

Universidad Pública de Navarra

Nafarroako Unibertsitate Publikoa

**ESCUELA TÉCNICA SUPERIOR
DE INGENIEROS AGRÓNOMOS**

***NEKAZARITZAKO INGENIARIEN
GOI MAILAKO ESKOLA TEKNIKO***

ESTUDIO DE LA CALIDAD DE LA CARNE DE POTRO

presentado por

IDOIA LIZARRAGA BAZTÁN(e)k

aurkeztua

**GRADO EN INGENIERÍA AGROALIMENTARIA Y DEL MEDIO RURAL
GRADUA NEKAZARITZAKO ELIKAGAIEN ETA LANDA INGURUNEAREN
INGENIARITZAN**

Marzo 2018 / 2018eko, martxoa

AGRADECIMIENTOS

No puedo finalizar este Trabajo Fin de Grado sin agradecer el apoyo recibido por algunas personas durante toda la carrera en general y en la elaboración de este trabajo particularmente.

A Kizkitza Insausti, directora y tutora de este trabajo, por su apoyo, interés, amabilidad y disponibilidad en todos los momentos que lo he necesitado.

A María Victoria Sarriés, subdirectora de este trabajo, por su predisposición, dedicación y apoyo en todo momento.

A Susana García, por sus explicaciones y ayuda prestada en el laboratorio.

A María Cienfuegos, por acompañarme y estar conmigo en gran parte de los ensayos de laboratorio.

A mi compañero Iñigo Ayechu, por facilitarme documentación y prestarme su ayuda teniéndole disponible en todo momento a él y a su explotación de equino de raza Burguete.

A mi familia, amigos y compañeros por sus ánimos, consejos y cariño durante estos años.

A todos ellos, muchas gracias.

Kizkitza Insausti Barrenetxea, Profesora Contratado Doctor del Área de Producción Animal, de la Escuela Técnica Superior de la Escuela Técnica de Ingenieros Agrónomos, de la Universidad Pública de Navarra.

INFORMA,

Que el trabajo Fin de Grado titulado “Estudio de la calidad de la carne de potro” que presenta la alumna Idoia Lizarraga Baztán, ha sido realizado en el Departamento de Producción Agraria bajo mi dirección, cumple las condiciones exigidas y autorizo su presentación.

TÍTULO: Estudio de la calidad de la carne de potro

ALUMNA: Idoia Lizarraga Baztán

DIRECTORA: Kizkitza Insausti Barrenetxea

RESUMEN:

La finalidad de este Trabajo de Fin de Grado ha sido estudiar las características de color, contenido en grasa, pérdidas por cocinado y textura de muestras de carne de 5 potros de raza Burguete comercializados bajo la marca *Potro de Origen de los Valles Navarros*. Estos animales fueron criados de forma extensiva y suplementados durante los 2-3 últimos meses previos al sacrificio con pienso.

Una vez los potros alcanzaron los 16-18 meses de edad fueron sacrificados. Tras 24 horas post-mortem, se extrajo el músculo Longissimus thoracis y se obtuvo una chuleta a la altura de la 4ª vértebra torácica que fue congelada hasta el momento de realizar los análisis.

La medida de color se realizó con ayuda de un colorímetro CR-400. Para la extracción de grasa de las muestras se utilizó un equipo Soxhlet. Las pérdidas por cocinado se obtuvieron mediante el cocinado de las muestras en baño maría y por diferencias de pesos. Finalmente, para el análisis de la textura se empleó el método Warner Bratzler.

A partir de los resultados obtenidos experimentalmente, se ha visto que las muestras de carne analizadas presentan valores cercanos a lo referido en la bibliografía en cuanto a color y pérdidas por cocinado pero, sin embargo, presentan valores muy altos en lo que a contenido en grasa y textura se refiere.

La carne de potro estudiada muestra que los animales de raza Burguete presentan una calidad muy heterogénea y que la calidad de la carne puede verse fuertemente influenciada por parámetros como la raza, la edad al sacrificio o el almacenamiento de la misma.

PALABRAS CLAVE: carne de potro, medida de color, contenido en grasa, pérdidas por cocinado, textura, calidad de la carne.

ABSTRACT:

The purpose of this Work was to study the characteristics of colour, fat content, cooking losses and texture of meat samples from 5 Burguete foals marketed under the brand *Potro de Origen de los Valles Navarros*. These animals were reared extensively and supplemented during the last 2-3 months prior to slaughter with concentrate feed.

Once the foals reached 16-18 months of age they were slaughtered. After 24 hours post-mortem, the Longissimus thoracis muscle was extracted and a chop was obtained at the level of the 4th thoracic vertebra which was frozen until the moment of analysis.

The colour measurement was made with a CR-400 colorimeter. For the extraction of fat from the samples, a Soxhlet equipment was used. Cooking losses were obtained by cooking the samples in a water bath and measuring weight differences. Finally, for the analysis of texture, the Warner Bratzler method was used.

From the results obtained experimentally, it has been observed that the meat samples analyzed have values close to that referred to in the bibliography in terms of colour and cooking losses, but nevertheless, they present very high values in terms of fat content and texture.

The studied foal meat confirms that the animals of Burguete breed have very heterogeneous quality and that the quality of the meat can be strongly influenced by parameters such as breed, age at slaughter or meat storage.

KEYWORDS: foal meat, measure of colour, fat content, cooking losses, texture, meat quality.

ÍNDICE

1. Introducción	9
1.1. Historia de los caballos.....	9
1.2. Consumo de carne de equino	10
1.3. Crecimiento y desarrollo del equino	12
1.4. Tipos de producción del equino de carne	13
1.5. Los caballos históricos navarros.....	13
1.6. Caballo de raza Burguete	14
1.6.1. Datos censales de la raza Burguete.....	14
1.6.2. Características morfológicas del caballo de Burguete	15
1.6.3. Sistema de producción y explotación del caballo de Burguete	16
1.6.4. Datos productivos de la raza Burguete	18
1.7. Asociación de criadores ASCANA	18
1.7.1. Asociación ASCANA	18
1.7.2. Actuaciones de mantenimiento y promoción de la raza Burguete.....	20
1.7.3. Reglamentación.....	22
1.8. Composición química de la carne de equino	22
1.9. Calidad de la carne de equino	27
1.9.1. Medida del color de la carne de equino.....	27
1.9.2. Contenido en grasa de la carne de equino.....	29
1.9.3. Pérdidas por cocinado de la carne de equino	30
1.9.4. Medida de textura de la carne de equino	30
2. Objetivos	31
3. Material y métodos	32
3.1. Material animal	32
3.2. Medida de color	33
3.3. Contenido en grasa	33
3.4. Pérdidas por cocinado.....	35
3.5. Medida de textura.....	36
3.6. Meta-análisis	38
3.7. Análisis estadísticos.....	38
4. Resultados y discusión	39
4.1. Características de color, contenido en grasa, pérdidas por cocinado y textura de la carne de potros de raza Burguete.....	39

4.1.1. Medida de color	39
4.1.2. Contenido en grasa	41
4.1.3. Pérdidas por cocinado.....	44
4.1.4. Medida de textura.....	45
4.2. Meta-análisis de las características de color, contenido en grasa, pérdidas por cocinado y textura de la carne de potro.....	47
5. Conclusiones.....	56
6. Bibliografía	57

1. Introducción

1.1. Historia de los caballos

El antecesor de los caballos como se conocen hoy en día es el *Hyracotherium*, un herbívoro de pequeño tamaño, similar al de un perro, que vivió durante el Eoceno. Éste, tenía cuatro dedos en las patas delanteras y tres en las traseras, terminando cada uno de ellos en una uña (Pérez de Muniain et al (2007)).

Durante el Oligoceno, las especies americanas dieron lugar al *Mesohippus*, algo más grande que el género anterior, y con tres dedos en las patas delanteras en este caso. Después le sucedieron en el Mioceno el *Miohippus* y el *Merychippus* (Ilustración 1) (Pérez de Muniain et al (2007)).

El *Pliohippus*, primer ejemplar con un solo dedo, fue el sucesor del *Merychippus*, a éste le siguió en *Pleshippus*, antecesor del caballo moderno, el género *Equus*. Se piensa que este último género se extendió desde Norteamérica a Eurasia, África y Sudamérica durante el Pleistoceno. El estrecho de Bering fue la forma de pasar de Norteamérica a Eurasia, ya que entonces los continentes estaban unidos. Más tarde los caballos americanos terminaron por extinguirse (Pérez de Muniain et al (2007)).

Nombre	HYRACOTHERIUM	MESOHIPPUS	MERYCHIPPUS	EQUUS (caballo actual)
Periodo de existencia	55 a 50 millones de años atrás	39 a 31 millones de años atrás	19 a 11 millones de años atrás	Desde hace 2 millones de años hasta la actualidad
Esqueleto de la pata (a la misma escala)				

Ilustración 1. Evolución de los dedos de las patas de los caballos con el paso del tiempo (Carrión García, A (2015)).

Durante la Edad de Piedra estos animales eran muy abundantes en Europa y eran consumidos por los humanos ya que se han encontrado gran cantidad de huesos en distintas cuevas del continente (Pérez de Muniain et al (2007)).

Con el tiempo, la cantidad de caballos disminuyó significativamente cuando en Europa aumentó mucho la densidad de bosques durante el Neolítico (Pérez de Muniain et al (2007)).

Los Équidos son una familia en la que se incluyen tres grupos de mamíferos salvajes. Uno de ellos son las cebras, cuyo origen es africano. El segundo grupo son los asnos, incluyendo aquí al asno salvaje africano, al onagro asiático y al kiang. Por último, en esta familia se encuentran también los caballos (Pérez de Muniain et al (2007)).

Dentro de este último grupo, existen dos tipos de caballos salvajes, el caballo de Przewalski y el Tarpán. En este tema hay diversidad de opiniones ya que un importante número de autores piensa que el caballo de Przewalski tan solo es una subespecie y no una especie en sí misma (Pérez de Muniain et al (2007)).

En la actualidad el caballo de Przewalski es el único que existe ya que el Tarpán, que se situaba en la zona entre Europa Oriental y Mongolia, se extinguió en los comienzos del siglo XIX. El caballo de Przewalski habitaba en parte de China y Mongolia, éstos se extinguieron en estado salvaje a mediados del siglo XX, pero se recuperó la población gracias a un programa de reproducción en cautividad (Pérez de Muniain et al (2007)).

Dentro del orden de los Perisodáctilos, el caballo de Przewalski se clasifica como *Equus przewalski*, el Tarpán como *Equus caballus gmelini* y el caballo doméstico como *Equus caballus* (Pérez de Muniain et al (2007)).

1.2. Consumo de carne de equino

Debido a razones socio-culturales el consumo de carne de potro no se asemeja al de otros tipos de carne. Antiguamente la carne de caballo que se consumía procedía de animales adultos o viejos, sin embargo, en la actualidad esta tendencia ha cambiado y las explotaciones venden sobre todo animales jóvenes para el consumo.

La producción de carne de equino se mantuvo constante entre los años 1965 y 1990 con producciones aproximadamente de 500.000 toneladas (Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura (FAO)). Gracias a la producción en Asia y Europa sobre todo en los años 90 el consumo ha aumentado desde entonces, coincidiendo también con la crisis bovina de la encefalopatía espongiforme (*Ilustración 2*).

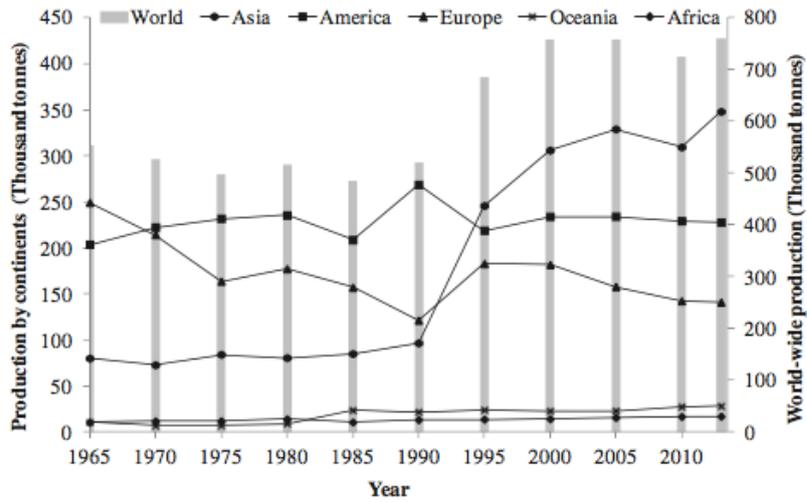


Ilustración 2. Producción mundial carne equino hasta 2013 (Belaunzaran et al. (2015)).

Aunque la producción de carne de equino haya aumentado, en comparación a las producciones de carne de aves, bovina o porcina ésta sigue siendo muy baja, tan solo representa el 0.25% de la producción total mundial (Ilustración 3).

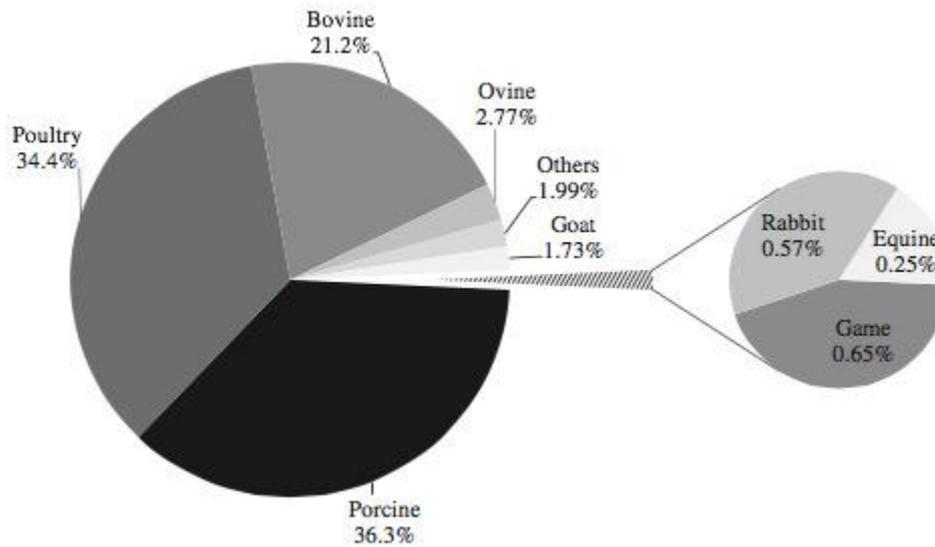


Ilustración 3. Producción mundial de carne 2013 (FAO).

Las principales razones del bajo consumo de este tipo de carne son sociales y culturales aunque, la carne de equino tiene muy buenas propiedades físicas y químicas y es muy recomendable en muchos casos.

1.3. Crecimiento y desarrollo del equino

El crecimiento de este tipo de animales es significativo por el aumento de su peso y de sus dimensiones en función del tiempo. El peso del potro cuando nace es de en torno al 8-10% del de la madre, es decir, entre 65 y 80 kg para caballos de razas pesadas (Buxadé.C (1996)).

La ganancia media diaria durante el primer mes es muy elevada y puede llegar a ser hasta de 2.000 gr/día y depende tanto del potencial genético del potro como de la producción de leche de la madre hasta los tres meses, ya que es entonces cuando los potros empiezan a ingerir otro tipo de alimentos a parte de la leche materna (Buxadé.C (1996)).

Al finalizar el primer mes el peso del potro es más o menos el doble del que tenía al nacer y cuando son destetados el peso es cinco veces superior al del nacimiento, es decir, unos 300-400 kg en razas pesadas, lo que representa el 45-50% del peso adulto. Cuando el potro tiene un año su peso representa el 65% del peso adulto aproximadamente y la altura a la cruz es alrededor del 88% de su altura final a la cruz (Buxadé.C (1996)).

Esta ganancia disminuye con el tiempo y también depende de las condiciones de cría. A partir del año, el crecimiento sigue pero a un ritmo más lento. Con dos años, los potros alcanzan el 75% de su peso final al que llegarán entre los 3,5 y los 5 años (Buxadé.C (1996)).

Cuando el potro nace su altura a la cruz representa el 60% de su valor final y el esqueleto está más desarrollado que los tejidos musculares y adiposos. Durante el primer año, el potro crece al mismo tiempo que se alarga, una vez pasado un año y medio aproximadamente, el alargamiento de los huesos es más lento para favorecer que éstos se espesen y se consoliden hasta los 3,5-4 años (Buxadé.C (1996)).

A partir del año de vida comienza a desarrollarse el tejido muscular y es al final del período de crecimiento cuando el tejido adiposo aumenta. El tejido muscular varía entre los 6 y los 30 meses del 55 al 60% mientras que el adiposo varía en ese mismo rango de tiempo del 8 al 12%. El tejido óseo sin embargo varía menos, del 13 al 15%, aproximadamente (Buxadé.C (1996)).

Los factores que intervienen en el crecimiento y el desarrollo de los caballos son principalmente la raza y el sexo, la alimentación y las condiciones de cría (Buxadé.C (1996)).

La raza y el sexo determinan el potencial de crecimiento. Cuanto mayor sea el tamaño del caballo en la edad adulta mayor es la ganancia media diaria de peso. Por ejemplo, en los poneys, la ganancia media diaria es de unos 250 gr/día, ya que su peso adulto ronda los 200 kg mientras que para los caballos de silla ésta es de 1.000 gr/día y su peso final de unos 500 kg. Los Pura Sangre Inglés presentan un desarrollo más precoz que los caballos de silla, siendo éstos más precoces que los caballos de razas pesadas (Buxadé.C (1996)).

El peso final de las yeguas suele ser un 10% inferior al de los machos. La castración de los machos se realiza en torno a los 18 meses y en general, esto no tiene demasiada repercusión en el peso final de los caballos (Buxadé.C (1996)).

En cuanto a la alimentación, el crecimiento depende de la cantidad y la calidad del alimento. Después de pequeñas restricciones los caballos son capaces de desarrollar un crecimiento compensatorio. Tras el destete los potros se agrupan en manadas que consumen libremente entre 6 y 7 U.F. por animal y día, en forma de raciones diversas (Buxadé.C (1996)).

1.4. Tipos de producción del equino de carne

Cuando los potros son destetados hacia los 7 meses de edad, suelen alcanzar pesos superiores a los 200 kg en el caso de la Jaca Navarra y a los 300 kg en el caso del Burguete. Los potros suelen ser vendidos como lechales (6 ó 7 meses de edad) o como quincenos (15 meses de edad) si se dispone de pastos adecuados para su mantenimiento (INTIA (2016)).

Los potros quincenos suelen pesar aproximadamente unos 100 kg más que los lechales. Tanto los potros lechales como los quincenos pueden ser finalizados en un cebadero para conseguir canales de mayor peso y calidad. Los potros quincenos tienen un periodo de acabado mucho menor que los lechales, por tanto suelen preferirse éstos porque esto significa menor gasto de alimentos e instalaciones (INTIA (2016)).

Un potro lechal, sea de Jaca Navarra o Burguete, necesita respectivamente 170 y 220 días para alcanzar un peso de sacrificio de 370 y 500 kg. Un potro quinceno requiere de 80 y 90 días para tener un peso al sacrificio superior, de 400 y 560 kg, respectivamente. Los rendimientos canal pueden resultar algo inferiores en el caso de los quincenos cebados, aunque siempre por encima del 60% (INTIA (2016)).

1.5. Los caballos históricos navarros

Burguete y Jaca Navarra son dos razas autóctonas de Navarra. Estas razas presentan un gran interés debido a sus peculiaridades y a su forma de cría, ya que ésta es casi en libertad absoluta que lleva asociada una estrecha relación positiva con el paisaje y la naturaleza. Es importante resaltar que ambas son Razas Autóctonas en Peligro de Extinción.

La Jaca Navarra está próxima a otras razas del norte de la Península como el Losino o el Asturcón, y tiene muchos años de historia. En Navarra esta raza se localiza en grupos distribuidos por la Comunidad Autónoma y en el núcleo de referencia en la finca de Sabaiza, que depende del Gobierno de Navarra. Esta raza está muy bien adaptada a las condiciones de esta zona de montaña del noroeste de Navarra gracias a sus características morfológicas y su temperamento.

Por otro lado, la raza Burguete habría surgido del cruce de yeguas indígenas, tipo Jaca Navarra, con caballos como el Bretón, el Comtois o el Ardanés, de origen francés y muy pesados. Esta raza está extendida por la zona del valle de Roncal y Salazar, las sierras de Urbasa y Andía, Burguete, Arrieta, Isaba, entre otras localizaciones.

1.6. Caballo de raza Burguete

1.6.1. Datos censales de la raza Burguete

Los datos que se van a presentar en este apartado (*Tabla 1*) pertenecen al registro realizado en diciembre de 2016.

Tabla 1. Características generales situación ganado Burguete (MAPAMA (2016)).

Características generales	
Tendencia evolutiva de la población:	Expansión
Tendencia evolutiva de hembras reproductoras:	Expansión
Número de hembras que han parido en el último año	1.245
Tendencia evolutiva del número de ganaderías activas	Expansión
Tamaño medio de las ganaderías activas	27,67 cabezas
Nº nacimientos al año	1.245
Nº de análisis de marcadores genéticos para filiación realizados en el año	41
Nº controles de filiación realizados en el año de referencia	41
Nº total de animales activos en libro genealógico y con análisis de marcadores genéticos realizados	787
Nº total de Machos inscritos durante el año en el registro de nacimientos de la sección principal del libro genealógico	533
Nº total de Hembras inscritas durante el año en el registro de nacimientos de la sección principal del libro genealógico	712
Hembras que han pasado al Registro Definitivo durante el último año	291
Banco de Germoplasma	Carente

Como se ha comentado, estos animales solo están presentes en Navarra y por tanto la tabla de datos censales por Comunidad Autónoma es la siguiente (*Tablas 2 y 3*):

Tabla 2. Datos censales raza Burguete por Comunidad Autónoma (MAPAMA (2016)).

CCAA	Total reproductores		Total animales		Total	Nº Ganaderías
	Hembras	Machos	Hembras	Machos		
NAVARRA	3.165	358	4.930	1.186	6.116	221
Totales	3.165	358	4.930	1.186	6.116	221

Tabla 3. Censos totales ganaderías raza pura Burguete (MAPAMA (2016)).

Censo de ganaderías de raza pura	
Número de ganaderías activas en libro genealógico	221
Tendencia evolutiva del número de ganaderías	Expansión
Tamaño medio de las ganaderías (número medio de animales por ganadería)	27,67

1.6.2. Características morfológicas del caballo de Burguete

En este trabajo se va a analizar carne de potros de la raza Burguete y por tanto se va a profundizar en las características de la misma.

Esta raza se caracteriza sobre todo por su rusticidad. Morfológicamente hablando es un animal con tendencia a la subhipermetría, mediolíneo y de perfil recto-subcónico. Su apariencia general es la de un animal armónico, vivaz, de buen desarrollo y conformación y bien proporcionado (*Ilustración 4*) (Pérez de Muniain et al (2007)).

Su cabeza es piramidal, pequeña en comparación al resto del cuerpo, perfil recto. Frente amplia y maxilares potentes aunque no muy engrosados. Orejas de talla media, móviles y cubiertas de pelo fino. Ollares dilatados y amplios. Cuello musculado y recto de longitud media y dotado de abundante crinera que se prolonga hasta la cruz (Pérez de Muniain et al (2007)).

Tienen un pecho musculoso, ancho, tórax profundo, costillares redondeados y línea dorso-lumbar amplia y musculosa (Pérez de Muniain et al (2007)).

Extremidades de longitud media, potentes y robustas. La cuartilla de poca longitud con espolones y cernejas con muchos pelos. Suelas anchas y cascos duros (Pérez de Muniain et al (2007)).

Grupa ancha, larga y doble. El nacimiento de la cola es de altura media pero en algunos casos según el estado de carnes y grado de inclinación de la grupa puede parecer de nacimiento bajo. Cola larga y poblada y muslos y nalgas muy desarrollados (Pérez de Muniain et al (2007)).

Los testículos normalmente desarrollados, bien descendidos y de correcta conformación anatómica. En hembras, las ubres están bien formadas, inserción correcta y pezones bien implantados y desarrollados. No presentan pelo y son de color oscuro. Están divididas en dos cuarterones. Cada uno de los mismos presenta un pezón con dos orificios de salida (Pérez de Muniain et al (2007)).

Las capas que presentan este tipo de caballos son castaña y alazana. Dentro de estas capas se encuentran distintas variedades. La piel es clara en tonos grisáceos. Pueden presentar manchas grisáceas en la zona de los ollares. La zona de las mucosas internas y la lengua es de color rosáceo (Pérez de Muniain et al (2007)).

En cuanto a lo que al desarrollo se refiere son animales más bien precoces. Alcanzan su plenitud entorno a los tres o cuatro años (Pérez de Muniain et al (2007)).



Ilustración 4. Caballo Burguete (INTIA (2000)).

1.6.3. Sistema de producción y explotación del caballo de Burguete

El sistema actual de producción y explotación de esta raza consiste en que los caballos se encuentran en semi libertad en los montes o sierras próximos, aprovechando los pastos de montaña y praderas, allí permanecen durante prácticamente todo el año. En la antigüedad algunos ganaderos estabulaban a los caballos durante el invierno, ahora sin embargo, debido a la rusticidad de la raza algunos ganaderos prefieren no estabular a los animales durante las estaciones más frías y húmedas del año. Hay que puntualizar que en las épocas más duras del año los animales suelen ser trasladados a campos más cercanos a los pueblos y que incluso pueden estar estabulados si nieva, sobre todo para asegurar una correcta manutención de los mismos.

Exceptuando la alimentación de los sementales que se cuida más que la del resto de animales y a la que se suelen añadir habas, cebada, forraje, avena, la complementación de alimentos solo suele darse en las épocas más críticas del año, ya que los recursos naturales son más escasos. Estas complementaciones del resto de animales suelen realizarse a base de heno, paja y concentrado.

Como ya se ha comentado anteriormente, estos caballos alcanzan un desarrollo adecuado en torno a los tres años, por tanto es entonces cuando se realizan las primeras cubriciones en hembras y las primeras montas en machos.

El control de las cubriciones depende mucho de la zona. Por ejemplo, en la zona del Baztán-Bidasoa las cubriciones en libertad rondan el 90% mientras que en el Pirineo éstas no llegan al 50%.

Tanto en la reposición como en los sementales se utilizan caballos de la raza Burguete. Lo que se busca principalmente es conseguir los rendimientos cárnicos típicos del este animal, por tanto, estos animales suelen proceder de esta misma zona, y para la reposición es importante valorar la descendencia de los animales.

Si el control de las cubriciones no es muy común en algunas zonas de la Comunidad, el diagnóstico de gestación todavía es menos habitual, los ganaderos que lo realizan no superan el 25-30%.

En primavera, después de unos once meses de gestación, se producen los partos. El control de los partos está también relacionado con las zonas, y por eso, en el Pirineo los lugares donde las yeguas paren están más próximos a las zonas habitadas y más controladas. Esto, sin embargo, no es así en el caso de Urbasa-Andía donde los partos se producen en el monte.

Los potros son amamantados durante aproximadamente siete meses. Este momento es crítico ya que el destete ha de producirse bruscamente y si es posible hay que destetar a todos los animales a la vez, si no, es posible que la separación les produzca falta de apetito.

Normalmente, los ganaderos no engordan a los potros, los venden sin engordar, ya que en Navarra apenas se consumen potros cebados, los potros lechales son los más consumidos. Los potros lechales se venden a los seis o siete meses de edad mientras que los quincenos se venden a los quince meses de edad. Los potros lechales suelen cebarse en regiones de Navarra pero también en zonas del Levante español donde hay más consumo de este tipo de animales.

Es importante proteger a los animales tanto de los parásitos internos como externos. Por tanto, se realiza un tratamiento por vía oral contra los parásitos internos y en ocasiones pueden realizarse hasta dos. Este tratamiento suele realizarse en la época en la que los animales se bajan del monte que coincide a su vez con los destetes. En verano se realizan en algunas explotaciones tratamientos contra parásitos externos ya que éstos pueden provocar enfermedades como la babesiosis (transmitida por las garrapatas). Es en esta época cuando aumenta la actividad de parásitos como piojos y garrapatas. Las patologías más frecuentes de la raza Burguete son cólicos internos, diarreas, neumonías, poliartritis y rinoneumonitis.

Esta raza tiene un papel muy importante tanto medioambiental como sociocultural. Realizan una función de mantenimiento medioambiental, desbroce y limpieza de montes y a su vez la existencia de este tipo de ganaderías ayuda al mantenimiento de los núcleos rurales.

1.6.4. Datos productivos de la raza Burguete

A continuación, en la *Tabla 4* se presentan datos referentes a la reproducción y la producción de la raza Burguete.

Tabla 4. Datos reproductivos raza Burguete (MAPAMA (2016)).

Reproducción	
Edad Madurez hembras (meses)	24
Edad Madurez machos (meses)	24
Edad Media reproductores machos (años)	12
Edad media reproductores hembras (años)	10
Edad media al primer parto (meses)	48
Intervalo entre partos (días)	345
Número de partos al año	1
Prolificidad	1

Como se ha comentado anteriormente, las primeras cubriciones y montas se realizan hacia los tres años ya que es cuando se considera que los animales se han desarrollado plenamente.

Tabla 5. Datos productivos de la raza Burguete (MAPAMA (2016)).

Producción cárnica	
Ganancia media diaria (media; g/día)	1.000
Edad al sacrificio (media, meses)	15
Peso canal (media, kg)	275
% Rendimiento canal	60

En la *Tabla 5* se observa que son animales muy productivos con elevadas ganancias medias diarias y buenos rendimientos canal. Los datos son muy parecidos a los de la raza Jaca Navarra, sin embargo la raza Burguete presenta ganancias medias diarias algo mayores. La raza Jaca Navarra tiene ganancias medias diarias de unos 900 gr/día (MAPAMA (2016)).

1.7. Asociación de criadores ASCANA

1.7.1. Asociación ASCANA

Se entiende como asociación aquel conjunto de personas (asociados, en este caso criadores) que se unen para lograr un fin común, lícito y determinado, y, en su caso, a la persona jurídica formada por los asociados.

La asociación ASCANA se fundó y legalizó en 1991 con la función de fomentar la mejora animal y selección de la raza equina, sin centrarse en ninguna raza en concreto. En los años 1997 y 1998 se transformó para centrarse únicamente en la raza autóctona Burguete y la incorporación de un servicio de asistencia técnica a las explotaciones asociadas, acordado por un convenio entre ésta y el INTIA.

Fue en los comienzos de 1998 cuando se registró la Asociación de Criadores de Raza Equina Burguete de Navarra (ASCANA), con unos estatutos renovados y con la elección de nuevos cargos de la Junta de Gobierno.

Los fines de la asociación son (Pérez de Muniain et al (2007)):

- Velar por la pureza y selección de la raza Burguete, promoviendo su expansión.
- Trabajar en la creación del libro genealógico y comprobación de rendimientos y colaborar en su posterior gestión y desarrollo.
- Desarrollar los medios conducentes a una elevación del nivel de productividad y de rentabilidad de las explotaciones asociadas.
- Ostentar la representación de los asociados en sus relaciones con la Administración, con toda clase de entidades y organizaciones.
- Representar a sus asociados en cuantas gestiones se relacionan con los fines de la Asociación.
- Defender los legítimos intereses profesionales de los asociados.
- Canalizar la venta de ejemplares selectos.
- Patrocinar una constante labor informativa y de formación profesional de sus asociados.
- Publicar anualmente un catálogo de ganaderías asociadas.

Como se ha indicado anteriormente, la Asociación elaboró un programa de mejora, para el que se fijaron unos objetivos fundamentales para la realización del mismo.

La Asociación contaba en 2015 con 211 socios, 5.058 ejemplares inscritos y un total de 4.190 hembras (ASCANA (2016)).

El libro genealógico de la raza está formado por los siguientes registros:

- Registro fundacional: en este primer registro podían figurar todos los machos y hembras a partir de los dos años que cumplieran las condiciones de prototipo de la raza. Para los machos el plazo de inscripción fue de un año y para las hembras fue de tres años.
- Registro de nacimientos: las crías tanto de machos como de hembras inscritas en el registro fundacional o definitivo se inscriben aquí siempre que cumplan una serie de condiciones:
 - Que la solicitud de inscripción se presente antes del destete.
 - Que el potro no presente taras.
 - Que posea las características específicas de la raza Burguete.
 - Que el control reproductivo de las hembras ofrezca las garantías requeridas por la Asociación.

- Registro definitivo: los animales inscritos en el registro de nacimientos se inscribirán aquí cuando tengan tres años si son hembras y los machos cuando superen los 65 y 70 puntos en la calificación morfológica. Si estos descendientes presentan algún tipo de tara o defectos no podrán ser inscritos. Los animales se identificarán con transponders o microchips intramusculares en el tercio superior del cuello, lado izquierdo, bajo las crines. Se identifican con un código de 10-15 dígitos que permanecerá durante toda su vida y será individual para cada animal. Cada código irá asociado a una base de datos en la que figurarán los datos correspondientes a cada ejemplar (producciones, propietario, genealogía...).



Ilustración 5. Logotipo Asociación ASCANA (INTIA (2016)).

1.7.2. Actuaciones de mantenimiento y promoción de la raza Burguete

El Centro de Recría de Potros de la Raza Burguete se localiza desde 1998 en dos de las fincas que gestiona el ITG Ganadero, actual INTIA, una en Roncesvalles y otra en Oskotz y su función es conservar la raza siendo así posible disponer de mayor variabilidad genética de los efectivos presentes.

Los ejemplares (*Ilustración 6*) proceden de explotaciones registradas y esto fue posible gracias a la demanda de los ganaderos de la asociación que realizaron la petición para que se creara el centro. En la finca se dispone de suficiente línea madre para que se desarrolle el programa correctamente, pero esto no es tan claro en el caso de los sementales.

Dentro de las explotaciones registradas, se seleccionaron ejemplares que destacaban por sus buenos caracteres con el objetivo de difundir la genética de los mismos por las explotaciones de la Comunidad Autónoma.

En las fincas se reciben lechales de entre seis y nueve meses de los que se llevan controles y programas exhaustivos durante todo el año relacionados con la alimentación, la sanidad, la doma, manejo... Se controlan índices de crecimiento, ganancias diarias, desarrollo corporal, calificación morfológica, aptitud para la monta...

También se realizan otros tipos de actuaciones como son semiogramas, que consiste en la extracción y valoración individual de la calidad seminal, en caballos que reúnan las condiciones de manejo necesarias, emitiendo el certificado correspondiente en cada caso. A su vez se identifica genéticamente a los animales mediante un muestreo sanguíneo que se envía a la Facultad de Veterinaria de Zaragoza para obtener los hemotipados correspondientes.

Algunos potros son seleccionados para la venta, de los mismos, se elabora un catálogo acompañado de un historial en el que suelen incluirse aspectos como la calidad seminal, genealogía, índices técnicos de crecimiento...

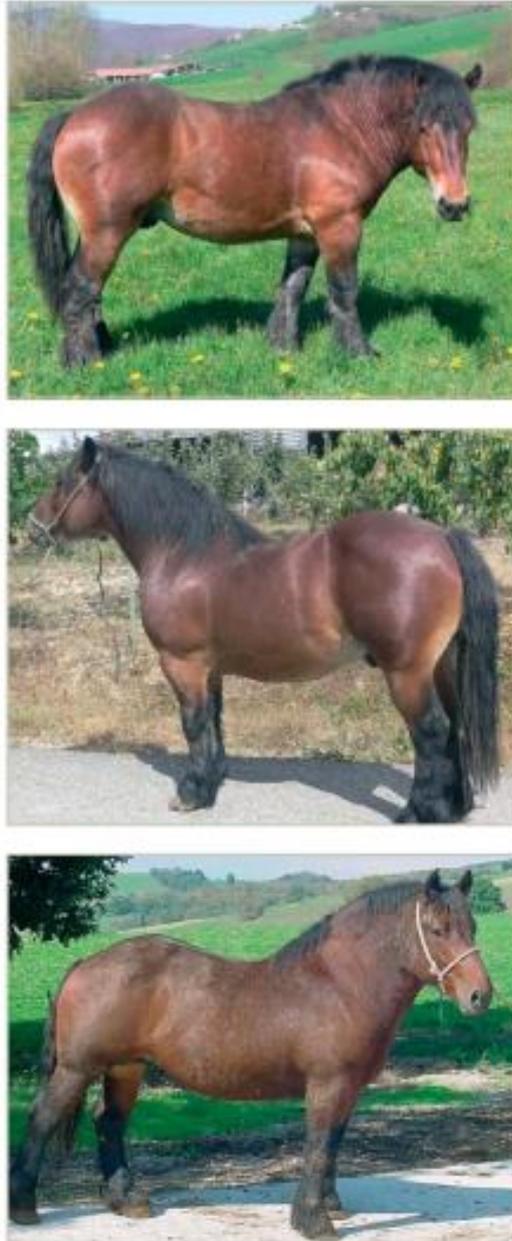


Ilustración 6. Potros del Centro de Recría de raza Burguete (Pérez de Muniain et al (2005)).

1.7.3. Reglamentación

En lo que a reglamentación se refiere hay que destacar, en cuanto al Libro Genealógico, la *“ORDEN de 26 de Abril de 1999, del consejero de Agricultura, Ganadería y Alimentación, por la que se reconoce a la Asociación de criadores de Ganado Equino Burguete de Navarra(ASCANA) como gestora del libro genealógico de la raza Burguete y se aprueba la Reglamentación específica del Libro Genealógico.”*

Para el programa de mejora se sigue la *“Resolución 763/2013 de 19 de diciembre, del director General de agricultura y ganadería, de aprobación del Programa de Mejora de la Asociación de criadores de raza equina Burguete”*.

1.8. Composición química de la carne de equino

A continuación, se van a presentar varias tablas en las que se muestra la composición química y el valor energético de la carne de equino. El mayor componente del tejido muscular magro es el agua (70-78%). La humedad total (*Tabla 6*) se divide en agua libre y agua retenida. La capacidad de retención de agua está directamente relacionada con la estabilidad de emulsión del producto y la pérdida de cocción.

Tabla 6. Composición química y valor energético carne equino (Buxadé.C (1996)).

Composición por 100 g de carne de equino	
Humedad	71%
Proteína	20%
Lípidos	6,83%
Cenizas totales	1%
Glucógeno	2,41%
Valor energético	140 kcal

Se presenta también una tabla con las características principales de la carne de equino en distintos estudios realizados con diferentes tipos de razas (*Tabla 7*).

Tabla 7. Características de la carne de equino (Lorenzo et al (2014)).

Carcass characteristics of horsemeat.

Reference	Slaughtered age (months or otherwise stated)	Breed	LW (kg)	DP (%) [*]	Muscle (%)	Fat (%)	Bone (%)	M/B
Martin-Rosset et al. (1980)	6	Heavy French breeds	327	59.6	68.3	9.6	17.5	3.9
	12	Heavy French breeds	483	64.9	70.1	10.9	15.6	4.5
	18	Heavy French breeds	573	57.4	71.8	9.4	16.3	4.4
	24	Heavy French breeds	627	61.0	69.8	12.9	14.9	4.7
	30	Heavy French breeds	735	60.	69.0	14.2	14.5	4.8
Catalano, Miraglia, De Stefano, and Martuzzi (1986)	6	Franches montagnes, Haflinger, Bardigiana	226	60.	72.4	9.7	17.7	4.1
	15	Franches montagnes, Haflinger, Bardigiana	280	59.1	67.7	9.5	16.1	4.2
Manfredini, Badiani, and Nanni (1992)	A	Sport and draft-horse	514	60.	69.1	13.4	14.2	4.9
	12	Haflinger	325	63.3				
	12	Croatian population	346	61.6				
	A	Croatian population	462	59.8				
Badiani, Manfredini, and Nanni (1993)	A	Saddle-horse	470	60.9				
	4-7	Franches montagnes	278	61.7				
Lacheretz, Ravaille, Darre, and Barraud (1990)	6-10	Heavy French breeds	406	62.0 ^{**}	69.3			
Campononi, Preziuso, Gatta, Colombani, and Orlandi (1994)	8	Franches montagnes	310	68.2 ^{***}	63.6	16.4	15.7	4.1
Tateo, De Palo, Padalino, and Centoducati (2005)	11	Italian heavy draft horse		68.9	72.1	11.7	11.9	6.1
Znamirowska (2005)	72-144	Poland			68.4	7.85	22.7	3.0
Sarriés and Beriain (2005)	24	Burguete	395.3	67.1				
	16	Burguete	411.3	63.6				
Polidori et al. (2008)	15	Martina Franca donkey	181	53.3				
Juárez et al. (2009)	24	Burguete	395	65.0 ^{**}				
	24	Hispano-Breton (HB)	406	68.0 ^{**}				
Lanza et al. (2009)	18	Sanfratellano	411	59.3				
	18	Haflinger	349	59.6				
Franco, Rodríguez et al. (2011)	11	Galician crosses	199	53.3 ^{**}	73.0	6.7	20.2	3.6
Franco et al. (2013)	15	Galician crosses	256	50.2 ^{**}	69.7	6.4	23.8	2.9
	15	Galician crosses × HB	312	52.8 ^{**}	70.1	7.1	22.7	3.1

* = HCW/BW: hot carcass weight/body weight; ** = CCW/BW: cold carcass weight/body weight; *** = HCW/EBW: hot carcass weight/empty body weight; A = adult; m = month; y = year; HB = Hispano-Breton; LW = live weight; DP = dressing percentage; M/B = muscle/bone ratio; A = adult.

El elevado porcentaje de glucógeno en la carne de caballo (Tabla 6) hace que el *rigor mortis* aparezca más tarde que en otras especies como el porcino, ovino y bovino (Lawrie (1985)).

Esta carne madura rápidamente por el aumento de la actividad de la catepsina a pH elevado (Rossier et al (1988)). Cuando muere el animal, el glucógeno del músculo pasa a convertirse en ácido láctico y se produce entonces el descenso del pH de 7,2 a 5,5.

La proteína del músculo puede dividirse en tres tipos. La proteína sarcoplásmica representa el 6% del músculo y se encuentra en el líquido que circunda y penetra en las miofibrillas y en los corpúsculos de las células musculares. La proteína miofibrilar representa el 10% del músculo y es la que transforma la energía química en energía mecánica. Por último, la proteína de los tejidos conjuntivos representa el 2% del músculo y junto con el esqueleto forma el principal soporte de la estructura del animal. Así mismo, cubren al organismo y conectan los músculos, huesos y órganos (Buxadé.C (1996)).

El valor biológico de las proteínas depende de los aminoácidos esenciales que contienen. En este tipo de carne aparecen los siguientes (*Tabla 8*):

Tabla 8. Aminoácidos de la carne de equino (Buxadé.C (1996)).

Composición de 100 g de carne (en %)	
Ac. Aspártico	1,87
Treonina	0,74
Serina	0,79
Ac.Glutamínico	2,73
Prolina	0,99
Glicina	1,14
Alanina	1,08
Valina	1,06
Metionina	0,58
Isoleucina	0,81
Leucina	1,42
Tirosina	0,77
Fenilalanina	0,72
Lisina	1,47
Histidina	1
Arginina	1,06
Cistina	0,3
Triptófano	0,05

Al igual que en las carnes de otras especies, la carne de equino presenta elevadas proporciones de ácidos grasos saturados y monoinsaturados. Estos ácidos grasos suelen ir unidos a los glicéridos en las grasas intramuscular y de depósito. Estos se muestran en las *Tablas 9 y 10*:

Tabla 9. Composición de ácidos grasos de los lípidos intramusculares carne equino (Buxadé.C (1996)).

Ac.Grasos	% del total de ácidos grasos
Mirístico	3,9
Palmítico	27
Esteárico	4
Palmitoléico	10,34
Oléico	34,1
Linoléico	12,13
Linolénico	5
Araquidónico	1,1
Ac.grasos saturados	34,9
Ac.grasos monoinsaturados	46,3
Ac.grasos poliinsaturados	18,5
Relación:Saturado/insaturado	0,53

Tabla 10. Composición de ácidos grasos de los lípidos de depósito carne equino (Buxadé.C (1996)).

Ac.Grasos	% del total de ácidos grasos
Mirístico	4,5
Palmítico	28
Esteárico	3
Palmitoléico	9,51
Oléico	31,73
Linoléico	17,1
Linolénico	4,4
Ac.grasos saturados	37,21
Ac.grasos monoinsaturados	41,35
Ac.grasos poliinsaturados	21,5
Relación:Saturado/insaturado	0,59

Con respecto a las cenizas totales en la carne de equino, éstas representan el 1% en los tejidos musculares. En la *tabla 11* se muestran los macro y microelementos principales de la carne de equino. Es importante recalcar la presencia del cadmio y el plomo ya que estos metales pesados se acumulan en el riñón y el hígado de los caballos.

Tabla 11. Minerales presentes en la carne equino (Buxadé.C (1996)).

Minerales	Composición de 100 g de carne
Calcio	3,80 mg
Fósforo	231,02 mg
Sodio	74,27 mg
Potasio	331,26 mg
Magnesio	29,03 mg
Hierro	4,04 mg
Cobre	0,32 mg
Zinc	4,09 mg
Manganeso	0,05 mg
Cloro	9,25 mg
Boro	45,42 µg

En comparación otros tipos de carne como la de cordero, vacuno o cerdo, la carne de potro tiene altos niveles de hierro y magnesio (*Tabla 11*). La carne de potro tiene tres veces más hierro que la carne de vacuno. Además, es un hierro de alto contenido de absorción (hasta del 20% o más) lo que unido a la alta digestibilidad de sus proteínas, ha hecho que durante mucho tiempo se recomendara carne de potro en el tratamiento de anemias nutricionales (Sarriés et al (2014)).

La carne de equino es rica en vitaminas hidrosolubles, especialmente vitamina B. Algunos tejidos orgánicos contienen vitaminas A y C y los tejidos musculares y orgánicos son buenas fuentes de vitamina B como se ha comentado anteriormente. En la *Tabla 12* se muestran las vitaminas presentes en la carne de equino.

Tabla 12. Vitaminas presentes en la carne equino (Buxadé.C (1996)).

Minerales	Composición de 100 g de carne
A	0,03 mg
D	0,0002 mg
E	0,63 mg
K	0,17 mg
B ₁	0,05 mg
B ₂	0,25 mg
PP	5,79 mg
B ₆	0,56 mg
B ₁₂	2,36 µg
C	1,27 mg

La carne de potro es una carne recomendada para personas que tengan anemia, deportistas, niños, niñas y personas mayores por las características químicas mencionadas anteriormente.

En lo que a los minerales se refiere, la carne de equino sería adecuada para personas que necesitan llevar una dieta baja en sodio y para las personas hipertensas.

1.9. Calidad de la carne de equino

Se han realizado y publicado varios trabajos relacionados con la calidad de la carne de equino, en los que sobre todo se estudia la carne desde el punto de vista del perfil de aminoácidos, del perfil de ácidos grasos, del perfil de minerales y vitaminas, del contenido en colesterol y del contenido en colágeno (Sarriés et al (2005); Sarriés et al (2006); Sarriés et al (2006)). Por el contrario, la evolución de la calidad de la carne de potro conservada en refrigeración con el transcurso del tiempo ha sido menos estudiada hasta el momento (Sarriés et al (2014)).

Las propiedades sensoriales son los parámetros de calidad más importantes de la carne (Bukala et al (2001)). Dentro de las características físicas de este tipo de carne, el color, la ternura y el olor son las más significativas. En lo que se refiere a este último, el olor, a medida que aumenta el tiempo de exposición de la carne de potro al aire en refrigeración, aumenta la intensidad del olor de la carne (Sarriés et al (2014)). El olor de la carne de potro se acepta sensorialmente al tercer día de conservación pero antes de llegar al sexto día de conservación es rechazada sensorialmente por la aparición de olores atípicos (Sarriés et al (2014)).

1.9.1. Medida del color de la carne de equino

Para la medida colorimétrica se utilizan medidores de colorimetría que dan unos valores en la pantalla de $L^* a^* b^*$. El espacio de color $L^* a^* b^*$ fue modelado en base a una teoría de color oponente que establece que dos colores no pueden ser rojo y verde al mismo tiempo o amarillo y azul al mismo tiempo. Como se muestra a continuación, L^* indica la luminosidad y a^* y b^* son las coordenadas cromáticas.

L^* = luminosidad

a^* = coordenadas rojo/verde (+a indica rojo, -a indica verde)

b^* = coordenadas amarillo/azul (+b indica amarillo, -b indica azul)

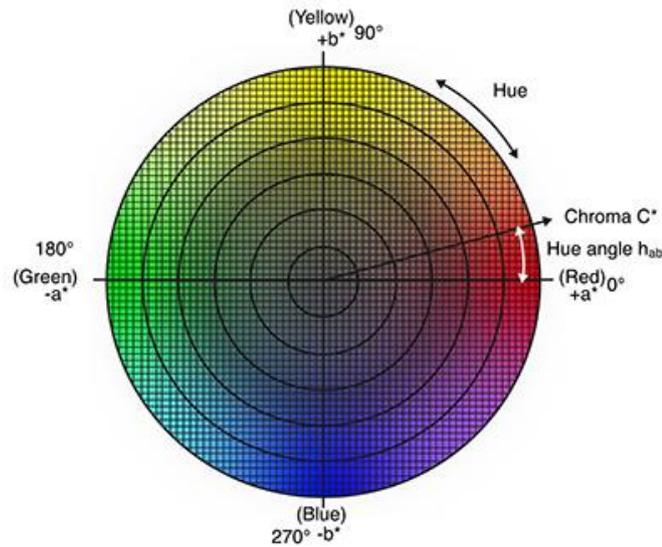


Ilustración 7. El Espacio de Color (KONICA MINOLTA).

Por otra parte, al sincronizar el aparato con el ordenador se obtienen más valores, como son la C^* y la h^* .

El espacio de color $L^*C^*h^*$ (Ilustración 7), similar al CIELAB, suele utilizarse porque su sistema se correlaciona bien con la forma en que el ser humano percibe el color. Tiene el mismo diagrama que el espacio de color $L^*a^*b^*$ pero usa coordenadas cilíndricas en vez de usar coordenadas rectangulares.

En este espacio de color, L^* indica luminosidad, C^* representa croma o saturación, y h^* es el ángulo de matiz. El valor de color C^* es la distancia desde el eje de luminosidad (L^*) y comienza a 0 en el centro. El ángulo de matiz comienza en el eje $+a^*$ y es expresado en grados (e.j. 0° es $+a^*$, o rojo, y 90° es $+b$, o amarillo).

El color de la carne nos permite saber si ésta procede de un animal joven o de uno adulto, lo que es un factor importante. La carne de caballos adultos es muy pigmentada mientras que la de los potros es de colores rosas claros, esto se debe a que la concentración de mioglobina aumenta durante los dos primeros años de vida y va disminuyendo a lo largo de los diez siguientes (Lawrie (1985)). La coloración de la carne de las hembras es más clara que la de los machos. El color depende, además de la edad y el sexo, de la herencia, el temperamento del animal, así como del músculo del que proceda.

Los valores de L^* encontrados en estudios con carne de potros Gallegos de Monte son mucho mayores que los encontrados por Sarriés y Beriáin (2006) (34,80). Estas diferencias podrían atribuirse a la diferente raza de caballo y a la diferencias en la edad de sacrificio. En este sentido hay discrepancia, puesto que Gatellier et al (2005) no encontraron diferencias en la luminosidad de la carne de ternera atribuibles a la edad, mientras que Dufey (1996) en *Longissimus thoracis* de caballos sacrificados a los 30 y 7 meses encontró valores de L^* 33,02 y 37,17, respectivamente, mostrándose los valores de L^* más bajos en los animales más viejos (Franco et al (2010)).

1.9.2. Contenido en grasa de la carne de equino

Por lo general, las canales de lechales se caracterizan por ser carnes rosadas con grasa de color crema, mientras que las carnes rojas con grasa de color amarilla pertenecen a canales de caballos de mayor edad (Fábregas (2002)). La carne de potro se considera una de las más magras y de mayor contenido proteico. (Sarriés et al (2014)).

La carne de potro posee un gran valor nutritivo con un bajo contenido en grasas (< 5.5%) (Sarriés et al (2005)) y moderado aporte calórico. Estudios recientes sobre ácidos grasos mayoritarios presentes en la grasa intramuscular de la carne de potro medidos en el músculo Longissimus dorsi muestran como predomina el ácido palmítico con un 29.06%, el oleico con un 21.98%, el linoleico con un 16.97% y el esteárico con un 7.47% (Sarriés et al (2004)). Por tanto, la carne de potro se considera como una carne dietéticamente óptima gracias a su alto contenido en ácidos grasos insaturados y su bajo contenido en grasa (Lanza et al (2009); Lorenzo (2013); Lorenzo et al (2013); Sarriés et al (2005); Sarriés et al (2006); Tateo et al (2008)).

Este tipo de carne es recomendada también a personas con sobrepeso, con niveles altos de colesterol y personas con un alto riesgo cardiovascular por su bajo contenido en grasa, que puede asemejarse más a los contenidos de grasa de la carne de aves como el pollo.

1.9.3. Pérdidas por cocinado de la carne de equino

La capacidad de retención de agua es definida como la capacidad o habilidad que presenta la carne para contener su propia agua a pesar de la aplicación de fuerzas externas como pueden ser cortes, calentamiento, trituración o prensado.

Hay muchas características de la carne que se ven relacionadas o dependen de la capacidad de retención de agua, como son el color, la textura, la firmeza o la jugosidad.

La capacidad de retención de agua de la carne puede determinarse mediante las pérdidas por goteo y pérdidas por cocción.

Hay estudios en los que se ha comprobado que unos buenos resultados de pérdidas por cocción son en torno al 17,4% o menores, ya que son éstos los que evidencian una muy buena capacidad de retención de agua (Franco et al (2010)).

1.9.4. Medida de textura de la carne de equino

En cuanto a la ternera, la carne de caballo es considerada más tierna que la del resto de especies por la distribución del tejido conectivo, ya que presenta un bajo grado de polimerización del colágeno (Massi et al (1987)).

El tiempo de maduración de la carne es fundamental para la adquisición de un grado de ternera adecuado debido al ablandamiento de la carne, que se atribuye a una degradación progresiva y selectiva de la estructura de las miofibrillas a causa de la acción de enzimas proteolíticos endógenos.

Durante la maduración se producen diversos cambios positivos sobre las características de la carne (Oliván et al (2013)):

- Disminución de la dureza de la carne, de forma que la carne se vuelve más tierna.
- Incremento del aroma, el olor y el sabor característicos de la carne.
- Incremento de la jugosidad de la carne.

El calor altera el tejido conectivo y las proteínas miofibrilares, y de este modo puede influir significativamente en la dureza de la carne, en su jugosidad y en su sabor.

De acuerdo con la clasificación de la ternera y a las categorías establecidas por Belew et al. (2003), la carne podría considerarse entre “tierna” (3,2 kg < WBSF < 3,9 kg) y “muy tierna” (WBSF < 3,2 kg).

2. Objetivos

El objetivo del presente trabajo es estudiar las características de color, contenido en grasa, pérdidas por cocinado y textura de la carne de potros de raza Burguete.

Además, se pretende comparar los datos obtenidos experimentalmente con los datos referenciados en la bibliografía para intentar caracterizar la carne de potro en general, en relación con los parámetros anteriores, mediante un meta-análisis.

3. Material y métodos

3.1. Material animal

Se analizaron muestras de 5 potros de raza Burguete, que habían sido criados con sus madres hasta los 6-7 meses de edad; posteriormente, se alimentaron con pastos naturales y, finalmente, con pienso durante los 2-3 meses previos al sacrificio, que tuvo lugar con 16-18 meses de vida.

Antes del sacrificio se procede a aturdir al animal, con objeto de evitar sufrimientos innecesarios. Los animales fueron aturridos por el método de la bala cautiva, de acuerdo con la normativa vigente de la UE (Directiva del Consejo de la Unión Europea 95/221 EC). El sacrificio se llevó a cabo en el matadero La Protectora de Pamplona y la carne obtenida se comercializó bajo la marca Potro de Origen de los Valles Navarros, constituida en el año 2015.

Tras 24 horas post-mortem, se extrajo el músculo Longissimus thoracis y se obtuvo una chuleta a la altura de la 4ª vértebra torácica que fue congelada hasta el momento de realizar los análisis (*Ilustración 8*).



Ilustración 8.Chuleta de potro analizada.

3.2. Medida de color

Para la medida colorimétrica se utilizó el medidor de colorimetría CR-400. Es un instrumento portátil diseñado para evaluar el color de objetos especialmente con condiciones de superficies suaves o con mínima variación de color. A través de fórmulas estándares o personalizadas, este colorímetro de alta precisión ayuda a controlar la calidad de color, consistencia y apariencia de las muestras.

Primero, antes de realizar las medidas correspondientes de cada día, se calibraba el instrumento con ayuda del *Plato de Calibración CR-A43 (Ilustración 9)*. Se realizaron cinco repeticiones de medida de color para cada chuleta (*Ilustración 10*), limpiando el *Tubo de Proyección de Luz CR-A33B* después de cada una de ellas con alcohol. En el *Cabezal de Medición CR-400* aparecía el registro de cada medida con los datos de color correspondientes. En el momento se anotó el número de medida para después obtener los datos de todas las medidas al sincronizar el aparato con el ordenador.

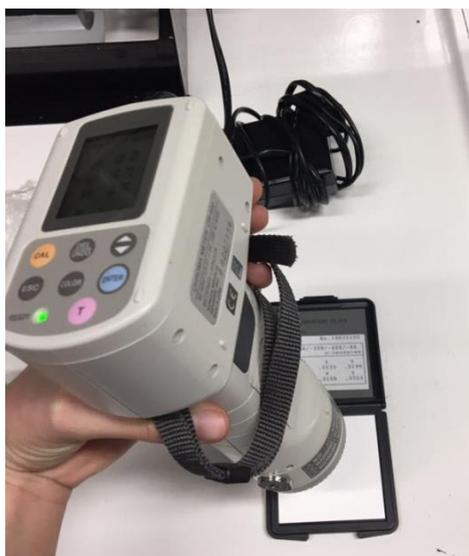


Ilustración 9. Calibración colorímetro.



Ilustración 10. Medida color en chuleta.

Al realizar las medidas en la pantalla aparecían los valores correspondientes de: L^* , a^* y b^* .

3.3. Contenido en grasa

En primer lugar, se tomó una muestra del músculo de la chuleta. Se trituró y se pesaron aproximadamente 5 gramos en un matraz. No importa si el peso no es exactamente 5 gramos, lo importante es tener anotado el peso exacto (M1). Es imprescindible también pesar primero el matraz solo y tarar la balanza de precisión antes de añadir la muestra. Se realizaron dos repeticiones por cada chuleta de potro.

Más tarde, con ayuda de una probeta, se añadieron 100 ml de ácido clorhídrico 3M. El matraz con la muestra triturada y el ácido clorhídrico se colocó durante una hora en una placa previamente calentada. Es importante colocar algo encima del matraz a modo de tapa, pero que no selle el matraz por completo, para que no haya evaporaciones (*Ilustración 11*).

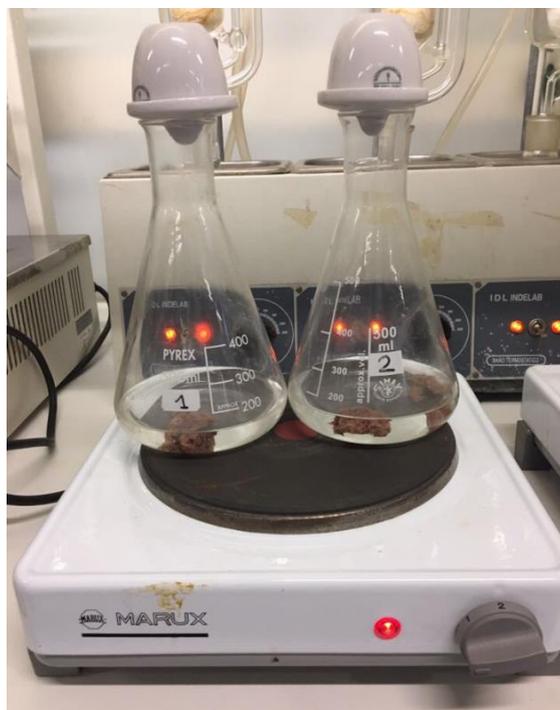


Ilustración 11. Matraces con muestra y ácido clorhídrico en placa.

Después de una hora hirviendo, las muestras se apartaron de las placas y se dejaron enfriar. A continuación, se filtró lo que se ha obtenido con ayuda de embudos, filtros, vasos de precipitados y agua destilada (*Ilustración 12*).



Ilustración 12. Filtración de la muestra.

Una vez finalizada la filtración, los filtros se guardaron en la estufa a 70°C hasta el día siguiente para que se secaran en pequeños vasos de precipitados. El material utilizado se limpió, se enjuagó con agua destilada y se dejó secar para utilizarlo el día siguiente con otra muestra y repetir el mismo proceso.

Al día siguiente se sacaron los vasos de precipitados con los filtros y la muestra de la estufa. Para la extracción de la grasa se utilizó un equipo Soxhlet.

Los matraces de destilación que se utilizaron habían estado previamente en la estufa y se habían dejado enfriar antes de ser pesados en la balanza de precisión (M0) en el desecador. Una vez se tenían los matraces pesados y las muestras secas en los filtros, se colocó el cuerpo del Soxhlet sobre el matraz de destilación y se añadió éter etílico hasta que éste sifonara. Normalmente se llenaba con un pequeño exceso de éter por las pérdidas por evaporación que pudieran sufrirse durante el proceso.

A continuación, se colocó el cartucho con el filtro que contenía la muestra dentro del cuerpo del Soxhlet, se montó el refrigerante y se introdujo el matraz dentro del baño de agua. Una vez estaban los cuatro sistemas de extracción colocados, se abrió el grifo del agua para que esta circulara y refrigerara. También se encendían los baños de agua con una temperatura de 80° C.

Se dejaba transcurrir la extracción durante 7 horas vigilando que el sistema no se quedara sin éter ni sin agua en los baños. Cuando la extracción terminó, se sacó el matraz y se recogió el éter para ser reutilizado. Se quitaron los cartuchos y se tiró el filtro. Los matraces se colocaron de nuevo en el baño de agua del Soxhlet para poder eliminar todo el éter y que en él solo quedara la grasa.

Los matraces se dejaron hasta el día siguiente en la estufa a 70°C y al día siguiente se dejaron enfriar en el desecador para después ser pesados (M2) y limpiados.

Por último, para calcular el porcentaje de grasa se utilizó la siguiente fórmula:

$$\% \text{ grasa} = \frac{(M2 - M0) * 100}{M1}$$

3.4. Pérdidas por cocinado

También se calcularon las diferencias de peso de la carne antes y después de ser cocinada al vacío al baño María a 75° C durante 45 minutos (*Ilustración 13*).

Con ayuda de una balanza de precisión la muestra se pesó antes de ser cocinada y se anotó el peso de la misma. Después de sacar la bolsa con la muestra al vacío del baño María se dejó enfriar durante 30 minutos en agua fría para más tarde sacar la muestra de la bolsa y pesarla.

Se restó al peso de la muestra antes de ser cocinada el peso final de la muestra tras el cocinado y se obtuvieron las pérdidas por cocinado.



Ilustración 73. Muestra al baño María.

3.5. Medida de textura

En este caso la medida de la textura se realizó con las muestras de carne cocinadas. Se empleó el método Warner Bratzler. Se realizaron siete repeticiones por cada chuleta correspondiente a cada potro. Una vez sacada la muestra del baño María y después de ser pesada, ésta se cortó en 7 tiras de un centímetro de altura por un centímetro de anchura aproximadamente para que se pudiera realizar la medición correctamente (*Ilustración 14*).

Las medidas de textura se realizaron con ayuda del aparato de medición *TA-XT2i Texture Analyze*. El aparato era previamente calibrado antes de su utilización, se calibraba el peso con ayuda de una pesa de 5 kg y también la altura.

Se realizaban las siete medidas (*Ilustración 15*) y después se tomaban los datos correspondientes del ordenador.



Ilustración 14. Tiras de muestra para analizar la textura.

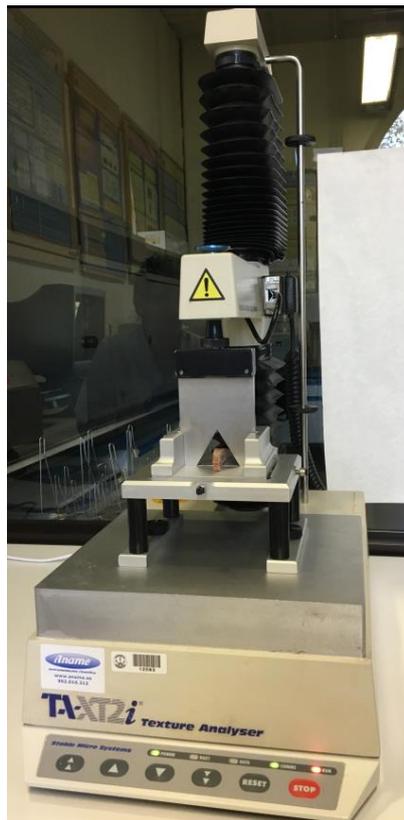


Ilustración 15. Análisis de textura de una muestra.

3.6. Meta-análisis

Se creó una base de datos a partir de 6 publicaciones (Sarriés et al (2006), Tateo. A et al (2008), Juárez.M et al (2009), De Palo. P et al (2012), Domínguez. R et al (2016), Domínguez. R et al (2016)) que incluían datos de equinos jóvenes y adultos y de distintas razas, desde Burguete, Hispano-Bretón, cruce de Pura raza Gallega con Burguete, cruce de Pura raza Gallega con Hispano-Bretón e Italian Heavy Draught Horse. Posteriormente, se compararon los datos obtenidos de forma experimental con los recogidos en la base de datos creada.

3.7. Análisis estadísticos

Para el tratamiento estadístico de los datos obtenidos, se empleó el programa estadístico IBM SPSS Statistics 24.

Para las variables experimentales en estudio, se realizó un análisis de varianza de un factor donde se estudiaron los descriptivos y el error estándar de la media, y en el que se tomó el siguiente modelo:

$$Y_{ij} = m + Li + e_{ij}$$

Siendo:

- Y_{ij} = Parámetros medidos
- m = Media de la población considerada
- Li = Efecto animal
- e_{ij} = Efecto residual aleatorio

Para analizar las relaciones entre las variables estudiadas se llevó a cabo un análisis de correlación de Pearson.

Para el meta-análisis se analizaron conjuntamente los datos experimentales y los recogidos en la base de datos bibliográfica, se calcularon los estadísticos y se realizaron unos diagramas de tallos y hojas.

4. Resultados y discusión

4.1. Características de color, contenido en grasa, pérdidas por cocinado y textura de la carne de potros de raza Burguete

4.1.1. Medida de color

Como se puede apreciar en la *tabla 13* las diferencias en la luminosidad (L^*) entre las distintas muestras de los cinco potros son notables, pero el resultado de p es 0.383, por tanto, no son significativas. Los valores están en torno a lo esperado. La luminosidad de la carne disminuye conforme aumenta la edad de sacrificio de los animales (De Palo et al (2012)). En este caso, hay animales de 16 a 18 meses de edad pudiendo ser la edad la causa de las diferencias encontradas.

Con respecto a los valores de a^* de las muestras, que representa las coordenadas rojo/verde (+ a indica rojo, - a indica verde), también se han obtenido valores normales que no sobresalen de la media de este tipo de carnes, pero, en este caso, lo normal es que la carne sea más rojiza conforme aumenta la edad de los animales (De Palo et al (2012)). Los datos obtenidos concuerdan con lo descrito por estos autores para el potro 9 en el que la menor luminosidad va unida a un mayor valor de a^* . Sin embargo, lo anterior no se cumple para el potro 3. Como se ve, la carne de equino es rojiza ya que los valores de a^* en todos los casos están por encima de 12. En este caso las diferencias entre los resultados obtenidos son significativas.

Los valores de b^* , coordenadas amarillo/azul (+ b indica amarillo, - b indica azul), están dentro de los parámetros esperados. En este caso, el valor de p es 0.468, por tanto las diferencias no son significativas.

Tabla 13. Medida de color. Media, desviación típica y SEM.

	L* (D65)	SEM L* (D65)	a*(D65)	SEM a* (D65)	C* (D65)	SEM C* (D65)	h (D65)	SEM h (D65)	b* (D65)	SEM b* (D65)
Potro 3	39,69 ± 1,43	0,6388	16,51 ± 1,02 ^a	0,4549	16,63 ± 0,94 ^{bc}	0,4208	6,70 ± 2,90	1,2978	1,91 ± 0,75	0,3353
Potro 5	37,79 ± 2,59	1,1576	15,16 ± 2,31 ^{ab}	1,031	15,63 ± 2,21 ^{abc}	0,9867	13,48 ± 5,33	2,3827	3,58 ± 1,28	0,5705
Potro 7	37,66 ± 1,19	0,5313	13,68 ± 0,96 ^b	0,4282	13,78 ± 0,97 ^a	0,4356	6,72 ± 2,03	0,9061	1,62 ± 0,51	0,2302
Potro 8	39,31 ± 2,71	1,2109	13,76 ± 1,35 ^b	0,6045	14,18 ± 1,33 ^{ab}	0,5944	12,26 ± 7,45	3,3337	2,97 ± 1,84	0,8232
Potro 9	37,36 ± 2,82	1,2628	16,78 ± 0,36 ^a	0,1603	16,91 ± 0,37 ^c	0,1647	14,25 ± 7,30	70,3482	1,56 ± 1,54	0,6887
p	0,383		0,003		0,076		0,003		0,468	

Las letras en superíndice indican diferencias significativas entre medias.

4.1.2. Contenido en grasa

Con ayuda del método Soxhlet se obtuvieron los resultados de la cantidad de grasa presente en cada muestra.

Se puede ver en la *tabla 14* que la diferencia de peso entre el peso inicial del matraz vacío y el peso del matraz una vez realizada la extracción de la grasa en ningún caso supera los dos gramos. Es por esto la importancia de anotar los pesos exactos en cada parte del proceso, para que los resultados sean fiables y precisos.

Como se observa en la *tabla 14* la muestra que mayor porcentaje de grasa presenta es la del potro 5, siendo el porcentaje medio de ésta entre las dos repeticiones de 15,43%. La muestra que le sigue es la del potro 7 con un 2% menos de media de grasa. La muestra que menor porcentaje de grasa tiene es la del potro 8 con una media de 10,67% entre las dos repeticiones realizadas. El valor de p obtenido (0.000), muestra que las diferencias son significativas. Por tanto, el potro 8 presenta los menores valores de contenido en grasa, por otro lado los potros 3,7 y 9 tienen valores de grasa más próximos entre ellos y es el potro 5 el que mayores valores presenta.

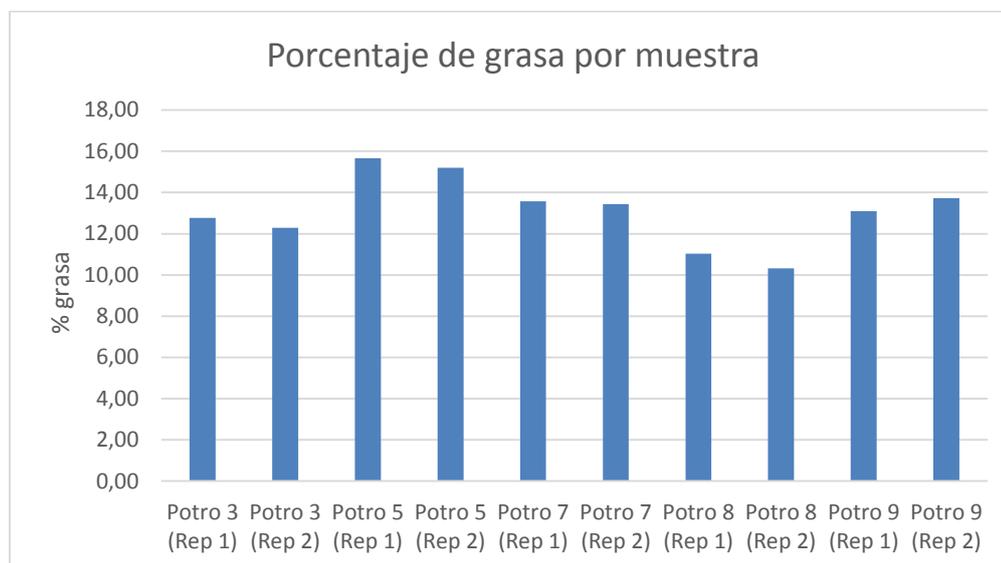
Tabla 14. Contenido en grasa. Media, desviación típica y SEM.

	M1(peso muestra)(g)	M0(peso matraz)(g)	M2(peso matraz+grasa)(g)	% grasa	% grasa total	SEM
Potro 3 (Rep 1)	7,7391	148,198	149,1865	12,7728	12,53±0,34 ^b	0,1521
Potro 3 (Rep 2)	6,0371	172,9542	173,6964	12,2940		
Potro 5 (Rep 1)	6,1567	170,7641	171,7283	15,6610	15,43±0,33 ^c	0,1476
Potro 5 (Rep 2)	6,5326	162,6007	163,5934	15,1961		
Potro 7 (Rep 1)	6,5731	170,7146	171,6072	13,5796	13,51±0,10 ^b	0,0447
Potro 7 (Rep 2)	6,7564	162,5746	163,4822	13,4332		
Potro 8 (Rep 1)	6,3094	166,6817	167,3776	11,0296	10,67±0,50 ^a	0,2236
Potro 8 (Rep 2)	6,1477	172,9445	173,5787	10,3161		
Potro 9 (Rep 1)	6,8862	170,7483	171,6503	13,0987	13,42±0,45 ^b	0,2012
Potro 9 (Rep 2)	7,1086	162,5858	163,5622	13,7355		
p					0,000	

Las letras en superíndice indican diferencias significativas entre medias.

A continuación se presenta el *Gráfico 1* en el que se aprecia que en las repeticiones realizadas se han obtenido valores de grasa muy similares entre las dos muestras analizadas para cada repetición. Esto es algo lógico pero necesario para comprobar por una parte las diferencias entre partes distintas de una misma muestra y por otro lado la eficacia y precisión con la que se realizan las pruebas de laboratorio.

Gráfico 1. Porcentaje de grasa por muestra.



En el caso de todos los potros las muestras presentan porcentajes de grasa entre el 10 y el 15%. Estos datos no se aproximan a los valores obtenidos en otros estudios (Sarriés et al (2014)), donde la carne de potro es una carne con bajos contenidos en grasa, que podrían asemejarse a los de la carne de pollo, con valores de grasa menores a los de la carne de vacuno.

4.1.3. Pérdidas por cocinado

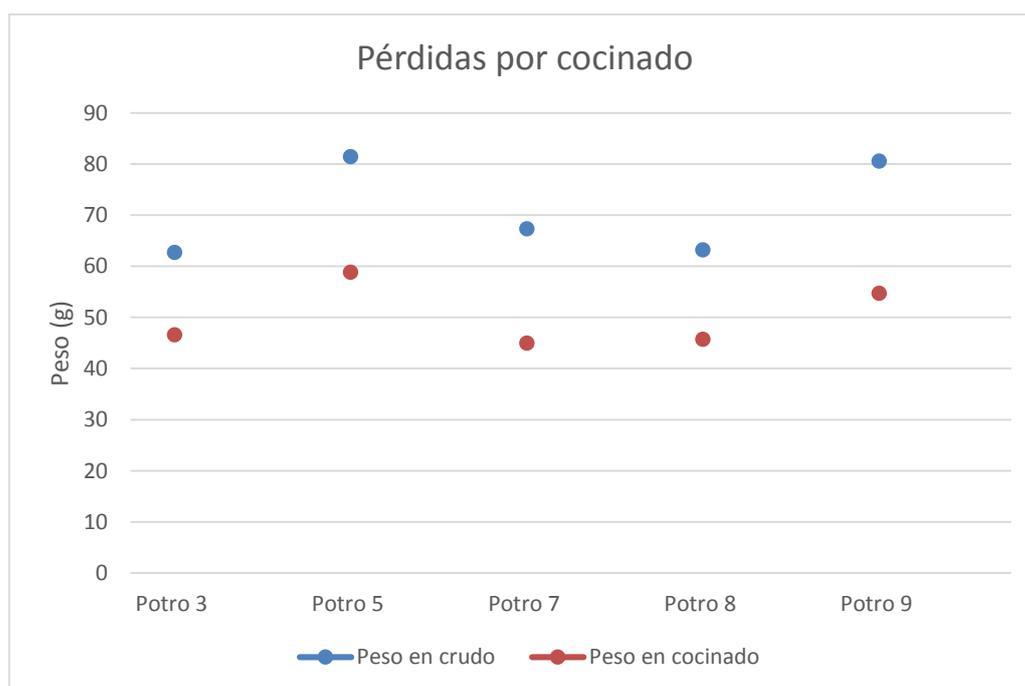
Los pesos de las muestras de músculo fueron anotados antes y después del cocinado que se realizó a 75° C, hasta alcanzar una temperatura interna de 70° C, durante 45 minutos, con ayuda de una balanza de precisión previamente calibrada. En la siguiente tabla (*Tabla 15*) se presentan los pesos iniciales, los pesos finales, la diferencia de pesos en gramos y, por último, el porcentaje de pérdida de peso.

Tabla 15. Pérdidas por cocinado.

	Peso inicial(g)	Peso final(g)	Pérdida peso cocinado(g)	% pérdida
Potro 3	62,68	46,58	16,1	25,69
Potro 5	81,41	58,82	22,59	27,75
Potro 7	67,34	44,97	22,37	33,22
Potro 8	63,21	45,74	17,47	27,64
Potro 9	80,53	54,67	25,86	32,11

Los pesos iniciales no son parecidos entre las muestras de los distintos potros ya que en este caso el peso exacto no era significativo, sino la diferencia entre el peso inicial y final. Para ver más claramente estas diferencias se presenta el siguiente gráfico (*Gráfico 2*).

Gráfico 2. Pérdidas por cocinado.



Como se puede observar en la *tabla 15* y en el *gráfico 2* las pérdidas no son muy parecidas entre todas las muestras. Después del cocinado la pérdida media de peso es de 22,88 gramos, lo que representa un porcentaje de pérdida del 29,28%. Es la muestra correspondiente al potro 9 la que mayor diferencia de peso presenta antes y después del cocinado, siendo ésta de 25,86 g, mientras que la menor diferencia se corresponde a la muestra del potro 3, y es de 16,1 g. En este caso no se puede concretar si estas diferencias son significativas o no ya que el número de datos no es suficiente ($n=1$).

Las muestras permanecieron congeladas hasta el día anterior a los análisis que se sacaron a descongelar. Estas pérdidas de peso después del cocinado pueden deberse a que el almacenamiento durante la congelación hace que algunos productos cárnicos tengan mayor susceptibilidad de sufrir más reacciones de oxidación durante el procesado posterior (Utrera et al (2014)). Así mismo, el almacenamiento en congelación de la carne tiene un impacto significativo sobre la capacidad de la carne de retener agua (Estévez (2011)). Por tanto, esta pérdida de retención de agua puede influir sobre otros procesos tecnológicos como el marinado, la salmuera y el posterior cocinado de la carne (Liu et al (2010)).

Las pérdidas de peso no son excesivas pero son mayores que en las de otro tipo de animales de la misma especie pero distinta raza. Esto puede deberse a que la carne de potro de raza Burguete puede ser muy heterogénea. Por ejemplo, hay estudios de carne de potro Gallego en los que se muestran pérdidas inferiores al 17,4% (Franco et al (2011)).

4.1.4. Medida de textura

En el caso de la textura se realizaron siete medidas para cada músculo de potro con ayuda del texturómetro previamente calibrado. Se va a presentar a continuación una tabla (*Tabla 16*) con la media, desviación típica y SEM de las siete repeticiones para cada potro. Los datos que se presentan son la fuerza al corte expresada en Newtons.

Tabla 16. Resultados medida de textura. Media, desviación típica y SEM.

	Fuerza (N)	SEM
Potro 3	31,41 ± 9,76 ^b	4,3670
Potro 5	36,66 ± 6,14 ^b	2,7461
Potro 7	20,04 ± 4,29 ^a	1,9167
Potro 8	31,75 ± 8,97 ^b	4,0128
Potro 9	30,85 ± 4,60 ^{ab}	2,0564
p	0,003	

Las letras en superíndice indican diferencias significativas entre medias.

Después de realizar las medidas se generaron unas curvas fuerza-distancia para cada repetición, en la que el punto más alto determinaba el valor de fuerza máxima, utilizado como medida de la dureza de la carne. Hay muchos factores que influyen en la repetibilidad de los resultados y en que se obtengan correlaciones elevadas con los análisis sensoriales (Guerrero et al (1999)). Algunos de ellos son el tamaño de la muestra (Guerrero et al (1999b)), la temperatura de cocinado (Wheeler et al (1994)), la velocidad de ensayo (Voisey, 1975, 1979; Salé et al (1984); Tornberg et al (1985)), la dirección de las fibras (Martin et al (1971); Poste et al (1993); Lepetit et al (1994); AMSA, 1995; Guerrero et al (1995); Guerrero et al (1999))y la presencia de tejido conectivo en las muestras (Lepetit et al (1994)).

En este caso la temperatura de cocinado para todas las muestras fue la misma y los tamaños de muestra también eran similares. Como se puede observar, hay diferencias entre la textura de la carne de unos potros y otros, por ejemplo entre el potro 5 y el potro 7 las diferencias son significativas. La muestra del potro 5 es la que mayor fuerza presenta siendo esta de 36,66 N mientras que la muestra correspondiente al potro 7 presenta una fuerza de 20,04 N. Como muestra el valor de p las diferencias son significativas. Por tanto, el potro 7 presenta la carne más tierna mientras que el potro 5 es el que mayor dureza presenta en la carne. Estas diferencias pueden deberse en parte a la presencia de tejido conectivo en las muestras. La carne de los potros de 24 meses es un poco más dura que la de los que tienen 16 meses (Sarriés (2013)), sin embargo las posibles diferencias de edad entre las muestras en este estudio no fueron tan grandes.

En la *tabla 17* se presentan todos los parámetros analizados experimentalmente para cada muestra.

Tabla 17. Parámetros analizados para cada muestra.

	L* (D65)	a*(D65)	b* (D65)	% grasa	% pérdidas cocinado	Fuerza (N)
Potro 3	39,69	16,51	1,91	12,53	25,69	31,41
Potro 5	37,79	15,16	3,58	15,43	27,75	36,66
Potro 7	37,66	13,68	1,62	13,51	33,22	20,04
Potro 8	39,31	13,76	2,97	10,67	27,64	31,75
Potro 9	37,36	16,78	1,56	13,42	32,11	30,85

La relación entre las variables no es clara en la mayoría de los casos. Se puede observar que en el caso del potro 5, existe una relación entre el porcentaje de grasa y la fuerza (N), que coincide con un coeficiente de correlación de Pearson de 0,800. En ambos casos estos valores son los mayores de todos los analizados, siendo esto un poco inusual, ya que lo habitual es que la carne con mayores porcentajes de grasa sea algo más tierna (menor fuerza). Sin embargo, sí se ve que este mayor contenido en grasa coincide con un mayor valor de b^* , que indica la cantidad de color amarillo.

En el caso del potro 7, que, como se ha comentado anteriormente, es el que mayor ternera presenta, se observan las mayores pérdidas por cocinado. Esto tampoco es lo más esperado ya que en un principio la carne más jugosa debería ser la que mayor capacidad de retención de agua tiene.

En el resto de animales las relaciones entre las variables no son claras ni siguen unos patrones fijos que hagan ver que unos parámetros están relacionados con otros observándose unos coeficientes de correlación de Pearson inferiores a 0,700.

4.2. Meta-análisis de las características de color, contenido en grasa, pérdidas por cocinado y textura de la carne de potro

A continuación, se va a presentar una tabla (*Tabla 18*) realizada con datos procedentes de la revisión sistemática de bibliografía sobre la calidad de carne de potro. El objetivo de la realización de esta tabla es poder comparar los resultados obtenidos experimentalmente en este estudio con resultados previamente obtenidos. Para ello, se ha seguido el modelo presentado por Kaié et al. (2016) en el que realizaron un meta-análisis de la composición en ácidos grasos de la carne de ovino de razas mediterráneas.

Anteriormente se ha comentado que algunos de los datos obtenidos en este estudio de calidad de carne de equino no se encuentran dentro de las medias habituales. Es ahora cuando esta afirmación se va a demostrar numéricamente y también a través de gráficos en los que se pueden apreciar estas diferencias.

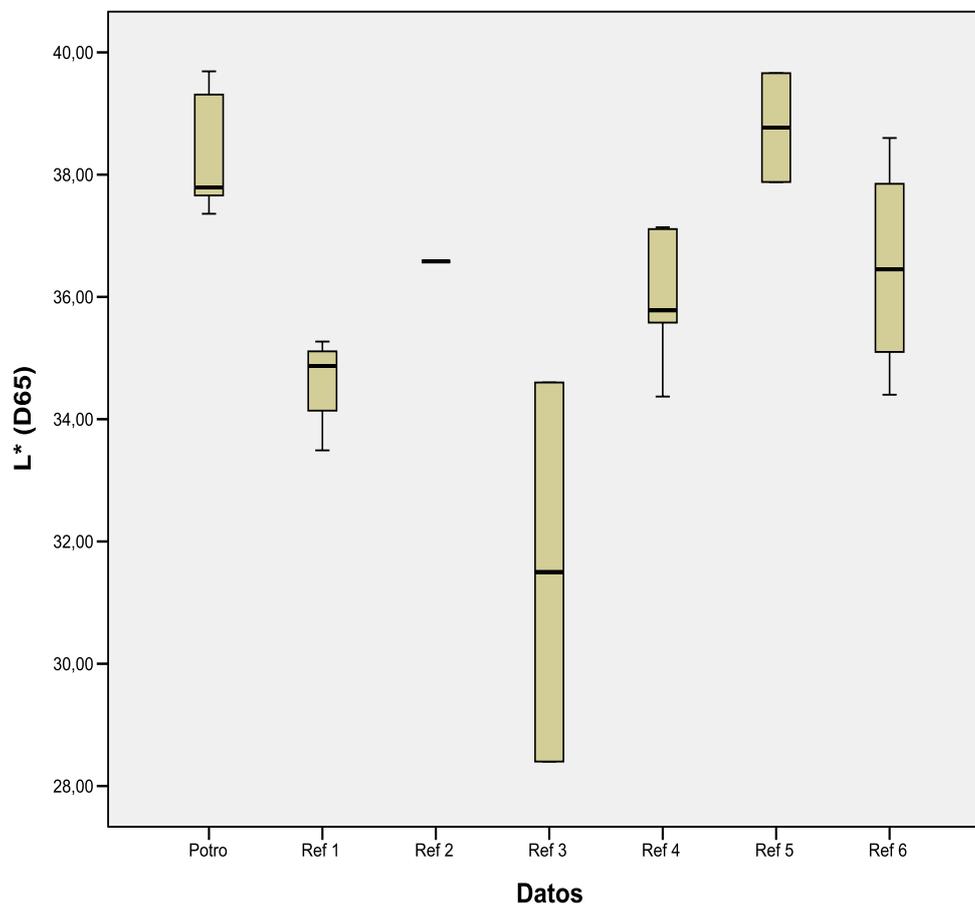
En la *tabla 18* se presentan las medias y los valores de SEM para todos los datos obtenidos en la bibliografía. En ella se muestran las edades al sacrificio, en algunos casos el sexo de los animales, la raza y los correspondientes valores de los datos estudiados. También se cita la fuente de información de la que proceden estos datos.

Tabla 18. Revisión sistemática de bibliografía sobre la calidad de la carne potro

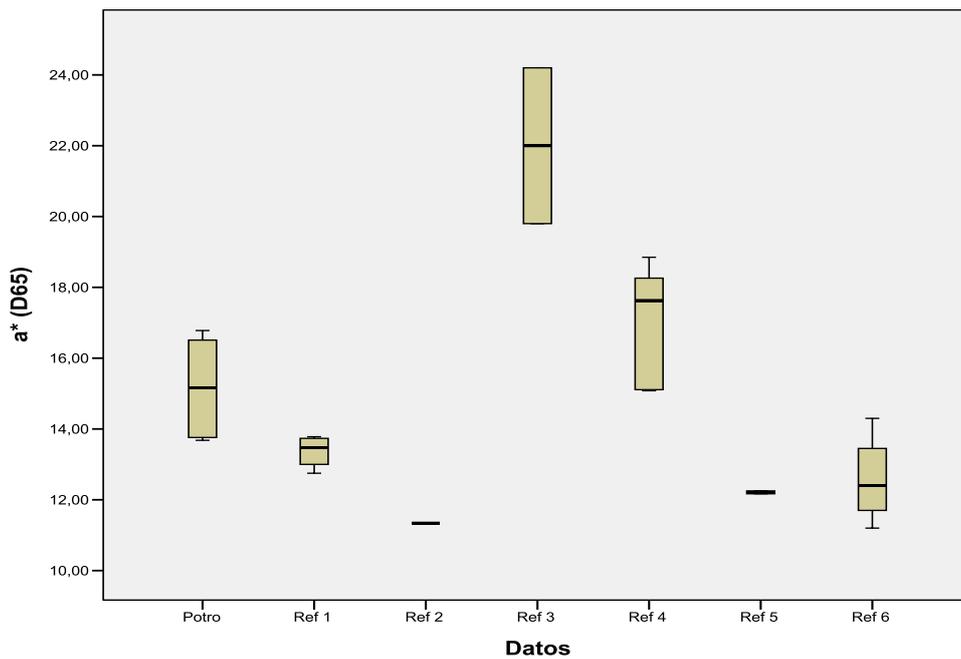
Referencia	Edad (meses)	Raza	Sexo	L*	SEM L*	a*	SEM a*	b*	SEM b*	WBSF (N)	SEM WBSF	Grasa.Int (%)	SEM GI	Pérd.Cocinado (%)	SEM Pérd.C
Sarriés.M.V, Beriain.M.J (2006)	16	Burguete	M	34,95	1,46	12,75	0,57	6,03	0,67	4,97	0,36				
	16	Burguete	F	33,49	1,03	13,25	0,56	5,20	0,63	4,81	0,42				
	24	Burguete	M	35,27	0,70	13,78	0,46	7,73	0,36	4,57	0,36				
	24	Burguete	F	34,79	1,05	13,69	0,47	7,79	0,46	4,98	0,62				
Tateo. A et al (2008)	11	Italian Heavy Draught Horse		36,58	1,36	11,34	0,44	-0,25	0,68	5,77	0,28	1,14	0,19	25,4	0,98
Juárez.M et al (2009)	24	Burguete	M	34,6	0,62	24,2	0,74	9,6	0,47			2,08	0,106		
		Hispano-Bretón	M	28,4	0,97	19,8	0,59	7	0,53			2,22	0,145		
De Palo. P et al (2012)	6	Italian Heavy Draught Horse		37,14	1,51	15,11	0,67	2,88	0,43						
	6	Italian Heavy Draught Horse		37,11	1,22	15,08	0,5	2,83	0,43						
	11	Italian Heavy Draught Horse		35,68	1,51	18,85	0,67	2,06	0,43						
	11	Italian Heavy Draught Horse		35,58	1,22	17,9	0,5	1,41	0,43						
	18	Italian Heavy Draught Horse		35,88	1,51	17,35	0,67	2	0,43						
	18	Italian Heavy Draught Horse		34,37	1,22	18,26	0,5	1,22	0,43						
Domínguez. R et al (2016)	8	Pura Raza Gallega x Hispano- Bretón		39,66	0,38	12,25	0,4	11,64	0,23	10,66	0,32	1,27	0,09	20,03	0,95
	11	Pura Raza Gallega x Hispano- Bretón		37,88	0,38	12,17	0,4	10,94	0,23	10,49	0,32	1,29	0,09	15,66	0,95
Domínguez. R et al (2016)	13	Pura Raza Gallega x Burguete		38,6	0,3	11,2	0,23	10,6	0,17	10,8	0,52	0,37	0,13	23,3	0,38
	13			37,1	0,3	12,2	0,23	10,4	0,17	7,65	0,52	0,74	0,13	20,2	0,38
	26			34,4	0,3	12,6	0,23	9,09	0,17	11,3	0,52	1,82	0,13	22,7	0,38
	26			35,8	0,3	14,3	0,23	10,09	0,17	9,5	0,52	1,61	0,13	22,7	0,38

A continuación, se presentan los *gráficos 3, 4 y 5*, en los que están representadas las variables L^* , a^* y b^* para los datos de este estudio y para los datos de las referencias bibliográficas.

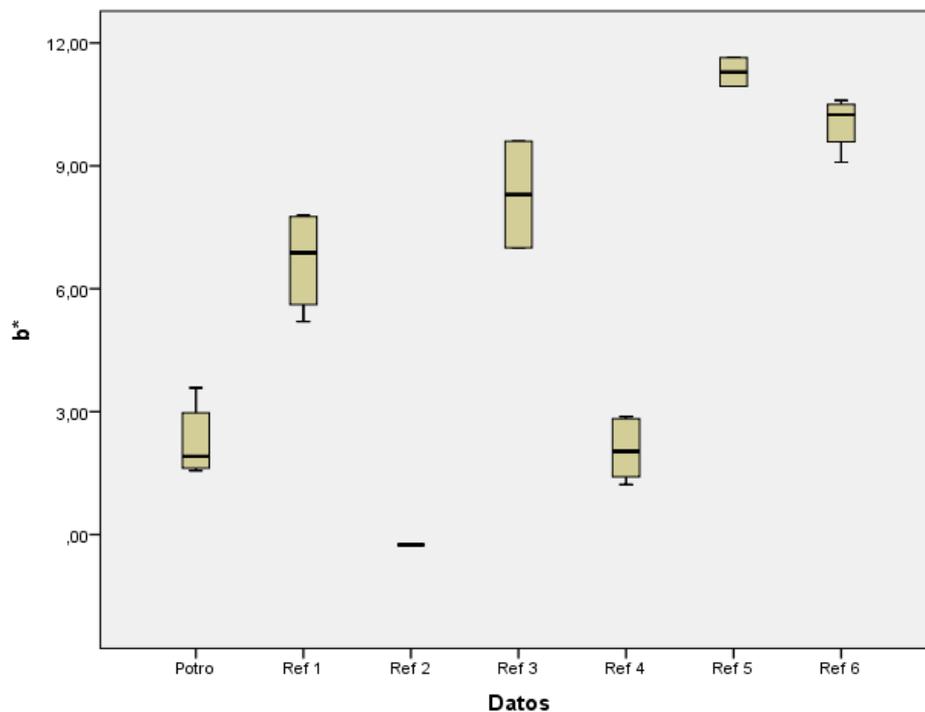
Gráfico 3. Comparación valores de L^*



En el eje horizontal se muestran las referencias bibliográficas consultadas a las que corresponden los conjuntos de datos (Ref 1: Sarriés.M.V, Beriáin.M.J (2006), Ref 2: Tateo. A et al (2008), Ref 3: Juárez.M et al (2009), Ref 4: De Palo. P et al (2012), Ref 5: Domínguez. R et al (2016), Ref 6: Domínguez. R et al (2016)) así como el conjunto de datos obtenidos experimentalmente en este estudio (Potro). En el eje vertical aparecen los valores numéricos correspondientes en cada caso.

Gráfico 4. Comparación valores de a^* 

En el eje horizontal se muestran las referencias bibliográficas consultadas a las que corresponden los conjuntos de datos (Ref 1: Sarriés.M.V, Beriáin.M.J (2006), Ref 2: Tateo. A et al (2008), Ref 3: Juárez.M et al (2009), Ref 4: De Palo. P et al (2012), Ref 5: Domínguez. R et al (2016), Ref 6: Domínguez. R et al (2016)) así como el conjunto de datos obtenidos experimentalmente en este estudio (Potro). En el eje vertical aparecen los valores numéricos correspondientes en cada caso.

Gráfico 5. Comparación valores de b^* .

En el eje horizontal se muestran las referencias bibliográficas consultadas a las que corresponden los conjuntos de datos (Ref 1: Sarriés.M.V, Beriáin.M.J (2006), Ref 2: Tateo. A et al (2008), Ref 3: Juárez.M et al (2009), Ref 4: De Palo. P et al (2012), Ref 5: Domínguez. R et al (2016), Ref 6: Domínguez. R et al (2016)) así como el conjunto de datos obtenidos experimentalmente en este estudio (Potro). En el eje vertical aparecen los valores numéricos correspondientes en cada caso.

Como se puede observar en la *tabla 18* y en el *gráfico 3*, los valores de L^* no son muy distintos a los valores que se han encontrado en la revisión sistemática de bibliografía. Los valores de L^* a los que más se aproximan los resultados de este estudio son los correspondientes a la *referencia 5* (Domínguez et al (2016)), en los que se estudiaron cruces entre Pura raza Gallega e Hispano-Bretón.

Con respecto a los valores de a^* en este estudio, se ve que los resultados entre las diferentes fuentes bibliográficas no son tan similares y a los valores que más se aproximan los datos experimentales obtenidos es a los que proporciona la *referencia 4* (De Palo. P et al (2012)), en la que los animales pertenecían a la raza Italian Heavy Draught Horse.

Las diferencias más notables se encuentran en los valores de b^* . Los valores son muy dispersos en todas las referencias consultadas y a los que más se asemejan los resultados de este estudio son a los de la *referencia 4*.

Por tanto, en general, los resultados obtenidos en las mediciones con el colorímetro están dentro de las medias estudiadas de calidad de carne de potro. Es necesario recalcar que no todas las carnes del resto de estudios pertenecen a potros de raza Burguete, por tanto, puede haber cierta heterogeneidad debida a esto.

El color de la carne de potro está fuertemente influenciado por la edad al sacrificio. Los valores de luminosidad descienden conforme aumenta la edad al sacrificio. Mancini y Hunt (2005) afirmaron que este parámetro, en la carne fresca, se veía significativamente influenciado por la composición química de la carne, y particularmente por su contenido de agua y concentración de lípidos intramusculares. Probablemente, la tendencia a la luminosidad observada podría deberse a una reducción del contenido de agua de la carne con el aumento de la edad al sacrificio (Mancini et al (2005); Mortensen et al (2006)).

En el caso de este estudio la carne de potro analizada presenta valores de luminosidad más altos que la carne analizada en otras referencias bibliográficas, como la de Juárez. M et al (2009), en la que la edad al sacrificio de los potros era mayor.

Muchos autores (Schroeder et al (1980); Vestergaard et al (2000); Yang et al (2002)) vieron en la carne bovina un aumento de la luminosidad con el aumento de la edad al sacrificio, indicando que se debía a un mayor contenido de lípidos intramusculares (Mancini et al (2005)). Sin embargo, los caballos tienden a concentrar la adipogénesis en el tejido subcutáneo más que en el intramuscular (Rossier et al (1988)). Probablemente, por esta razón, la luminosidad de este tipo de carne está más influenciada por el contenido de agua intramuscular que por el contenido de lípidos intramusculares (Palenik et al (1980); Robelin et al (1984)).

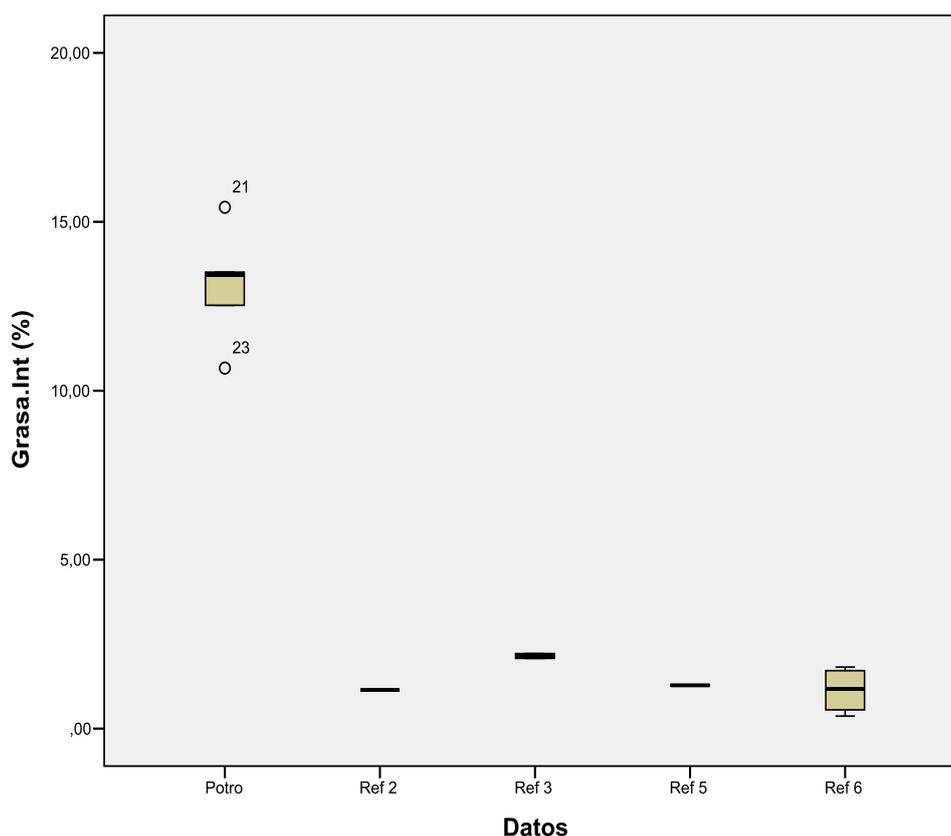
Durante el tiempo posterior a la descongelación, el color rojo (a^*) y el croma muestran una tendencia a descender. Esto es probablemente debido a los fenómenos bioquímicos que ocurren con la exposición del pigmento de mioglobina al aire (Xiong et al (2007)). De hecho, la oxidación de la mioglobina causa procesos de oscurecimiento en la carne (Livingston et al (1982)). Si pasa menos tiempo después de la congelación, los valores de rojo y croma se ven menos afectados por la presión parcial de oxígeno debido al menor tiempo de exposición al

aire, por lo que son menos propensos a someterse a procesos oxidantes (Tateo et al (2006)). Además, la carne de animales más jóvenes muestra valores más bajos de a^* y croma. Esto coincide con la carne con la menor concentración de hematina que involucra estos aspectos de color (Vestergaard et al (2000); Gil et al (2001)).

La tendencia a mostrar coloraciones amarillas no se ve afectada por la edad al sacrificio. Mancini y Hunt (2005) afirmaron que los valores de b^* están estrechamente relacionados con los aspectos de cantidad y calidad de la grasa intramuscular. Pocas variaciones relacionadas con las edades al sacrificio podrían ser una indicación indirecta de una modificación cualitativa de los lípidos intramusculares (Realini et al (2004)).

A continuación, en el *gráfico 6*, se presentan los valores de contenido en grasa intramuscular (%) obtenidos en este estudio, comparados con los obtenidos en otras investigaciones.

Gráfico 6. Comparación contenido en grasa



En el eje horizontal se muestran las referencias bibliográficas consultadas a las que corresponden los conjuntos de datos (Ref 2: Tateo. A et al (2008), Ref 3: Juárez.M et al (2009), Ref 5: Domínguez. R et al (2016), Ref 6: Domínguez. R et al (2016)) así como el conjunto de datos obtenidos experimentalmente en este estudio (Potro). En el eje vertical aparecen los valores numéricos correspondientes en cada caso.

El contenido de grasa intramuscular de la carne analizada en este estudio es muy superior al descrito por Sarriés y Beriáin (2005) (3,17 %), al obtenido por otros autores (Lorenzo et al (2013); Polidori et al (2015)) (0,22 % en Gallego de Monte; 1,87 % en Martina Franca, respectivamente) y a los datos de grasa intramuscular que se muestran en la *tabla 19*.

Como se aprecia en el *gráfico 6*, el contenido de grasa intramuscular presente en las muestras de carne de potro analizadas no tiene ninguna semejanza con el contenido de grasa que se ha visto en la revisión sistemática de bibliografía. Cabe destacar que dentro del rango de animales estudiados las diferencias en este parámetro también son notables, y puede apreciarse que hay dos valores de contenido de grasa que se separan significativamente del resto (10,67% y 15,43%).

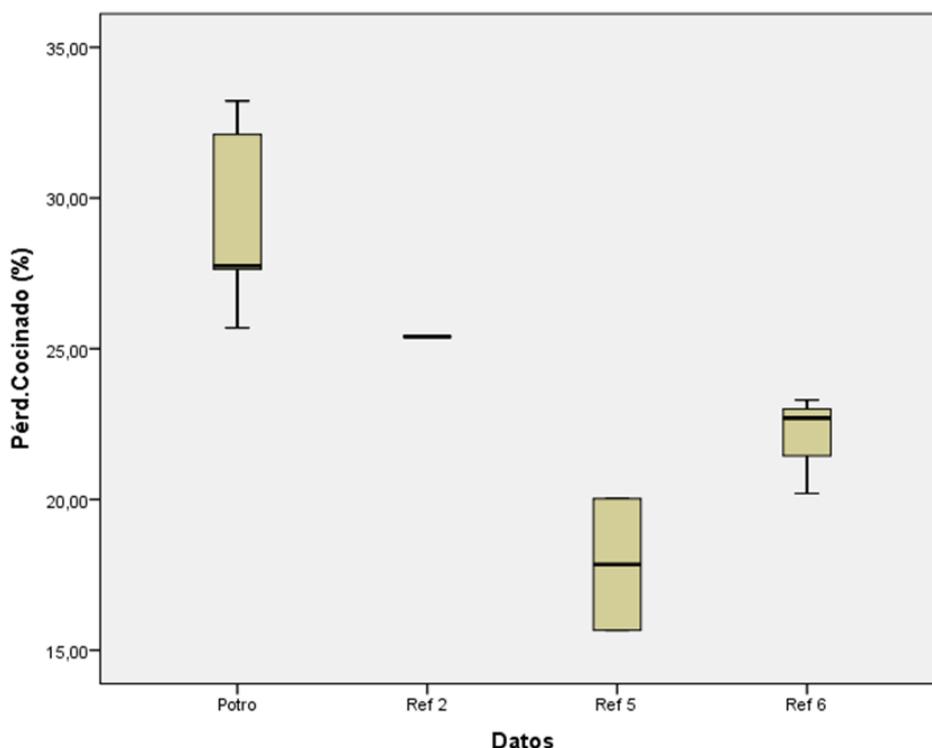
Estas diferencias en grasa intramuscular podrían deberse a la raza (Lorenzo et al (2014)). La edad al sacrificio puede tener algo que ver con la cantidad de grasa intramuscular obtenida, ya que, como se aprecia en los estudios de la *tabla 18*, estos valores aumentan conforme aumenta la edad al sacrificio.

Es posible que el tipo de alimentación también haya podido influir en los resultados obtenidos, aunque no se tienen detalles de la composición de los pastos naturales y los piensos con los que se complementaron las dietas antes del sacrificio de los animales.

Es destacable la variabilidad obtenida en los parámetros de la calidad de la carne analizados aun siendo animales de la misma raza.

En el *gráfico 7* se muestra la comparación entre las pérdidas por cocinado obtenidas en este estudio y otros.

Gráfico 7. Comparación pérdidas por cocinado (%)

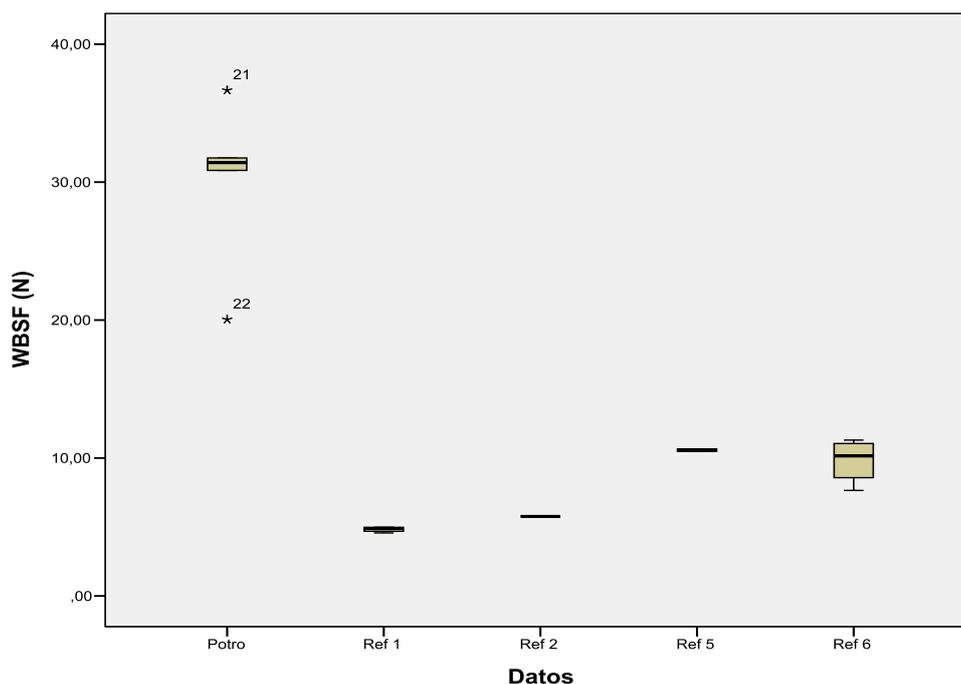


En el eje horizontal se muestran las referencias bibliográficas consultadas a las que corresponden los conjuntos de datos (Ref 2: Tateo. A et al (2008), Ref 5: Domínguez. R et al (2016), Ref 6: Domínguez. R et al (2016)) así como el conjunto de datos obtenidos experimentalmente en este estudio (Potro). En el eje vertical aparecen los valores numéricos correspondientes en cada caso.

Como se puede observar en la *tabla 18*, el porcentaje de pérdidas de peso después del cocinado entre otros estudios y el presente estudio no presenta diferencias muy claras. Las diferencias que se observan pueden atribuirse a la edad al sacrificio de los animales, la raza y las condiciones de vida de los animales. Los valores a los que más se asemejan los resultados de este estudio son los correspondientes a la referencia 2 (Tateo. A et al (2008)), en los que los animales de los que procedía la carne eran de la raza Italian Heavy Draught Horse.

Por último, se presenta el *gráfico 8*, en el que se muestran los resultados de medida de textura de este estudio comparados con los de otros autores.

Gráfico 8. Comparación medida de textura (N)



En el eje horizontal se muestran las referencias bibliográficas consultadas a las que corresponden los conjuntos de datos (Ref 1: Sarriés.M.V, Beriáin.M.J (2006), Ref 2: Tateo. A et al (2008), Ref 3: Juárez.M et al (2009), Ref 5: Domínguez. R et al (2016), Ref 6: Domínguez. R et al (2016)) así como el conjunto de datos obtenidos experimentalmente en este estudio (Petro). En el eje vertical aparecen los valores numéricos correspondientes en cada caso.

Los resultados de medida de textura de este estudio son muy diferentes a los del resto de autores. Como se observa en el *gráfico 8* no hay ninguna semejanza entre los valores de textura obtenidos experimentalmente en este estudio y los valores de la revisión sistemática de bibliografía. Al igual que en el análisis del contenido de grasa, dentro de la carne de los animales estudiados se encuentran muchas diferencias, siendo destacables los valores de fuerza de 36,66 y 20,4 N.

En todos ellos, tanto en este estudio como en las referencias consultadas, las medidas se muestran en Newtons, por tanto, esta heterogeneidad podría deberse a diferencias en el estado de los animales en el momento del sacrificio, la temperatura de cocinado de la carne, la orientación de los cortes de las muestras de carne, el tamaño de las muestras, las condiciones en las que se realizaron las medidas, la velocidad de ensayo o las condiciones en las que se almacenó y se descongeló la carne.

El objetivo del meta-análisis es la combinación sistemática de datos cuantitativos de varios estudios cuidadosamente seleccionados para proporcionar estimaciones de mayor poder estadístico y permitir una comparación más veraz de los resultados provenientes de diferentes estudios independientes. En este caso, la aproximación realizada ha sido estadísticamente muy sencilla y ha permitido comparar las coordenadas de color ($L^*a^*b^*$) de la carne de potro, siendo ésta luminosa y de un color rojo a rojo intenso. Sin embargo, el resto de variables analizadas no han seguido un patrón determinado. En algunos casos la falta de datos en bibliografía ha dificultado la comparación. Sería necesario, por tanto, buscar más datos en bibliografía y, por otro lado, aplicar técnicas de meta-análisis más específicas para poder caracterizar los distintos parámetros de calidad de la carne de potro.

5. Conclusiones

Con el material y métodos empleados en el presente Trabajo Final de Grado y a partir de los resultados obtenidos, se han obtenido las siguientes conclusiones:

1. La carne de equino analizada es rojiza y no presenta anomalías colorimétricas. Además, la carne menos luminosa no siempre resultó ser la más roja.
2. Todas las muestras presentan porcentajes de grasa entre el 10 y el 15%, siendo estos valores muy superiores a lo descrito hasta ahora para este tipo de carne.
3. Las pérdidas de peso tras el cocinado no son excesivas pero son mayores que en las de otro tipo de animales de la misma especie pero distinta raza. El almacenamiento en congelación de la carne previo al análisis puede haber tenido un efecto sobre la capacidad de la carne de retener agua.
4. La carne analizada ha presentado valores de fuerza muy superiores a los habituales en carne de equino.
5. Los resultados obtenidos muestran que la carne de potro es muy heterogénea.
6. La revisión sistemática de bibliografía y el meta-análisis realizados no han permitido caracterizar la carne de potro.

6. Bibliografía

- AMSA. (1995). Research Guidelines of Cookery, Sensory Evaluation and Instrumental Tenderness Measurements of Fresh Meat. Am. Meat Science, Assoc. Chicago, Illinois.
- Belaunzaran, X., Rui, J.B., Bessa, Lavín, P., Mantecón, A., Kramer, J.K., Aldai, N. (2015). Horse-meat for human consumption — Current research and future opportunities. Meat Science 108, 74–81.
- Belew, J.B., Brooks, J.C., McKenna, D.R., Savell, J.W. (2003). Warner-Bratzler shear evaluations of 40 bovine muscles. Meat Science 64 (4), 507-12.
- Benavent Saneleuterio. M. (2016). Efecto del tiempo de conservación y de la temperatura en los parámetros oxidativos de carne de potro. Consultado el 16 de diciembre de 2017, en <http://academica-e.unavarra.es/bitstream/handle/2454/22449/TFM.pdf?sequence=1>
- Bukala, J., Kedzior, W. (2001). Consumer criteria of quality of meat and meat products. International Congress of Meat Science and Technology, 47, 262-263.
- Buxadé, C. (1996). Producciones equinas y ganado de lidia. Mundi-Prensa.
- Capitain. M., Rossier. E. (1975). Analyse de l'utilisation d'une ration à base de concentrés pour la production intensive de poulains lourds de 6 à 12 mois. Cereopa, París, 23-33.
- Capitain. M., Rossier, E. (1975). Production intensive de jeunes chevaux lourds de 18 à 24 mois. Analyse technique de 7 ateliers d'engraissement. Cereopa, París.
- De Palo, P., Maggiolino, A., Centoducati, P., Tateo, A. (2012). Colour Changes in Meat of Foals as Affected by Slaughtering Age and Post-thawing Time. Consultado el 5 de noviembre de 2017, en <https://www.ajas.info/journal/view.php?doi=10.5713/ajas.2012.12361>
- Dominguez, R., Pateiro, M., Crecente, S., Ruiz, M., Sarriés, M.V., Lorenzo, J.M. (2018). Effect of linseed supplementation and slaughter age on meat quality of grazing cross-bred Galician x Burguete foals. Journal of the Science of Food and Agriculture, 98 (1), 266-273.
- Domínguez, R., Crecente, S., Borrajo, P., Agregán. R., Lorenzo, J.M. (2016). Effect of slaughter age on foal carcass traits and meat quality. The Animal Consortium 2015, 9-10, 1713-1720.
- Dufey, P.A. (1996). Sensory and physicochemical properties of meat from horses of different age groups. Meat Science and Technology, Lillehamer, Norway, 556-557.
- Estévez, M. (2011). Protein carbonyls in meat systems: A review. Meat Science, 89 (3), 259-279.
- Fábregas. X. (2002). Producción, calidad y consume de carnes equinas en España. Eurocarne, 1(110), 1-5.
- FAO. (2013). Food and Agriculture organizations of the United Nations. Consultado el 3 de noviembre de 2017, en <http://www.fao.org/faostat/en/#data>
- Fernández Silvestre. A. (2016). Efecto del tiempo de conservación en la oxidación proteica de la carne de potro. Consultado el 7 de enero de 2018, en http://academica-e.unavarra.es/bitstream/handle/2454/22363/TFG%20A_%20Fern%C3%A1ndez%20Silvestre.pdf?sequence=1

- Franco, D., Fernández, M., Rodríguez, E., García, L., Lorenzo, J.M. (2010). Calidad de la carne de potro Gallego de Monte en diferentes explotaciones. Consultado el 20 de noviembre de 2017, en http://scielo.isciii.es/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0004-05922011000300018
- Garbisu Alberdi, O. (2013). Mejora de una explotación de ganado equino de carne de raza Burguete. Consultado el 5 de noviembre de 2017, en <https://academica-e.unavarra.es/handle/2454/7451>
- García Espina, P., Oliván García, C., Sierra Sánchez, V. (2013). Efecto del tiempo de maduración sobre la calidad organoléptica de la carne de vacuno. Consultado el 4 de enero de 2018, en <http://www.serida.org/publicacionesdetalle.php?id=5574>
- Gatellier, P., Mercier, Y., Juin, H. and Renerre, M. (2005). Effect of finishing mode (pasture or mixed diet) on lipid composition, colour stability and lipid oxidation in meat from Charolais cattle. *Meat Science*, 69, 175-186.
- Guerrero, L. (1993). La textura de los alimentos. Medidas sensoriales e instrumentales. *Aliment. Equip. y Tecnol*, diciembre, 45-48.
- Guerrero, L. (1995). Métodos descriptivos de análisis sensorial. I. Métodos clásicos de obtención de perfiles. *Aliment. Equip. y Tecnol*, diciembre, 41-46.
- Guerrero, L. (1996). Selección de catadores: por qué y cómo. *Mercacei* 73(3), 11-13.
- Guerrero, L., Guàrdia, M.D. (1999). Evaluación de la ternera de la carne de ternera: relación entre las medidas sensorial e instrumental según la dirección de las fibras musculares. *ITEA*, 20(1), 11-13.
- Guerrero, L., Guàrdia, M.D. (1999b). La medida de las propiedades mecánicas en la carne y en los derivados cárnicos. *Eurocarne*, 77 (junio), 41-49.
- Insausti, K., Beriáin, M.J., Gorraiz, C., Purroy, A. (2002). Volatile Compounds of Raw Beef from 5 Local Spanish Cattle Breeds Stored Under Modified Atmosphere. *Journal of food science*, 67, 1580-1589.
- Insausti, K., Goñi, V., Petri, E., Gorraiz, C., Beriáin, M.J. (2005). Effect of weight at slaughter on the volatile compounds of cooked beef from Spanish cattle breeds. *Meat Science*, 70, 83-90.
- INTIA. (2016). El caballo en Navarra. Consultada el 10 de enero de 2018, en <https://www.navarra.es/NR/rdonlyres/DA4D1F3C-242D-476D-8CF3-8DC6519A9A4E/240496/249276capitulo8Caballar.pdf>
- INTIA. (2017). ASCANA. Consultada el 18 de diciembre de 2017, en <https://intiasa.es/es/explotaciones-ganaderas/areas-de-interes/ganaderia-navarra/asociaciones.html?layout=edit&id=600>
- INTIA. (2017). Burguete. Consultada el 4 de diciembre de 2017, en <https://intiasa.es/es/explotaciones-ganaderas/areas-de-interes/ganaderia-navarra/razas-autoctonas/40-explotaciones-ganaderas/456-burguete.html>
- Juárez, M., Polvillo, O., Gómez, M.D., Alcalde, M.J., Romero, F., Valera, M. (2009). Breed effect on carcass and meat quality of foals slaughtered at 24 months of age. *Meat Science*, 83, 224-228.
- Kaié, A., Mioc, B., Kasap, A., Potocnik, K. (2016). Meta-analisis of intramuscular fatty acid composition of Mediterranean lambs. *Archives Animal Breeding*, 59,1-8.
- KONIKA MINOLTA. (2017). Chroma Meter CR-400/410, Manual de Instrucciones. Consultado el 20 de diciembre de 2017, en

- https://www.konicaminolta.com/instruments/download/instruction_manual/color/pdf/cr-400-410_instruction_spa.pdf
- KONIKA MINOLTA. (2017). Entendiendo El Espacio de Color CIE L*A*B*. Consultado el 20 de diciembre de 2017, en <http://sensing.konicaminolta.com.mx/2014/09/entendiendo-el-espacio-de-color-cie-lab/>
 - KONIKA MINOLTA. (2017). Entendiendo El Espacio de Color CIE L*C*h*. Consultado el 21 de diciembre de 2017, en <http://sensing.konicaminolta.com.mx/2015/08/entendiendo-el-espacio-de-color-cie-lch/>
 - Lanz Azpilicueta, Y. (2016). Estudio del consumo de carne de potro en Navarra. Consultado el 15 de noviembre de 2017, en <https://academica-e.unavarra.es/handle/2454/22241>
 - Lawrie, R.A. (1985). Meat Science. 4^o. Ed., Pergamon Press, Oxford (UK) (XVII).
 - Lepetit, J., Culioli, J. (1994). Mechanical properties of meat. Meat Science, 36, 203-237.
 - Liu, Z., Xiong, Y. L., & Chen, J. (2010). Protein oxidation enhances hydration but suppresses water-holding capacity in porcine longissimus muscle. Journal of Agricultural and Food Chemistry, 58, 10697–10704.
 - Livingston, D. J., Brown, W.D. (1982). The chemistry of myoglobin and its reactions. Food Technol-Chicago, 35, 244-252.
 - Lorenzo, J.M., Munekata, P., Campagnol, P., Bastianello, P., Zhu, Z., Hami, A., Barba, F.J., Tomasevic, I. (2017). Technological aspects of horse meat products. Food research international (Ottawa, Ont.), 102, 176-183.
 - Mancini, R. A., Hunt, M.C. (2005). Current research in meat colour. Meat Science, 71, 100-121.
 - Mapama. (2016). Raza equino caballar BURGUETE. Consultada el 5 de diciembre de 2017, en <http://www.mapama.gob.es/es/ganaderia/temas/zootecnia/razas-ganaderas/razas/catalogo/peligro-extincion/equino-caballar/burguete/default.aspx>
 - Martin, A.H., Freeden, H.T., Weiss, G.M. (1971). Tenderness of beef longissimus muscle from steers, heifers and bulls as influenced by source, post mortem aging and carcass characteristics. J. Food Science, 36, 619-623.
 - Massi, O., Faccincani, F. (1987). Atlantic delle carni. Guida faciles un'alimentazione razionale. Rusconi, Milano.
 - Mortensen, M., Andersen, H.J., Engelsen, S.B., Bertram, H.C. (2006). Effect of freezing temperature, thawing and cooking rate on water distribution in two pork qualities. Meat Science, 72, 34-42.
 - Onega Pagador, M. E. (2003). Evaluación de la calidad de carnes frescas: aplicación de técnicas analíticas, instrumentales y sensoriales. Consultado el 15 de noviembre de 2017, en <http://biblioteca.ucm.es/tesis/vet/ucm-t27264.pdf>
 - Palenik, S., Biechova, H., Palanska, O. (1980). Chemical composition and quality of the meat of cold and warm blooded foals. Zivocisna Vyroba, 25, 269-278.
 - Pérez de Muniain, A., Villanueva, M., Napal, S. (2007). Nuestros caballos. La Jaca Navarra y el Burguete. Evidencia Medica Editorial.

- Polidori, P., Pucciarelli, S., Ariani, A., Polzonetti, V., Vincenzetti, S. (2015). A comparison of the carcass and meat quality of Martina Franca donkey foals aged 8 or 12 months. *Meat Science*, 106, 6-10.
- Poste, L.M., Butler, G., Mackie, D., Agar, V.E., Thompson, B.K. (1993). Correlations of sensory and instrumental meat tenderness values as affected by sampling technique. *Food Qual. Pref*, 4, 207-214.
- Ragdoll, C. (2017). Caballo Burguete. Consultada el 6 de diciembre de 2017, en <http://caballosennavarra.blogspot.com.es/2014/11/caballo-burguete.html>
- Realini, C. E., Duckett, S.K., Brito, G.W., Dalla Rizza, M., De Mattos, D. (2004). Effect of pasture vs concentrate feeding with or without antioxidants on carcass characteristics, fatty acid composition, and quality of Uruguayan beef. *Meat Science*, 66, 567-577.
- Robelin, J., Boccard, L., Martin-Rosset, W., Jussiaux, M., Trillaud-Geyl, C. (1984). Caracteristiques des carcasses set qualites de la vivande de cheval. INRA Publications, Paris, France, 601-610.
- Ruiz, M., Insausti, K., Gómez, I., Beriáin, M.J. y Sarriés, M.V. (2015). Estimación de la degradación del color de la carne de potro a partir de medidas instrumentales. XVI Jornadas sobre Producción Animal (2), 621-623.
- Ruiz, M., Sarriés, M. V., M. Beriáin, M. J., Lorenzo, J. M. (2017). Efecto de la maduración y el tiempo de conservación sobre el olor sensorial de la carne de potro. XVII Jornadas sobre Producción Animal, Zaragoza, España, 30 y 31 de mayo de 2017, 576-578.
- Salé, P., Noel, Y., Lasteyras, A., Oleon, C. (1984). A sinusoidal compression system to study rheological properties of foods in the transient state. *J. Text. Stud*, 15, 103-114.
- Sarriés, M.V., Goñi, M.V., Induráin, G., Esquíroz, M., Insausti, K., Hernández, B., Beriáin, M.J. (2005). Estudio del color de la carne de potro a los cuatro días de maduración. *Óptica pura y aplicada*, 38 (1), 5-7.
- Sarriés, M.V., Beriáin, M.J. (2005). Carcass characteristics and meat quality of male and female foals. *Meat Science*, 70(1), 141-152.
- Sarriés, M.V., Beriáin, M.J. (2006). Colour and texture characteristics in meat of male and female foals. *Meat Science*, 74(1), 738-745.
- Sarriés, M. V., Espelosin, A., Mendizabal, J. A., Beriáin, M. J., Ruiz, M., Purroy, A. (2017). Caracterización de la carne de potro de raza Burguete mediante análisis de imagen. XVII Jornadas sobre Producción Animal, Zaragoza, España, 30 y 31 de mayo de 2017, 702-704.
- Sarriés, M. V., Ruiz Darbonnens, M., Beriáin Apesteguía, M.J., Pérez de Muniáin Ortigosa, A. (2014). Evolución de la calidad de la carne de potro con el tiempo de conservación. *Navarra Agraria*, septiembre-octubre, 37-42.
- Schroeder, J. W., Cramer, D.A., Bowling, R.A., Cook, C.W. (1980). Palatability, shelf-life and chemical differences between forage and grain-finished beef. *Animal Science*, 50, 852-859.
- Tateo, A., De Palo, P., Ceci, E., Centoducati, P. (2008). Physicochemical properties of meat of Italian Heavy Draft horses slaughtered at the age of eleven months. *American Society of Animal Science*, 86, 1205-1214.
- Técnicas Avanzadas en Química. (2016). Determinación del contenido graso de leche en polvo: extracción soxhlet. Consultado el 25 de noviembre de 2017, en

https://www.upo.es/depa/webdex/quimfis/docencia/TAQ/curso0405/TAQP5_0405.pdf

- Tornberg, E., Fjelkner-Modig, S., Ruderus, H., Glantz, P.O., Randow, K., Stafford, D. (1985). Clinically recorded masticatory patterns as related to the sensory evaluation of meat and meat products. *J. Food Science*, 50, 1059-1066.
- Utrera, M., Morcuende, D., & Estévez, M. (2014). Temperature of frozen storage affects the nature and consequences of protein oxidation in beef patties. *MESC*, 96(3), 1250–1257.
- Van Oeckel, M.J., Warnants, N., Boucqué, Ch. W. (1999). Pork tenderness estimation by taste panel, Warner-Bratzler shear force and on-line methods. *Meat Science*, 53, 259-267.
- Vestergaard, M., Therkildsen M., Henckel, P., Jensen, L.R., Andersen, H.R., Sejrsen, K. (2000). Influence of feeding intensity, grazing and finishing feeding on meat and eating quality of young bulls and the relationship between muscle fibre characteristics, fibre fragmentation and meat tenderness. *Meat Science*, 54,187-195.
- Voisey, P. (1975). Selecting deformation rates in texture tests. *J. Text. Stud.* 6(2), 253-257.
- Voisey, P.W. (1976). Application of instruments for measuring food texture. En: *Rheology and Texture in Food Quality*. Ed. J.M. de Man, P.W. Voisey, W.F. Rasper, D.W. Stanley. The AVI Publishing Co. Inc. Westport, Connecticut.
- Wheeler, T.L., Koohmaraie, M., Cundiff, L.W., Dikeman, M.E. (1994). Effects of cooking and shearing methodology on variation in Warner-Bratzler shear force values in beef. *J. Anim. Sci.* 72, 2325-2330.
- Xiong, Y. L., Mullins, O.E., Stika, J.F., Chen, J., Blanchard, S.P., Moody, W.G. (2007). Tenderness and oxidative stability of post-mortem muscles from mature cows of various ages. *Meat Science*, 77, 105-113.
- Yang, A., Lanari, M.C., Brewster, M.J., Tume, R.K. (2002). Lipid stability and meat colour of beef from pasture and grain fed cattle with or without vitamin E supplement. *Meat Science*, 60, 41-50.