendo a su vez la producción de ácido láctico en el periodo *post mortem* (Amtmann et al., 2006) el cual es esencial para que se alcance un pH óptimo en la canal (Warris, 2000). Mencionado lo anterior, se debe señalar que los asnos que se importan de Estados Unidos son transportados entre 12 y 14 horas desde la frontera hasta las plantas de sacrificio. A lo anterior, se le puede añadir el efecto del estrés que causan los factores climáticos antes del sacrificio de los animales, afectando también el pH de la canal y por lo tanto la calidad de la misma (Gallo et al., 2003).

En el color de la carne, grasa abdominal y subcutánea no se observaron efecto de la procedencia de los asnos ($P>0.05$) (Tabla 2.1). Los valores obtenidos en este estudio coinciden con los reportados por Sarries and Beriain (2006) quienes no observaron interacciones entre el sistema de producción y el color de la carne. A pesar de que otras investigaciones mencionan una diferencia de color en la carne de bovinos en pastoreo, comparados con los provenientes de corral de engorda (Yang et al., 2002)

2.3.2 Género

Los machos tuvieron mayor ($P<0.05$) peso de canal caliente y fría comparados con las hembras (Tabla 2.2). No obstante, el rendimiento en canal fue similar ($P>0.05$) entre hembras y machos (Tabla 2.2). Por su parte, Navia et al. (2014) menciona mayores pesos y rendimientos de canal en machos; en este punto, cabe señalar el efecto negativo que tiene la castración sobre el rendimiento en canal en bovinos (Lazzoroni et al., 2008; Juarez et al., 2009); considerando que en el presente estudio se evaluaron asnos castrados, lo anterior pudiera explicar el comportamiento observado.

Se observó efecto del género sobre PPR, la cual fue mayor ($P<0.05$) en las hembras (Tabla 2.2). Estos resultados pueden ser explicados si se considera la función protectora que tiene la grasa subcutánea contra la deshidratación (Vergara y Molina, 1998) y considerando lo reportado por Franco et al. (2011) quienes en su estudio en equinos observaron una mayor proporción de grasa en los machos que en las hembras.

El pH de la canal no fue afectado por el género independientemente de su procedencia ($P>0.05$) (Tabla 2.2). Por otro lado, en lo referente al color de la carne, se observó diferencia ($P<0.05$) en a^* , entre hembras y machos; siendo mayor en las primeras (Tabla 2.2).

Tabla 2.2. Medias de mínimos cuadrados de las características de la canal, componentes corporales y color (L^* , a^* , b^*) del musculo *semitendinoso*, grasa subcutánea y abdominal de los asnos de acuerdo a su origen.

| | Género | | EEM |
|-------------------------------------|-------------------|-------------------|-----|
| | Hembra | Macho | |
| Características de la canal | | | |
| Peso de canal caliente, kg | 65.7 ^b | 73.4 ^a | 2.2 |
| Peso de canal fría a 24 h, kg | 63.1 ^b | 70.9 ^a | 2.2 |
| Pérdida por refrigeración a 24 h, % | 4.2 ^a | 3.5 ^b | 1.7 |
| Rendimiento canal caliente, % | 45.6 | 46.6 | 5.0 |
| Rendimiento canal fría, % | 43.7 | 45.1 | 5.0 |
| pH 45 min <i>postmortem</i> | 7.1 | 7.1 | 0.1 |
| Componentes corporales, % | | | |
| Cabeza | 5.4 | 5.2 | 1.0 |
| Piel | 8.0 | 8.3 | 1.3 |
| Intestino delgado | 1.7 ^a | 1.2 ^b | 0.4 |
| Intestino grueso | 0.7 | 0.6 | 0.3 |
| Ciego | 0.7 | 0.6 | 0.2 |
| Bazo | 0.3 | 0.2 | 0.1 |
| Corazón | 0.6 | 0.6 | 0.2 |
| Pulmones | 1.1 | 1.1 | 0.6 |
| Hígado | 3.2 | 3.3 | 0.8 |
| Color | | | |
| Musculo <i>Semitendinoso</i> | | | |
| L^* | 35.5 | 35.4 | 1.9 |
| a^* | 18.6 ^a | 15.7 ^b | 1.1 |
| b^* | 3.9 | 4.6 | 0.6 |
| Grasa abdominal | | | |
| L^* | 79.7 | 77.3 | 0.1 |
| a^* | 2.0 | 3.6 | 1.0 |
| b^* | 14.8 | 15.0 | 1.7 |
| Grasa subcutánea | | | |
| L^* | 61.4 ^b | 67.3 ^a | 1.4 |
| a^* | 10.2 | 10.0 | 1.4 |
| b^* | 24.6 ^a | 20.6 ^b | 3.0 |

^{ab} Literales distintas entre columnas indican diferencia significativa ($P < 0.05$).

¹ Los componentes corporales están indicados en porcentaje del peso vivo. ² Escala de color: L^* = Luminosidad (0 = negro, 100 = blanco); a^* = rojo a verde (valores positivos = rojos, valores negativos = verdes); b^* = amarillo a azul (valores positivos = amarillos, valores negativos = azul).

2.3.3 Edad

Se observó mayor peso ($P < 0.05$) en canal caliente y fría en asnos adultos seguido por los viejos y jóvenes con pesos similares, mientras que las canales más livianas se observaron en potros. Sin embargo, el rendimiento en canal caliente y fría fue similar. Así mismo, se observó diferencia en b^* en la grasa subcutánea, la cual fue mayor ($P < 0.05$) en las hembras compradas con los machos independientemente de su procedencia (Tabla 2.3). Lo anterior coincide con lo reportado en cerdos, donde el pH fue similar entre hembras y machos (Jama et al., 2016). Por otro lado, en lo referente al color de la carne, los resultados difieren con lo reportado en otras especies como los equinos (Franco et al., 2011), cerdos (Jama et al., 2016) y conejos (Carrilho et al., 2009) observando en todas ellas valores similares para a^* entre machos y hembras, en todas las edades evaluadas ($P > 0.05$) (Tabla 2.3). De acuerdo a la edad de los asnos, Aganga et al. (2003) mencionaron que los rendimientos en esta especie pueden verse afectados por el estado de madurez, condición corporal o grado de terminado; los mismos autores mencionan que el rendimiento de las canales de los asnos disminuye con la edad, argumentando que conforme el asno tiene más edad aumenta su peso, pero esto debido a que el porcentaje de grasa aumenta, disminuyendo así la proporción de musculo/hueso (Warris, 2000).

Tabla 2.3. Medias de mínimos cuadrados de las características de la canal, componentes corporales y color (L^* , a^* , b^*) del musculo *semitendinoso*, grasa subcutánea y abdominal de los asnos de acuerdo a su edad.

| | Edad | | | | EEM |
|-----------------------------------|-------------------|--------------------|-------------------|--------------------|-----|
| | Potros | Jóvenes | Adultos | Viejos | |
| Características de la canal | | | | | |
| Peso de canal caliente, kg | 61.2 ^b | 65.4 ^{ba} | 80.2 ^a | 67.1 ^{ba} | 3.0 |
| Peso de canal fría a 24 h, kg | 59.1 ^b | 62.8 ^{ba} | 77.2 ^a | 64.6 ^{ba} | 3.0 |
| Pérdida por refrigeración a 24 h, | 3.8 | 4.1 | 4.1 | 3.7 | 1.7 |
| Rendimiento canal caliente, % | 46.8 | 45.9 | 45.6 | 46.1 | 5.0 |
| Rendimiento canal fría, % | 45.1 | 43.9 | 43.8 | 44.3 | 5.0 |
| pH 45 min <i>postmortem</i> | 7.1 | 7.0 | 7.1 | 7.2 | 0.1 |
| Componentes corporales, % | | | | | |
| Cabeza | 5.5 | 5.4 | 4.9 | 6.0 | 0.7 |
| Piel | 8.3 | 8.2 | 7.8 | 8.4 | 1.0 |
| Intestino delgado | 1.6 | 1.6 | 1.4 | 1.5 | 0.6 |
| Intestino grueso | 0.9 ^a | 0.8 ^a | 0.5 ^b | 0.5 ^b | 0.3 |
| Ciego | 0.8 | 0.7 | 0.6 | 0.7 | 0.2 |
| Bazo | 0.3 | 0.3 | 0.2 | 0.2 | 0.1 |
| Corazón | 0.7 | 0.6 | 0.5 | 0.6 | 0.3 |
| Pulmones | 1.4 | 1.1 | 1.1 | 1.1 | 0.6 |
| Hígado | 2.9 | 3.2 | 3.3 | 3.1 | 0.5 |
| Color | | | | | |
| Musculo <i>Semitendinoso</i> | | | | | |
| L^* | 35.7 ^a | 36.8 ^a | 37.1 ^a | 32.6 ^b | 2.4 |
| a^* | 16.0 ^b | 16.3 ^b | 15.9 ^b | 19.3 ^a | 1.4 |
| b^* | 3.4 | 3.1 | 4.7 | 5.0 | 0.7 |
| Grasa abdominal | | | | | |
| L^* | 79.8 | 80.1 | 78.8 | 76.5 | 1.3 |
| a^* | 2.2 ^b | 1.4 ^b | 4.0 ^a | 3.1 ^a | 1.3 |
| b^* | 12.2 ^b | 11.3 ^b | 16.2 ^a | 17.1 ^a | 2.2 |
| Grasa subcutánea | | | | | |
| L^* | 61.2 ^b | 61.6 ^b | 66.5 ^a | 65.0 ^a | 1.7 |
| a^* | 10.3 | 11.1 | 9.2 | 10.0 | 1.7 |
| b^* | 21.2 ^b | 20.6 ^b | 20.0 ^b | 27.3 ^a | 3.5 |

^{ab} Literales distintas entre columnas indican diferencia significativa ($P < 0.05$).

¹ Los componentes corporales están indicados en porcentaje del peso vivo. ² Escala de color: L^* = Luminosidad (0 = negro, 100 = blanco); a^* = rojo a verde (valores positivos = rojos, valores negativos = verdes); b^* = amarillo a azul (valores positivos = amarillos, valores negativos = azul).

En relación con lo anterior, Polidori et al. (2015) reportaron un efecto de la edad al sacrificio en asnos sobre el peso de la canal, señalando una disminución del rendimiento en canal conforme aumenta la edad. Por su parte, Porlidori et al. (2015) reportaron pesos de canal caliente que van de 49 kg en asnos de ocho meses y 65 kg en asnos viejos de la raza Martina Franca, con rendimientos en canal de 49 a 53 % respectivamente. En el caso de los caballos, Furtado et al. (2010) reportaron que existe una interacción entre el sexo y la edad, siendo en machos jóvenes menores de 8 años el mayor rendimiento en canal. Sin embargo, Sagueiro et al. (2008) mencionaron que el finalizado de los animales es más importante que la edad para determinar el rendimiento en canal.

En cuanto al pH de la canal, éste no se vio afectado ($P>0.05$) por la edad de los asnos, independientemente de su procedencia y género (Tabla 2.3). Por otra parte, la luminosidad de la carne (L^*) fue menor ($P<0.05$) en los asnos viejos (Tabla 2.3). Se observó además que la edad de los asnos tuvo efecto sobre a^* ($P<0.05$), la cual fue superior en los asnos viejos comparados con las demás edad evaluadas.

En cuanto al color de la grasa abdominal, la edad tuvo efecto ($P<0.05$) sobre a^* la cual fue superior en los asnos adultos y viejos; un efecto similar se observó sobre b^* ; que fue mayor ($P<0.05$) de igual forma en los asnos adultos y viejos (Tabla 2.3). En lo referente al color de la grasa subcutánea, se observó efecto ($P<0.05$) de la edad sobre L^* , la cual fue mayor en asnos adultos y viejos. Además, se observó que b^* fue superior ($P<0.05$) en los asnos adultos (Tabla 2.3).

El color de la grasa es una característica importante para el consumidor, está documentado que el color de la grasa está influido por factores como los genéticos, el sexo, edad al sacrificio y nutrición (Priolo et al., 2002; Hallenstvedt et al. 2012; Ripoll et al., 2012). En ganado bovino, el color amarillo de la grasa también se relaciona con una mayor edad de los animales (Shemeis et al. 1994). No obstante, está documentado que la pigmentación amarilla del tejido adiposo, está relacionado con el consumo elevado de carotenoides en animales que se encuentran en pastoreo, en contraste con animales alimentados con granos (Izaguirre y Shimada, 2001; Moloney et al., 2013).

2.3.4 Peso al sacrificio

El peso al sacrificio afectó ($P < 0.05$) el peso y rendimiento de la canal caliente y fría los cuales fueron superiores en asnos de mas de 126 kg (Tabla 2.4). En cuanto a la pérdida por refrigeración, fueron las canales de los asnos de menos de 125 kg las que tuvieron mayor pérdida ($P < 0.05$) (Tabla 2.4). El rendimiento de la cabeza fue mayor ($P < 0.05$) en asnos de 100 kg o menos, comparados con asnos de mayor peso. Los resultados de rendimiento en canal obtenidos en el presente estudio, coinciden con lo reportado por Polidori et al. (2005) quienes reportaron una diferencia de 4 % más de rendimiento en asnos de 120 kg comparados con asnos de 100 kg. Por otra parte, en bovinos (Salgueiro et al., 2008) y ovinos (Santos et al., 2007; Borton et al., 2005) se ha reportado un comportamiento similar, en los cuales conforme aumenta el peso al sacrificio lo hace también el peso de la canal. Por su parte el rendimiento de la piel fue mayor ($P < 0.05$) en asnos con peso menor a 125 kg.

Tabla 2.4. Medias de mínimos cuadrados de las características de la canal, componentes corporales y color (L^* , a^* , b^*) del musculo *semitendinoso*, grasa subcutánea y abdominal de los asnos de acuerdo a su peso al sacrificio.

| | Peso al sacrificio, kg | | | | EEM |
|-------------------------------------|------------------------|-------------------|-------------------|-------------------|------|
| | <100 | 101-125 | 126-150 | >151 | |
| Características de la canal | | | | | |
| Peso de canal caliente, kg | 47.2 ^c | 65.9 ^b | 74.3 ^a | 75.1 ^a | 2.4 |
| Peso de canal fría a 24 h, kg | 45.0 ^c | 62.8 ^b | 71.9 ^a | 72.2 ^a | 2.2 |
| Pérdida por refrigeración a 24 h, % | 2.1 ^a | 2.2 ^{ba} | 1.6 ^c | 1.4 ^c | 0.1 |
| Rendimiento canal caliente, % | 44.1 ^b | 45.4 ^b | 47.9 ^a | 49.3 ^a | 1.0 |
| Rendimiento canal fría, % | 42.0 ^b | 45.2 ^a | 44.3 ^a | 45.4 ^a | 1.0 |
| pH 45 min <i>postmortem</i> | 6.9 | 7.1 | 7.3 | 6.9 | 0.1 |
| Componentes corporales, % | | | | | |
| Cabeza | 6.0 ^a | 5.0 ^b | 4.3 ^b | 4.5 ^b | 0.2 |
| Piel | 8.8 ^a | 7.9 ^{ba} | 7.1 ^b | 6.8 ^b | 0.3 |
| Intestino delgado | 1.7 | 1.5 | 1.4 | 1.1 | 0.2 |
| Intestino grueso | 0.9 ^a | 0.6 ^b | 0.5 ^b | 0.5 ^b | 0.06 |
| Ciego | 0.7 | 0.7 | 0.6 | 0.5 | 0.1 |
| Bazo | 0.3 | 0.2 | 0.2 | 0.1 | 0.04 |
| Corazón | 0.7 ^a | 0.7 ^a | 0.5 ^{ba} | 0.4 ^b | 0.1 |
| Pulmones | 1.5 ^a | 1.4 ^a | 1.1 ^a | 0.7 ^b | 0.2 |
| Hígado | 1.8 ^a | 1.6 ^a | 1.3 ^b | 0.9 ^c | 0.1 |
| Color | | | | | |
| Musculo <i>Semitendinoso</i> | | | | | |
| L^* | 36.5 | 37.8 | 36.8 | 30.7 | 2.6 |
| a^* | 17.8 ^b | 16.8 ^b | 14.7 ^b | 19.3 ^a | 1.6 |
| b^* | 3.8 | 4.9 | 3.8 | 4.5 | 1.0 |
| Grasa abdominal | | | | | |
| L^* | 80.0 ^a | 79.1 ^a | 80.0 ^a | 75.1 ^b | 1.6 |
| a^* | 2.0 ^b | 2.1 ^b | 1.7 ^b | 5.4 ^a | 0.4 |
| b^* | 13.2 | 14.1 | 15.6 | 16.5 | 2.5 |
| Grasa subcutánea | | | | | |
| L^* | 64.0 | 65.1 | 61.5 | 66.8 | 2.0 |
| a^* | 9.7 | 7.9 | 10.1 | 12.6 | 2.0 |
| b^* | 19.4 | 21.2 | 20.5 | 20.3 | 4.0 |

^{ab} Literales distintas entre columnas indican diferencia significativa ($P < 0.05$).

¹ Los componentes corporales están indicados en porcentaje del peso vivo. ² Escala de color: L^* = Luminosidad (0 = negro, 100 = blanco); a^* = rojo a verde (valores positivos = rojos, valores negativos = verdes); b^* = amarillo a azul (valores positivos = amarillos, valores negativos = azul).

En lo referente al rendimiento de las vísceras, se observa que éste tiende a ser mayor ($P < 0.05$) en asnos de menor PS (Tabla 2.4). La información disponible sobre el peso y rendimiento de las vísceras es limitada, sin embargo se han reportado diferencias en el peso de las vísceras entre cerdos sacrificados a diferente peso, mostrando un comportamiento lineal, en el cual a medida que aumentó el peso al sacrificio lo hicieron también las vísceras (Santos-Ricalde et al., 2011), lo que concuerda con lo observado en el presente estudio, donde en el caso del peso y rendimiento tanto de vísceras estuvo afectado por el peso de los asnos. Por su parte Pérez-Meléndez et al. (2007) reportaron que en ovinos, el peso al sacrificio tiene efecto sobre el peso de componentes corporales como cabeza, piel, corazón, hígado, riñones, pulmones y patas; sin embargo, los mismos autores reportan que el género no influyó sobre el peso de los componentes, coincidiendo con lo observado en el presente estudio. No obstante, Lauzurica et al. (1999) citado por Pérez-Meléndez et al. (2007) reportaron que las hembras ovinas muestran mayor peso de vísceras que los machos, probablemente debido a una mayor proporción de grasa.

El peso de los asnos no afectó ($P > 0.05$) el pH de la canal independientemente de su procedencia, género y edad (Tabla 2.4). Lo cual es contrario a lo reportado por Bianchi et al. (2006) quienes observaron una diferencia del pH de la canal entre corderos livianos y pesados, siendo más elevado en los primeros; los autores atribuyen esa diferencia a factores estresantes y a reservas de glucógeno.

Lo anterior coincide también con lo reportado por Tejeda et al. (2008) en corderos, en la que no se observó efecto del peso de los animales sobre el pH de la

canal, sin embargo los autores si mencionan una interacción entre el peso y el género sobre el pH.

En cuanto al color de la carne, se observó efecto ($P < 0.05$) del peso sobre a^* en la carne, siendo superior en asnos de mas de 150 kg; sin embargo L^* y b^* fueron similares ($P > 0.05$) en los rangos de peso evaluados. En la grasa abdominal, L^* fue mayor ($P < 0.05$) en los asnos de 150 kg o menos, comparados con asnos con peso superior a los 150 kg independientemente de su procedencia, género y edad. Por su parte, en la grasa abdominal, a^* fue mayor ($P < 0.05$) en los asnos de más de 150 kg, mientras que b^* no fue afectada ($P > 0.05$) por el peso al sacrificio. En la grasa subcutánea, no se observó efecto ($P > 0.05$) del peso al sacrificio sobre L^* , a^* y b^* (Tabla 2.4). En este sentido, un estudio realizado en corderos (Bianchi et al., 2006) no se observó efecto del peso al sacrificio sobre el color de la carne, siendo similar entre animales livianos y pesados, en relación a con lo anterior, Sañudo et al. (1998) mencionan que las características productivas como lo es el peso al sacrificio, en general influyen mayormente sobre las características de la canal, resultando que su efecto es menor sobre los atributos de la carne. Así mismo, Majdoub-Mathlouthi et al. (2013) en su estudio en corderas, no observaron efecto del peso sobre el pH de la canal y color de la carne y grasa.

2.4 Conclusiones

Se concluye que el peso y el rendimiento de la canal de los asnos importados de EU son mayores que los mexicanos. Además, los machos castrados tuvieron

mayores pesos y rendimientos de canales calientes que las hembras. Los asnos adultos y los viejos mostraron un mayor peso y rendimiento de la canal. Los asnos con un peso al sacrificio de más de 150 kg tuvieron mayores pesos y rendimientos de canal caliente y fría. El origen afectó el pH de la canal, con valores de pH mayores en asnos importados. El color de la grasa se vio afectado por la edad de los asnos, tendiendo a ser más amarillos en asnos más viejos.

2.5 Literatura citada

- Aganga, A. A., A. O. Aganga, T. Thema, y K. O. Obocheleng. 2003. Carcass analysis and meat composition of the donkey. *Pakistan Journal of Nutrition*. 2(3): 138-147.
- Amtmann, V. A., C. Gallo, G. van Schaik, y N. Tadich. 2006. Relaciones entre manejo antemortem, variables sanguíneas indicadores de estrés y pH de la canal en novillos. *Arch. Med. Vet.* 38(3): 259-264.
- Andres, S., I. Murray, E. A. Navajas, A. V. Fisher, N. R. Lambe, y L. Bünger. 2007. Prediction of sensory characteristics of lamb meat samples by near infrared reflectance spectroscopy. *Meat Science*. 76: 509-516.
- Arcos-Garcia, G., A. Totosaus, I. Guerrero, C. Perez, y M. Lourdes. 2002. Physicochemical, sensory, functional and microbial characterisation of horse meat. *Revista Brasileira Agrociência*. 8(1): 43-46.

- Barrón, G. S., O. M. Izaguirre, V. C. Meneses, A. M. Shimada. 2006. La pigmentación amarilla del tejido adiposo de bovinos finalizados en pastoreo y su relación con su concentración de carotenoides y el perfil de ácidos grasos. 44(2): 231-240.
- Belaunzaran, X., J.B. Bessa, P. Lavin, A. R. Mantecón, J. K. G. Kramer, y N. Aldai. 2015. Horse-meat for human consumption –current research and future opportunities. Meat Science. 108: 74-81.
- Bianchi, G., G. Garibotto, S. Forichi, A. Zabala, P. Benia, O. Feed, J. Franco, F. Ballesteros y O. Bentancur. 2006. Efecto del sistema de refrigeración sobre la calidad de la carne de corderos pesados Dhone Merino x Corriedale. Revista Argentina de Producción Animal 26: 217 – 224.
- Cassens, R. G. 1994. Meat Preservation. Preventing losses and assuring safety. Food y Nutrition Press, Inc. U.S.A. pp. 11-31.
- Catelli, J.L. 2004. El caballo en Europa para producción de carne. Veterinaria Argentina Num. 21 Vol. 205:364-368.
- Díaz, M .T., S. Velasco, C. Pérez, S. Lauzurica, F. Huidobro, y V. Cañeque. 2003. Physico-chemical characteristics of carcasses and meat Manchego-breed suckling lambs slaughtered at different weights. Meat Science. 65: 1085-1093.
- Dunne, P. G., F. J. Monahan, F. P. O'Mara, y A. P. Moloney. 2009. Colour of bovine subcutaneous adipose tissue: A review of contributory factors, associations with carcass and meat quality and its potential utility in authentication of dietary history. Meat Science. 81: 28-45.

- Fàbregas, X. 2002. Producción, calidad y consumo de carnes equinas en España
EUROCARNE N° 110.
- Franco, D., M. Fernández, S. Temperán, L. García y J. M. Lorenzo. 2011. Calidad de la canal del potro gallego de monte. Centro Tecnológico de la Carne. San Cibrao das Viñas. Arch. Zootec. 60 (231): 385-388.
- Frías, J. C., E.M. Aranda, J. A. Ramos, C. Vázquez y P. Díaz. 2011. Calidad y rendimiento en canal de corderos en pastoreo suplementados con caña de azúcar fermentada. Num. 15 Vol. 3: 33-44.
- Furtado, C. E., M. C. Campos, V. L. Ferreira, E. Gasparino, K. M. Oliveira y M. R. Nanni. 2010. Influência do peso vivo, da idade e do sexo sobre características de carcaças de equinos. R. Bras. Zootec. Vol.39 No.12.
- Gallo, C., G. Lizondo, T. Knowles. 2003. Effects of journey and lairage time on steers transported to slaughter in Chile. Vet Rec. 152: 361-364.
- Gill, C. O. 2005. Safety and storage stability of horse meat for human consumption. Meat Science. 71: 506–513.
- Horcada, A. M. J. Berrain, A. Purroy, G. Lizaso, y J. Chasco. 1998. Effect of sex on meat quality of Spanish lamb breeds (Lancha and Rasa Aragonesa). Animal Science. 67: 541-547.
- Juárez, M., O. Polvillo, M. D. Gómez, M. J. Alcalde, F. Romero, y M. Valera. 2009. Breed effect on carcass and meat quality of foals slaughtered at 24 months of age. Meat Science. 83: 224–228.

- Lambe, N. R., E. A. Navajas, A. V. Fisher, G. Simm, R. Roeche, y L. Bünger. Prediction of lamb meat eating quality in two divergent breeds using various live animal and carcass measurements. *Meat Science* 83: 366-375.
- Lanza, M., C. Landi, M. Scerra, V. Galofaro y P. Pennisi. 2009. Meat quality and intramuscular fatty acid composition of Sanfratellano and Haflinger foals. *Meat Sci.* 81: 142–147.
- Lauzurica, S., C. Perez, V. Cañeque, F. Ruiz de Huidobro, S. Velasco, M.T. Díaz y J. Goyán. 1999. Parámetros productivos del Lechal Manchego y características al sacrificio. *ITEA*. Vol 20: 104-106.
- Lazzaroni, C., y D. Biagini. 2008. Effect of pre- and post-pubertal castration on Piemontese male cattle. II: Carcass measures and meat yield. *Meat Science*. 80: 442-448.
- Lombardi-Boccia, G., S. Lanzi, y A. Aguzzi. 2005. Aspects of meat quality: trace elements and B vitamins in raw and cooked meats. *Journal of Food Compositions and Analysis*. 18: 39-46.
- López, T.R., R. García, M. Mellado y J. Acosta. 2002. Crecimiento y características de la canal de bovinos Charoláis y Beefmaster alimentados con dos fuentes de proteína y dos niveles de grasa sobrepasante. *Tec. Pecu. Mex*; 40(3): 291-298.
- Lorenzo, J. M., C. Fuciños, L. Purriños, y D. Franco. 2010. Intramuscular fatty acid composition of “Galician Mountain” foals breed: Effect of sex, slaughtered age and livestock production system. *Meat Science*. 86: 825–831.

- Lorenzo, J. M., M. V. Sarriés, A. Tateo, P. Polidori, D. Franco, y M. Lanza, 2014. Carcass characteristics, meat quality and nutritional value of horsemeat: A review. *Meat Science*. 96: 1478–1488.
- Lorenzo, J. M., y J. Carballo. 2015. Changes in physico-chemical properties and volatile compounds throughout the manufacturing process of dry-cured foal loin. *Meat Science* 99: 44-51.
- Mamani-Linares L. W., F. Cayo, y C. Gallo. 2014. Características de la canal, calidad de la carne y composición química de carne de llama: Una revisión. *Revista de Investigaciones Veterinarias del Peru*. 25(2): 123-150.
- Mamani-Linares, L.W., y C. Gallo. 2011. Composición química y calidad instrumental de carne de bovino, llama (lama glama) y caballo bajo un sistema de crianza extensiva. *Rev. Inv. Vet. Perú*, 22 (4): 301-311.
- Martin-Rosset, W., R. Boccard, M. Jussiaux, J. Robelin, C. Trillaud-Geyl, N. Nicolas, R. Jailler, C. Dehalle y G. Cuyllé. 1983. Croissance relative des différents tissus, organes et régions corporelles entre 12 et 30 mois chez le cheval de boucherie de différentes races lourdes. *Annales de Zootechnie*. 32 (2):153-174.
- Martin-Rosset, y J. P. Dulphy. 1987. Digestibility interactions between forages and concentrates in horses: influence of feeding level – comparison with sheep. *Livestock Production*. 17: 263-276.
- Monti, G., E. Bertino, M. C. Muratone, A. Coscia, F. Cresi, L. Silvestro, C. Fabris, D. Fortunato, M. G. Giuffrida, y A. Conti. Efficacy of donkey's milk in treating

highly problematic cow's milk allergic children: An in vivo and in vitro study. *Pediatr Allergy Immunol.* 18:258-264.

Morón, F. O. E., y G. L. Zamorano. 2004. Pérdida por goteo en carne cruda de diferentes tipos de animales. Departamento de Zootecnia, Facultad de Agronomía, Universidad del Zulia. *Revista Científica, FCV-LUZ / Vol. XIV. N° 1, 36 – 39.*

Nivia, O. A., M. E. Belalcazar y A. M. Vanegas. 2014. Determinación del volumen de sacrificio y evaluación de variables cualitativas y cuantitativas en equinos sacrificados en una planta de beneficio animal. *Zootecnia Trop.* 32 (1): 83-89.

Noia, M., D. Olivera y F. C. Cárdenas. 2009. Evaluación de los principales parámetros de calidad en carne equina. *Rev. Ciencia Veterinaria.* Vol. 11:1515 – 1883.

Pérez-Meléndez, P., M. M. Maino, G. C. Köbrich, M. S. S. Morales y J. R. Pokniak. 2007. Efecto del peso de sacrificio y sexo sobre la canal de corderos lactantes del cruce Suffolk Down x Merino precoz alemán. *Revista Científica, FCV-LUZ / Vol. XVII. 6: 621-626.*

Polidori, P., S. Pucciarelli, A. Ariani, V. Polzonetti, y S. Vincenzetti. 2015. A comparison of the carcass and meat quality of Martina franca donkey foals aged or 12 months. *Meat Science.* 106: 6-10.

Polidori, P., S. Vincenzetti, C. Cavalluci, y D. Beghelli. 2008. Quality of donkey meat and carcass characteristics. *Meat Science.* 80: 1222-1224.

- Priolo, A., D. Micol, J. Agrabiél, S. Prache, y E. Dransfield. 2002. Effect of gras sor concéntrate feeding system on lamb carcass and meat quality. *Meat Science*. 62: 179-185.
- Reis, M., y K. Rosenvold. 2014. Early on-line classification of beef carcasses base don ultimate pH by near infrared spectroscopy. *Meat Science*. 96: 862-869.
- Ripoll, G., P. Albertí, y M. Joy. 2002. Influence of alfalfa grazing-based feeding systems on carcass fat color and meat quality of light lambs. *Meat Science*. 90: 457-464.
- Rodríguez, E. M. E., G. C. Flores, B. S. Sánchez, A. D. A. Rojo, J. A. G. Ahuir, C. R. Muela, L. C. Palacios, V. E. S. Beltrán, y F. J. S. Sánchez. 2013. Calidad de la carne de bovinos engordados en un sistema silvopastoril intensivo en dos épocas del año. *Tropical and Subtropical Agroecosystems*. 16: 235 – 241.
- Rosenvold, K., y H. J. Andersen. 2003. The significance of pre-slaughter stress and diet on color and color stability of pork. *Meat Science*. 63: 199-209.
- Salgueiro, J., M. D. Díaz, y J. A. Carballo. Efecto del peso de sacrificio y la raza en la canal de terneros aliemntados con ensilados. 2008. *Archivos de zootecnia*. 57 (219): 295-306.
- Santos-Ricalde, R. H., L. W. Trejo y H. W. Osorto. 2011. Rendimiento de la canal y desarrollo de los órganos torácicos y abdominales de los 25 a los 45 kg en cerdos criollos pelones. *Revista Científica, FCV-LUZ / Vol. XXI*. 5: 396 – 402.
- Sarriés, M. V., y M. J. Beriain. 2005. Carcass characteristics and meat quality of male and female foals. *Meat Sci*. 70: 141–152.

- Sarriés, M. V., y M. J. Beriain. 2006. Colour and texture characteristics in meat of male and female foals. *Meat Sci.* 74: 738–745.
- Sarriés, M. V., y M. J. Beriain. 2001. Carne de potro: ¿desconocida para el consumidor? *Rev. Mundo ganadero.* 84-88.
- Shemeis, A. R., T. Liboriussen, B. Bech, y O. Y. Addallah. 1994. Offal components, body fat partition, carcass composition and carcass tissues distribution in Danish Friesian cull cows of different age and body condition. *Livestock Production Science.* 40: 165-170.
- Stanciu, S. 2015. Horse meat consumption – between scandal and reality. *Procedia Economics and finance.* 23: 697-703.
- Strydom, P. E. y E. M. Buys. 1993. The effects of spray-chilling on carcass mass loss and surface associated bacteriology. *Meat Science.* 39: 265-276.
- Tateo, A., P. De Palo, E. Ceci, y P. Centoducati. 2008. Physicochemical properties of meat of Italian Heavy Draft horses slaughtered at the age of eleven months.
- Vergara, H., y A. Molina. 1998. Influence of sex and slaughter weight on carcass and meat quality in light and medium weight lambs produced in intensive systems. *Meat Science.* 52: 221-226.
- Vestergaard, M., N. Oksbjerg, y P. Hernkel. 2000. Influence of feeding intensity, grazing and finishing feeding on muscle fibre characteristics and meat color of semitendinosus, longissimus dorsi and supraespinatus muscles of young bulls. *Meat Science.* 54: 177-185.

- Walker, P. J., R. D. Warner, y C. G. Winfield. 1990. Sources of variation in subcutaneous fat colour of beef carcasses. *Proceedings of the Australian Society of Animal Production*. 18: 416-419.
- Warris, P. D. 2000. *Meat Science. An introductory text*. CABI publishers, Bristol. Pp 20-37.
- Wulf, D.M., R.S. Emmett, J.M. Leheska y S.J. Moeller, 2002. Relationship among glycolytic potential, dark cutting (dark, firm and dry) beef, and cooked beef palatability. *J. Anim. Sci.* 80:1895-1903.
- Yang, A., M. C. Lanari, M. Brewester, R. K. Tume. 2002. Lipid stability and meat color of beef from pasture- and grain-fed cattle with or without vitamin E supplement. *Meat Science*. 60: 41-50.

CAPÍTULO 3.

EFFECTO DE LA PROCEDENCIA, GÉNERO, EDAD Y PESO AL SACRIFICIO SOBRE EL RENDIMIENTO EN CANAL, COLOR, PÉRDIDA POR REFRIGERACIÓN Y PESO DE LOS ÓRGANOS VISCERALES DE EQUINOS

3.1 Resumen

El objetivo fue evaluar el efecto de la procedencia, género, edad y peso al sacrificio sobre el peso y rendimiento en canal, pérdida por refrigeración, pH y color de la carne y grasa de las canales de equinos sacrificados en el Estado de Zacatecas, México. Se realizó el muestreo de 1480 equinos, *ante mortem* se registró el peso al sacrificio; *post mortem* se registró el peso de la canal caliente y se pesaron los órganos viscerales. 24 h después se registró el peso de la canal fría y se calculó el rendimiento en canal caliente y fría. El experimento fue conducido como un diseño completo al azar, los datos se analizaron ajustando un modelo estadístico que incluyó los efectos de procedencia, edad, género y peso al sacrificio. En lo relacionado a la canal, en promedio los equinos procedentes de EUA tuvieron mayor peso y rendimiento en canal caliente y fría comparados con los nacionales. De acuerdo al género, se observó mayor rendimiento en canal caliente y fría en los machos con respecto a las hembras. Por su parte, la edad afectó el peso de la canal caliente y fría; siendo superior en animales adultos. El peso al sacrificio tuvo efecto sobre el rendimiento en canal caliente y fría,

siendo superiores en los equinos de mayor peso. Además, la pérdida por refrigeración disminuyó conforme aumentó el peso de los animales; caso contrario, el rendimiento de las vísceras disminuye conforme se incrementa el peso al sacrificio. Se concluye que la procedencia, el género, edad y peso al sacrificio afectan las características de la canal de los equinos sacrificados en México.

Palabras clave: Carne de equino, Procedencia, Peso al sacrificio, Rendimiento en canal.

3.2 Abstract

The objective was to evaluate the effect of provenance, gender, age and slaughter weight on carcass weight and yield, cooling loss, pH and color of meat and fat of slaughtered equine in State of Zacatecas, Mexico. Sampling of 1480 equines was carried out, *ante mortem* the slaughter weight was recorded; *post mortem* the weight of the warm carcass was recorded, and the visceral organs weighed. 24 hours later, the weight of the cold carcass was recorded and the hot and cold carcass yield was calculated. The experiment was conducted as a complete random design, the data were analyzed adjusting a statistical model that included the effects of provenance, age, gender and slaughter weight. Regarding the carcass, on average the horses from the USA had greater weight and yield in hot and cold carcass compared to the national ones. According to the gender, higher yield was observed in hot and cold carcass in the males with respect to the females. On the other hand, age affected the weight of the hot and cold carcass; being superior in adult animals. Slaughter weight had an effect on the hot and cold carcass yield, being higher in the heavier horses. In addition, the cooling

loss decreased as the weight of the animals increased; In contrast, the yield of the viscera decreases as the slaughter weight increases. It is concluded that provenance, gender, age and weight at slaughter affect the carcass characteristics of the horses slaughtered in Mexico.

Key words: Horsemeat, origin, carcass yield, slaughter weight.

3.3 Introducción

De acuerdo con datos de la FAO (2015) México es el principal productor y exportador de carne de equino en el continente americano y participa con el 11% de la producción mundial. En cuanto al consumo de carne de caballo en el mundo, éste se encuentra concentrado principalmente en algunos países de Europa, como Italia, Francia y Bélgica, al ser de la dieta tradicional de muchas comunidades (Stanciu, 2015). Sin embargo, es difícil estimar de manera precisa la cantidad consumida *per cápita* (Gil, 2005), pero se estima un consumo de 0.10 kg (Belaunzaran *et al.*, 2015). No obstante, el consumo de carne de equino sigue siendo marginal con respecto a otras carnes como la de bovino, cerdo y pollo (Lombardi-Boccia *et al.*, 2005). Cabe destacar que su consumo ha mostrado un aumento, por una parte debido a problemas de seguridad y sanidad que enfrentan otras carnes como la encefalopatía espongiforme en bovinos (FAOSTAT 2007) y además por sus características, al ser catalogada como una carne de excelente calidad, rica en hierro, baja en grasa y fuente importante de ácidos grasos insaturados (Lorenzo *et al.*, 2010; Tateo, 2008).

Dada la composición de la carne de equino, es considerada un alimento nutricionalmente muy valioso, ya que su consumo puede cubrir los requerimientos diarios de minerales en el ser humano (Banu, 2009), además de ser rica en ácidos grasos omega 3 (Lombardi-Boccia *et al.*, 2005). A lo anterior, se le suma que el consumidor considera el consumo de carne de equino menos estresante para el medio ambiente, debido a la menor emisión de metano por parte de los equinos (Belaunzaran *et al.*, 2015). Debido a esto, la producción de carne de equino en distintos países de Europa se ha presentado como una alternativa dentro de las carnes de abasto (Catelli, 2004).

Históricamente la función zootécnica de los equinos no es la producción de carne, sin embargo en la actualidad se estima que entre un 8 a 10 % de los equinos en el mundo son destinados a este fin (Stanciu, 2015), una parte de estos animales la componen aquellos que terminan su vida productiva en otras actividades, lo que aparentemente puede afectar la calidad de la carne, principalmente sus características organolépticas (Stanislawczyk y Znamirowska, 2005), no obstante algunas razas han sido seleccionadas y criadas para este propósito, principalmente en el continente Europeo (Tateo *et al.*, 2008). Esta especie presenta ventajas como los son los altos rendimientos en canal en comparación con especies convencionales, los cuales van de 60 a 70 % (Lanza *et al.*, 2009; Sarriés y Beriain, 2005) y una composición de la canal que se distribuye en 70 % de músculo, 20 % de hueso y 10 % de grasa (Torres, 2003) los cuales son superiores a los rendimientos reportados en especies como bovinos (López *et al.*, 2002) y ovinos (Frias *et al.*, 2011; Macías *et al.*, 2010).

En relación con lo anterior, diferentes investigaciones han reportado factores como la raza, género, edad y sistema de producción e interacciones entre estas, afectan el peso y rendimiento de la canal, así como la calidad de la carne en especies como los equinos y bovinos (De Palo *et al.*, 2014; Franco *et al.*, 2013; Juárez *et al.*, 2009; Horcada y Molina, 2008; Lambe, 2008; Monreal y Horcada, 2008; López *et al.*, 2002).

Cabe señalar que aunque México es un importante exportador mundial de carne de equino, carece de información que caracterice el sistema de producción, en particular los rendimientos de los animales sacrificados en el país; así como los factores que afectan estos rendimientos. Por esta razón, el objetivo de este trabajo fue evaluar el efecto de la procedencia, género, edad y peso al sacrificio sobre el peso y rendimiento de la canal y componentes corporales de equinos sacrificados en México.

3.4. Material y Métodos

3.4.1 Animales

El estudio fue realizado con asnos que ingresaron a la planta de proceso de la Empacadora de Carnes de Fresnillo, S.A. de C.V. planta Tipo Inspección Federal # E 42 en el Estado de Zacatecas, México. Se utilizaron 1480 equinos, con un total de 945 procedentes de Estados Unidos (EUA) (507 hembras y 438 machos) y 535 de procedencia nacional (243 hembras y 292 machos) sacrificados durante el periodo comprendido entre los meses de abril a junio del 2014.

Los animales fueron clasificados de acuerdo a su procedencia, se consideró como equinos nacionales a todos los provenientes de acopios dentro de la república mexicana y como procedentes de EUA a los caballos importados. De acuerdo al género los animales fueron clasificados como hembras y machos; todos los machos incluidos en estudio estuvieron castrados. Se determinó la edad de los animales por medio de la dentición, los animales menores de 3 años fueron clasificados como potros, como jóvenes a los equinos con edad de 3 a 8 años, como adultos fueron considerados animales con edades de 8 a 15 años y como animales viejos a todos los animales de 15 años o más.

Previo al sacrificio, se determinó el peso al sacrificio de cada animal utilizando una báscula electrónica para ganado marca Torrey® modelo PG con capacidad para 2000 kg. A partir del PS los animales fueron clasificados en uno de ocho grupos considerados, los cuales son los siguientes en orden ascendente de 150 a 200 kg, 201 a 250 kg, 251 a 300 kg, 301 a 350 kg, 351 a 400 kg, 401 a 450 kg, 451 a 500kg y >500 kg.

3.4.2 Sacrificio de los animales y mediciones

Los animales fueron sacrificados de acuerdo con lo establecido en la Norma Oficial Mexicana para el sacrificio humanitario de los animales (NOM-033-ZOO-1995). Posterior al sacrificio fueron retirados y pesados individualmente la cabeza, miembros y piel utilizando básculas electrónicas (Torrey® Modelo EQB 100/200) y se calculó el rendimiento de las mimas a partir del peso vivo.

3.4.3 Peso de la canal caliente

La canal caliente fue pesada inmediatamente después del sacrificio. El RCC fue calculado dividiendo el peso de la canal caliente entre el peso vivo, restando el peso del contenido digestivo al peso vivo.

3.4.4 Componentes viscerales

Utilizando básculas electrónicas (Torrey® Modelo EQB 100/200) se pesaron de cada animal por separado las vísceras verdes (estómago, intestino delgado, intestino grueso y ciego) y las vísceras rojas (corazón, pulmones, hígado y bazo) y se calcularon los rendimientos de estas vísceras a partir del peso vivo.

3.4.5 Peso de la canal fría

Las canales fueron refrigeradas por 24 h a 2°C y una humedad relativa de 98%. Después de este periodo las canales fueron pesadas para obtener el peso de la canal fría. El rendimiento de la canal fría fue calculado dividiendo el peso de la canal fría entre el peso vivo al sacrificio.

3.4.6 Pérdida por refrigeración

Se calculó como el cociente entre la diferencia del peso de la canal caliente y peso de la canal fría, dividido por el peso de la canal caliente.

3.4.7 pH

El pH se evaluó en el *Longissimus dorsi* a los 45 min del sacrificio, utilizando un potenciómetro equipado con un electrodo de penetración y termómetro (Hanna Instruments, HI-9025, Woonsocket, RI).

3.4.8 Color de la carne y grasa

El color de la carne y grasa (L^* , a^* , b^*) se determinó mediante espectrómetro (modelo Minolta CR-400, Konica Minolta Sensing, Inc., Osaka, Japón), en la superficie del músculo *semitendinoso* a los 45 min. De la misma manera, se midió el color de la grasa dorsal y abdominal directamente en la canal a los 45 min post mortem.

3.4.9 Análisis estadístico

Se utilizó un diseño completamente al azar, considerando los efectos fijos de procedencia, género, edad y peso al sacrificio de los equinos. Se realizó análisis de varianza mediante el procedimiento PROC GLM del paquete estadístico SAS University Edition (SAS, Inst. Inc., Cary, NC). Cuando se observaron efectos significativos para las variables evaluadas, se realizó una comparación de medias utilizando el método Tukey con la instrucción MEANS de SAS. Se consideraron diferencias significativas cuando $P < 0.05$.

3.5 Resultados y discusión

3.5.1 Origen de los equinos

Los resultados del efecto del origen de los equinos sobre las características de la canal se muestran en la Tabla 3.1. En ella se puede observar que el peso y el rendimiento de la canal caliente y fría es mayor ($P < 0.05$) en los equinos importados comparados con los nacionales. Tanto el peso como el rendimiento de la canal de los caballos procedentes de EUA como los nacionales, son superiores reportados por Nivia et al. (2014) en plantas de sacrificio colombianas, los cuales según su estudio tienen un peso de canal caliente promedio de 144 kg, sin embargo, reporta un coeficiente de variación alto, el cual lo atribuye a la gran diversidad de grupos raciales, condición corporal, manejo y alimentación previa de los animales. Por su parte, Fábregas y Such (2001) obtuvieron promedios para canal caliente de 243.0 kg en equinos sacrificados en España, los cuales comparados con los observados en el presente estudio superan a los equinos nacionales, pero son similares a los observados en equinos procedentes de EUA. Otro estudio realizado con caballos de la raza Haflinger, Lanza et al. (2009) obtuvieron promedios para canal caliente que coinciden con lo obtenido en los caballos nacionales del presente estudio, así como también valores para el caballo Sanfratellano similares a los resultantes para caballos procedentes de EUA. Sin embargo, Sarriés y Beriain (2006) reportan canales calientes de 275 kg, los cuales resultan muy superiores a los observados tanto en caballos nacionales como de EUA de este estudio.

Tabla 3.1. Medias de mínimos cuadrados de las características de la canal, componentes corporales y color (L^* , a^* , b^*) del musculo *semitendinoso*, grasa subcutánea y abdominal de los equinos de acuerdo a su origen.

| | Origen | | EEM |
|-------------------------------------|-------------------|--------------------|------|
| | México | U.S.A. | |
| Características de la canal | | | |
| Peso de canal caliente, kg | 182 ^b | 240.2 ^a | 43.6 |
| Peso de canal fría a 24 h, kg | 177 ^b | 234 ^a | 42.6 |
| Pérdida por refrigeración a 24 h, % | 2.8 | 2.7 | 0.9 |
| Rendimiento canal caliente, % | 56 ^b | 61.2 ^a | 4.4 |
| Rendimiento canal fría, % | 54.4 ^b | 59.5 ^a | 4.3 |
| pH 45 min <i>postmortem</i> | 6.6 | 6.7 | 0.04 |
| Componentes corporales, % | | | |
| Cabeza | 3.9 ^b | 3.7 ^a | 0.4 |
| Piel | 4.3 ^a | 3.6 ^b | 1.3 |
| Estómago | 0.5 | 0.4 | 0.2 |
| Intestino delgado | 1.5 | 1.6 | 0.4 |
| Intestino grueso | 0.8 | 0.8 | 0.4 |
| Ciego | 0.7 | 0.6 | 0.2 |
| Bazo | 0.3 | 0.3 | 0.1 |
| Corazón | 0.6 | 0.6 | 0.1 |
| Pulmones | 0.8 | 0.9 | 0.3 |
| Hígado | 1.1 | 1.1 | 0.3 |
| Color | | | |
| Musculo <i>Semitendinoso</i> | | | |
| L^* | 32 | 34.0 | 1.7 |
| a^* | 16.5 | 15.4 | 0.7 |
| b^* | 5.2 | 4.5 | 0.5 |
| Grasa abdominal | | | |
| L^* | 60.2 | 62.5 | 2.0 |
| a^* | 14.2 | 12.3 | 1.2 |
| b^* | 29.1 | 26.8 | 2.9 |
| Grasa subcutánea | | | |
| L^* | 77.3 | 74.6 | 1.2 |
| a^* | 4.5 | 6.6 | 0.7 |
| b^* | 23.5 | 26 | 1.8 |

^{ab} Literales distintas entre columnas indican diferencia significativa ($P < 0.05$). ¹ Los componentes corporales están indicados en porcentaje del peso vivo. ² Escala de color: L^* = Luminosidad (0 = negro, 100 = blanco); a^* = rojo a verde (valores positivos = rojos, valores negativos = verdes); b^* = amarillo a azul (valores positivos = amarillos, valores negativos = azul).

Descrito lo anterior, cabe mencionar que las razas pesadas utilizadas en algunos países de Europa para la producción de carne, están aún muy por arriba de todos estos valores, pues se logran pesos al sacrificio que van de los 550 a los 580 kg a muy cortas edades y por consecuencia se obtienen canales con pesos de 320 a 350 kg (Torres, 2003). En relación a lo anterior, los rendimientos en canal obtenidos por Nivia et al. (2014) son similares a los de caballos nacionales evaluados en este trabajo, en ambos casos, los rendimientos fueron superiores a los encontrados por Franco et al. (2011) y por Valtierra (1973) en potros, pero muy por debajo de los caballos procedentes de EUA del presente estudio, donde los rendimientos se encuentran por arriba del 60 %. No obstante, Sarriés y Beriain (2006) reportan rendimientos cercanos al 70 %. Por su parte, Furtado et al. (2010) reportaron rendimientos en canal por debajo del 51 % en caballos Mestizos y sin observar diferencia entre los diferentes grupos de pesos, edades y géneros. Lo anterior, sugiere que pudiera existir una mayor influencia de la raza sobre el peso y rendimiento en canal que por el origen, edad o género de los animales. En este punto, es conveniente destacar que las diferencias existentes entre los animales evaluados en el presente estudio y los evaluados en Europa, se deben principalmente a las diferentes razas a las que pertenecen, así como al sistema de producción (Franco et al., 2013; Franco et al., 2011; Tateo et al., 2008) ya que en México los animales destinados a la producción de carne son aquellos que no cumplen con el fenotipo deseado para otras actividades, o bien, por alguna lesión que les impida seguir realizando actividades de deporte u otras, por lo que se puede considerar como una actividad secundaria.

3.5.2 Género

El género no afectó ($P>0.05$) el peso de la canal de los equinos (Tabla 4.2), sin embargo el rendimiento de la canal caliente y fría si fue afectado ($P<0.05$) por el género de los animales, siendo mayor el rendimiento en los machos en comparación de las hembras independientemente de su origen (Tabla 4.2). En este sentido, se ha reportado efecto del género sobre las características de canal de los equinos (Juarez et al., 2009) algunas investigaciones indican que en especies como los ovinos, el efecto del género sobre las características de la canal está mayormente relacionado con la cantidad de grasa que a la cantidad de musculo (Díaz et al., 2003; Horcada et al., 1998). Por otra parte, de acuerdo al género, Sarriés y Beriain (2006) observaron que no existió efecto de este sobre el peso al sacrificio en potros de 16 y 24 meses de edad, de igual forma en los animales sacrificados no hubo efecto del género sobre el peso de la canal, coincidiendo con lo reportado por Furtado et al. (2010) quienes además señalaron que no existe efecto del género sobre el rendimiento en canal. Sin embargo, en el presente trabajo se observaron diferencias en el rendimiento en canal caliente y fría entre machos y hembras; siendo superior en los primeros, lo cual coincide con Nivia et al. (2014) quienes mostraron promedios superiores para peso al sacrificio y rendimiento en canal en favor de los machos. No obstante, Fábregas y Such (2001) sostienen que el género tiene un bajo efecto sobre estas variables, lo que también coincide con lo reportado anteriormente por Martin-Rosset et al. (1983) quienes mencionaron que las diferencias de género no afectan el crecimiento relativo de caballos pesados.

Tabla 3.2. Medias de mínimos cuadrados de las características de la canal, componentes corporales y color (L^* , a^* , b^*) del musculo *semitendinoso*, grasa subcutánea y abdominal de los equinos de acuerdo a su género.

| | Género | | EEM |
|-------------------------------------|-------------------|-------------------|------|
| | Hembra | Macho | |
| Características de la canal | | | |
| Peso de canal caliente, kg | 220.5 | 222.3 | 28.3 |
| Peso de canal fría a 24 h, kg | 215 | 216 | 27.1 |
| Pérdida por refrigeración a 24 h, % | 2.7 | 2.8 | 1.7 |
| Rendimiento canal caliente, % | 59 ^b | 60 ^a | 4.9 |
| Rendimiento canal fría, % | 57.5 ^b | 58.3 ^a | 4.9 |
| pH 45 min <i>postmortem</i> | 6.7 | 6.7 | 0.07 |
| Componentes corporales, % | | | |
| Cabeza | 3.7 | 3.8 | 0.5 |
| Piel | 3.8 | 3.8 | 1.2 |
| Estómago | 0.4 | 0.4 | 0.1 |
| Intestino delgado | 1.5 | 1.5 | 0.4 |
| Intestino grueso | 0.8 | 0.8 | 0.3 |
| Ciego | 0.6 | 0.6 | 0.2 |
| Bazo | 0.3 | 0.3 | 0.1 |
| Corazón | 0.6 | 0.6 | 0.1 |
| Pulmones | 0.9 | 0.8 | 0.3 |
| Hígado | 1.1 | 1.1 | 0.3 |
| Color | | | |
| Musculo <i>Semitendinoso</i> | | | |
| L^* | 32.3 | 33.3 | 1.9 |
| a^* | 14.7 ^a | 17.3 ^b | 0.7 |
| b^* | 5.7 ^a | 3.6 ^b | 0.6 |
| Grasa abdominal | | | |
| L^* | 62.7 | 60.1 | 2.3 |
| a^* | 12.8 | 13.8 | 1.4 |
| b^* | 30.1 ^a | 25.5 ^b | 1.7 |
| Grasa subcutánea | | | |
| L^* | 75.8 | 76.2 | 1.3 |
| a^* | 5.6 | 5.5 | 0.8 |
| b^* | 26.1 ^a | 23.3 ^b | 3.0 |

^{ab} Literales distintas entre columnas indican diferencia significativa ($P < 0.05$). ¹ Los componentes corporales están indicados en porcentaje del peso vivo. ² Escala de color: L^* = Luminosidad (0 = negro, 100 = blanco); a^* = rojo a verde (valores positivos = rojos, valores negativos = verdes); b^* = amarillo a azul (valores positivos = amarillos, valores negativos = azul).

En lo referente al color de la carne, de acuerdo con los resultados, se observó que a^* y b^* son mayores en las hembras ($P < 0.05$) con respecto a los machos (Tabla 3.2); así mismo, en la grasa abdominal y subcutánea b^* fue mayor ($P < 0.05$) en las hembras independientemente de su origen (Tabla 3.2). De acuerdo con Ripoll et al. (2012) el color de la grasa es una característica muy importante para los consumidores, siendo la grasa amarilla la menos aceptada (Priolo et al., 2002). Existe escasa información sobre el color de la grasa equinos, no obstante en especies como los bovinos, está documentado que el color de la grasa está influido por factores como los genéticos, el sexo, edad al sacrificio y nutrición. No existen referencias científicas sobre el efecto del género de los equinos sobre el color de la grasa, sin embargo Hallenstvedt et al. (2012) en cerdos, observaron diferencias en L^* y a^* entre machos enteros y hembras; siendo mayor en los machos.

Además, en ganado bovino el color amarillo de la grasa también se relaciona con una mayor edad de los animales Shemeis et al. (1994). Está documentado que la pigmentación amarilla del tejido adiposo, está relacionado con el consumo elevado de carotenoides en animales que se encuentran en pastoreo, en contraste con animales alimentados con granos (Izaguirre y Shimada, 2001; Moloney et al., 2013); además, Dunne et al. (2009) reportaron que existen especies animales, entre ellas los equinos, con mayor capacidad de absorber y depositar carotenoides en el tejido graso con las consecuentes implicaciones en el color. Lo anterior puede explicar el hecho de que las hembras presenten mayor coloración amarilla en la grasa comparadas con los machos, esto debido a que por lo general en el continente Americano, donde la producción de carne equina se concierdraría una actividad secundaria al propósito de los equinos, las

hembras permanecen mas tiempo en los potreros como reproductoras en un sistema extensivo (Torres 2003), lo que pudiera traducirse en mayor consumo de forrajes y por lo tanto mayor contenido de carotenoides en su alimentación (Barrón et al., 2006); por otro lado, los machos son criados bajo un manejo mas intensivo con mayor consumo de alimentos concentrados debido a su actividad, hasta que por termino de su vida productiva o por problemas físicos son enviados a sacrificio.

3.5.3 Edad

Los resultados del efecto de la edad de los equinos sobre las características de la canal se muestran en la Tabla 3.3, se puede observar que la edad influyó sobre el peso de la canal caliente y fría de los equinos independientemente de su origen y género, se aprecia que las canales más pesadas se presentaron en los equinos adultos y viejos ($P < 0.05$); comparados con los potros y jóvenes. Sin embargo, la edad no influyó ($P > 0.05$) sobre el rendimiento de la canal. Lo anterior concuerda con lo mencionado por Sarriés y Beriain (2006) quienes mencioanan que el peso y rendimiento de la canal mejoran con la edad, aunque no se debe perder de vista que en los países de Europa los sacrificios son en su mayoría a edades tempranas, por lo que se dificulta comprobar hasta qué edad ocurre este comportamiento, así como también es difícil hacer comparaciones con los resultados obtenidos en animales viejos del presente estudio. En relación con la edad, Furtado et al. (2010) descartaron a ésta, como una variable importante, aunque sus resultados pudieron deberse a que en su estudio solo contempló tres categorías de edad, a diferencia del presente estudio donde los rangos de edad fueron más estrechos.

Tabla 3.3. Medias de mínimos cuadrados de las características de la canal, componentes corporales y color (L^* , a^* , b^*) del musculo *semitendinoso*, grasa subcutánea y abdominal de los equinos de acuerdo a su edad.

| | Edad | | | | EEM |
|-----------------------------------|-------------------|---------------------|--------------------|---------------------|------|
| | Potros | Jóvenes | Adultos | Viejos | |
| Características de la canal | | | | | |
| Peso de canal caliente, kg | 184c | 217.4 ^b | 235 ^a | 227 ^{ba} | 40.7 |
| Peso de canal fría a 24 h, kg | 179 ^c | 211.6 ^{ba} | 228.4 ^a | 220.5 ^{ba} | 40.1 |
| Pérdida por refrigeración a 24 h, | 2.8 | 2.7 | 2.7 | 2.7 | 0.7 |
| Rendimiento canal caliente, % | 58.2 | 59.6 | 58.2 | 57.2 | 5.1 |
| Rendimiento canal fría, % | 56.4 | 58 | 58.2 | 57.8 | 5.0 |
| pH 45 min <i>postmortem</i> | 6.7 | 6.6 | 6.7 | 6.8 | 0.07 |
| Componentes corporales, % | | | | | |
| Cabeza | 3.9 | 3.9 | 3.7 | 3.7 | 0.5 |
| Piel | 4.4 | 3.9 | 3.6 | 3.8 | 1.3 |
| Estómago | 0.5 | 0.4 | 0.4 | 0.4 | 0.1 |
| Intestino delgado | 1.6 | 1.5 | 1.5 | 1.5 | 0.4 |
| Intestino grueso | 0.8 | 0.8 | 0.8 | 0.8 | 0.3 |
| Ciego | 0.7 | 0.6 | 0.6 | 0.6 | 0.1 |
| Bazo | 0.3 | 0.3 | 0.2 | 0.2 | 0.1 |
| Corazón | 0.6 | 0.6 | 0.6 | 0.6 | 0.1 |
| Pulmones | 0.9 | 0.9 | 0.9 | 0.8 | 0.2 |
| Hígado | 1.1 | 1.1 | 1.2 | 1.1 | 0.3 |
| Color | | | | | |
| Musculo <i>Semitendinoso</i> | | | | | |
| L^* | 31.1 | 33.1 | 35.5 | 32.1 | 2.1 |
| a^* | 16.1 | 15.8 | 15.9 | 16.1 | 0.9 |
| b^* | 5.3 | 4.2 | 4.7 | 5.1 | 1.1 |
| Grasa abdominal | | | | | |
| L^* | 60.6 | 62.2 | 59 | 64. | 2.4 |
| a^* | 10 ^b | 11.8 ^b | 15.1 ^a | 13.2 ^a | 1.4 |
| b^* | 24.8 ^b | 25.3 ^b | 28.6 ^a | 29 ^a | 3.2 |
| Grasa subcutánea | | | | | |
| L^* | 75.6 | 76.6 | 76 | 75.4 | 1.4 |
| a^* | 5.9 | 5 | 5.5 | 5.7 | 0.8 |
| b^* | 21.6 | 24.6 | 26.8 | 26.3 | 2.7 |

^{ab} Literales distintas entre columnas indican diferencia significativa ($P < 0.05$). 1 Los componentes corporales están indicados en porcentaje del peso vivo. 2 Escala de color: L^* = Luminosidad (0 = negro, 100 = blanco); a^* = rojo a verde (valores positivos = rojos, valores negativos = verdes); b^* = amarillo a azul (valores positivos = amarillos, valores negativos = azul).

El color de la carne no fue afectado ($P > 0.05$), sin embargo en lo referente al color de la grasa abdominal, presentó mayor a^* y b^* en animales adultos y viejos ($P < 0.05$) comparados con los potros y jóvenes (Tabla 3.3). En este sentido, como se mencionó anteriormente, el color de la grasa es una característica importante para el consumidor, el cual prefiere la grasa de color blanco, está documentado que el color de la grasa está influido por factores como los genéticos, el sexo, edad al sacrificio y nutrición (Priolo et al., 2002; Hallenstvedt et al. 2012; Ripoll et al., 2012). Además, en ganado bovino el color amarillo de la grasa también se relaciona con una mayor edad de los animales Shemeis et al. (1994). Sin embargo, además de la edad está documentado que la pigmentación amarilla del tejido adiposo, está relacionado también con el consumo elevado de carotenoides en animales que se encuentran en pastoreo (Izaguirre y Shimada, 2001; Moloney et al., 2013).

Además se ha documentado que el almacenamiento de los carotenoides está relacionado con factores como el sexo, tasa de crecimiento y estado de salud (Tee, 1992; Gross, 1991), por lo que se podría explicar porque existen diferencias en la coloración amarilla de la grasa en animales de diferente sexo y edad. De acuerdo con lo reportado por Walker et al. (1990) quienes señalaron que las hembras tienen un color amarillo superior a los machos independientemente de su edad. Así mismo mencionaron que en el caso de bovinos de razas Británicas las interacciones entre edad y género; así como entre la edad y el peso de la canal tienen un efecto significativo sobre b^* en la grasa subcutánea.

3.5.4 Peso al sacrificio

Los resultados del efecto del peso al sacrificio se muestran en la Tabla 3.4. Se puede observar que el peso y rendimiento de la canal tanto caliente como fría aumenta ($P < 0.05$) conforme aumenta el peso al sacrificio, siendo así que los mayores pesos y rendimientos se muestran en los animales de mas peso. Un comportamiento similar se observa en bovinos (Zalgueiro et al., 2008) en los cuales conforme aumenta el peso al sacrificio lo hace también el peso de las canales, del mismo modo en ovinos se ha observado una mayor producción a mayor peso al sacrificio (Santos et al., 2007).

Por su parte, Sarriés y Beriain (2006) reportaron canales frías con peso promedio de 270 kg, los cuales resultan muy superiores a los observados en el presente estudio en diferentes procedencias, pero similares en promedio a los que se presentaron en animales con peso al sacrificio superior a los 400 kg en ambas procedencias. En este punto, es conveniente destacar que las diferencias existentes entre los animales evaluados en el presente estudio y los evaluados en Europa, se deben principalmente a las diferentes razas a las que pertenecen, así como al sistema de producción (Franco et al., 2013; Franco et al., 2011; Tateo et al., 2008) ya que en México los animales destinados a la producción de carne son aquellos que no cumplen con el fenotipo deseado para otras actividades, o bien, por alguna lesión que les impida seguir realizando actividades de deporte u otras, por lo que se puede considerar como una actividad secundaria.

Tabla 3.4. Medias de mínimos cuadrados de las características de la canal y componentes corporales de los equinos de acuerdo a su peso al sacrificio.

| | Peso al sacrificio, kg | | | | | | | | EEM |
|-----------------------------------|------------------------|--------------------|--------------------|--------------------|-------------------|-------------------|--------------------|--------------------|------|
| | 150-200 | 201-250 | 251-300 | 301-350 | 351-400 | 401-450 | 451-500 | >500 | |
| Características de la canal | | | | | | | | | |
| Peso de canal caliente, kg | 126.8 ^h | 157.6 ^g | 189.5 ^f | 223.5 ^e | 259 ^d | 307 ^c | 339 ^b | 377.8 ^a | 16.3 |
| Peso de canal fría a 24 h, kg | 122 ^h | 153 ^g | 184 ^f | 217.6 ^e | 252 ^d | 299 ^c | 331.3 ^b | 370.3 ^a | 16.6 |
| Pérdida por refrigeración a 24 h, | 3 ^a | 2.8 ^a | 2.9 ^a | 2.6 ^b | 2.7 ^b | 2.5 ^b | 2.2 ^{bc} | 1.9 ^c | 0.4 |
| Rendimiento canal caliente, % | 55.2 ^d | 56.1 ^d | 58 ^c | 59.5 ^c | 61.4 ^b | 64.3 ^a | 65.1 ^a | 64.6 ^a | 2.7 |
| Rendimiento canal fría, % | 53.5 ^d | 54.5 ^c | 56.3 ^{bc} | 57.9 ^b | 59.8 ^b | 62.6 ^a | 63.6 ^a | 63.3 ^a | 0.4 |
| pH 45 min <i>postmortem</i> | 6.7 | 6.7 | 6.7 | 6.7 | 6.8 | 6.6 | 6.6 | 6.5 | 0.1 |
| Componentes corporales, % | | | | | | | | | |
| Cabeza | 4.6 ^a | 4.2 ^b | 3.9 ^c | 3.7 ^d | 3.5 ^{de} | 3.3 ^d | 3.2 ^d | 2.9 ^d | 0.4 |
| Piel | 6.2 ^a | 5 ^b | 4.1 ^c | 3.5 ^d | 3.2 ^d | 2.8 ^{de} | 2.5 ^e | 2.1 ^e | 0.3 |
| Estómago | 0.8 ^a | 0.5 ^b | 0.5 ^b | 0.4 ^b | 0.3 ^{bc} | 0.3 ^{bc} | 0.3 ^{bc} | 0.3 ^{bc} | 0.1 |
| Intestino delgado | 2.1 | 1.9 | 1.6 | 1.4 | 1.4 | 1.3 | 1.2 | 0.8 | 0.2 |
| Intestino grueso | | 1.9 | | | | | | | |
| Ciego | 1 ^a | 0.8 ^a | 0.7 ^a | 0.6 ^b | 0.5 ^b | 0.4 ^b | 0.4 ^b | 0.4 ^b | 0.3 |
| Bazo | 0.5 ^a | 0.4 ^a | 0.3 ^b | 0.3 ^b | 0.3 ^b | 0.3 ^b | 0.3 ^b | 0.3 ^b | 0.1 |
| Corazón | 1 ^a | 0.8 ^a | 0.8 ^a | 0.6 ^b | 0.6 ^b | 0.6 ^b | 0.5 ^b | 0.5 ^b | 0.2 |
| Pulmones | 1.6 ^a | 1.2 ^a | 1 ^{ab} | 1 ^{ab} | 0.9 ^b | 0.9 ^b | 0.9 ^b | 0.8 ^b | 0.2 |
| Hígado | 1.7 ^a | 1.5 ^{ab} | 1.5 ^{ab} | 1.5 ^{ab} | 1.2 ^b | 0.9 ^b | 0.9 ^b | 0.9 ^b | 0.3 |

^{ab} Literales distintas entre columnas indican diferencia significativa (P<0.05).

¹ Los componentes corporales están indicados en porcentaje del peso vivo.

En cuanto a la pérdida por refrigeración, esta fue mayor ($P < 0.05$) en los animales con peso menor a los 300 kg, y los equinos de más de 300 kg los que menor pérdida por refrigeración tuvieron (Tabla 3.4). Este comportamiento se puede explicar, por el hecho de la influencia que tiene la grasa de cobertura sobre la pérdida por refrigeración, ya que esta protege a la canal de la deshidratación (Vergara y Molina, 1998) por lo cual resulta hasta cierto punto lógico que los animales de menor peso sean los que proporcionalmente tienen mayor pérdida por refrigeración que los animales más pesados. Por otro lado, también están relacionados en la pérdida por refrigeración factores como el estrés, genéticos, método de sacrificio y refrigeración de la canal (Andres et al., 2007; Rosenvold y Andersen, 2003); así como también mencionaron que el sistema de producción y la época del año tienen un gran efecto sobre la pérdida por refrigeración, encontrando en bovinos parámetros muy amplios que van de 5.6 a 10.1 % (Rodríguez et al., 2013). Por su parte, Mamani-Linares y Gallo (2011) encontraron una pérdida por refrigeración en Llama del 1.37 %, para el Bovino de 2.44 %, y en los caballos de 2.50 % sin diferencia estadística entre estos dos últimos. En concordancia con Noia et al. (2009) quienes mencionaron parámetros de calidad similares entre carne de equino y bovino, sin observar diferencia en el porcentaje de pérdida por refrigeración, el cual fue de 2.37 %.

En lo referente al rendimiento de los componentes corporales, se observó efecto del peso al sacrificio ($P < 0.05$) pudiéndose notar que, contrario a lo que ocurrió con los rendimientos en canal, los rendimientos de órganos son mayores en los animales de menor peso y van disminuyendo conforme se incrementa el peso al sacrificio (Tabla 3.4).

En este sentido, cabe mencionar que la información disponible sobre el rendimiento de los componentes corporales es limitada, sin embargo se han reportado diferencias en el peso de las vísceras tanto rojas como verdes entre cerdos sacrificados a diferente peso, mostrando un comportamiento lineal, en el cual a medida que aumentó el peso de los animales lo hicieron también las vísceras (Santos-Ricalde et al., 2011). Por su parte Pérez-Meléndez et al. (2007) reportaron que en ovinos, el peso al sacrificio tiene efecto sobre el peso de componentes corporales como cabeza, piel, corazón, hígado, riñones, pulmones y patas.

En lo que respecta al color de la carne y la grasa de la canal, el peso al sacrificio no tuvo efecto ($P > 0.05$) sobre estas características, siendo similar entre los animales de los diferentes grupos de pesos evaluados (Tabla 3.5). Como se ha señalado anteriormente, el color de la grasa está relacionado principalmente a las características de la alimentación (Izaguirre y Shimada, 2001; Moloney et al., 2013) y la edad (Shemeis et al., 1994). Se ha reportado que en el caso de bovinos de razas Británicas las interacciones entre edad y género; así como entre la edad y el peso de la canal tienen un efecto significativo sobre la coloración amarilla en la grasa subcutánea (Walker et al. (1990). Sin embargo, en equinos no existe información que mencione relación entre el peso de los animales y el color de la grasa, lo que coincide con lo observado por Majdoub-Mathlouthi et al. (2013) en su estudio en corderas, en las cuales no observaron efecto del SW sobre el pH de la canal y color de la carne y grasa. Por lo que los resultados obtenidos en el presente estudio, podrían dar evidencia de que no existe relación entre estas variables.

Tabla 3.5. Medias de mínimos cuadrados del color (L^* , a^* , b^*) del musculo *semitendinoso*, grasa subcutánea y abdominal de los equinos de acuerdo a su peso al sacrificio.

| Color | Peso al sacrificio, kg | | | | | | | EEM | |
|------------------------------|------------------------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|------|------|
| | 150-200 | 201-250 | 251-300 | 301-350 | 351-400 | 401-450 | 451-500 | | >500 |
| <i>Musculo Semitendinoso</i> | | | | | | | | | |
| L^* | 36.5 | 33 | 34.5 | 32.4 | 34.5 | 32.1 | 33.6 | 31.8 | 2.8 |
| a^* | 17.8 | 17.6 | 16.5 | 15.8 | 15.2 | 16.5 | 13.8 | 16.4 | 2.7 |
| b^* | 4.8 | 5.2 | 4.8 | 5.2 | 4.4 | 4.4 | 4.4 | 5.2 | 2.1 |
| <i>Grasa abdominal</i> | | | | | | | | | |
| L^* | 70 | 66.6 | 63.5 | 63.6 | 63.4 | 60.3 | 54 | 58.1 | 8.1 |
| a^* | 11.4 | 11.1 | 10 | 14.6 | 12.6 | 11.1 | 16.2 | 17.5 | 4.7 |
| b^* | 33.2 | 32.4 | 26.6 | 33.6 | 33 | 27.2 | 17.3 | 26.4 | 11.1 |
| <i>Grasa subcutánea</i> | | | | | | | | | |
| L^* | 74 | 76 | 78 | 77.5 | 77.5 | 78 | 75.6 | 69.4 | 4.7 |
| a^* | 5.7 | 6.1 | 4.1 | 3.6 | 4.1 | 2.8 | 4.3 | 4.2 | 2.2 |
| b^* | 19.4 | 21.2 | 20.5 | 20.3 | 18.4 | 22 | 32 | 33 | 5.2 |

Escala de color: L^* = Luminosidad (0 = negro, 100 = blanco); a^* = rojo a verde (valores positivos = rojos, valores negativos = verdes); b^* = amarillo a azul (valores positivos = amarillos, valores negativos = azul).

3.6 Conclusiones

Se concluye que el peso y rendimiento son afectados por el origen de los animales, siendo superior en los equinos importados. Así mismo, se concluye que el rendimiento de la canal caliente y fría es superior en los machos independientemente de su origen. El género afecta el color de la carne y la grasa de la canal, teniendo una tonalidad más amarilla en las hembras con respecto a los machos. En lo referente a la edad, esta afecta el rendimiento en canal, mostrando mayor rendimiento los animales adultos y viejos; así mismo, la edad influye sobre el color de la carne y grasa, mostrando tendencia a ser más amarilla en animales adultos y viejos. Por su parte, el peso al sacrificio afecta el peso y rendimiento en canal, los cuales se incrementan conforme aumente el peso al sacrificio de los animales; de manera inversa, la pérdida por refrigeración y el rendimiento de los componentes corporales disminuye conforme se incrementa el peso al sacrificio.

3.7 Literatura citada

- Aganga, A. A., A. O. Aganga, T. Thema, y K. O. Obocheleng. 2003. Carcass analysis and meat composition of the donkey. *Pakistan Journal of Nutrition*. 2(3): 138-147.
- Amtmann, V. A., C. Gallo, G. van Schaik, y N. Tadich. 2006. Relaciones entre manejo antemortem, variables sanguíneas indicadores de estrés y pH de la canal en novillos. *Arch. Med. Vet.* 38(3): 259-264.

- Andres, S., I. Murray, E. A. Navajas, A. V. Fisher, N. R. Lambe, y L. Bünger. 2007. Prediction of sensory characteristics of lamb meat samples by near infrared reflectance spectroscopy. *Meat Science*. 76: 509-516.
- Arcos-Garcia, G., A. Totosaus, I. Guerrero, C. Perez, y M. Lourdes. 2002. Physicochemical, sensory, functional and microbial characterisation of horse meat. *Revista Brasileña Agrociencia*. 8(1): 43-46.
- Barrón, G. S., O. M. Izaguirre, V. C. Meneses, A. M. Shimada. 2006. La pigmentación amarilla del tejido adiposo de bovinos finalizados en pastoreo y su relación con su concentración de carotenoides y el perfil de ácidos grasos. 44(2): 231-240.
- Belaunzaran, X., J.B. Bessa, P. Lavin, A. R. Mantecón, J. K. G. Kramer, y N. Aldai. 2015. Horse-meat for human consumption –current research and future opportunities. *Meat Science*. 108: 74-81.
- Bianchi, G., G. Garibotto, S. Forichi, A. Zabala, P. Benia, O. Feed, J. Franco, F. Ballesteros y O. Bentancur. 2006. Efecto del sistema de refrigeración sobre la calidad de la carne de corderos pesados Dhone Merino x Corriedale. *Revista Argentina de Producción Animal* 26: 217 – 224.
- Cassens, R. G. 1994. Meat Preservation. Preventing losses and assuring safety. Food y Nutrition Press, Inc. U.S.A. pp. 11-31.
- Catelli, J.L. 2004. El caballo en Europa para producción de carne. *Veterinaria Argentina* Num. 21 Vol. 205:364-368.

- Díaz, M .T., S. Velasco, C. Pérez, S. Lauzurica, F. Huidobro, y V. Cañeque. 2003. Physico-chemical characteristics of carcasses and meat Manchego-breed suckling lambs slaughtered at different weights. *Meat Science*. 65: 1085-1093.
- Dunne, P. G., F. J. Monahan, F. P. O'Mara, y A. P. Moloney. 2009. Colour of bovine subcutaneous adipose tissue: A review of contributory factors, associations with carcass and meat quality and its potential utility in authentication of dietary history. *Meat Science*. 81: 28-45.
- Fàbregas, X. 2002. Producción, calidad y consumo de carnes equinas en España EUROCARNE N° 110.
- Franco, D., M. Fernández, S. Temperán, L. García y J. M. Lorenzo. 2011. Calidad de la canal del potro gallego de monte. Centro Tecnológico de la Carne. San Cibrao das Viñas. *Arch. Zootec*. 60 (231): 385-388.
- Frías, J. C., E.M. Aranda, J. A. Ramos, C. Vázquez y P. Díaz. 2011. Calidad y rendimiento en canal de corderos en pastoreo suplementados con caña de azúcar fermentada. *Num. 15 Vol. 3*: 33-44.
- Furtado, C. E., M. C. Campos, V. L. Ferreira, E. Gasparino, K. M. Oliveira y M. R. Nanni. 2010. Influência do peso vivo, da idade e do sexo sobre características de carcaças de equinos. *R. Bras. Zootec*. Vol.39 No.12.
- Gallo, C., G. Lizondo, T. Knowles. 2003. Effects of journey and lairage time on steers transported to slaughter in Chile. *Vet Rec*. 152: 361-364.
- Gill, C. O. 2005. Safety and storage stability of horse meat for human consumption. *Meat Science*. 71: 506-513.

- Horcada, A. M. J. Berrain, A. Purroy, G. Lizaso, y J. Chasco. 1998. Effect of sex on meat quality of Spanish lamb breeds (Lancha and Rasa Aragonesa). *Animal Science*. 67: 541-547.
- Juárez, M., O. Polvillo, M. D. Gómez, M. J. Alcalde, F. Romero, y M, Valera. 2009. Breed effect on carcass and meat quality of foals slaughtered at 24 months of age. *Meat Science*. 83: 224–228.
- Lambe, N. R., E. A. Navajas, A. V. Fisher, G. Simm, R. Roeche, y L. Bünger. Prediction of lamb meat eating quality in two divergent breeds using various live animal and carcass measurements. *Meat Science* 83: 366-375.
- Lanza, M., C. Landi, M. Scerra, V. Galofaro y P. Pennisi. 2009. Meat quality and intramuscular fatty acid composition of Sanfratellano and Haflinger foals. *Meat Sci*. 81: 142–147.
- Lauzurica, S., C. Perez, V. Cañeque, F. Ruiz de Huidobro, S. Velasco, M.T. Díaz y J. Goyán. 1999. Parámetros productivos del Lechal Manchego y características al sacrificio. *ITEA*. Vol 20: 104-106.
- Lazzaroni, C., y D. Biagini. 2008. Effect of pre- and post-pubertal castration on Piemontese male cattle. II: Carcass measures and meat yield. *Meat Science*. 80: 442-448.
- Lombardi-Boccia, G., S. Lanzi, y A. Aguzzi. 2005. Aspects of meat quality: trace elements and B vitamins in raw and cooked meats. *Journal of Food Compositions and Analysis*. 18: 39-46.

- López, T.R., R. García, M. Mellado y J. Acosta. 2002. Crecimiento y características de la canal de bovinos Charoláis y Beefmaster alimentados con dos fuentes de proteína y dos niveles de grasa sobrepasante. *Tec. Pecu. Mex*; 40(3): 291-298.
- Lorenzo, J. M., C. Fuciños, L. Purriños, y D. Franco. 2010. Intramuscular fatty acid composition of “Galician Mountain” foals breed: Effect of sex, slaughtered age and livestock production system. *Meat Science*. 86: 825–831.
- Lorenzo, J. M., M. V. Sarriés, A. Tateo, P. Polidori, D. Franco, y M. Lanza, 2014. Carcass characteristics, meat quality and nutritional value of horsemeat: A review. *Meat Science*. 96: 1478–1488.
- Lorenzo, J. M., y J. Carballo. 2015. Changes in physico-chemical properties and volatile compounds throughout the manufacturing process of dry-cured foal loin. *Meat Science* 99: 44-51.
- Mamani-Linares L. W., F. Cayo, y C. Gallo. 2014. Características de la canal, calidad de la carne y composición química de carne de llama: Una revisión. *Revista de Investigaciones Veterinarias del Peru*. 25(2): 123-150.
- Mamani-Linares, L.W., y C. Gallo. 2011. Composición química y calidad instrumental de carne de bovino, llama (lama glama) y caballo bajo un sistema de crianza extensiva. *Rev. Inv. Vet. Perú*, 22 (4): 301-311.
- Martin-Rosset, W., R. Boccard, M. Jussiaux, J. Robelin, C. Trillaud-Geyl, N. Nicolas, R. Jailler, C. Dehalle y G. Cuyllé. 1983. Croissance relative des différents tissus, organes et régions corporelles entre 12 et 30 mois chez le cheval de boucherie de différentes races lourdes. *Annales de Zootechnie*. 32 (2):153-174.

- Martin-Rosset, y J. P. Dulphy. 1987. Digestibility interactions between forages and concentrates in horses: influence of feeding level – comparison with sheep. *Livestock Production*. 17: 263-276.
- Monti, G., E. Bertino, M. C. Muratone, A. Coscia, F. Cresi, L. Silvestro, C. Fabris, D. Fortunato, M. G. Giuffrida, y A. Conti. Efficacy of donkey's milk in treating highly problematic cow's milk allergic children: An in vivo and in vitro study. *Pediatr Allergy Immunol*. 18:258-264.
- Morón, F. O. E., y G. L. Zamorano. 2004. Pérdida por goteo en carne cruda de diferentes tipos de animales. Departamento de Zootecnia, Facultad de Agronomía, Universidad del Zulia. *Revista Científica, FCV-LUZ / Vol. XIV. N° 1*, 36 – 39.
- Nivia, O. A., M. E. Belalcazar y A. M. Vanegas. 2014. Determinación del volumen de sacrificio y evaluación de variables cualitativas y cuantitativas en equinos sacrificados en una planta de beneficio animal. *Zootecnia Trop*. 32 (1): 83-89.
- Noia, M., D. Olivera y F. C. Cárdenas. 2009. Evaluación de los principales parámetros de calidad en carne equina. *Rev. Ciencia Veterinaria*. Vol. 11:1515 – 1883.
- Pérez-Meléndez, P., M. M. Maino, G. C. Köbrich, M. S. S. Morales y J. R. Pokniak. 2007. Efecto del peso de sacrificio y sexo sobre la canal de corderos lactantes del cruce Suffolk Down x Merino precoz alemán. *Revista Científica, FCV-LUZ / Vol. XVII. 6*: 621-626.

- Polidori, P., S. Pucciarelli, A. Ariani, V. Polzonetti, y S. Vincenzetti. 2015. A comparison of the carcass and meat quality of Martina franca donkey foals aged or 12 months. *Meat Science*. 106: 6-10.
- Polidori, P., S. Vincenzetti, C. Cavalluci, y D. Beghelli. 2008. Quality of donkey meat and carcass characteristics. *Meat Science*. 80: 1222-1224.
- Priolo, A., D. Micol, J. Agrabiél, S. Prache, y E. Dransfield. 2002. Effect of gras sor concéntrate feeding system on lamb carcass and meat quality. *Meat Science*. 62: 179-185.
- Reis, M., y K. Rosenvold. 2014. Early on-line classification of beef carcasses base don ultimate pH by near infrared spectroscopy. *Meat Science*. 96: 862-869.
- Ripoll, G., P. Albertí, y M. Joy. 2002. Influence of alfalfa grazing-based feeding systems on carcass fat color and meat quality of light lambs. *Meat Science*. 90: 457-464.
- Rodríguez, E. M. E., G. C. Flores, B. S. Sánchez, A. D. A. Rojo, J. A. G. Ahuir, C. R. Muela, L. C. Palacios, V. E. S. Beltrán, y F. J. S. Sánchez. 2013. Calidad de la carne de bovinos engordados en un sistema silvopastoril intensivo en dos épocas del año. *Tropical and Subtropical Agroecosystems*. 16: 235 – 241.
- Rosenvold, K., y H. J. Andersen. 2003. The significance of pre-slaughter stress and diet on color and color stability of pork. *Meat Science*. 63: 199-209.
- Salgueiro, J., M. D. Díaz, y J. A. Carballo. Efecto del peso de sacrificio y la raza en la canal de terneros aliemntados con ensilados. 2008. *Archivos de zootecnia*. 57 (219): 295-306.

- Santos-Ricalde, R. H., L. W. Trejo y H. W. Osorto. 2011. Rendimiento de la canal y desarrollo de los órganos torácicos y abdominales de los 25 a los 45 kg en cerdos criollos pelones. *Revista Científica, FCV-LUZ / Vol. XXI. 5: 396 – 402.*
- Sarriés, M. V., y M. J. Beriain. 2005. Carcass characteristics and meat quality of male and female foals. *Meat Sci. 70: 141–152.*
- Sarriés, M. V., y M. J. Beriain. 2006. Colour and texture characteristics in meat of male and female foals. *Meat Sci. 74: 738–745.*
- Sarriés, M. V., y M. J. Beriain. 2001. Carne de potro: ¿desconocida para el consumidor? *Rev. Mundo ganadero. 84-88.*
- Shemeis, A. R., T. Liboriussen, B. Bech, y O. Y. Addallah. 1994. Offal components, body fat partition, carcass composition and carcass tissues distribution in Danish Fresian cull cows of different age and body condition. *Livestock Production Science. 40: 165-170.*
- Stanciu, S. 2015. Horse meat consumption – between scandal and reality. *Procedia Economics and finance. 23: 697-703.*
- Strydom, P. E. y E. M. Buys. 1993. The effects of spray-chilling on carcass mass loss and surface associated bacteriology. *Meat Science. 39: 265-276.*
- Tateo, A., P. De Palo, E. Ceci, y P. Centoducati. 2008. Physicochemical properties of meat of Italian Heavy Draft horses slaughtered at the age of eleven months.

- Vergara, H., y A. Molina. 1998. Influence of sex and slaughterer weight on carcass and meat quality in light and medium weight lambs produced in intensive systems. *Meat Science*. 52: 221-226.
- Vestergard, M., N. Oksbjerg, y P. Hernkel. 2000. Influence of feeding intensity, grazing and finishing feeding on muscle fibre characteristics and meat color of semitendinosus, longissimus dorsi and supraespinatus muscles of young bulls. *Meat Science*. 54: 177-185.
- Walker, P. J., R. D. Warner, y C. G. Winfield. 1990. Sources of variation in subcutaneous fat colour of beef carcasses. *Proceedings of the Australian Society of Animal Production*. 18: 416-419.
- Warriss, P. D. 2000. *Meat Science. An introductory text*. CABI publishers, Bristol. Pp 20-37.
- Wulf, D.M., R.S. Emmett, J.M. Leheska y S.J. Moeller, 2002. Relationship among glycolytic potential, dark cutting (dark, firm and dry) beef, and cooked beef palatability. *J. Anim. Sci.* 80:1895-1903.
- Yang, A., M. C. Lanari, M. Brewster, R. K. Tume. 2002. Lipid stability and meat color of beef from pasture- and grain-fed cattle with or without vitamin E supplement. *Meat Science*. 60: 41-50.

CAPÍTULO 4.

COMPORTAMIENTO PRODUCTIVO, CARACTERÍSTICAS DE LA CANAL Y CALIDAD DE LA CARNE DE YEGUAS CON TRES PERIODOS DE ENGORDA

4.1 Resumen

El objetivo fue evaluar el efecto del periodo de engorda (PE) sobre el comportamiento productivo, metabolitos sanguíneos y características de la canal en yeguas sometidas a cuatro diferentes periodos de engorda. Se utilizaron 64 yeguas, que fueron asignadas a 4 tratamientos experimentales, 0, 21, 42 y 63 días de engorda, se evaluaron las características productivas como el peso al sacrificio (PS), ganancia diaria de peso (GDP), consumo de materia seca (CMS) y conversión alimenticia (CA); así mismo los metabolitos sanguíneos como HDL, LDL, triglicéridos, colesterol, glucosa, urea, ácido úrico y creatinina; además las características de la canal como peso de la canal caliente (PCC), peso de la canal fría (PCF), rendimiento de la canal caliente (RCC), rendimiento de la canal fría (RCF), pérdida por refrigeración (PPR), área del ojo de la costilla (AOC), espesor de la grasa dorsal (GD), pH de la canal y color de la carne y grasa. El experimento fue conducido mediante un diseño en bloques al azar. En

cuanto a las características productivas, se observó que el PE influyó sobre estas. El PS se incrementó conforme aumentaron los días en engorda, en lo que respecta a GDP, esta fue superior en los PE 21 y 42 disminuyendo en el 63; el CMS se incrementó en los PE 42 y 63; mientras que la CA fue más eficiente en los PE 21 y 42 con respecto al 63. Respecto a los metabolitos sanguíneos, estos fueron afectados por el PE, modificándose conforme el PE se incrementa. En cuanto a las características de la canal el PCC, PCF, RCC, RCF, AOC y GD se incrementaron con el PE. El color de la carne y de la grasa fueron afectados por el PE, observándose que principalmente L^* y b^* se incrementan conforme aumenta el PE. Se concluye que el PE de engorda afecta las características productivas, de la canal y los metabolitos sanguíneos de los equinos.

4.2 Abstract

The objective was to evaluate the effect of the fattening period (PE) on the productive behavior, blood metabolites and characteristics of the carcass in mares subjected to four different fattening periods. We used 64 mares, which were assigned to 4 experimental treatments, 0, 21, 42 and 63 days of fattening, productive characteristics such as slaughter weight (PS), daily weight gain (GDP), dry matter consumption (CMS) and feed conversion (CA) were evaluated; likewise the sanguineous metabolites such as HDL, LDL, triglycerides, cholesterol, glucose, urea, uric acid and creatinine; In addition, the carcass characteristics such as hot carcass weight (PCC), cold carcass weight (PCF), hot runner performance (RCC), cold carcass yield (RCF), refrigeration loss (PPR), area of the eye of the rib (AOC), thickness of the back fat (GD), pH of the carcass and color of the meat and fat. The experiment was

conducted using a randomized block design. Regarding the productive characteristics, it was observed that the PE influenced these. The PS increased as the days of fattening increased, with respect to GDP, this was higher in PE 21 and 42, decreasing in 63; CMS increased in PE 42 and 63; while the CA was more efficient in PE 21 and 42 with respect to 63. Regarding blood metabolites, these were affected by PE, modifying as PE increases. Regarding the carcass characteristics, PCC, PCF, RCC, RCF, AOC and GD increased with the PE. The color of the meat and the fat were affected by the PE, observing that mainly L^* and b^* increase as the PE increases. It is concluded that the PE affects the productive characteristics of the carcass and the sanguineous metabolites of horses.

4.3 Introducción

La producción mundial de carne de equinos destinada al consumo humano tuvo un punto marginal de sólo el 0.3 %, en comparación con las de cerdo, bovino, pollo y pavo. En el ámbito nacional, México se encuentra como el tercer país con mayores existencias de equinos en el mundo, con alrededor de 6.4 millones de cabezas, solo por debajo de Estados Unidos de América y China. De los cuales, se calcula que aproximadamente el 10 % del ganado equino se destina a la producción de carne para consumo humano, con una producción cercana a las 82 mil ton (Financiera Rural, 2012). Cabe señalar además, que México es un país importador neto de caballos vivos, con un déficit creciente en la balanza comercial, debido principalmente a la demanda de caballos para abastecer a las empacadoras TIF. Alrededor del 10% del total del ganado equino se destina a la producción de carne en nuestro país, es decir, 630 mil

cabezas, de las cuales se obtienen cerca de 83 mil toneladas de carne para consumo humano, lo cual representa un 1.3% de los sacrificios totales a nivel nacional (SIVETIF-SENASICA, 2013).

Tomando en cuenta el rendimiento en canal de los equinos, se puede considerar superior al que presentan otras especies domésticas, se ha reportado que dividiendo el cuerpo del caballo en porcentajes, un 69.6% es músculo, 10.4% grasa y 17.4% huesos (Lorenzo *et al.* 2014). Aunque según Znamirowska (2005) las canales difieren en medidas de masa, lineales y en canal como consecuencia de la variedad de razas y tipos de caballos; así mismo Rossier y Berger (1988) mencionaron que los equinos franceses ofrecen un rendimiento mayor al 70%; los españoles e italianos sobre un 65% y los porcentajes caen hasta un 50-59% para razas más rústicas (Franco *et al.*, 2013). En cuanto a los atributos de la carne equina se reporta un bajo contenido en grasas (2.5 % de lípidos), como así también un elevado porcentaje de ácido oleico, reflejándose en una alta digestibilidad, pues esta grasa se disuelve más rápido que la grasa bovina. Tiene también un alto contenido de glucógeno y hierro; así mismo contiene proteínas de alto valor biológico (Noia *et al.*, 2009). Sin embargo, Lorenzo *et al.* (2014) mencionaron que los principales factores que afectan a la canal y las características de la carne de caballo son: la edad, peso al sacrificio, la raza, el sexo y el sistema de producción. Por su parte, Franco (2011) observaron que las canales de caballos alimentados y finalizados con concentrados tuvieron rendimientos en canal promedio de 73% mientras que los provenientes del pastoreo un 69%. Por lo anterior, la presente investigación tuvo como objetivo evaluar el efecto del periodo de engorda en el

comortamiento productivo, caracteriticas de la canal y la calidad de la carne en yeguas en sistema intensivo.

4.4 Material y métodos

4.4.1 Área de estudio

El presente trabajo se realizó en el área de engorda de la posta zootécnica "M.C. Donato Cortés Bañuelos" perteneciente a la Unidad Académica de Medicina Veterinaria y Zootecnia de la Universidad Autónoma de Zacatecas con ubicación en El Cordovel, Gral. Enrique Estrada, Zacatecas.

4.4.2 Animales

Se utilizaron 64 equinos hembras provenientes de Estados Unidos, propiedad de la empresa Cárnicos de Jerez, S.A. de C.V. con peso promedio de 343 ± 16 kg, con una condición corporal (CC) de 4-5 tomando en cuenta la escala del 1 a 9 establecida por la Universidad de Virginia EUA.

A la llegada de los animales, estos fueron identificados asignándoles un numero visible en la parte dorsal, fueron pesadas y asignadas por peso (de menor a mayor) en 16 corraletas (4 cabezas /corral) 5 x 20 m y asignadas aleatoriamente a uno de los cuatro tratamientos.

4.4.3 Tratamientos

Los tratamientos fueron los siguientes: T0=0 días de engorda; T21=21 días de engorda; T42=42 días de engorda; y T63=63 días de engorda.

La ración utilizada se muestra en el cuadro 1, la cual fue elaborada en la Fábricas de Alimentos de la Posta Agropecuaria de la UAMVZ-UAZ.

4.4.4 Alimentación de los animales

Previo al inicio de engorda los animales fueron sometidos a un periodo de adaptación de 14 días, durante los cuales cada 3 días se realizaron incrementos de 25% de la dieta complementando con heno de avena con las siguientes proporciones entre la dieta y el forraje: 0:100, 25:75, 50:50 y 75:25. Transcurridos los 14 días de adaptación se inició el PE ofreciendo la ración formulada para la prueba (Tabla 4.1).
Ingredientes y composición de la dieta utilizada en la prueba de comportamiento.

La cantidad de alimento fue ofrecido en dos horarios (7:00 y 19:00h) con una porción del 40% por la mañana y de 60% por la tarde, los animales tuvieron libre acceso a agua limpia y fresca. La cantidad de alimento total ofrecida por día se realizó con manejo de comedero para tener una cantidad mínima <5% de alimento sobrante al día siguiente. Para evaluar los sobrantes, los comederos se revisaron visualmente en forma diaria a las 6:00 y 18:00 h. el ajuste del alimento ofrecido (incrementos o disminuciones) se realizó respectivamente al momento de suministrar el alimento de los cuales se obtuvo una muestra representativa a cual se le determinara el contenido de materia seca (AOAC, 1988).

Tabla 4.1. Ingredientes y composición de la dieta que se utilizaba en la prueba de comportamiento.

| INGREDIENTE | %INCLUSION |
|---------------------------------|------------|
| Maíz amarillo rolado | 25.00 |
| Heno de avena | 25.00 |
| Pasta de soya (44% PC) | 11.00 |
| Heno de alfalfa | 29.00 |
| Grasa vegetal | 7.00 |
| Fosfato monocálcico | 0.50 |
| Carbonato de Calcio | 0.22 |
| Núcleo vitaminado | 0.10 |
| Sal común | 0.18 |
| Bicarbonato de Sodio | 1.00 |
| Bentonita Sódica | 1.00 |
| Composición química | |
| Materia seca % | 87.5 |
| Proteína cruda % | 14.44 |
| Calcio% | 0.77 |
| Fosforo % | 0.39 |
| Energía digestible (Mcal/Kg MS) | 2.87 |

4.4.5 Pesaje de los animales

Los animales fueron pesados los días 0, 21, 42 y 63 días, correspondientes al final de cada periodo experimental, con la ayuda de una báscula ganadera marca Nuevo León®, de 600 kg de capacidad, Modelo: IQ+335-A2. Los pesajes se realizaron a las 6:00 AM antes de servir el alimento de la mañana.

4.4.6 Características de crecimiento y de la canal

Se calculó la ganancia diaria de peso (GDP) dividiendo el incremento de peso en cada periodo entre el número de días del periodo. Se registró diariamente el peso del alimento ofrecido y rechazado para permitir una acumulación mínima <5%. Una muestra del rechazo se recogió diariamente y se secó en estufa de laboratorio a 100 °C durante 24 h para determinar el contenido de MS, el cual se utilizó para calcular la ingesta diaria corregida por MS (CMS) (consumo de materia seca multiplicado por el porcentaje de MS). El CMS corregido por corraleta se dividió por el número de animales en la corraleta (n=4) para determinar el promedio de CMS por yegua. La CA para cada periodo se calculó dividiendo el $[\text{GDP en kg} / \text{CA en kg}] \times 100$.

4.4.7 Área del ojo de la costilla y grasa dorsal

Las mediciones del área del ojo de la costilla y la grasa dorsal se relacionaron mediante ultrasonografía entre la 12 y 13 costilla, utilizando un equipo Aloka ProSound 2, con un transductor lineal de 5Mhz de 17 cm.

4.4.8 Análisis sanguíneos

Las muestras de sangre fueron tomadas a las 6:00 AM en ayuno, los días 0, 21, 42 y 63 del experimento. Se obtuvo una muestra de 5 ml en los tubos al vacío sin anticoagulante (BD Vacutainer, Becton Dickinson, Franklin Lakes, NJ) mediante venopunción yugular. El suero se obtuvo por centrifugación (2500 rpm durante 25 min). Una vez centrifugada se separó el suero en tubos nuevos rotulados con la fecha, el número de animal y el periodo correspondiente. Las muestras de suero fueron refrigeradas y remitidas al Laboratorio de Análisis Clínicos de la Clínica Universitaria de la Universidad Autónoma de Zacatecas para su análisis. Los metabolitos del suero se cuantificaron por espectrofotometría (Jenway 6320D, Bibby Scientific Limited, Staffordshire, Reino Unido) utilizando los kits de diagnóstico Chemicals Ltd. (Charlottetown, PE Canadá).

4.4.9 Peso al sacrificio (PS) y de la canal caliente (PCC).

El PS fue registrado previo al sacrificio, mientras que la canal caliente fue pesada inmediatamente después del sacrificio. El porcentaje de rendimiento en canal caliente fue calculado dividiendo el peso de la canal caliente entre el peso vivo previo al sacrificio.

4.4.10 Pérdida por refrigeración (PPR).

Se calculó como el cociente entre la diferencia del PCC y PCF, dividido por el PCC.

4.4.11 pH

El pH se evaluó en el Longissimus dorsi a las 24h post mortem, utilizando un potenciómetro equipado con un electrodo de penetración y termómetro (Hanna Instruments, HI-9025, Woonsocket, RI).

4.4.12 Color de la carne y grasa

El color de la carne y grasa (L^* , a^* , b^*) se determinó mediante espectrómetro (modelo Minolta CR-400, Konica Minolta Sensing, Inc., Osaka, Japón), en la superficie del músculo semitendinoso a los 45 min y a las 24 h post mortem. De la misma manera, se midió el color de la grasa dorsal directamente en la canal a los 45 min y a las 24 h post mortem.

4.4.13 análisis estadístico

El experimento fue realizado mediante un diseño en bloques completos al azar. Se consideró a cada PE como tratamiento y cada corraleta como unidad experimental por lo que se tuvieron cuatro corraletas por tratamiento.

A través del modelo lineal general, se ajustó un modelo estadístico que incluyó el efecto del PE. Con el PROC GLM del SAS (SAS, 202) se realizó un ANOVA. Se consideró un nivel de significancia de $P < 0.05$. Cuando se observaron efectos significativos para las variables evaluadas se realizó una comparación de medidas mediante la técnica de Tukey con la sentencia MEANS del SAS.

4.5 Resultados y Discusión

4.5.1 Comportamiento productivo

Los resultados del comportamiento productivo se muestran en la tabla 4.2. Se observó que el PS fue afectado ($P < 0.05$) por el PE, el cual fue estadísticamente similar en los PE 42 y 63; mientras que el PE 21 tuvo un PS inferior. En lo referente a la GDP se puede observar que existió una ganancia similar entre los PE 21 y 42, mientras que en el PE 63 se observó una GDP menor ($P < 0.05$) (Tabla 4.2). Existen trabajos en equinos que indican que la mejor rentabilidad se obtiene con un sacrificio a los 8-9 meses y sobre raza Percherón, luego del destete a los 6-7 meses. Se alimenta con concentrados que contiene heno, cereales y concentrado nitrogenado, consiguiendo ganancias diarias de peso de 600-700 gr. (NewsAgro Argentina., 2005). Sin embargo, si se compara lo anterior, que se trata de animales jóvenes y de una raza de talla alta, será difícil comparar los resultados con los obtenidos en el presente estudio, ya que en México regularmente se sacrifican animales de otras razas y por lo general de mayor edad, ya que en el país la producción de equinos para carne se podría considerar una actividad secundaria, al sacrificarse animales que terminan su vida útil en otras actividades.

Tabla 4.2. Medias de mínimos cuadrados (\pm Error Estándar) de las características productivas de yeguas sometidas a cuatro distintos periodos de engorda.

| Concepto | DÍAS EN ENGORDA | | | | EE |
|-------------|------------------|-------------------|-------------------|-------------------|-----|
| | 0 | 21 | 42 | 63 | |
| PS, kg | 343 ^c | 369 ^{bc} | 394 ^{ba} | 411 ^a | 6.7 |
| GDP, kg | - | 1 ^a | 1.1 ^a | 0.6 ^b | 0.4 |
| CMS, kg/día | - | 8.7 ^b | 10.3 ^a | 10.7 ^a | 0.1 |
| CA | - | 8.3 ^b | 9 ^b | 16.6 ^a | 0.2 |
| CMSPV, % | - | 2.3 ^b | 2.7 ^b | 4 ^a | 0.6 |

^{a,b,c} Literales distintas entre columnas indican diferencia estadística significativa ($P < 0.05$).

PS= Peso al sacrificio, GDP= Ganancia diaria de peso, CMS= Consumo de materia seca, CA= Conversión alimenticia, CMSPV= consumo en de materia seca en base al peso vivo,

EE= Error estándar.

Por otra parte, es considerable mencionar, que la mayor parte de los animales sacrificados en México, son animales importados, los cuales sufren estrés por el transporte y a su vez, lo que se conoce como merma de llenado y tejido (Bavera., 2006; Castro et al., 2003). Lo cual a su vez, una vez que son sometidos a un manejo alimenticio óptimo, experimentan un proceso fisiológico conocido crecimiento compensatorio, el cual puede explicar el hecho, del porque las yeguas mostraron mayor GDP en los periodos 21 y 42 con respecto del periodo 63. Respecto a este punto, se puede mencionar que el crecimiento compensatorio se observa en animales en confinamiento y que ha sido empleado como estrategia para manipular los costos y/o las características de la canal a través de la relación nutrición - alimentación del animal en producción (Ojeda et al., 1999), ya que el animal acelera su tasa de crecimiento después de un período de desarrollo restringido, debido a la disminución del consumo de alimento en un tiempo determinado (Olazabal et al., 2008). Con respecto a lo anterior, también se menciona que los animales nutridos de una manera deficientemente dentro de ciertos límites de tiempo de su vida, sometidos luego a un régimen alimentario abundante, llegan a lograr aumentos de peso superiores a los logrados con el mismo régimen abundante por animales bien nutridos (Bavera et al., 2005). Por otra parte, aunque en equinos existe poca investigación sobre crecimiento compensatorio en animales para producción de carne, en bovinos se sabe que este periodo es transitorio, estimando un periodo de compensación promedio de 30 días en el cual los metabolitos plasmáticos cambian rápidamente en favor de un mayor anabolismo de proteínas.

En lo que respecta al CMS, se puede observar que los PE 42 y 63 tuvieron los mayores consumos ($P<0.05$), mientras que el PE 21 fue el que mostró un CMS más bajo (Tabla 4.2). En cuanto a CA, se observó que la mayor eficiencia ($P<0.05$) se observa en los PE 21 y 42; mientras que la peor eficiencia se observó en el PE 63 (Tabla 4.2). Por último, en lo referente al CMS en base al PV, se pudo observar que los consumos más bajos ($P<0.05$) se presentaron en los PE 21 y 42, mientras que los mayores consumos fueron en el PE 63 (Tabla 4.2). De acuerdo con los resultados obtenidos en este trabajo, cabe mencionar que en México existe nula información sobre el comportamiento productivo de los equinos en sistema intensivo para producción de carne, sin embargo, en sistemas argentinos se reporta que el caballo es poco eficiente en cuanto a conversión alimenticia, ya que necesita en promedio entre 6 y 10 kg de alimento para producir un kilogramo de carne (NewsAgro Argentina., 2005), no obstante, diferentes investigaciones han reportado factores como la raza, género, edad y sistema de producción e interacciones entre estas, afectan el peso y rendimiento de la canal, así como la calidad de la carne en especies como los equinos y bovinos (Franco et al., 2011; Juárez et al., 2009; Lambe, 2008; López et al., 2002). Al respecto, información disponible en bovinos, menciona que los sistemas de pastoreo más suplementación y engorda intensiva tienen superioridad para obtener canales con mejor conformación, rendimiento y textura ya que favorecen una menor edad al sacrificio, esto al compararse con canales de animales criados en pastoreo. En condiciones extensivas siempre habrá una menor ganancia de peso y una menor proporción músculo/hueso (Núñez et al., 2005).

En el caso de bovinos, se reportan GDP para los becerros machos de las razas cárnica o de doble propósito de 1.5 y 1.6 kg y 1.45 kg para los becerros obtenidos a partir de cruces de razas puras, las cuales se consideran óptimas (Monreal et al., 2007). Contrario a los bovinos, en equinos no existe una estimación óptima de la GDP, ya que los sistemas de producción son muy variados, aunque cabe mencionar lo reportado por Sarriés et al. (2005) donde mencionan GDP que van de 0.7 a 1.2 kg/día. Por su parte, Catelli et al. (2006) y Torres (2003) reportan 1.2 a 1.8 kg/día en sistemas intensivos o mixtos; los cuales son similares a los observados en el presente estudio; sin embargo, por el contrario los mismos autores mencionados anteriormete, reportantan GDP de 0.6 kg/día en sistemas extensivos o semi-extensivo pero dependiendo de la edad y dieta del equino.

4.5.2 Química sanguínea

Los resultados de la química sanguínea se muestran en la tabla 4.3. Se puede observar que la concentración de HDL fue superior ($P < 0.05$) en el PE 63, seguido por los PE 21 y 42, mientras que el nivel más bajo se presentó en el PE 0. En lo que respecta a las LDL, las concentraciones más altas se observaron en los PE 0 y 21 ($P < 0.05$), seguidos por los PE 42 y 63. Por otra parte los triglicéridos, tuvieron una mayor concentración ($P < 0.05$) en el PE 0, mientras que en los PE 21, 42 y 63 fueron estadísticamente similares. En cuento al colesterol, su mayor concentración ($P < 0.05$) se presentó en el PE 63, mientas que los PE 0, 21 y 42 fueron similares. El nivel de glucosa no fue afectado ($P > 0.05$) por el PE de engorda.

Tabla 4.3. Medias de mínimos cuadrados (\pm Error Estándar) de metabolitos sanguíneos de yeguas sometidas a cuatro distintos periodos de engorda.

| | DÍAS EN ENGORDA | | | | |
|----------------------|----------------------|---------------------|---------------------|----------------------|------|
| | 0 | 21 | 42 | 63 | EE |
| HDL, mg/dL | 58.7 ^b | 72.4 ^{ba} | 74.1 ^{ba} | 92.3 ^a | 3.3 |
| LDL, u/L | 1714.1 ^{ba} | 1752.4 ^a | 1253.5 ^b | 1423.2 ^{ba} | 170 |
| TRIGLICÉRIDOS, mg/dL | 44.3 ^a | 13.1 ^b | 16.4 ^b | 12.42 ^b | 5.2 |
| COLESTEROL, mg/dL | 80 ^b | 78.6 ^b | 80.6 ^b | 113.8 ^a | 7.5 |
| GLUCOSA, mg/dL | 83.5 ^a | 85.4 ^a | 101 ^a | 76.2 ^a | 8.1 |
| UREA, mg/dL | 26.3 ^b | 28.4 ^b | 28.9 ^b | 41 ^a | 2.7 |
| ÁCISO ÚRICO, mg/dL | 2.1 ^a | 1.1 ^b | 0.5 ^c | 0.7 ^c | 0.2 |
| CREATININA, mg/dL | 1.3 ^a | 1.1 ^a | 0.9 ^a | 1.1 ^a | 0.13 |

^{a,b,c} Literales distintas entre columnas indican diferencia estadística significativa ($P < 0.05$).

HDL= Lipoproteínas de alta densidad, LDL= Lipoproteínas de baja densidad.

EE= Error estándar.

La concentración de urea fue superior ($P < 0.05$) en el PE 63, mientras que en los PE 0, 21 y 42 fue estadísticamente similar. En cuanto al ácido úrico, este fue superior ($P < 0.05$) en el PE 0; y similar en los demás PE experimentales. En lo referente a la creatinina, ésta fue similar ($P > 0.05$) en todos los PE de engorda evaluados (Tabla 4.3).

De acuerdo con los resultados obtenidos en el presente trabajo, se pudo observar que la concentración de los componentes sanguíneos evaluados se modificó con el aumento del periodo de engorda. Aunque existe escasa información sobre engorda de equinos en sistemas intensivos, un estudio realizado por Domínguez et al (2009) donde se evaluó la bioquímica sanguínea entre caballos miniatura y de talla grande, alimentados con grasa marina o grasa animal en la dieta, observaron que los caballos miniatura están predispuestos a la obesidad y la hiperlipidemia, que puede conducir a lipidosis por triglicéridos hepáticos a niveles superiores a 500 mg/dl. Por su parte, Ralston y Breaver, (1996) evaluaron la alimentación en pellets con 14 y 8.5% de proteína cruda en caballos geriátricos, observando concentraciones de LDH de 419 y 448 mmol/L respectivamente, estos resultados son superiores a los observados en el presente trabajo de investigación, aún a pesar de que los niveles de proteína en la ración son similares a los utilizados en el presente trabajo. Lo anterior pudiera relacionarse a la edad de los caballos, ya que de acuerdo con lo descrito por Kaneko (1990), factores como la edad, la raza y el sexo están relacionados con la concentración de HDL, LDL y colesterol en sangre, así mismo, es importante destacar también como factor predisponente un consumo energético inadecuado (Church et al., 2004).

Sin embargo, una investigación realizada por Coppo et al. (2003) reporta valores de lipoproteínas de alta y baja densidad en suero de equinos de 80-140 mg/dl coincidiendo con los resultados obtenidos.

En relación con los triglicéridos, las concentraciones observadas son similares a las reportadas por Ralston y Breaver (1996), sin embargo, en su trabajo mencionan que en animales alimentados adicionando grasa animal a la dieta, los triglicéridos aumentan en comparación con los que no recibieron grasa animal. Aunque también, además de la alimentación, influye el tipo de equino, actividad física, y el nivel de urea en sangre, ya que tienen relación con la concentración de triglicéridos (Dunkel y Mckenzie, 2003).

En el presente estudio no se observaron diferencias en la concentración de glucosa en sangre, por su parte, Shartatte et al. (2011) mencionan que las prácticas de manejo y alimentación alteran los niveles de glucosa, sobre todo aquellas prácticas que generen estrés, como la restricción de alimento y alimentación con grandes cantidades de concentrados. Así mismo, Saulo et al. (2011) reportó que estas prácticas pueden crear estrés y aumentos en los comportamientos estereotipados, provocando a su vez, aumento de las concentraciones de cortisol, pudiendo ocasionar enfermedad de Cushing, que inhibe la acción de la insulina, resultando una mayor concentración de glucosa, los autores evaluaron los efectos de la alimentación a diferentes comidas y los resultados sobre las concentraciones plasmáticas de glucosa basal antes de alimentar en mañana variaron de 80.1 a 89.3 mg/dL.

Con referencia a la concentración de urea, Bott et al. (2016) mencionan que las prácticas de alimentación tienen fuerte impacto sobre la utilización de los aminoácidos y la optimización de la excreción de nitrógeno. Sin embargo, paradójicamente en la industria equina, es común alimentar con un exceso de proteína, llegando a tener incluso un efecto perjudicial al medio ambiente (Haper et al., 2009). De acuerdo con lo reportado por Follet y Hatfield (2001) se estima que solo el 45% o menos de la proteína suministrada a los caballos es utilizada para la generación de proteína del animal y el resto es eliminada por la orina y/o las heces. En cambio, cuando el animal se encuentra en un estado nutricional deficiente de proteínas, entra en un proceso fisiológico que le permita cubrir sus necesidades proteicas, y una vez cubiertas, el exceso de nitrógeno es eliminado en orina. Con relación a lo anterior, una investigación en cerdos por Whang et al. (2003), indicaron que los cerdos alimentados con una dieta rica en proteína exhiben un alto crecimiento compensatorio, durante este proceso, los requerimientos de proteína cruda para los cerdos, son mayores que en los cerdos alimentados previamente con una dieta adecuada. Este estudio también sugiere que el nitrógeno ureico en sangre puede ser utilizado como un indicador de la eficiencia de utilización de la proteína y crecimiento compensatorio. Por su parte, Ralston y Breaver (1996) en caballos geriátricos, el aumento de la ingesta de proteínas es beneficioso o perjudicial en función del estado nutricional, la función renal y hepática en caballos de talla alta y ponis, reportan valores normales de 25 mg / dl para caballos adultos, siendo similares con los observados en los periodos 0, 21 y 42 del presente estudio, sin embargo, están muy por debajo de los niveles observados en el periodo 63 con 41 mg/dl.

4.5.3 Características de la canal en canal

Las características de la canal se muestran en la tabla 4.4. El PCC fue superior ($P < 0.05$) en el PE 63, seguido por el 42, 21 y 0 respectivamente. Un comportamiento similar al de PCC fue observado en el PCF, el cual fue superior ($P < 0.05$) en el PE 63. En lo referente al RCC, este fue superior ($P < 0.05$) en el PE 63, mientras que los PE 21 y 42 tuvieron un RCC similar; por su parte el rendimiento más bajo se observó en el PE 0. En cuanto al RCF, fueron estadísticamente similares ($P > 0.05$) los rendimientos en los PE 21, 42 y 63; superiores todos ellos al observado en el PE 0. Se observó un efecto ($P < 0.05$) del PE sobre AOC, siendo mayor en el PE 63, seguido por el PE 42 y 21 respectivamente, la menor AOC se observó en el PE 0. En cuanto a la GD, ésta fue afectada ($P < 0.05$) por el PE, observándose un mayor espesor en el PE 63, seguidos por los PE 21 y 42; mientras que el menor espesor se presentó en PE 0 resultados obtenidos en las canales se muestran en el cuadro 5. Con respecto a lo anterior, cabe mencionar que en México la engorda intensiva de equinos no es una actividad común, ya que los animales destinados a la producción de carne son aquellos que terminada su vida útil en otras actividades son enviados a plantas de sacrificio, por lo que se puede considerar como una actividad secundaria. A diferencia de algunos países europeos, donde la cría de equinos para carne es común, en este sentido Sarriés y Beriain (2006) reportaron canales frías con peso promedio de 270 kg, los cuales resultan superiores a los observados en el presente estudio aún con el mayor PE, sin embargo, cabe destacar las diferencias entre las diferentes razas a las que pertenecen los animales, así como al sistema de producción ya que está documentado el efecto de estos factores sobre las características de la canal (Franco et al., 2013; Franco et al., 2011; Tateo et al., 2008).

Tabla 4.4. Medias de mínimos cuadrados (\pm Error Estándar) de las características de la canal y color (L^* , a^* , b^*) del musculo *semitendinoso* y grasa subcutánea de yeguas sometidas a cuatro distintos periodos de engorda.

| Concepto | DÍAS EN ENGORDA | | | | EE |
|----------------------|--------------------|--------------------|--------------------|--------------------|------|
| | 0 | 21 | 42 | 63 | |
| PCC, kg | 198.9 ^d | 219.2 ^c | 228.1 ^b | 244.4 ^a | 4.5 |
| PCF, kg | 185.7 ^c | 209.4 ^c | 219.3 ^b | 238.3 ^a | 4.6 |
| RCC, % | 58.3 ^{cb} | 59.4 ^b | 60.6 ^b | 63.3 ^a | 1.2 |
| RCF, % | 54.1 ^b | 57.1 ^a | 58.1 ^a | 58.3 ^a | 0.5 |
| PPR, % | 6.6 ^a | 3.8 ^b | 3.8 ^b | 2.5 ^b | 0.9 |
| AOC, cm ² | 69 ^c | 76.4 ^{cb} | 83.3 ^b | 87.5 ^a | 3.4 |
| GD, mm | 3.5 ^c | 5.8 ^b | 6 ^b | 7.3 ^a | 0.3 |
| pH | | | | | |
| 24 h | 6.3 ^b | 5.5 ^a | 5.2 ^a | 5.2 ^a | 0.06 |
| Color Carne | | | | | |
| L^* | 31 ^b | 30.8 ^b | 32.7 ^b | 38.21 ^a | 0.5 |
| a^* | 15.7 ^b | 16.4 ^{ba} | 18.1 ^a | 15.7 ^b | 0.4 |
| b^* | 6.7 ^a | 7.2 ^a | 5.6 ^b | 5.4 ^b | 0.3 |
| Grasa subcutanea | | | | | |
| L^* | 62.4 ^b | 63 ^b | 67.7 ^a | 67.8 ^a | 1.4 |
| a^* | 6 ^b | 13 ^a | 11.5 ^a | 11.9 ^a | 0.9 |
| b^* | 19.8 ^b | 24.7 ^{ba} | 24.9 ^{ba} | 26.6 ^a | 1.9 |

^{ab} Literales distintas entre columnas indican diferencia significativa ($P < 0.05$).

¹ Los rendimientos están indicados en porcentaje del peso vivo. ² Escala de color: L^* = Luminosidad (0 = negro, 100 = blanco); a^* = rojo a verde (valores positivos = rojos, valores negativos = verdes); b^* = amarillo a azul (valores positivos = amarillos, valores negativos = azul).

Sin embargo, a diferencia lo reportado en Europa, en plantas de sacrificio colombianas, los cuales según su estudio tienen un peso de canal caliente promedio de 144 kg, sin embargo, reporta un coeficiente de variación alto, el cual lo atribuye a la gran diversidad de grupos raciales, condición corporal, manejo y alimentación previa de los animales (Nivia et al., 2014). Por su parte, Fábregas y Such (2001) obtuvieron promedios para canal caliente de 243.0 kg en equinos sacrificados en España bajo sistema intensivo, los cuales comparados con los observados en el presente estudio superan a los observados en los periodos 0, 21 y 42; siendo similares a los obtenidos con 63 días de engorda en el presente estudio. Cabe mencionar que las razas pesadas utilizadas en algunos países de Europa para la producción de carne están por encima de los promedios observados en cualquiera de los PE evaluados en el presente estudio, pues se logran pesos al sacrificio que van de los 550 a los 580 kg a muy cortas edades y por consecuencia se obtienen canales con pesos de 320 a 350 kg (Torres, 2003). Y rendimientos en canal más elevados, como los reportados por Sarriés y Beriain (2006), quienes reportan rendimientos cercanos al 70 %. Por su parte, Furtado et al. (2010) reportaron rendimientos en canal por debajo del 51 % en caballos Mestizos y sin observar diferencia entre los diferentes grupos de pesos, edades y géneros. Lo anterior, sugiere que pudiera existir una mayor influencia de la raza sobre el peso y rendimiento en canal que por el origen, edad o género de los animales. En este punto, es conveniente destacar que las diferencias existentes entre los animales evaluados en el presente estudio y los evaluados en Europa, se deben principalmente a las diferentes razas a las que pertenecen, así como al sistema de producción (Franco et al., 2013; Franco et al., 2011; Tateo et al., 2008).

La PPR fue mayor ($P < 0.05$) en el PE 0, mientras que en los PE 21, 42 y 63 fue similar (Tabla 4.4). Lo anterior, se puede explicar por la influencia que tiene la grasa de cobertura sobre la pérdida por refrigeración, ya que esta protege a la canal de la deshidratación (Vergara y Molina, 1998) por lo cual resulta hasta cierto punto lógico que los animales de menor peso sean los que proporcionalmente tienen mayor pérdida por refrigeración con respecto a los animales más pesados, coincidiendo también con lo observado en el presente estudio, donde se puede notar un incremento en el espesor de la grasa dorsal conforme aumenta el PE (Tabla 13). Por otro lado, también están relacionados en la pérdida por refrigeración factores como el estrés, genéticos, método de sacrificio y refrigeración de la canal (Andres et al., 2007; Rosenvold y Andersen, 2003); así como también mencionaron que el sistema de producción y la época del año tienen efecto sobre la pérdida por refrigeración, observando parámetros muy amplios, que van de 5.6 a 10.1 % (Rodríguez et al., 2013). Por su parte, Mamani-Linares y Gallo (2011) encontraron una pérdida por refrigeración en Llama del 1.37 %, para el Bovino de 2.44 %, y en los caballos de 2.50 %. En concordancia con Noia et al. (2009) quienes mencionaron parámetros de calidad similares entre carne de equino y bovino, sin observar diferencia en el porcentaje de pérdida por refrigeración, el cual fue de 2.37 %. En lo referente al pH de la canal, se puede observar que fue superior ($P < 0.05$) en periodo 0, con respecto a los periodos 21, 42 y 63 (Tabla 4.4). En este sentido, cabe señalar lo reportado por Bianchi et al. (2006) quienes observaron una diferencia del pH de la canal entre corderos livianos y pesados, siendo más elevado en los primeros; lo cual coincide con lo observado en los equinos del presente estudio, donde el pH fue superior en los animales de menor peso en el periodo 0; los autores atribuyen esa diferencia a factores estresantes y a reservas de glucógeno.

Lo anterior coincide también con lo reportado por Tejeda et al. (2008), en la que no se observó efecto del peso de los animales sobre el pH de la canal, sin embargo los autores mencionan una interacción entre el peso y el género sobre el pH.

En lo que respecta al color de la carne, en el presente estudio se observó que el PE influyó sobre las escalas de color, en la tabla 13 se puede observar que L^* fue superior ($P < 0.05$) en el periodo 63, con respecto al 0, 21 y 42 (Tabla 4.4). En cuanto a la escala a^* , fue superior ($P < 0.05$) en los periodos 21 y 42. Por otra parte, se observó que b^* , disminuyó ($P < 0.05$) en los periodos 42 y 63; con respecto al 0 y 21. En este sentido, se debe destacar que el color de la carne es un atributo muy importante para el consumidor, el cual está influenciado por diferentes factores como los genéticos, el sexo, la edad y el estado nutricional del animal previo al sacrificio (Priolo et al., 2002; Ripoll et al., 2012). En este sentido, Pollidori et al. (2016) mencionan que la luminosidad y la coloración roja de la carne se deben a la concentración de mioglobina en el músculo, la cual a su vez está relacionada con la alimentación.

En este mismo sentido, diferentes investigaciones mencionan una relación entre los patrones de color y el contenido de grasa y agua en la carne (Lorenzo et al., 2017); de la cual se reporta una relación negativa entre el contenido de agua y grasa (Smith et al., 2011); por lo cual, en base a lo anterior se podría explicar el porqué L^* es superior en los animales con PE superior, esto debido a que la cantidad de grasa aumentó en dichos animales. En este mismo sentido, se puede observar en los resultados obtenidos en el presente estudio, como la L^* , a^* y b^* de la grasa subcutánea se incrementó con el PE, de lo cual, de la misma forma que el color de la carne, está influenciado por factores genéticos, edad y sexo (Priolo et al., 2002; Ripoll et al., 2012).

Sin embargo, diferentes autores reportan que el color de la grasa es afectado por factores alimenticios (Izaguirre y Shimada, 2001; Moloney et al., 2013), en las cuales se menciona que la pigmentación amarilla del tejido adiposo, está relacionado con el consumo elevado de carotenoides en animales que se encuentran en pastoreo, en contraste con animales alimentados con concentrados, lo cual explica porque L^* aumenta y b^* disminuye en la grasa de los equinos con más días en engorda.

4.6 Conclusiones

El PE afecta el PS y CMS, los cuales aumentan conforme los días en engorda se incrementan. Sin embargo, la CA disminuye en el último periodo, concluyendo en este aspecto que los periodos de 21 y 42 días de engorda son los que se muestran un mejor comportamiento productivo. Además, el PE afecta los metabolitos sanguíneos, los cuales se modifican con el aumento de los días en engorda. En cuanto a los rendimientos en canal, se concluye que el PE incrementa el PCC, PCF, RCC, AOC y GD; mostrando su mayor valor a los 63 días de engorda. Sin embargo, el RCF es similar en los periodos 21, 42 y 63. Así mismo se concluye que existe un efecto del PE sobre la pérdida por refrigeración, la cual disminuye conforme aumentan los días de engorda.

4.7 Literatura citada

Andres, S., I. Murray, E. A. Navajas, A. V. Fisher, N. R. Lambe, y L. Bünger. 2007. Prediction of sensory characteristics of lamb meat samples by near infrared reflectance spectroscopy. *Meat Science*. 76: 509-516.

- Bavera, G., O. Bocco, H. Beguet y A. Petryna. 2005. crecimiento, desarrollo y precocidad. Cursos de Producción Bovina de Carne, FAV UNRC.
- Bianchi, G., G. Garibotto, S. Forichi, A. Zabala, P. Benia, O. Feed, J. Franco, F. Ballesteros y O. Bentancur. 2006. Efecto del sistema de refrigeración sobre la calidad de la carne de corderos pesados Dhone Merino x Corriedale. Revista Argentina de Producción Animal 26: 217 – 224.
- Bott, C.B., A.G. Greene, N.L. Trottier, C.A. William, M.L. Westendorf, A.M. Swinker, S.L. Mastellar, K.L. Martinson. 2016. Enviromental implications of nitrogen output on hose operation: a review. J. Equine Vet Sci. 45:98-106.
- Castro, D. L. E., y R. M. P. Robaina. 2003. Manejo del ganado previo a la faena y su relación con la calidad de la carne. Uruguay. INAC. Instituto Nacional de Carnes. Disponible en: <http://www.inac.gub.uy/innovaportal/file/2615/1/manejo.pdf>. Accesado: 22/10/2015.
- Catelli, J.L. 2004. El caballo en Europa para producción de carne. Veterinaria Argentina Num. 21 Vol. 205:364-368.
- Church D. y W. Pond, K. Pond. 2004. Fundamentos de Nutrición animal y alimentación de los animales. Ed. Limusa Wiley. Mexico. pp 65-267
- Dominguez B., S. Furtney, M. Arns, T. Epp, J. Pandegrafit. 2009. Comparison of biochemical values between miniature and full size horses fed marine or animal fat diet. Jurnal of equine Veterinary science. Vol 29:483-484.
- Dunkel B., H.C. Mckenzie. 2003. Severe hypertriglyceridaemia in clinically ill horses: diagnosis, treatment and outcome. Equine Vet J 35:590-595.

- Financiera Rural. 2012. Monografía del ganado equino. Dirección general adjunta de planeación estratégica y análisis sectorial.
- Financiera Rural. 2012. Monografía del ganado equino. Dirección general adjunta de planeación estratégica y análisis sectorial. Mexico pp: 87-92.
- Follett R., J. Hatfield. 2001. Nitrogen in the environment: sources, problems, and management. *Scientific World Journal*.1: 920-926.
- Franco, D., M. Fernández, S. Temperán, L. García y J. M. Lorenzo. 2011. Calidad de la canal del potro gallego de monte. Centro Tecnológico de la Carne. San Cibrao das Viñas. *Arch. Zootec*. 60 (231): 385-388.
- Furtado, C. E., M. C. Campos, V. L. Ferreira, E. Gasparino, K. M. Oliveira y M. R. Nanni. 2010. Influência do peso vivo, da idade e do sexo sobre características de carcaças de equinos. *R. Bras. Zootec*. Vol.39 No.12.
- Harper M., A. Swinker, W. Staniar, A. Welker. 2009. Ration evaluation of Chesapeake Bay watershed horse farms from a nutrient management perspective. *J. Equine. Vet. Sci*. 29:411–423.
- Hayden, J. M. J. E. Williams y R. J. Collier. 1993. Plasma Growth Hormone, Insulin-Like Growth Factor, Insulin, and Thyroid Hormone Association with Body Protein and Fat Accretion in Steers Undergoing Compensatory Gain After Dietary Energy Restriction. Department of Animal Sciences, University of Missouri, Columbia 65211 and TMonsanto Co., St. Louis, MO 63198 *J ANIM SCI*. 71:3327-3338.

- Juárez, M., O. Polvillo, M. D. Gómez, M. J. Alcalde, F. Romero, y M. Valera. 2009. Breed effect on carcass and meat quality of foals slaughtered at 24 months of age. *Meat Science*. 83: 224–228.
- Kaneko J. J. 1999. *Clinical Biochemistry of Domestic Animals*, 4th Ed. Academic Press. San Diego, California. pp.832 .
- Lambe, N. R., E. A. Navajas, A. V. Fisher, G. Simm, R. Roeche, y L. Bünger. Prediction of lamb meat eating quality in two divergent breeds using various live animal and carcass measurements. *Meat Science* 83: 366-375.
- López, T.R., R. García, M. Mellado y J. Acosta. 2002. Crecimiento y características de la canal de bovinos Charoláis y Beefmaster alimentados con dos fuentes de proteína y dos niveles de grasa sobrepasante. *Tec. Pecu. Mex*; 40(3): 291-298.
- Lorenzo, J. M., C. Fuciños, L. Purriños, y D. Franco. 2010. Intramuscular fatty acid composition of “Galician Mountain” foals breed: Effect of sex, slaughtered age and livestock production system. *Meat Science*. 86: 825–831.
- Lorenzo, J. M., M. V. Sarriés, A. Tateo, P. Polidori, D. Franco, y M. Lanza, 2014. Carcass characteristics, meat quality and nutritional value of horsemeat: A review. *Meat Science*. 96: 1478–1488.
- Lorenzo, J. M., y J. Carballo. 2015. Changes in physico-chemical properties and volatile compounds throughout the manufacturing process of dry-cured foal loin. *Meat Science* 99: 44-51.
- Lorenzo, J.M. 2017. Technological aspects of horse meat products- A review. *Food Research International*. 102:176-183.

- Mamani-Linares, L.W., y C. Gallo. 2011. Composición química y calidad instrumental de carne de bovino, llama (lama glama) y caballo bajo un sistema de crianza extensiva. *Rev. Inv. Vet. Perú*, 22 (4): 301-311.
- NewsAgro Argentina. 2005. La Carne de Equino. Disponible en: www.alimentacion-sana.com.ar. Accesado: 26/09/2015.
- Noia, M., D. Olivera y F. C. Cárdenas. 2009. Evaluación de los principales parámetros de calidad en carne equina. *Rev. Ciencia Veterinaria*. Vol. 11:1515 – 1883.
- Ojeda, A. F. Molina y D. Carmona. 1999. Crecimiento Compensatorio una Estrategia de Manejo de la Disponibilidad de Pasturas. Tesis. Facultad de Agronomía. Universidad Central de Venezuela.
- Olazabal L. J y H. F. San Martin. 2008. Crecimiento Compensatorio. Universidad Nacional Mayor de San Marcos, Facultad de Medicina Veterinaria - Laboratorio de Bioquímica, Nutrición y Alimentación Animal.
- Polidori, P., S. Vincenzetti, C. Cavalluci, y D. Beghelli. 2008. Quality of donkey meat and carcass characteristics. *Meat Science*. 80: 1222-1224.
- Priolo, A., D. Micol, J. Agrabel, S. Prache, y E. Dransfield. 2002. Effect of gras sor concéntrate feeding system on lamb carcass and meat quality. *Meat Science*. 62: 179-185.
- Priolo, A., D. Micol, J. Agrabel, S. Prache, y E. Dransfield. 2002. Effect of gras sor concéntrate feeding system on lamb carcass and meat quality. *Meat Science*. 62: 179-185.

- Realston S., Breaver L. 1996. Field evaluation of a feed formulated for geriatric horses. *J. Equine Vet Sci.* 15:334;338.
- Reis, M., y K. Rosenvold. 2014. Early on-line classification of beef carcasses base don ultimate pH by near infrared spectroscopy. *Meat Science.* 96: 862-869.
- Ripoll, G., P. Albertí, y M. Joy. 2002. Influence of alfalfa grazing-based feeding systems on carcass fat color and meat quality of light lambs. *Meat Science.* 90: 457-464.
- Rodríguez, E. M. E., G. C. Flores, B. S. Sánchez, A. D. A. Rojo, J. A. G. Ahuir, C. R. Muela, L. C. Palacios, V. E. S. Beltrán, y F. J. S. Sánchez. 2013. Calidad de la carne de bovinos engordados en un sistema silvopastoril intensivo en dos épocas del año. *Tropical and Subtropical Agroecosystems.* 16: 235 – 241.
- Rodríguez, E. M. E., G. C. Flores, B. S. Sánchez, A. D. A. Rojo, J. A. G. Ahuir, C. R. Muela, L. C. Palacios, V. E. S. Beltrán, y F. J. S. Sánchez. 2013. Calidad de la carne de bovinos engordados en un sistema silvopastoril intensivo en dos épocas del año. *Tropical and Subtropical Agroecosystems.* 16: 235 – 241.
- Rosenvold, K., y H. J. Andersen. 2003. The significance of pre-slaughter stress and diet on color and color stability of pork. *Meat Science.* 63: 199-209.
- Sarriés, M. V., y M. J. Beriain. 2005. Carcass characteristics and meat quality of male and female foals. *Meat Sci.* 70: 141–152.
- Saul J., A. Nyhart, J. Redding, M. Alman, K. Cole. 2011. Effect of feeding practice on glucose, insulin and cortisol response in quarter horses mares. *J. Equine Vet Sci.* 30:299-300.

- Sharlette J., K. Hewitt, S. McLeod, V. Fellner, L. Person, S. Pratt-Phillips, A. Siciliano. 2011. Effect of pasture consumption on blood insulin, glucose and volatile fatty acid concentrations in horses. *Jurnal of equine veterinary science*. 30:298-299.
- SIVETIF-SENASICA. 2013. Comparativo anual final de sacrificios y decomisos de canales 2012.
- Smith, A.M. 2011. Proximate composition and energy content of beef steaks as influenced by USDA quality grade and degree of doneness. *Meat Science*. 89: 228–232.
- Tateo, A., P. De Palo, E. Ceci, y P. Centoducati. 2008. Physicochemical properties of meat of Italian Heavy Draft horses slaughtered at the age of eleven months.
- Vergara, H., y A. Molina. 1998. Influence of sex and slaughter weight on carcass and meat quality in light and medium weight lambs produced in intensive systems. *Meat Science*. 52: 221-226.
- Whang, K. Y, S. W. Kim, S. M. Donovan, F. K. McKeith, R. A. Easter. 2003. Effects of protein deprivation on subsequent growth performance, gain of body components, and protein requirements in growing pigs. *J. Anim. Sci*. 81:705–716.

CAPÍTULO 5.

CONCLUSIONES GENERALES

Se concluye que el origen, sexo, edad y peso al sacrificio afectan el peso y el rendimiento de la canal de los asnos, siendo superiores en los asnos importados con respecto a los nacionales. Además, los machos castrados tienen mayor peso y rendimiento en canal que las hembras. Los asnos adultos y los viejos tienen mayor peso y rendimiento de la canal. Los asnos con un peso al sacrificio de más de 150 kg tuvieron mayores pesos y rendimientos de canal caliente y fría.

En los equinos, el peso y rendimiento son afectados por el origen de los animales, siendo superior en los equinos importados. Así mismo, el rendimiento de la canal caliente y fría es superior en los machos independientemente de su origen. El género afecta el color de la carne y la grasa de la canal, teniendo una tonalidad más amarilla en las hembras con respecto a los machos. En lo referente a la edad, esta afecta el rendimiento en canal, mostrando mayor rendimiento los animales adultos y viejos. Por su parte, el peso al sacrificio afecta el peso y rendimiento en canal, los cuales se incrementan conforme aumenta el peso al sacrificio de los animales; de manera inversa, la pérdida por refrigeración disminuye conforme se incrementa el peso al sacrificio.

El PE afecta el PS y CMS, los cuales aumentan conforme los días en engorda se incrementan. Sin embargo, la CA disminuye en el último periodo, concluyendo en este aspecto que los periodos de 21 y 42 días de engorda son los que se muestran un mejor comportamiento productivo. Además, el PE afecta los metabolitos sanguíneos, los cuales se modifican con el aumento de los días en engorda. En cuanto a los

rendimientos en canal, se concluye que el PE incrementa el PCC, PCF, RCC, AOC y GD; mostrando su mayor valor a los 63 días de engorda. Sin embargo, el RCF es similar en los periodos 21, 42 y 63. Así mismo se concluye que existe un efecto del PE sobre la pérdida por refrigeración, la cual disminuye conforme aumentan los días de engorda.

De acuerdo con lo anterior, las características de la canal son afectadas por el origen, el sexo y la edad de los asnos y equinos; además, el comportamiento productivo de los equinos, los metabolitos sanguíneos y las características de la canal son afectadas por el periodo de engorda, por lo que considerando los factores mencionados anteriormente, la engorda intensiva de equinos para producción de carne resulta ser una alternativa para mejorar el desempeño productivo y las características de la canal.

RESUMEN CURRICULAR

Pedro Hernández Briano

Candidato para el Grado de

Doctor en Ciencias con Especialidad en Alimentos

Tesis: CARACTERIZACIÓN DE LOS FACTORES QUE INFLUYEN EN EL RENDIMIENTO Y CARACTERÍSTICAS DE LA CANAL DE ÉQUIDOS

Campo de Estudio: Ciencias de los Alimentos

Datos personales: Nacido en Rincón de Romos, Aguascalientes, Ags., el 5 de marzo de 1985, hijo de Jesus Hernández Torres y Josefina Briano Dávila.

Educación: Egresado de la Universidad Autónoma de Zacatecas, obteniendo el título de Médico Veterinario Zootecnista en 2009; y de la Universidad Autónoma de Chihuahua, con el grado de Maestro en Ciencias en 2012.

Experiencia profesional: Profesor investigador en la Unidad Académica de Medicina Veterinaria y Zootecnia de la Universidad Autónoma de Zacatecas de marzo de 2013 a la fecha.

Publicaciones en revistas indexadas:

Hernández-Briano Pedro, Ramírez-Lozano Roque G., Carrillo-Muro Octavio, López-Carlos Marco Antonio, Mendez-Llorente Fabiola, Aguilera-Soto Jairo Ivan
2018 Effects of origin on carcass and meat characteristics of donkeys.
International Journal of Applied Research in Veterinary Medicine.

Hernández-Briano Pedro, Ramírez-Lozano Roque G., Carrillo-Muro Octavio, López-Carlos Marco Antonio, Mendez-Llorente Fabiola, Aguilera-Soto Jairo Ivan
2018 Effects of gender and live weight on carcass and meat characteristics of donkeys. Ciencia Rural.

Carrillo-Muro O., Ramírez-Lozano R.G., Castro-Rosales A.S., Hernández-Briano P., López-Carlos M.A., González-Ronquillo M., Rivera-Villegas A., Méndez-Llorente F., Aguilera-Soto J.I. 2018 Influence of landscape and harvest period on yield, nutritive value and in vitro digestibility of *Quercus rugosa* leaf litter, and intake and palatability of sheep. Small Ruminant Research. *in press*.

Carrillo-Muro O., Ramírez-Lozano R.G., Hernández-Briano P., López-Carlos M.A., Aguilera-Soto J.I. 2017 Chemical Composition and in Situ Digestion Kinetics of Urea-Molasses Treated Fallen Leaves of *Quercus Rugosa*. Journal of Dairy, Veterinary and Animal Research 5(6):161-165.

Reconocimientos

El autor agradece a la Empacadora de Carnes de Fresnillo, S.A. de C.V. planta Tipo Inspección Federal # E 42 y a la Empresa Cárnicos de Jerez S.A. de C.V en el Estado de Zacatecas, México. Por su disponibilidad, financiamiento y las facilidades brindadas para el desarrollo de las investigaciones realizadas. Así mismo, a la Unidad Académica de Medicina Veterinaria y Zootecnia de la Universidad Autónoma de Zacatecas, por el apoyo recibido para el desarrollo de esta línea de investigación. Se agradece también al Dr. Octavio Carrillo Muro y al Dr. Jairo Iván Aguilera Soto por su importante aporte y asesoría para la realización de este trabajo, se agradece también a los alumnos de licenciatura y posgrado de la UAMVZ-UAZ involucrados en esta investigación.