

**UNIVERSIDAD DE LA REPÚBLICA**

**FACULTAD DE VETERINARIA**

**PARÁMETROS DE CALIDAD DE LA CARNE Y LA CANAL EN GANADO  
ABERDEEN ANGUS DEL URUGUAY**

“por”

**Ignacio VIGNALE CENTANINO**

TESIS DE GRADO presentada como  
uno de los requisitos para obtener el título  
Doctor en Ciencias Veterinarias  
Orientación: Producción Animal, Bloque  
Rumiantes.

MODALIDAD Ensayo experimental

**MONTEVIDEO  
URUGUAY  
2015**

## PÁGINA DE APROBACIÓN

Tesis de grado aprobada por:

Presidente de mesa:

---

Segundo miembro (Tutor):

---

Dra. Eileen Armstrong

Tercer miembro:

---

Cuarto miembro (Co-tutor)

---

Dr. Oscar Feed

Fecha:

---

Autor:

---

Igancio Vignale Centanino

## **AGRADECIMIENTOS**

A la tutora de esta tesis, Dra. Eileen Armstrong, por su ayuda en todo momento, por su dedicación y buena voluntad.

Al co-tutor Dr. Oscar Feed por sus correcciones y por su gran aporte frente al proyecto de tesis.

A todos los que participaron y colaboraron en la extracción y procesado de muestras.

Un muy especial agradecimiento a mi familia. A mis padres, Alberto y Claudia por su esfuerzo y apoyo siempre, en toda la carrera. A mi novia, Valentina Sityá por su ayuda y apoyo constante para poder finalizar esta tesis.

A mis amigos que conocí en el pasaje por la Facultad y que quedarán para siempre. Por las miles de horas de estudio, charlas y buenos momentos.

**MUCHAS GRACIAS!**

## TABLA DE CONTENIDO

	Página
PÁGINA DE APROBACIÓN.....	2
AGRADECIMIENTOS.....	3
LISTA DE TABLAS Y FIGURAS.....	5
RESUMEN.....	6
SUMMARY.....	7
1. Introducción.....	8
1.1. Datos de la explotación ganadera en Uruguay..	9
1.2. Tendencias en el consumo de carne.....	11
1.3. Calidad de la carne.....	12
1.4. Calidad de la canal.....	14
2. Hipótesis.....	17
3. Objetivo.....	17
3.1. Objetivo general.....	17
3.2. Objetivos específicos.....	17
4. Materiales y Métodos.....	18
4.1. Parámetros medidos y evaluados.....	20
4.2. Análisis estadístico.....	22
5. Resultados.....	23
5.1. Parámetros de calidad de la canal.....	23
5.2. Parámetros de calidad de la carne.....	25
5.3. Relación entre parámetros.....	27
5.4. Otros efectos.....	28
6. Discusión.....	29
7. Conclusiones.....	33
8. Anexo.....	34
9. Bibliografía.....	35

## LISTA DE TABLAS Y FIGURAS

	Página
Figura 1. Ejemplares Aberdeen Angus negro.....	9
Figura 2. Proporción de animales por categorías.....	18
Figura 3. Distribución de proporción de animales por plantas de faena.....	19
Figura 4. Parámetros de medición de color .....	20
Tabla 1. Número de animales por tropa, categoría animal, departamento de origen y distancia aproximada recorrida a la planta de faena.....	19
Tabla 2. Clasificación resistencia de corte.....	21
Tabla 3. Estadística descriptiva para largo, peso, compacidad y pH de la canal para toda la muestra.....	23
Tabla 4. Estadística descriptiva para peso de canal entre categorías.....	24
Tabla 5. Estadística descriptiva de los parámetros fuerza de corte, pérdidas por cocción, porcentaje de lípidos totales, color y luminosidad.....	25
Tabla 6. Fuerza de corte, pérdidas por cocción y lípidos totales por categoría.....	25
Tabla 7. Parámetros de color de la carne por categorías y por alimentación.....	26
Tabla 8. Relación entre parámetros. Niveles de correlación, sus valores y su significación estadística.....	27
Tabla 9. Valores de pH según el origen de las tropas por establecimiento.....	28
Tabla 10. Valores a* promedio según origen y destino de las tropas.....	28

## RESUMEN

Se analizaron parámetros de calidad de la carne y la canal y su posible relación con la edad y el sexo (categoría), el tipo de alimentación recibida durante la terminación y la distancia recorrida hasta la planta de faena, en 705 animales de raza Aberdeen Angus, provenientes de diferentes establecimientos comerciales. Se trabajó con 509 novillos, 43 vaquillonas y 153 vacas. Todos fueron criados en un régimen pastoril, excepto 281 novillos que fueron terminados a feedlot. El peso de la canal mostró diferencias significativas entre categorías, debido a factores relacionados con el sexo y la edad, pero no entre los novillos con diferentes tipos de alimentación, debido probablemente a que ambos grupos se enviaron a faena al llegar a un peso vivo similar. Para la compacidad sí se observaron diferencias significativas tanto entre categorías como entre los novillos con diferente tipo de alimentación, dado que los novillos terminados a pasto registraron largos de canal mayores que los de feedlot, por tener más edad. El valor promedio de pH a las 24 hrs fue de 5,69 para toda la muestra, presentando los novillos una media significativamente mayor que las otras categorías. Esta diferencia se debe probablemente a factores relacionados con el manejo de las tropas. La fuerza de corte (FC) promedio fue significativamente menor a los diez días de maduración que a las 24 horas de la faena (3,41 kgf vs. 4,43 kgf;  $p=0,0001$ ), evidenciando que la terneza de la carne aumentó a medida que ocurrió el proceso de maduración, por la acción de las enzimas proteolíticas. Se observaron diferencias significativas por categorías, probablemente debido al mayor contenido de colágeno en las vacas, y a diferencias hormonales y en la actividad proteolítica entre machos y hembras. Las pérdidas por cocción (PPC) a las 24hrs y a los 10 días no mostraron diferencias significativas ( $p=0,36$ ), aunque sí entre categorías. Para los animales alimentados en régimen pastoril no se observaron diferencias significativas entre categorías en cuanto al porcentaje de lípidos, pero los novillos terminados a feedlot presentaron casi el doble que los novillos terminados a pasto ( $6,00\pm 2,72\%$  vs.  $3,51\pm 2,62\%$ ,  $p=0,0000$ ), debido al mayor contenido energético de su dieta. Los novillos terminados en régimen pastoril presentan carne más roja (mayores niveles del parámetro  $a^*$ ) y menos luminosa que las otras categorías, debido probablemente a una mayor cantidad de mioglobina en el músculo y pigmentos vegetales en la grasa. La luminosidad aumenta significativamente en los novillos terminados a feedlot, seguramente por la mayor cantidad de grasa intramuscular. Las correlaciones encontradas sugieren que a menor pH de la canal, mayores son los valores de FC, PPC y  $a^*$  (coef. de correlación negativos y significativos), relacionado con los cambios bioquímicos que ocurren post mortem en el músculo al descender el pH. El porcentaje de lípidos de la carne muestra una relación débil con las PPC y no muestra correlaciones significativas con la FC, excepto en los novillos (coef. de correlación  $\% \text{ lípidos vs. FC 24hrs} = -0,18$ ;  $p=0,0094$ ), debido a las grandes diferencias que presentan en cantidad de lípidos totales según el tipo de alimentación. Se detectaron diferencias significativas en el pH y el color entre las distintas tropas, relacionado con factores ya analizados (categoría, tipo de alimentación), pero también posiblemente por diferencias en el estrés por transporte durante el recorrido hasta la planta de faena, entre otros factores relacionados al manejo.

## SUMMARY

Meat and carcass quality parameters and their possible relationship with age and sex (category), feeding regime received prior to slaughter and distance travelled to the slaughterhouse were analyzed in 705 Aberdeen Angus animals from different ranches. The sample consisted in 509 steers, 43 heifers and 153 cows. They were raised in extensive grazing systems, with the exception of 281 steers that received feedlot supplementation for several weeks before slaughter. Half carcass weight showed significant differences between categories, due to differences related to age and sex, but not between steers with different feeding regimes, probably because both groups were slaughtered when they reached similar live weights. Compacity indexes did show significant differences between categories and between feeding groups of steers, as grazing steers were probably some months older and so had larger carcass lengths than the feedlot-finished ones. Mean pH value 24 hours after slaughter was 5.69 for the sample as a whole. Steers showed mean values significantly higher than the other categories, probably due to differences in herd management rather than sex. Mean shear force (SF) was significantly lower after ten days of ageing than 24 hours after slaughter (3.41 kgf vs. 4.43 kgf;  $p=0,0001$ ), showing an increase in meat tenderness as the ageing process goes on, due to the activity of the proteolytic enzymes involved in this process. Significant differences were observed between categories, probably due to higher collagen contents in cows and to hormonal and proteolytic activity differences between males and females. Cooking loss (CL) did not show significant differences between measures taken 24 hours after slaughter and after ten days of ageing ( $p=0.36$ ), but were significant between categories. For all grazing animals there were no significant differences in lipid content between categories, but feedlot-finished steers showed an almost double amount of fat than grazing steers ( $6,00\pm 2.72\%$  vs.  $3.51\pm 2.62\%$ ,  $p=0.0000$ ), due to the higher energy content of their diet. Meat from grazing steers was more red (higher values of the color parameter  $a^*$ ) and less luminous than meat from the other categories, probably due to higher amounts of myoglobin in muscle and vegetable pigments in fat. Luminosity increases significantly in feedlot-finished steers, probably because to the higher amount of intramuscular fat. The observed correlations between parameters suggest that as pH decreases, SF, CL and  $a^*$  values increase (negative and significant correlation coefficients), related to the biochemical changes that occur post mortem in the muscle. Meat lipid percentage show a weak relationship with CL and no significant relationship with SF, except in the steers (correlation coef. lipid percentage vs. SF 24hrs= $-0.18$ ;  $p=0.0094$ ), due to the high differences observed in this category according to the feeding regime received prior to slaughter. Significant differences were observed for pH and  $a^*$  between herds, related to factors already analyzed (category, feeding system), but that could also be related to stress levels during transport to the slaughterhouse, among other management factors.

## 1. INTRODUCCIÓN

Desde los orígenes de la Banda Oriental, pasando por el nacimiento del país como nación, hasta nuestros días, la carne ha sido protagonista en la historia, la economía y la sociedad uruguaya. Hace más de 400 años en una incursión realizada por el Río Uruguay, el gobernador de Asunción Hernando Arias de Saavedra (Hernandarias) le habría comunicado a los reyes de España que “las tierras encontradas son buenas para labores porque se da todo con gran abundancia, fertilidad y es buena para todo tipo de ganado”. Frente al silencio real fue el mismo Hernandarias quien en 1611 y en 1617 ordenó traer ganado caballar y vacuno desde sus estancias en Santa Fe. Mandó traer cien animales vacunos y dos manadas de yeguas desde Buenos Aires, que desembarcaron en el paraje desde entonces llamado “De las Vacas” y constituyeron el origen de la riqueza ganadera del Uruguay. A fines del siglo XVII los ganados se habían extendido a lo largo y ancho de todo el territorio, reproduciéndose libremente, llegando unas decenas de años más tarde a alcanzar un número tan importante que atrajo el interés de piratas franceses e ingleses, que desembarcaban en las costas de Maldonado y Rocha, matando los vacunos que estuviesen a su alcance con la finalidad de extraer grasa y cuero. Desde ese momento, origen de nuestra ganadería hasta hoy, el país ha tenido en la carne su principal recurso económico (INAC, 2014).

Alrededor del año 1500, en los condados escoceses de Aberdeen y Forfar, parte del cual era conocido como Angus, se evidenció la existencia de un tipo de ganado rústico, que por sus notables atributos productivos se difundió rápidamente por Gran Bretaña, Irlanda, Estados Unidos, Canadá, Australia, Nueva Zelanda y el resto de los países ganaderos del mundo. En Uruguay en el año 1888 se inscribió en los Registros Genealógicos de la Asociación Rural del Uruguay el primer animal importado, “Bard Naughton”, traído desde Inglaterra en una importación realizada por Don Luis Mongrell. Ya en el año 1938, viendo que la raza tenía gran difusión y le aguardaba un gran futuro, se crea la Sociedad de Criadores de Aberdeen Angus en el departamento de Salto, en el norte del país. Con el correr de los años la raza se comienza a extender por todo el territorio nacional, demostrando su adaptabilidad a los distintos terrenos en todos los departamentos de Uruguay (SCAAU, 2014). Actualmente, el Aberdeen Angus es una de las razas más utilizadas para la producción de carne en Uruguay.

El Aberdeen Angus es una raza productora de carne. Es reconocida por su precocidad reproductiva, facilidad de parto, aptitud materna y longevidad. La misma se caracteriza por presentar animales mochos, lo cual es una ventaja ya que no necesitan ser desmochados; su pelaje es negro o colorado, manteniendo ambas las características raciales (Figura 1) (SCAAU, 2014).





Figura 1. Ejemplares Aberdeen Angus negro. Gentileza de la sociedad de criadores de Aberdeen Angus de Uruguay.

Los ejemplares de la raza deben poseer buenas masas musculares y producir carne de buena calidad (veteada, tierna, jugosa, sabrosa, etc.). Deben ser voluminosos, de buena profundidad y con un buen balance o armonía de conjunto. Sus formas deben ser suaves, de contornos redondeados, con facilidad de terminación y sin acumulaciones excesivas de grasa. El temperamento debe ser activo, pero no agresivo, y ágil en sus desplazamientos, demostrando aplomos correctos y articulaciones fuertes. La piel debe ser medianamente fina, elástica, cubierta de un pelaje suave, corto y tupido de color negro o colorado (Asociación Argentina de Aberdeen Angus, 2014).

### **1.1. Datos de la explotación ganadera en Uruguay**

Actualmente Uruguay tiene un área total dedicada al rubro agropecuario de 16,4 millones de hectáreas, contando con 41.454 explotaciones dedicadas a la ganadería, 6.444 a la ganadería / agricultura y 4.270 al rubro lechería. La ganadería abarca un total de 11.988 millones de hectáreas (DIEA, 2014). Con un stock bovino de casi 12 millones de animales, Uruguay es un país prominentemente ganadero. La faena total del año 2013 fue de 1.982.396 cabezas de ganado, lo que supone 380 mil toneladas de carne bovina (INAC, 2014). Uruguay aspira a posicionarse como el quinto exportador mundial detrás de India, Brasil, Australia y Estados Unidos. En el primer semestre del año el mayor crecimiento en las ventas se dio en China que acaparó el 17% del total

de las ventas convirtiéndose en el tercer destino de la carne uruguaya, detrás de la Federación Rusa con 18% y TLCAN (Tratado de Libre Comercio de América del Norte) con 20% (Caputti, 2013).

A nivel mundial se pueden identificar dos sistemas de producción de carne, el más frecuente es el sistema pastoril y el otro implica sistemas intensivos y estabulación (confinamiento o *feedlot*). El 67% de la producción de carne bovina proviene de sistemas en donde la terminación del ganado se realiza con una base pastoril. Estos sistemas tienen menores costos por unidad de superficie y menor inversión, pero quizás mayores costos por kilogramo de producto. Tradicionalmente, la producción ganadera se ha desarrollado en nuestro país sobre planteos productivos extensivos. En las dos últimas décadas, el avance territorial de la frontera agrícola por la expansión de los cultivos extensivos ha llevado a que la ganadería, de menor rentabilidad relativa, haya cedido las mejores tierras, circunscribiendo su desarrollo a superficies más reducidas y en campos de menor calidad de suelos. Ello ha significado la puesta en marcha de un proceso de relocalización de la ganadería, especialmente en la etapa de recría y terminación final. En ese contexto, y paralelamente, el engorde a corral con suplementación alimentaria apareció como un complemento para aumentar la receptividad del suelo e incrementar la productividad de los establecimientos pecuarios. Está probado técnicamente que bajo el sistema de engorde a corral se obtiene una productividad promedio mayor que en ganadería extensiva, lográndose así animales con terminaciones uniformes, valoradas por el mercado demandante, pudiendo proveer de materia prima constante y homogénea a la industria frigorífica (Robert *et al.*, 2009).

El 33% de la producción de carne se obtiene mediante sistemas intensivos, es decir con suministros de raciones y concentrados de distintos tipos para el engorde final de los animales. El mayor productor mundial de carne a través de animales estabulados es Estados Unidos, donde se estima que casi el 70% de su producción se hace mediante el suministro de concentrados energéticos. Por otro lado, los mayores productores de carne en sistemas pastoriles son los países del MERCOSUR (Caputti y Méndez, 2010).

## **1.2. Tendencias en el consumo de carne**

A lo largo de la historia de la humanidad el consumo de proteína animal estuvo asociado con el desarrollo de los pueblos y las civilizaciones. Esto nos dice que cada vez que las sociedades tuvieron una mayor cantidad de riqueza o recursos optaron por aumentar el consumo de proteínas animales. Si analizamos los consumos mundiales de carne, veremos que las regiones del mundo que presentan mayor desarrollo económico como Europa y América del Norte, son las que tienen un consumo más elevado de carne (110kg/persona/año). La diferencia entre ambos radica en que el consumo de Europa está principalmente compuesto por carne suina y aviar, mientras que en América del Norte la carne bovina es la principal. Oceanía se ubica con un consumo cercano al europeo con un total de 74kg/persona/año pero en este caso está compuesto mayoritariamente por carne ovina. Es importante destacar que si bien América Latina es considerada una zona de menor desarrollo tiene un importante consumo de carne, superior a 52kg/persona/año. En Uruguay el consumo de carne es de 90 - 100 Kg/persona/año. Finalmente, en el segmento más bajo se encuentra Medio Oriente y Asia, con un consumo que ronda los 25kg/persona/año. Sin embargo, lo más importante son las tendencias de consumo y en los últimos años ha aumentado de forma significativa el consumo en países de gran población y rápido desarrollo económico como China e India. Estos mercados serán los principales actores en las próximas décadas a medida que sigan con su crecimiento económico y demográfico (Caputi y Méndez, 2010).

Con relación a las tendencias futuras, admitiendo que el consumidor es uno de los principales actores dentro del sistema global de producción y comercialización de carnes, resulta imprescindible tener perfectamente caracterizados los parámetros o atributos que determinan su preferencia de consumo (Teira *et al.*, 2006). Los consumidores presentan diversas demandas a la hora de consumir proteínas animales. Por un lado está demostrado por la investigación de preferencias del consumidor que el principal atributo valorado de la carne vacuna es la ternera. Esta tendencia de consumo de un producto más tierno favorece ampliamente a las carnes que presentan alto *marbling* (cantidad de grasa intramuscular), que al ser cocinadas dan un producto más tierno y jugoso. Por otro lado, algunos países están interesados en un producto más sano, con menos grasa, con cuidado del medio ambiente y del bienestar animal sin perder características de ternera (Caputi y Méndez, 2010). Sin embargo, tanto el parámetro de ternera como el de jugosidad y sabor son indicadores que podemos comprobar en carne cocinada, pero el consumidor debe descifrar la calidad de la misma desde su apariencia, por lo tanto la apariencia de la carne cruda (color, cantidad de grasa visible, etc.) es muy importante para las decisiones del consumidor (Aaslyng, 2009).

### **1.3. Calidad de la carne**

La carne es un producto complejo con atributos de calidad que se pueden determinar tanto instrumental como sensorialmente, ya sea de forma exclusiva o con ambas técnicas simultáneamente (Muela *et al.*, 2009).

La terneza es un atributo muy complejo, en la que intervienen diversos factores. La sensación de terneza se debe en primer lugar a la facilidad con que los dientes penetran en la carne, en segundo término a la facilidad con que la carne se divide en fragmentos y en tercer lugar a la cantidad de residuos que quedan después de la masticación (Weir, 1960). Los principales factores que la afectan son el contenido y tipo de fibra en el músculo, cantidad, tipo y disposición de tejido conectivo, cantidad y composición del tejido adiposo, condiciones de faena (por ejemplo, estrés del animal), la maduración de la carne y la preparación del producto antes de ser consumido (Blanco y Alonso, 2008). La cantidad y tipo de fibras de colágeno incide en gran medida en la terneza final del producto, estando relacionado principalmente con la edad, la raza y el ejercicio que haga el animal. Animales de más edad y/o animales alimentados a pastoreo tienen mayor contenido de colágeno en el músculo y por tanto menor terneza que animales faenados a edades más tempranas o criados en sistemas de confinamiento, en los cuales el animal no necesita desplazarse para conseguir el alimento (Blanco y Alonso, 2008; Van Elswyk y Mc Neill, 2014). En animales de la misma edad, el sexo influye en el nivel de terneza de la carne debido principalmente a la mayor capacidad de las hembras para la deposición de grasa intramuscular (Camacho, 2008). Existen además, factores asociados al manejo que son divididos para su estudio en pre-faena (estrés, transporte prolongado, calor, condiciones ambientales), y post-faena (temperatura y tiempo de almacenamiento o maduración). La maduración de la carne es una combinación de transformaciones que se originan en el músculo de un animal faenado proporcionándole a la carne características de sabor, textura, color y terneza. Uno de los procesos de mayor importancia que ocurre durante la maduración es la ruptura de las fibras musculares, debido a la degradación de proteínas del sarcómero que conducen al aumento de la terneza de la carne (Aaslyng, 2009, Xiong *et al.*, 2007; Feed, 2010). El estrés y el ayuno provocados por un transporte prolongado generan carnes con un pH demasiado elevado, afectando la terneza final del producto, entre otras características, como se describe en la próxima sección (Gallo, 2010). Por último, el mejoramiento genético animal a través de selección dentro de razas y cruzamientos es otro de los factores intervinientes en la terneza final de la carne (IPCVA, 2012). Wheeler y Koohmaraie (1996), sugieren que el conocimiento y el control de la genética de los animales podrían resolver el problema de la terneza. Por otro lado, Tieira y Koohmaraie (2004) indican que dentro de una misma raza la genética controla solo el 30% de la variación, mientras que el ambiente explica el 70% restante. La terneza usualmente es

evaluada midiendo la fuerza necesaria para cortar la carne en condiciones controladas, como se detallará más adelante, denominándose "fuerza de corte" (FC). La FC es inversamente proporcional a la ternura: a mayor FC, menor ternura; si la FC es menor, la ternura aumenta (Feed, 2010).

El color de la carne es un factor fundamental que incide en la elección del consumidor (Aaslyng, 2009). El color de la carne se debe a la concentración de pigmentos (mioglobinas), su estado químico y a sus propiedades de la dispersión de la luz. La mioglobina en un ambiente de baja tensión de oxígeno como en el interior de una pieza o en el envasado al vacío, presenta un aspecto de color rojo oscuro o púrpura. Cuando se expone a un ambiente rico en oxígeno la mioglobina pasa a oximioglobina ( $MbO_2$ ) dando un color rosado brillante o rojo cereza. El otro estado químico que afecta el color de la carne es la metamioglobina provocada por medios más ácidos (a pH más bajo), favoreciendo la aparición de un color marrón o pardo (Albertí y Ripoll, 2010). La carne presenta diversas fuentes de dispersión microestructurales, en su mayoría miofibrillas de alta refracción más proteínas sarcoplásmicas precipitadas por un pH bajo, mientras el músculo aún conserva la temperatura corporal. Entre estas fuentes de dispersión, hay una concentración variable de mioglobina que depende del tipo de carne o músculo que se mide (Swatland, 2008). El color de la carne se ve afectado por la edad del animal, ya que la cantidad de mioglobina se incrementa con ésta, a la vez que se vuelve más inestable (Albertí y Ripoll, 2010; Costa *et al.*, 2015). La alimentación recibida por los animales también incide en el color de la carne. Los animales que se crían en un sistema con tipo de alimentación pastoril presentan un color de carne más rojo que los animales criados en *feedlot* debido a que presentan más mioglobina por el ejercicio (Albertí y Ripoll, 2010).

Dependiendo de las preferencias individuales y de los distintos mercados compradores, el color blanco o amarillo de la grasa y el rojo fuerte o pálido del músculo son percibidos como atributos de calidad positivos o negativos. El color de las grasas varía debido a los pigmentos vegetales tales como los carotenoides (carotenos y xantofilas), los cuales se encuentran en los forrajes en distintas concentraciones, encontrándose éstos en las hojas en mayor proporción que en los tallos. Los bovinos acumulan altas concentraciones de carotenoides en su grasa, aportando coloraciones a los productos animales, amarillos de las xantofilas y naranja de los carotenos. Por lo tanto, la alimentación de bovinos a pasto tiende a producir una grasa más amarilla que cuando son alimentados en base a concentrados, y por ello algunas canales pueden llegar a ser rechazadas en algunos mercados (Priolo *et al.*, 2001; Albertí y Ripoll, 2010).

La jugosidad de la carne está asociada con la temperatura para alcanzar el punto de cocción, con la capacidad de retención de agua y con el contenido en lípidos que presente. Cuanto más se cocine la carne mayor serán las pérdidas de agua y por ende la misma será menos jugosa (Aaslyng, 2009). La jugosidad

incrementa el sabor, contribuye al reblandecimiento de la carne haciendo que sea más fácil de masticar, y estimula la producción de saliva. El veteado y la grasa presente en los bordes ayudan a retener el agua. La maduración post-mortem de la carne puede incrementar la retención de agua y en consecuencia, aumentar la jugosidad (FAO, 2014). Las pérdidas de agua se deben a la evaporación de la superficie de la canal, al goteo generado por el troceado de la carne, al congelamiento y descongelamiento de la carne, y a la cocción. Precisamente, una forma de medir la capacidad de retención de agua es la medición de las pérdidas por cocción (PPC), que también se relacionan con la jugosidad final del producto (Feed, 2010).

El tejido graso intramuscular es un factor a tener en cuenta a la hora de la degustación de la carne, ya que es vehículo de componentes sápidos y aromáticos por lo que al momento de elegir una carne éste parámetro va a ser de gran importancia. Como se dijo anteriormente, el marmoleado de la carne o *marbling* se encuentra también asociado a otro parámetro de relevancia como lo es la FC. No sólo es importante la cantidad de grasa intramuscular sino también como ésta se encuentra distribuida en el tejido muscular. Desde el punto de vista microscópico el tejido graso intramuscular se encuentra formado por acúmulos de una a más de mil células adiposas dentro de los haces de tejido conjuntivo. Ello hace que se separen los haces de fibras musculares; cuanto más regular sea la distribución de grasa dentro del músculo tanto más laxo es el tejido conectivo (Albrecht *et al.*, 1996). La alimentación recibida por el animal, especialmente durante la etapa de terminación previa a la faena, afecta sensiblemente la cantidad de grasa total de la canal y la cantidad de grasa intramuscular de la carne. Animales alimentados con concentrados y en sistemas de confinamiento generan una mayor deposición de grasa que animales alimentados a pasturas, debido al mayor componente energético de los cereales y al menor nivel de ejercicio (Van Elswyk y McNeill, 2014).

#### **1.4. Calidad de la canal**

La canal es el cuerpo del animal sacrificado, sangrado, desollado, eviscerado, sin cabeza ni extremidades. Es el producto primario; es un paso intermedio en la producción de carne, que es el producto terminado. Su contenido es variable y su calidad depende fundamentalmente de sus proporciones relativas en términos de hueso, músculo y grasa (máximo de carne, mínimo de hueso y óptimo de grasa) (INAC, 2012). La calidad de la canal es una característica cualitativa muy importante ya que desde el punto de vista industrial es uno de los atributos más influyentes en el rendimiento carnicero de un animal. En la fase de engorde de los bovinos intervienen varios factores que determinarán las características productivas y los rendimientos, de

ellos los de mayor relevancia son raza, sexo, tipo de alimentación (estado de engrasamiento al momento de faena o sea la terminación) y edad de sacrificio. Para facilitar el comercio se creó la clasificación de la canal, mediante la descripción de los atributos más importantes teniendo en cuenta el contenido en carne y grasa visible en términos de cantidad y calidad (Feed, 2010).

Algunas mediciones objetivas que se realizan en la media canal izquierda el día del sacrificio del animal y las medidas que se toman son (Feed, 2010):

- Longitud de la canal: se mide desde el borde anterior de la sínfisis isquio-pubiana al borde craneal de la primera costilla en su punto medio.
- Peso canal caliente: peso, mediante el uso de balanza, de la canal antes de ingresar a la cámara frigorífica.
- pH: se realiza la medición con un peachímetro en el músculo *Longissimus dorsi* a nivel de la 10<sup>a</sup> o 11<sup>a</sup> costilla luego de 24hs. de enfriado en cámaras de maduración a una temperatura de 2 a 5 °C.
- Espesor de grasa: a nivel dorsal se mide con un calibre en la grasa subcutánea entre 10<sup>a</sup> o 11<sup>a</sup> costilla, también se puede medir en el llamado punto P8, que se encuentra localizado entre la intersección de dos líneas, una desde la tuberosidad del isquion y otra desde la 3<sup>a</sup> vértebra sacra. En la intersección de ambas líneas es donde se debe medir el espesor de grasa.

La evolución del pH tras el sacrificio del animal va a tener un profundo efecto sobre distintas propiedades de la carne, como la FC, el color y su vida útil. Luego del sacrificio del animal la carne sufre varios procesos bioquímicos que afectan distintas características de la misma. Cuando cesa el suministro de oxígeno cesa la fosforilación oxidativa y con ello el aporte de ATP aeróbico. La ruta metabólica se dirige hacia la glucólisis anaeróbica, acumulando piruvato seguido de la producción de ácido láctico a partir del glucógeno. La producción de ácido láctico provoca el descenso del pH del músculo desde sus valores normales en el animal vivo, de 7-7,7 hasta valores *post mortem* de 5,4-5,8 aproximadamente. La buena calidad de la carne de ovinos y bovinos tiene un pH final que ronda en 5,5. Cuando el pH se acerca a valores en el entorno de 5,8 o más la calidad de la carne fresca se ve afectada por el crecimiento microbiano. Por otro lado el descenso del pH lleva a que las proteínas alcancen su punto isoeléctrico (valor de pH en el cual las proteínas tienen carga 0) y por consiguiente una disminución de la capacidad de retención de agua (Feed, 2010; Leal, 2013). A medida que desciende el pH y se agotan las reservas de ATP, se instaura el proceso de *rigor mortis*, en donde el músculo se hace inextensible debido a la formación irreversible del complejo actina-miosina. La estructura microscópica de una fibra muscular presenta miofibrillas, las que a

su vez están compuestas de sarcómeros. La intensidad con la que se contrae el sarcómero durante el proceso de *rigor mortis* responde a la disposición que adquieren las proteínas miofibrilares. El grado de contracción muscular puede ser medido por la elongación del sarcómero, siendo el acortamiento del mismo un indicador de reducción de ternura. El período en el que se desarrolla el *rigor mortis* en bovino tiene una duración aproximada de 24 a 72 horas, variando en función de la velocidad de enfriamiento aplicada en cada frigorífico y de factores tales como raza, tipo de alimentación, manejo pre faena y faena (Sorheim y Hildrum, 2002; Leal, 2013).

En resumen, durante la instauración del *rigor mortis* el músculo alcanza su máxima rigidez, junto con pérdida de agua y aumento de la acidez, resultando en una carne menos digerible, viéndose este proceso afectado por factores estresantes en las tropas, como pueden ser factores climáticos extremos, largos recorridos de los establecimientos a las plantas de faena y factores de manejo animal. Posteriormente, el *rigor mortis* se resuelve durante el proceso de maduración. Este proceso puede variar dependiendo de la edad y el sexo del animal, ya que la proporción de colágeno y su solubilidad varía entre distintas categorías, así como del contenido lipídico de la carne (Xiong *et al.*, 2007; Venkata Reddy *et al.*, 2015).

La calidad de la canal y su determinación es uno de los factores más importantes desde el punto de vista económico tanto para el productor como para la misma industria frigorífica. Es así que se ha tratado de crear métodos de predicción para clasificar canales o animales en pie con similares condiciones para la faena. Por otro lado la importancia de estos métodos es la de determinar el valor de los cortes más valiosos en las canales, que corresponden al cuarto trasero o corte pistola (Franco *et al.*, 2002).

En el presente trabajo se analizaron varios parámetros de calidad de la carne y la canal en una muestra representativa de la raza Aberdeen Angus de Uruguay, con el fin de profundizar en el conocimiento de esta raza y en cómo factores como la categoría del animal (edad y sexo), el tipo de alimentación en la terminación y la distancia recorrida a la planta de faena afectan la calidad final del producto.



## **2. HIPÓTESIS**

Los parámetros de calidad de la carne y la canal en ganado bovino se ven afectados por diversos factores, tales como la categoría del animal (edad y sexo), el tipo de alimentación recibida durante la terminación y la distancia recorrida de origen a planta de faena.

## **3. OBJETIVOS**

### ***3.1. Objetivo general***

Analizar, mediante métodos estadísticos, varios parámetros de calidad de la carne (fuerza de corte, pérdidas por cocción y contenido lipídico) y la canal (pH, peso, largo y compacidad) en diez tropas de orígenes diversos de la raza Aberdeen Angus de Uruguay, y determinar cómo son afectados por la categoría del animal (edad y sexo), el tipo de alimentación recibida durante la terminación y la distancia recorrida a la planta de faena.

### ***3.2. Objetivos específicos***

- Medir peso y longitud de la canal caliente.
- Determinar la compacidad de la canal.
- Medir pH de la canal a las 24 horas.
- Determinar color, fuerza de corte instrumental y pérdidas por cocción en la carne.
- Determinar el porcentaje de grasa intramuscular.
- Realizar análisis de estadística descriptiva de los parámetros evaluados en la muestra de animales.
- Detectar diferencias entre categorías, así como posibles efectos de la distancia recorrida desde el establecimiento de origen a la planta de faena y del tipo de alimentación durante la terminación, para los parámetros de calidad de carne y canal.

#### 4. MATERIALES Y MÉTODOS

La muestra evaluada correspondió a 705 animales de raza Aberdeen Angus de tres categorías diferentes en cuanto a edad y sexo: 153 vacas, 43 vaquillonas y 509 novillos (a partir de ahora referidas como **categorías**; Figura 2). Las vacas corresponden a hembras adultas multíparas de más de seis dientes, las vaquillonas son animales hembras de menos de seis dientes que no han tenido cría, y los novillos corresponden a machos castrados de entre dos y cuatro dientes con adecuado grado de terminación (evaluación comercial que se refleje en un G2 de la escala de engrasamiento de INAC en segunda balanza) y con pesos de embarque mayores o iguales a 450 kg.

La mayor parte de los animales fueron criados y terminados en un régimen de pastoreo extensivo, a excepción de poco más de la mitad de los novillos (n=281), que fueron terminados en un régimen de *feedlot*. Los animales se agruparon en diez tropas (Tabla 1), cada tropa faenada en una fecha diferente, y provenían de ocho establecimientos ganaderos de varios puntos del país. Los animales fueron faenados en diferentes plantas comerciales (Figura 3), siguiendo los protocolos estándar de INAC.

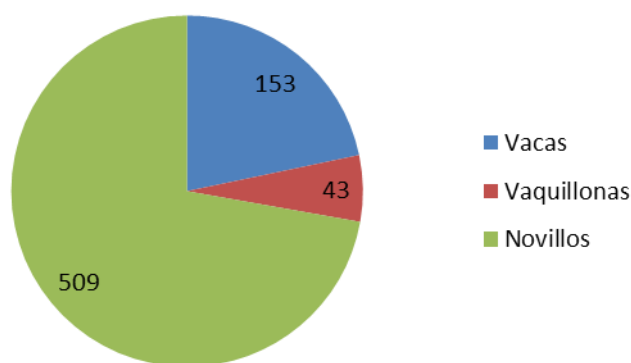


Figura 2. Distribución de animales por categoría.

Tabla 1. Número de animales por tropa, categoría animal, departamento de origen y distancia aproximada recorrida a la planta de faena.

<i>Tropa</i>	<i>Nro animales</i>	<i>Categoría</i>	<i>Depto.</i>	<i>Distancia a la planta de faena</i>
1	123	Vacas y vaquillonas	Paysandú	100 - 150 km
2	51	Novillos	Florida	100 - 150 km
3	68	Vacas y novillos	Paysandú	50 -100 km
4	37	Vacas	Paysandú	50 -100 km
5	61	Novillos	Artigas	>200
6	105	Novillos	Paysandú	>200
7	59	Novillos	Flores	100 - 150 km
8	105	Novillos	Paysandú	>200 km
9	30	Novillos	Florida	50 -100 km
10	66	Novillos	Paysandú	>200 km

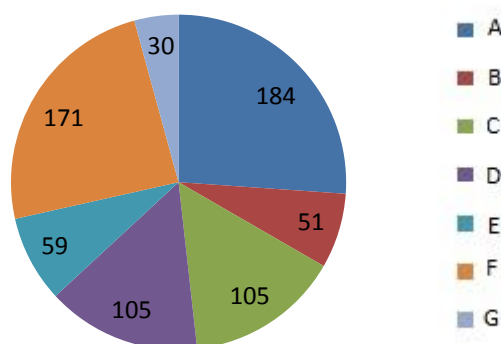


Figura 3. Distribución de animales por planta de faena.

Estos animales se han muestreado en el marco del proyecto PR\_FSA\_2009\_1\_1383 “**Validación y detección de genes asociados a la calidad de la carne y la canal en ganado Aberdeen Angus del Uruguay**” (ANII, Fondo Innovagro) que se llevó a cabo en el Área Genética de Facultad de Veterinaria (Responsable: Dra. Eileen Armstrong), en colaboración con el Laboratorio de Calidad de Carne de la Estación Experimental “Mario A. Cassinoni” (EEMAC, Paysandú).

#### 4.1. Parámetros medidos y evaluados

Se midieron los siguientes parámetros de calidad de la canal:

- Peso de la canal caliente (a la faena, kg). Datos aportados por las plantas de faena.
- Largo de la canal: se midió desde el borde anterior de la sínfisis isquio-pubiana al borde craneal de la primera costilla en su punto medio.
- pH a las 24hrs. del sacrificio: se midió con un peachímetro (HI 99163, HANNA®) en el músculo *Longissimus dorsi* a nivel de la 10<sup>a</sup> u 11<sup>a</sup> costilla luego de 24hrs. de enfriado en cámaras de maduración a una temperatura de 2 a 5 °C.
- Compacidad de la canal: se calculó como peso de canal caliente/largo de canal, en kg/cm.

Los siguientes parámetros fueron medidos para evaluar la calidad de la carne en muestras del músculo *Longissimus dorsi* del corte denominado "bife angosto", tomadas a la altura de entre la 12<sup>va</sup> y la 13<sup>ra</sup> costilla:

- Color de la carne: se midieron las coordenadas: L\*, a\*, b\* con un colorímetro MINOLTA® CR-100. Tras el corte de la muestra y después de una hora de oxigenación (blooming), se realizaron tres lecturas en distintas zonas del corte, no superpuestas. La zona de medición seleccionada fue homogénea y representativa, sin grasa ni sangre visible. El parámetro L\* es el brillo o luminosidad y es directamente proporcional a la reflectancia de la luz reflejada, los valores van desde 0 (negro) a 100 (blanco); a\* corresponde a las tonalidades de rojo, donde los valores positivos corresponden al rojo y los negativos se acercan al verde y b\* mide el grado de amarillamiento, siendo amarillo los valores positivos y azules los negativos (Cañeque y Sañudo, 2000; Albertí *et al.*, 2005) (Figura 4).

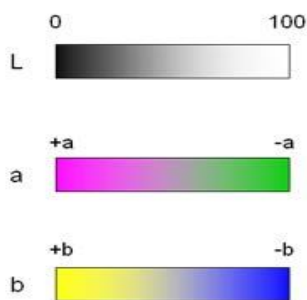


Figura 4. Parámetros de medición de color. Fuente: <http://www.lfrivera-itgt.com/2010/04/el-espacio-lab.html>. Fecha de consulta: 12/10/2014.

- Terneza instrumental (cizalla de Warner-Bratzler): Este método mide la FC expresada en libras o kilogramos que hace la cizalla de 1mm de espesor a un trozo de carne en forma de cilindro de 1,27cm de diámetro. Se cortó un bife de 2,5cm de espesor con las fibras musculares perpendiculares a la superficie de corte, de un tamaño que se puedan extraer al menos ocho a diez cilindros con el sacabocado. La muestra se cocinó en baño maría termostatzado hasta alcanzar 70°C en el centro térmico de la muestra, en una bolsa de vacío. Luego de cocido el bife se extrajo del baño maría y se dejó enfriar a temperatura ambiente. Se extrajeron cilindros del bife cocido con el sacabocado y se sometieron a la cizalla de Warner Bratzler (Beltrán y Roncales, 2000). Cada muestra analizada se dividió en dos partes: una fue evaluada a las 24hrs. de la faena y la otra se evaluó luego de un período de maduración a 4°C por 10 días (Anexo 1).

Tabla 2. Clasificación de la resistencia de corte. FCWB: fuerza de corte Warner Bratzler (Adaptado de Vásquez *et al.*, 2007).

<b>Clasificación</b>	<b>FCWB (kgf)</b>
Carne tierna	<2,27
Carne medianamente tierna	>2,27 y <3.63
Carne dura	>3,63 y <5,44
Carne extremadamente dura	>5,44

- Perdidas por cocción (PPC): Para el cálculo de la pérdida de agua del bife se pesa un bife de aproximadamente 2,5cm de diámetro en fresco, luego se coloca en una bolsa al vacío y se cocina a baño maría, como se detalla en el punto anterior. Luego de cocinados se dejan enfriar a temperatura ambiente y se pesan nuevamente. La diferencia de peso registrada entre el bife en fresco y después de cocinado corresponde a la pérdida de agua durante la cocción. Este parámetro fue evaluado a las 24hrs de la faena y a los 10 días de maduración.
- Porcentaje de grasa intramuscular: medido mediante el método de Folch y colaboradores (1957) por personal del Laboratorio de Fisiología de la Facultad de Ciencias (UdelaR).

## **4.2. Análisis estadístico**

Se realizaron análisis de estadística descriptiva (cálculos de medias, desvíos, coeficientes de variación, mínimos y máximos, rangos, etc.) para todas las variables medidas, para la muestra total y por categorías. Algunas de ellas se analizaron además por grupos según tipo de alimentación y por tropa (fundamentalmente las relacionadas con la distancia recorrida en el transporte, como pH y color).

Se realizaron análisis de varianza (ANOVA simple) entre diferentes factores (categorías de animales, tropas, etc.) y los parámetros medidos, para determinar si las diferencias observadas entre las medias eran o no significativas. Se efectuaron además pruebas de Rangos Múltiples para determinar cuáles medias eran significativamente diferentes de otras, según el procedimiento de diferencia mínima significativa (LSD) de Fisher.

Mediante un análisis multivariado se calcularon las correlaciones de Pearson entre diferentes variables (por ejemplo, pH y color), o entre variables y ciertos factores que probablemente las afecten (por ejemplo, FC y categoría), generando p-valores para probar la significancia estadística de las correlaciones estimadas.

En todos los casos, valores de p menores a 0,05 indicaron diferencias significativas o correlaciones significativamente diferentes de cero, con un nivel de confianza del 95%.

Se utilizaron los programas Excel® y Statgraphics Centurion® XV, versión 15.2.06.

## 5. RESULTADOS

A continuación se exponen los resultados obtenidos del análisis realizado sobre los datos de calidad de la carne y la canal, tomando toda la muestra en su conjunto, dividiéndola por categorías, o por tipo de alimentación en el caso de los novillos.

No todos los parámetros pudieron ser evaluados en todos los animales muestreados, debido a la falta de disponibilidad de carne.

Los datos de los p-valores que se muestran para determinar si las diferencias observadas entre las medias son significativas se corresponden a los obtenidos mediante el análisis de varianza, corroborado por la prueba de rangos múltiples.

### 5.1. *Parámetros de calidad de la canal*

En la tabla 3 se indican los valores promedio encontrados para los parámetros indicativos de calidad de la canal para toda la muestra. Se observó diferencias significativas en cuanto al largo de canal entre categorías, siendo los novillos más largos que las vacas y éstas más que las vaquillonas ( $p=0,0000$ ).

Tabla 3. Estadística descriptiva para largo (cm), peso (kg), compacidad (kg/cm) y pH de la canal para toda la muestra. DE: desvío estándar. CV: coeficiente de variación (%).

	<i>Largo canal</i>	<i>Peso canal</i>	<i>Compacidad</i>	<i>pH</i>
(n)	596	698	533	494
Promedio	134,50	263,30	1,90	5,69
DE	6,40	35,60	0,25	0,24
CV	4,74	13,54	13,13	4,29
Mínimo	117	130,42	1,05	5,38
Máximo	157	362,62	2,58	6,80
Rango	40	232,20	1,53	1,42

El peso de la canal fue comparado entre las tres diferentes categorías estudiadas ( $p=0,01$ ) (tabla 4).

Tabla 4. Estadística descriptiva para peso de canal entre categorías (en kg). DE: desvío estándar. CV: coeficiente de variación (%).

<b>Categoría</b>	<b>(n)</b>	<b>Promedio</b>	<b>DE</b>	<b>CV</b>	<b>Mínimo</b>	<b>Máximo</b>	<b>Rango</b>
Vacas	153	227,18	34,99	15,41	130,40	316,80	186,40
Vaquillonas	43	223,80	22,46	10,04	173	273,80	100,80
Novillos	502	277,70	25,75	9,23	210,60	362,60	152

Los novillos terminados a *feedlot* (n=281) presentaron un peso de la canal promedio de 276,63±23,82kg, mientras que los novillos terminados en un régimen pastoril (n=221) presentaron un peso promedio de 279,11±25,74kg. Esta diferencia no es significativa (p=0,26).

Se observaron diferencias significativas en cuanto al largo de la canal entre las vaquillonas (promedio: 129,82±4,32cm) y el resto de la muestra (vacas promedio: 134,82±6,52cm y novillos (todos) promedio: 134,85±6,30cm, p=0,0000). Entre los novillos, los terminados a pasto tuvieron una mayor longitud que los terminados a *feedlot* (138,25±5,45cm vs. 130,55±4,65cm, respectivamente). Dicha diferencia es significativa (p=0,0000).

En cuanto a la compacidad, se observaron diferencias significativas entre las categorías (vacas promedio: 1,70±0,24kg/cm; vaquillonas promedio 1,73±0,11kg/cm; novillos promedio (todos): 2,11±0,25kg/cm) (p=0,0000). Entre los novillos también se detectaron diferencias significativas según el tipo de alimentación recibida en la terminación (pasto promedio: 2,00±0,20kg/cm vs. *feedlot* promedio: 2,11±0,24 kg/cm; p=0,0000).

En cuanto al pH de la canal a las 24hrs, el valor promedio para las vacas fue de 5,50±0,20; para las vaquillonas fue de 5,63±0,20 y para los novillos (todos) fue de 5,70±0,30. Dichas diferencias son significativas (p=0,0007), en particular la media de los novillos es significativamente diferente de las medias de las otras categorías. Dentro de éstos, se encontró un valor promedio de 5,80±0,30 para los terminados en régimen pastoril y de 5,60±0,10 para los terminados en *feedlot* (p=0,0000). El factor tropa genera diferencias significativas para pH (p=0,0000).



## 5.2. Parámetros de calidad de la carne

En la tabla 5 se presentan los resultados de toda la muestra de los parámetros estudiados para calidad de la carne.

Tabla 5. Estadística descriptiva de los parámetros: Fuerza de corte (FC)(Kgf), perdidas por cocción (PPC) (%) 24 hrs y 10 días post faena, lípidos totales (%), color y luminosidad: b\*, a\*, L\* de la carne para toda la muestra estudiada. DE: desvío estándar. CV: coeficiente de variación (%).

	<b>FC</b>		<b>PPC</b>		<b>Lípidos</b>	<b>Color</b>		
	24hrs	10 días	24hrs	10 días		b*	a*	L*
(n)	409	288	420	247	494	464	465	464
Promedio	4,43	3,41	0,28	0,28	4,17	10,73	18,82	35,56
DE	2,03	1,29	0,04	0,04	2,63	2,93	5,72	3,61
CV	45,81	37,80	14,38	12,49	63,07	25,12	30,41	10,16
Mínimo	1,05	0,82	0,13	0,17	1,05	4,33	4,93	24,40
Máximo	13,02	9,52	0,43	0,39	15,42	18,20	50,70	45,53
Rango	11,97	8,70	0,30	0,22	14,37	13,87	45,77	21,13

Existen diferencias significativas entre la FC a las 24hrs de la faena y a los 10 días ( $p=0,0001$ ), siendo menor a los 10 días después de faenado el animal (Tabla 6). También se aprecian diferencias significativas según la categoría ( $p=0,0000$ ), como se observa en la tabla 6. Las PPC a las 24hrs y a los 10 días no mostraron diferencias significativas ( $p=0,36$ ). Sin embargo, las PPC fueron diferentes entre categorías ( $p=0,0000$ ) (Tabla 6).

No se observan diferencias significativas entre categorías en cuanto al porcentaje de lípidos, para todos los animales alimentados en régimen pastoril (Tabla 6).

Tabla 6. Fuerza de corte (FC), perdidas por cocción (PPC) (24hrs y 10 días post faena) y lípidos totales por categoría (sólo se incluyen los novillos alimentados a pasto).

<b>Categoría</b>	<b>FC</b>		<b>PPC</b>		<b>Lípidos</b>
	24hrs	10 días	24hrs	10 días	
Vacas	5,71±2,11	4,04±1,44	0,29±0,10	0,28±0,10	3,43±1,62
Vaquillonas	4,73±1,42	3,30±0,81	0,26±0,10	0,30±0,10	3,42±1,38
Novillos	3,32±1,51	2,74±1,01	0,27±0,10	0,27±0,10	3,45±2,56
<b>p valor</b>	p=0,0000	p=0,0000	p=0,0002	p=0,03	p=0,96

En la tabla 7 se presentan los valores obtenidos de color y luminosidad observados en distintas categorías y por régimen alimenticio para los novillos.

Los novillos terminados en régimen pastoril presentan una carne más roja y menos luminosa que las otras categorías. La luminosidad aumenta significativamente en los novillos cuando son terminados a *feedlot*.

Tabla 7. Parámetros de color de la carne por categorías y por alimentación.

<b>Categoría</b>	<b>Color</b>		
	L*	b*	a*
Vaca	36,00±2,27	11,42±2,80	15,00±4,52
Vaquillona	37,72±2,72	13,62±1,50	11,64±2,00
Novillo (pasto)	33,45±3,56	9,13±2,10	20,28±3,81
<b>p</b>	p=0,0000	p=0,0000	p=0,0000
<b>Alimentación</b>			
<i>Feedlot</i>	38,09±2,42	11,70±1,75	24,25±3,10
Pasto	33,55±3,57	9,14±2,10	20,43±3,92
<b>p</b>	p=0,0000	p=0,0000	p=0,0000

Cuando se compararon los parámetros de calidad de la carne entre novillos terminados a *feedlot* vs pasto, se registró una FC de 3,17±0,60kgf y 3,36±1,41kgf respectivamente (p= 0,62), a las 24 horas. Se constataron PPC de 28±10% para ambos grupos. No se pudieron evaluar la FC ni las PPC a los 10 días en novillos de *feedlot* por no contar con suficiente cantidad de carne. En cuanto al porcentaje de lípidos, para novillos alimentados a *feedlot* fue casi el doble que el detectado en novillos terminados en régimen pastoril (6,00±2,72% y 3,51±2,62%, respectivamente, p=0,0000).

### 5.3. Relación entre parámetros

En la tabla 8 se plasman las correlaciones entre algunos parámetros analizados de calidad de la carne, para toda la muestra.

Tabla 8. Relación entre parámetros. Niveles de correlación, sus valores y su significación estadística (p valores).

<i>Parámetro 1</i>	<i>Parámetro 2</i>	<i>Nivel de correlación</i>	<i>Valor</i>	<i>P</i>
pH	FC (24hs)	Negativa	-0,41	p=0,0000
pH	FC (10 días)	Negativa	-0,33	p=0,0000
pH	PPC (24hs)	Negativa	-0,51	p=0,0000
pH	PPC (10 días)	Negativa	-0,55	p=0,0000
pH	% Lípidos	Negativa	-0,16	p=0,0013
pH	a*	Negativa	-0,26	p=0,0000
% Lípidos	b*	Positiva	0,23	p=0,0000
% Lípidos	L	Positiva	0,38	p=0,0000
% Lípidos	PPC (24hs)	Negativa	-0,07	p=0,3002
% Lípidos	PPC (10 días)	Negativa	-0,15	p=0,0273
% Lípidos	FC (24hs)	Negativa	-0,02	p= 0,7647
% Lípidos	FC (10 días)	Positiva	0,03	p=0,6910

Las correlaciones encontradas sugieren que a menor pH de la canal, mayores son los valores de FC, PPC y a\*. El porcentaje de lípidos muestra una relación débil con las PPC y no muestra correlaciones significativas con la FC. Sin embargo, si se toman en consideración sólo los novillos, entre los cuales existen diferencias de cantidad de lípidos muy significativas debido a la presencia de los animales terminados en *feedlot*, dicha correlación existe y es significativa (coeficiente de correlación entre %lípidos y FC 24hrs=-0,18; p=0,0094). Por otro lado, a medida que aumenta el porcentaje de lípidos, aumenta también la luminosidad y el valor de b\* de la carne.

#### 5.4. Otros efectos

Se observaron efectos significativos del factor tropa sobre de pH y el valor de  $a^*$  (ambos  $p=0,0000$ ), una de cuyas causas puede ser la distancia recorrida entre el establecimiento de origen y la planta de faena. En la tabla 8 se exponen los datos obtenidos de pH según la distancia recorrida por cada tropa, y en la tabla 9 los datos de  $a^*$  por tropa.

Tabla 9. Estadística descriptiva para valores de pH según distancia recorrida entre origen de las tropas y planta de faena. Sólo se incluyen las tropas de las cuales se obtuvieron datos de pH. DE: desvío estándar. CV: coeficiente de variación (%).

Origen	Planta faena	Distancia (Km)	(n)	Promedio	DE	CV	Mínimo	Máximo	Rango
Paysandú	A	100-150	123	5,66	0,15	2,65	5,40	6,22	0,82
Florida	B	100-150	51	5,58	0,08	1,42	5,43	5,82	0,39
Paysandú	C	50-100	49	5,61	0,19	3,56	5,45	6,46	1,01
Paysandú	C	50-100	32	5,52	0,12	2,29	5,40	6,12	0,72
Artigas	A	≥200	59	5,72	0,17	3,09	5,48	6,28	0,80
Paysandú	D	≥200	97	5,91	0,38	6,49	5,49	6,81	1,31
Paysandú	F	≥200	105	5,58	0,13	2,34	5,38	6,30	0,92
Florida	G	50-100	29	5,76	0,16	2,89	5,61	6,38	0,77
Total			545	5,68	0,24	4,29	5,38	6,80	1,42

En la tabla 10 se presentan los valores observados de  $a^*$ , indicando la variaciones del rojo de la carne según distancia recorrida (entre establecimiento de origen y planta de faena).

Tabla 10. Estadística descriptiva de los valores  $a^*$  promedio según distancia recorrida entre establecimiento de origen y planta de faena. DE: desvío estándar. CV: coeficiente de variación (%).

$a^*$									
Origen	Planta faena	Distancia (Km)	(n)	Promedio	DE	CV	Mínimo	Máximo	Rango
Paysandú	A	100-150	118	11,50	1,98	17,24	4,93	16,23	11,30
Florida	B	100-150	51	26,33	2,07	7,88	18,77	31,27	12,50
Paysandú	C	50-100	67	21,19	3,08	14,57	10,67	26,70	16,03
Paysandú	C	50-100	33	18,14	2,41	13,33	12,13	23,03	10,90
Artigas	A	≥200	59	20,59	2,38	11,56	16,00	27,55	11,55
Paysandú	D	≥200	96	19,64	4,48	22,83	12,50	31,37	18,87
Paysandú	F	≥200	40	22,04	2,31	10,51	17,50	26,77	9,27
Total			464	18,75	5,53	29,51	4,93	31,37	22,44

## 6. DISCUSIÓN

### Parámetros de calidad de la canal

Como era de esperar, el largo de la canal tuvo diferencias entre categorías, observándose un mayor largo en los novillos, luego vacas y menor en vaquillonas, ya que éstas son la categoría más joven dentro de la muestra analizada. Con respecto al peso de la canal, no se evidenciaron diferencias entre novillos de diferente tipo de alimentación, posiblemente porque fueron enviados a faena cuando alcanzaron un peso similar. Además, se constató mayor peso de la canal para los novillos en comparación con vacas y vaquillonas, probablemente relacionado a que los machos presentan una mayor tasa metabólica y pesan al nacer entre el 5-7% más que las hembras, siendo más eficientes en la conversión de alimento. A su vez, las vacas registraron mayores valores que las vaquillonas, debido al factor edad (Bavera *et al.*, 2005; Venkata Reddy *et al.*, 2015).

Con respecto a la compacidad de la canal, se observó que los animales de *feedlot* presentaron una mayor compacidad en comparación con los alimentados a pasto. Esto podría deberse a que los novillos terminados a pasto generalmente tienen una etapa de terminación más prolongada que los novillos de *feedlot*, por lo cual tienen más edad y por lo tanto una mayor longitud de la canal. Ello llevó a que disminuyera la relación largo/peso. Las vaquillonas presentaron menor largo de canal y una compacidad mayor que las vacas, posiblemente por diferencias en el grado de engrasamiento (VenkataReddy *et al.*, 2015).

El pH de la canal se discutirá en relación a los parámetros de calidad de la carne, dados los efectos que tiene sobre ésta.

### Parámetros de calidad de la carne

Se verificó una mayor FC a las 24hrs de la faena en comparación con la FC medida a los 10 días. Es decir, la FC disminuyó a medida que ocurrió el proceso de maduración. Dicho proceso ocurre por ruptura de las fibras musculares debido a la degradación de proteínas del sarcómero que conducen al aumento de la terneza de la carne (Wheeler y Koochmaraie, 1994; Xiong *et al.*, 2007). Bianchi y colaboradores (2004) obtuvieron resultados similares, coincidiendo en su trabajo sobre tiempo de maduración de la carne de corderos pesados, que la terneza aumenta con la maduración de la carne hasta el octavo día, no teniendo efecto si aumentamos más días esta fase y además vieron que era independiente del genotipo evaluado.

Se observó además, que la FC estuvo influenciada por la categoría; las vacas presentaron carnes de menor terneza que novillos y vaquillonas. La

cantidad de colágeno es el primer factor de variación en terneza. Se ha observado una estrecha relación entre el contenido de colágeno y la dureza de los músculos (Sañudo *et al.*, 1998; Blanco y Alonso, 2008). Los músculos de las reses con menos colágeno son más tiernos. La cantidad de colágeno varía poco con la edad de los animales pero el grado de reticulación aumenta con la edad (disminuye la solubilidad). Esto explica que la carne de los animales adultos sea más dura que la de los jóvenes, debido a la menor solubilidad del colágeno (Sañudo *et al.*, 1998; IPCVA, 2014). Bianchi y colaboradores (2008) también indican que la terneza de la carne disminuye al aumentar la edad del animal, ya que se incrementa el número de uniones de las moléculas de tropocolágeno en las zonas donde se entrecruzan, haciéndose cada vez más estables. Las vaquillonas mostraron mayor fuerza de corte que los novillos, a pesar de tener una edad similar. Según Vankata Reddy y colaboradores (2015) esto puede deberse a que en las vaquillonas se ha detectado una mayor actividad de la enzima calpastatina, la cual es inhibidora de las enzimas responsables de la proteólisis muscular *post-mortem* durante el proceso de maduración de la carne. Además, según los mismos autores, los mayores niveles de estrógeno circulante en las hembras las hacen más susceptibles a los factores de estrés que los machos castrados.

No se constataron diferencias significativas en la FC para los novillos terminados a *feedlot* en relación a los terminados en régimen pastoril a las 24hrs de la faena. Estos resultados no concuerdan con los encontrados por Albrecht y colaboradores (1996), quienes atribuyen la mayor terneza de la carne de novillos de *feedlot* a la mayor cantidad de grasa intramuscular y su distribución en el músculo. Por otro lado, Costa y colaboradores (2015) no detectan diferencias de terneza en relación a la cantidad de grasa en animales sometidos a diferentes regímenes alimenticios. En el presente caso, podría deberse a que no fue posible evaluar la FC de carne de los animales de *feedlot* luego de la maduración, donde sería esperable hallar más diferencias. Sí se observó una correlación negativa y significativa entre la fuerza de corte y el porcentaje de lípidos en la muestra de novillos, seguramente por el efecto del mayor contenido lipídico en los novillos de *feedlot*. Según la clasificación de Warner Bratzler (adaptado de Vásquez *et al.*, 2007) la carne de la muestra resultó dura salvo para los novillos luego de los 10 días de maduración, que resultó ser medianamente tierna. Esto puede deberse a que dicha clasificación corresponde a otros sistemas productivos relacionados con otras preferencias de los consumidores (por ejemplo, consumo de animales más jóvenes alimentados con concentrados desde el nacimiento), y no se adecúan a los parámetros usuales de nuestro país.

Los parámetros de color encontrados se relacionaron con la categoría del animal y el tipo de alimentación. Las vacas presentaron mayores índices de coloración roja que las vaquillonas, lo cual puede deberse a que los animales de mayor edad presentan mayor cantidad de mioglobina que categorías

menores (Albertí y Ripoll, 2010). Sin embargo, son los novillos de régimen pastoril los que presentan los valores más altos. Esto puede ser debido al pH significativamente más elevado hallado en estos novillos con respecto a las otras categorías y a los novillos de *feedlot* (Venkata Reddy *et al.*, 2015). Además, la alimentación de bovinos a pasto tiende a producir una grasa de color más amarilla que cuando son alimentados en base a concentrados, explicando esto la diferencia en el grado de luminosidad entre ambos grupos de novillos (Priolo *et al.*, 2001).

Con respecto a las PPC, no se evidenció una variación significativa entre las mediciones a las 24hrs de la faena y 10 días siguientes de la maduración, aunque sí se detectaron diferencias significativas entre categorías, probablemente debido a diferencias en la cantidad de grasa de los animales, dado que se encontró una correlación significativa y negativa entre las PPC a los 10 días de maduración y el porcentaje de lípidos en la carne. Esto podría explicarse porque las PPC están más asociadas a la cantidad de grasa intramuscular (ésta y la grasa de los bordes contribuyen a generar menores pérdidas de agua durante la cocción) que al proceso de maduración y al pH (Aaslyng, 2009). Varios autores comprobaron una correlación significativa entre la jugosidad, las PPC y la cantidad de grasa intramuscular (Kauffman, 1993; León Ortiz, 1995; Huffman *et al.*, 1996; Vankata Reddy *et al.*, 2015). El hecho de no haber detectado diferencias entre novillos de diferentes tipos de alimentación en este ensayo experimental podría deberse a que no fue posible determinar PPC luego de 10 días de maduración en novillos de *feedlot*. Con respecto a las diferencias entre sexos, Camacho (2008) detectó que la carne proveniente de hembras posee una mayor capacidad de retención de agua que la de los machos al ser comparada a una misma edad, esto es debido a que las hembras poseen una mayor capacidad de deposición de grasa, pero a su vez tienen un menor desarrollo muscular debido a que gran parte de los nutrientes de la dieta son utilizados para almacenamiento energético lipídico.

Con respecto al porcentaje de lípidos, no se encontraron diferencias significativas entre las diferentes categorías de animales criados en sistemas pastoriles. Sin embargo, sí se observaron importantes diferencias entre los novillos según el tipo de alimentación. El nivel nutricional y alimenticio del animal lleva a un crecimiento progresivo y por lo tanto a un cambio en la composición tisular. Bianchi y Feed (2010) afirman que en el ganado bovino el nivel de alimentación alto antes del sacrificio tiene efecto positivo en el engrasamiento del animal. Los trabajos realizados por Allen y colaboradores (1996), en animales de raza Aberdeen Angus demostraron que el porcentaje de grasa fue significativamente mayor en los animales que no fueron sometidos a pastoreo, respecto a los que sí lo hicieron. Esto sugiere que la grasa se acumula más rápidamente en los animales estabulados (sin pastoreo) que en los sometidos a pradera y que hay cambios de composición de la canal. Duckett y colaboradores (1993) reportaron que el depósito de grasa

intramuscular en bovinos está asociado a altas dietas de concentrado. En la misma línea se inscribe la revisión hecha por Van Elswyk y Mc Neill (2014) en ganado de Estados Unidos.

A medida que descendieron los valores de pH se observó un aumento de la FC. Según Beltrán y colaboradores (1997), a los siete días *post mortem* la calpaina presenta su mayor actividad en carnes oscuras, firmes y secas con pH 6.3, resultando las mismas significativamente más tiernas. En contraste, un trabajo realizado por Wulf y colaboradores (1996), indica que bajos pH (5.6) están asociados con baja FC y elevada terneza. La controversia encontrada en estos estudios indica que la relación entre el pH final, el color de la carne y la terneza no está completamente esclarecida, sin embargo, las evidencias sugieren que esta relación depende del tipo muscular (Leal, 2013) y que las variaciones de terneza están relacionadas con la extensión de la proteólisis *post mortem*, específicamente en las diferencias en el sistema de las calpainas/calpastatina (Wulf *et al.*, 1996). El sistema calpaína/calpastatina posee un importante rol biológico *in vivo*, pero su asociación con la calidad de la carne se da gracias al papel que desempeña durante el *post mortem* (Pomponio *et al.*, 2008). La calpaína posee actividad proteolítica sobre diversos filamentos del costámero, el citoesqueleto y el disco Z, incluyendo filamentos como la vinculina, la vesmina y la  $\alpha$ -Actina (Bond y Warner, 2007).

Se observó una correlación negativa entre el pH y las PPC: carnes con pH más elevado presentan menores PPC. Esto coincide con lo hallado por otros investigadores (Feed, 2004). Bee y colaboradores (2007) establecieron que los valores iniciales de pH se relacionan con la degradación de proteínas citoesqueléticas, ocurriendo más rápido en canales que presentaban pH inferiores a 5,7 a las 3 horas *post mortem*, de tal modo que la caída del pH puede influir en la disrupción proteica y por lo tanto en el acortamiento del sarcómero, obligando a la expulsión de agua desde la matriz celular.

El pH se correlacionó negativamente con los tres parámetros de color, especialmente con  $a^*$ , es decir que a medida que disminuyó el pH se comprobó un aumento en la coloración roja de la carne. Esto está dado porque al exponerse la carne a medios ácidos cambia la forma química de la mioglobina pasando a metamioglobina, que es lo que da carnes de color más oscuras. Además, las carnes con mayor pH tienen un punto isoeléctrico mayor, lo que hace que las fibras musculares se separen y al existir más espacio, hay mayor contenido de agua y por lo tanto la luz penetra más profundamente, no reflejando la luz que incide sobre la superficie de corte (Albertí y Ripoll, 2010). El color de la carne es una de las principales características tenidas en cuenta por el consumidor. Es percibido como una medida de frescura y calidad, por lo cual influye en la decisión de compra (Costa *et al.*, 2015). Por este motivo, debería tomarse más en cuenta por parte de la industria.

Cuando se analizó la distancia recorrida (desde el establecimiento de origen hasta la planta frigorífica) con el pH promedio, parece haber una relación entre



valores elevados de pH y una mayor distancia recorrida, aunque eso no se aprecia en todos los casos. Por ejemplo, se observa en las tropas A (Artigas-Salto) y D (Paysandú-Tacuarembó). No fue el caso de la tropa F (Paysandú-San José). Para el caso de la tropa G (Florida-San Jacinto), que es una distancia menor, el elevado pH promedio pudo estar afectado por otros factores que no fueron evaluados en la presente tesis, como el manejo, el clima, el estado de las rutas, la espera antes del sacrificio, etc. Tadich y colaboradores (2003) afirman que el transporte aumenta significativamente los parámetros sanguíneos indicadores de estrés por encima de los valores basales. El pH a las 24 horas post mortem difiere significativamente a los 46, 240 y 468 kilómetros de distancia recorrida (Batista de Deus *et al.*, 1999). Gallo y colaboradores (2003) estudiaron el tiempo de transporte y tiempo de espera en el frigorífico, y comprobaron que el pH aumenta a medida que aumenta el tiempo de transporte, y que por cada hora de encierro el pH aumenta 0,013. Estos datos podrían explicar algunos resultados encontrados en este ensayo experimental. Dado que el color de la carne depende mucho del pH final, los resultados del parámetro  $a^*$  por tropa podrían estar relacionados con este factor. De todas formas, dentro del factor tropa entran otros factores, como la categoría y el tipo de alimentación durante la terminación, que como se ha visto inciden significativamente en los parámetros de calidad de la carne, por lo que la relación entre el transporte y los valores de pH y  $a^*$  no es clara.

El transporte de animales y los manejos asociados tales como el ayuno, la carga y descarga, constituyen eventos que provocan estrés, pérdidas de peso, daños físicos y a veces incluso la muerte. Consecuentemente el transporte afecta directa o indirectamente el bienestar animal, la cantidad y la calidad de la carne producida. El estrés ha sido definido por Selye (1954) como la acción de estímulos nerviosos y emocionales provocados por el ambiente que rodea a un animal sobre los sistemas nervioso, endócrino, circulatorio, respiratorio y digestivo, produciendo cambios medibles en los niveles funcionales de estos sistemas. Son diversos los factores que inducen estrés en los animales previo a la faena, entre ellos la privación de alimento, las variaciones de temperatura, el transporte por períodos prolongados, el ejercicio muscular y los estímulos sociales (mezcla de grupos de animales de distinto origen). Según la duración e intensidad del estímulo desencadenan respuestas de tipo conductual y de tipo fisiológico que afectan estructuras somáticas y viscerales, provocando alteraciones metabólicas, endócrinas y nerviosas (Caballero y Sumano, 1993). En general, el estrés muestra una relación positiva entre la agresividad del medio externo y la magnitud de la respuesta orgánica del individuo, como reacción defensiva ante los agentes inductores de estrés. Otro efecto importante del transporte en los bovinos destinados a faena es la presencia de daño físico por golpes (contusiones) en las canales (Gallo y Castro, 1995).

Podemos decir entonces que los parámetros de calidad de la carne y la canal se vieron afectados significativamente por diferencias de edad y sexo

(categorías), por el tipo de alimentación aportado en la etapa de terminación, y por otros factores dependientes de la tropa (como las distancias recorridas desde el origen a la planta de faena u otros).

El presente trabajo expone y compara el desempeño en cantidad y calidad de carne producida, de animales de raza Aberdeen Angus de diferentes categorías y tipo alimenticio, y muestra las variables más importantes que afectan la posterior calidad de la carne. La mayoría de los hallazgos coinciden con estudios anteriores de otros investigadores; los que no coinciden podrían deberse a características particulares del presente muestreo y/o del sistema productivo de nuestro país. Los datos recabados son de gran importancia para la industria uruguaya, ya que son factores que pueden ser controlados con el objetivo de aumentar la calidad del producto producido, traducándose a su vez en un mayor valor agregado al producto y mejorando el beneficio en las ganancias económicas.

## 7. CONCLUSIONES

- La longitud de la canal tuvo diferencias entre categorías: novillos > vacas > vaquillonas, por el efecto del sexo y la edad.
- El peso de la canal mostró diferencias entre categorías: novillos > vacas > vaquillonas. Los animales terminados en *feedlot* presentaron un mayor grado de engrasamiento y de compacidad que los de pastoreo.
- Los valores de pH a las 24hrs post faena variaron entre 5,38 (mín.) y 6,46 (máx.), pudiendo estar relacionados con la distancia recorrida previa a la faena, entre otros factores.
- Se encontraron diferencias de color con relación al sexo, la edad, la distancia recorrida a la planta de faena y el régimen alimenticio, mostrando un aumento de la coloración roja en animales con régimen pastoril y un aumento de luminosidad en aquellos terminados a *feedlot* (efecto de la grasa intramuscular).
- Se evidenció una mayor fuerza de corte al día siguiente de la faena en comparación con la fuerza de corte a los 10 días de maduración, debido a los procesos proteolíticos que ocurren en el músculo en condiciones anaerobias, *post mortem*.
- La terneza estuvo influenciada por la categoría animal (animales de mayor edad presentaron carnes de menor terneza que animales más jóvenes).
- Con respecto a las PPC, no se evidenció una variación significativa entre el día después de la faena y los 10 días siguientes de la maduración. Se encontraron diferencias entre categorías y sexo, presentando mayores PPC las vacas que las vaquillonas y estas más que los novillos; la menor PPC de los novillos puede estar explicada por la cantidad de lípidos presente en aquellos que fueron de *feedlot*.
- No se encontraron diferencias significativas en el porcentaje de lípidos entre vacas y vaquillonas, pero sí se observó un aumento importante de los mismos en los novillos de *feedlot* con respecto a los de pasto.
- Se recabaron datos de interés para los agentes involucrados en la cadena cárnica nacional y para los criadores y productores de la raza Aberdeen Angus del Uruguay.

## 8. ANEXO

### **1\_ Medida indirecta de terneza a través del el método instrumental WARNER-BRATZLER (WB):**

- Descongelar las muestras a analizar.
- Acondicionar el Musculo *Longissimus dorsi*, con aproximadamente 2cm de espesor.
- Pesar (Peso pre-cocción) en balanza Gram Precisión GX-600. (graduación 0.05gr) identificar y envasar al vacío.
- Cocinar 45 min a 70 °C a baño maría, transcurrido ese tiempo dejar enfriar.
- Desenvolver y pesar (peso post-cocción).
- Calcular pérdida de peso por cocción (%).
- Identificar en la muestra la orientación de las fibras musculares.
- Seguir la dirección de las fibras y sacar entre 6-8 tarugos con un sacabocado.
- Medir terneza (textura) con Instrumento (marca Chatillon spec 1901 s (graduación 0.05Kg/F)).
- Registrar todos los datos para obtener variaciones entre medidas y comparaciones entre animales.

## 9. BIBLIOGRAFÍA

1. Aaslyng, M.D. (2009) Trends in meat consumption and the need for fresh meat and meat products of improved quality. En: Kerry, J.P., Ledward, D., (Eds.) Improving the sensory and nutritional quality of fresh meat. London, Woodhead Publishing, pp. 3-18.
2. Albertí, P., Panea, B., Ripio, G., Sañudo, C., Olleta, J.L., Hegueruela, I., Campo, M.M., Serra, X. (2005) Medición del color. Estandarización de las metodologías para evaluar la calidad del producto (animal vivo, canal, carne y grasa) en los rumiantes. Monografías INIA, Serie Ganadera N°3. Ministerio de Educación y Ciencia, INIA. pp. 216-236.
3. Albertí, P., Ripoll, P. (2010) Los pigmentos de la carne y factores que afectan su color. En: Bianchi, G., Feed, O. (Eds.). Introducción a la Ciencia de la Carne. Montevideo, Editorial Hemisferio Sur, pp. 115-128.
4. Albrecht, E., Wegner, K., Ender, J. (1996) Un nuevo método para la medición objetiva del veteado de la carne bovina. Therios 25(129): 1-12.
5. Allen, V.G., Fontenot, J.P., Kelley, R.F., Notter, D.R. (1996) Forage systems for beef production from conception to slaughter: III. Finishing systems. Journal of Animal Science 74: 625-638.
6. Batista de Deus, J.C., Silva, W.P., Soares, G.J.D. (1999) Efeito da distancia de transporte de bovinos no metabolismo *post mortem*. Revista Brasileira de Agrociencia 5(2): 152-156.
7. Bee, G., Anderson, A., Lonergan, S., Huff-Lonergan, E. (2007) Rate and extent of pH decline affect proteolysis of cytoskeletal proteins and water-holding capacity in pork. Meat Science 76:359-365.
8. Beltrán, J.A., Jaime, P., Santolaria, C., Sañudo, P., Albertí, P., Roncalés. (1997) Effect of stress-induced high *post mortem* pH on protease activity and tenderness of beef. Meat Science. 45:201-207.
9. Beltrán, J.A., Roncalés, P. (2000) Determinación de la textura. En: Cañaque, V., Sañudo, C. Metodología para el estudio de la calidad de la canal y de la carne en rumiantes. Madrid, INIA, p 169-172.
10. Bianchi, G., Bentancur, O., Sañudo, O. (2004). Efecto del tipo genético y del tiempo de maduración sobre la ternura de la carne de corderos pesados. Agrociencia 8 (1): 41-50.
11. Bianchi G, Feed O. (2010). Producción de carne en el mundo y la inserción de Uruguay en el comercio exterior. En: Bianchi G, Feed, O. (Eds.). Introducción a la Ciencia de la Carne. Montevideo, Hemisferio Sur, p. 17-49.
12. Bianchi, G., Garibotto, G., Franco, J., Ballesteros, F., Feed, O., Bentancur, O. (2008) Calidad de la canal y carne de cordero: su medición y factores involucrados. Jornadas Uruguayas de Buiatría XXXVI Paysandú p.136-149.
13. Blanco, M.R., Alonso, C.R. (2008) Collagen types in bovine muscles: Influence of age and breed. Journal of muscle foods 21: 417-423.

14. Bond, J., Warner, R., (2007) Ion distribution and protein proteolysis affect water holding capacity of *Longissimus thoracis lumborum* in meat of lamb subjected to *ante mortem* exercise. *Meat Science* 75:406-414.
15. Caballero, S.C., Sumano, H.S. (1993) Caracterización del estrés en bovinos. *Archivos Médicos Veterinarios* 25:15-30.
16. Camacho, R. (2008) Evaluación del efecto de algunas características inherentes al animal sobre la terneza de la carne bovina. *Comunicaciones en Estadística*, Vol. 1. Nro. 1.
17. Cañeque, V., Sañudo, C. (2000) Metodología para el estudio de la calidad de la canal y de la carne en rumiantes. *Monografías del Instituto Nacional de Investigación y Tecnología Agraria y Alimentaria (INIA)*. Madrid, 255p.
18. Caputi, P., Méndez, C. (2010) Producción de carne en el mundo y la inserción de Uruguay en el comercio exterior. En: Bianchi, G., Feed O. (Eds.). *Introducción a la Ciencia de la Carne*. Montevideo, Editorial Hemisferio Sur, pp. 17-50.
19. Costa, P., Simoes, J.A., Costa, A.S., Lemos, J.P., Navas, D., Hocquette, J.F., Calkins, C.R., Bessa, J.R. (2015) Repercussions of growth path on carcass characteristics, meat colour and shear force in Alentejana bulls. *Animal* Apr. 1: 1-9.
20. DIEA, (2014) Disponible en: <http://www.mgap.gub.uy/portal/page.aspx?2,diea,diea-anuario>. Fecha de consulta: 09/10/2014.
21. Duckett, S.K., Wagner, D.C., Yates, L.D., Dolezal, H.G., May, S.G. (1993) Effects of time on feed on beef nutrient composition. *Journal of Animal Science* 71: 2079-2088.
22. FAO, (2014) Disponible en: [http://www.fao.org/ag/againfo/themes/es/meat/quality\\_meat.html](http://www.fao.org/ag/againfo/themes/es/meat/quality_meat.html). Fecha de consulta: 09/09/2014.
23. Feed, O. (2004) Laboratorio de Calidad de Carnes de la EEMAC: Objetivos y funcionamiento. Seminario Técnico. *Introducción a la ciencia de la carne. Calidad de Carne ovina y vacuna: Impacto de decisiones tomadas en distintos segmentos de la cadena*. Paysandú p.2-5.
24. Feed, O. (2010) Metodología para la evaluación de las características cualitativas de la canal y de la carne. En: Bianchi, G., Feed, O. (Eds.). *Introducción a la Ciencia de la Carne*. Montevideo, Editorial Hemisferio Sur, pp. 181-214.
25. Folch, J., Lee, M., Stanley, G.H. (1957) A simple method for the isolation and purification of total lipids from animal tissues. *The Journal of Biological Chemistry* 226(1): 497-509.
26. Franco, J., Feed, O., Aguilar, I., Avendaño, S. (2002) Como cambia el rendimiento carnicero con los cruzamientos. En: *Seminario de Actualización Técnica: Cruzamientos en Bovinos para carne*. Resultados FPTA 083. Serie de Actividades de difusión 295. INIA. Tacuarembó.

27. Gallo, C., Castro, E.I. (1995) Contusiones en canales bovinas y su relación con el pH final de la carne. IX Congreso Nacional de Medicina Veterinaria, Chillán, Chile, p. 66. *Agrociencia* n° extraord.: 127.
28. Gallo, C., Pérez, V.S., Sanhueza, V.C., Gasic, Y.J. (2003) Efectos del tiempo de transporte de novillos previo al faenamiento sobre el comportamiento, las pérdidas de peso y algunas características de la canal. *Archivo de Medicina Veterinaria* 32(2): 157-170.
29. Huffman, K.L., Miller, M.F., Hoover, L.C., Wu, L.K., Brittin, H.C., Ramsey, M.C. (1996) Effect of beef tenderness on consumer satisfaction with steaks consumed in the home and restaurant. *Journal of Animal Science* 74: 94-96.
30. INAC, (2004) Manual de Carnes Bovina y Ovina. Ed.: Instituto Nacional de Carnes, ISBN 9974-56-323-2, Montevideo. Uruguay. pp. 30-31.
31. INAC, (2012) Algunas definiciones prácticas. Disponible en: [http://www.inac.gub.uy/innovaportal/file/6351/1/algunas\\_definiciones\\_practicas.pdf](http://www.inac.gub.uy/innovaportal/file/6351/1/algunas_definiciones_practicas.pdf). Fecha de consulta: 14/01/2015.
32. INAC, (2014) Disponible en: [http://www.inac.gub.uy/innovaportal/v/3092/1/innova.net/tradicion\\_de\\_400\\_ans](http://www.inac.gub.uy/innovaportal/v/3092/1/innova.net/tradicion_de_400_ans). Fecha de consulta: 22/10/2014.
33. IPCVA, (2014) Instituto de Promoción de la Carne Vacuna Argentina. Disponible en: <http://www.ipcva.com.ar/vertex.php?id=125> Fecha de consulta: 24/10/2014.
34. Kauffman, R.G. (1993) Opportunities for the meat industry in consumer satisfaction. *Food Technology* 47(11): 132-134.
35. Leal, J.D. (2013) Marcadores moleculares asociados a la Capacidad de Retención de Agua (CRA) en carne de *Bos indicus* y sus cruces. Tesis de Maestría. Universidad Nacional de Colombia, Facultad de Medicina Veterinaria y de Zootecnia, Departamento de Producción Animal. Bogotá, Colombia 167 p.
36. León Ortiz, S. (1995) Manual de Laboratorio de Ciencia y Tecnología de Carnes Frescas. Universidad de Puerto Rico, Recinto Universitario de Mayagüez, Mayagüez 16 p.
37. Muela E., Sañudo C., Cilla I., Olleta J.L., Campo M.M., Jiménez M.R., Pardos J.J., Horcada A., Alcalde M.J., Delfa R. (2009) Efecto de la raza sobre parámetros de calidad de la canal y de la carne de cabritos. XXXII Jornadas SEOC. 61-64 p.
38. Pomponio, L., Lametsch, R., Karlsson, A., Costa, L., Grossi, A., Ertbjerg, P. (2008) Evidence for *post-mortem* m-calpain autolysis in porcine muscle. *Meat Science* 80:761-764.
39. Peluffo, M., Monteiro, M. (2002) Terneza: una característica a tener en cuenta. *Revista Plan Agropecuario* 103:18-21.
40. Priolo, A., Micol, D., Agabriel, J. (2001) Effects of grass feeding systems on ruminant meat colour and flavour. A review. *Animal Research* 50: 185-200.
41. Robert, S., Santangelo, F., Albornoz, I., Dana, G. (2009) Estructura del *feedlot* en Argentina - Nivel de asociación entre la producción bovina a corral y los

- titulares de faena. Disponible en: [http://www.produccionbovina.com/informacion\\_tecnica/invernada\\_o\\_engorde\\_a\\_corral\\_o\\_feedlot/141-estructura\\_feedlot.pdf](http://www.produccionbovina.com/informacion_tecnica/invernada_o_engorde_a_corral_o_feedlot/141-estructura_feedlot.pdf) Fecha de consulta: 28/12/2014.
42. Sañudo, C., Albertí, P., Campo, M.M., Olleta, J.L., Panea, B. (1998) Calidad instrumental de la carne de bovino de siete razas españolas. Archivos de Zootecnia 48: 397-402.
  43. SCAAU, (2014) Sociedad de Criadores de Aberdeen Angus del Uruguay Disponible en: <http://www.angusuruguay.com/historia>. Fecha de consulta: 05/10/2014.
  44. Selye, H. (1954) Fisiología y patología de la exposición al stress. Barcelona, Científico Médica, 336 p.
  45. Sorheim, O., Hildrum, K. (2002) Muscle stretching techniques for improving meat tenderness. Trends in Food Science & Technology 13:127-135.
  46. Swatland, H.J. (2008) How pH causes paleness or darkness in chicken breast meat. Meat Science 80: 396-400.
  47. Teira, G., Perlo, F., Bonato, P., Tisocco, O. (2006) Calidad de carnes bovinas. Aspectos nutritivos y organolépticos relacionados con sistemas de alimentación y prácticas de elaboración. Ciencia, Docencia y Tecnología 33: 173-193.
  48. Van Elswyk, M.S., Mc Neill, S.H. (2014) Impact of grass/forage feeding versus grain finishing on beef nutrients and sensory quality: The US experience. Meat science 96: 535-540.
  49. Venkata Reddy, B., Sivakumar, A.S., Jeong, D.W., Woo, Y.W., Park, S.J., Lee, S.Y., Byun, J.Y., Kim, C.H., Cho, S.H., Hwang, I. (2015) Beef quality traits of heifer in comparison with steer, bull and cow at various feeding environments. Japanese Society of Animal Science 86:1-16.
  50. Weir, C. (1960) The science of meat and meat products. New York, Reinhold publishing Co., 212 p.
  51. Wheeler, T.L., Koohmaraie, M. (1994) Pre rigor and post rigor changes in tenderness of ovine *longissimus* muscle. Journal of Animal Science 72:1232-1238.
  52. Wulf, D.M., J.D., Tatum, R.D., Green, J.B., Morgan, B.L., Goldenand, G.C., Smith (1996) Genetic influences on beef *longissimus* palatability in Charolais and Limousin- Sired steers and heifers. Journal of Animal Science 74:2394-2405.
  53. Xiong, Y., Mullins, O., Stika, J., Chen, J., Blanchard, S., Moody, W. (2007) Tenderness and oxidative stability of *post-mortem* muscle from mature cows of various ages. Meat Science 77: 105-113.



