

**UNIVERSIDAD DE LA REPÚBLICA  
FACULTAD DE AGRONOMÍA**

**ENGORDE DE VACAS DE DESCARTE EN REGIONES GANADERAS  
EXTENSIVAS: PRODUCCIÓN, CALIDAD DE CANAL Y CARNE**

**por**

**Ximena María LAGOMARSINO LARRIERA**

TESIS presentada como uno de los  
requisitos para obtener el título de  
*Magister* en Ciencias Agrarias  
Opción Ciencias Animales

(MONTEVIDEO)  
URUGUAY  
(Noviembre 2019)

Tesis aprobada por el tribunal integrado por el Ing. Agr. (PhD) Gustavo Brito, el Dr. M. Vet. (MsC) Juan Franco y el Ing. Agr. (PhD) Juan Manuel Soares de Lima, el 26 de noviembre de 2019. Autora: Ing. Agr. Ximena Lagomarsino. Tutor Ing. Agr. (PhD) Fabio Montossi, Co-Tutor, Dr. Alí Saadoun.

## AGRADECIMIENTOS

Al Instituto Nacional de Investigación Agropecuaria, en particular a INIA Tacuarembó por permitirme llevar adelante el presente trabajo.

Al personal técnico de campo de la Unidad Experimental Glencoe, al personal de laboratorio y técnicos de INIA Tacuarembó, por su incondicional colaboración.

A Fabio Montossi y Alí Saadoun, por su continuo apoyo en la elaboración de este trabajo.

A mis grandes amigos que me apoyaron durante este proceso y en particular a Valentina Sainz Rasines con quien compartimos nuestro primer contacto con el mundo agropecuario y hasta el día de hoy sigue acompañándome.

Y principalmente a mi madre, mi tía y mi hermana, por estar conmigo en todo momento.

## TABLA DE CONTENIDO

Página

<u>PÁGINA DE APROBACIÓN</u> .....	II
<u>AGRADECIMIENTOS</u> .....	III
<u>RESUMEN</u> .....	VII
<u>SUMMARY</u> .....	VIII
1. <u>INTRODUCCIÓN</u> .....	1
1.1 FUNDAMENTACIÓN, OBJETIVOS E HIPÓTESIS .....	1
1.2 PROBLEMA / OPORTUNIDAD.....	4
1.2.1 <u>Hipótesis</u> .....	5
1.2.2 <u>Objetivos</u> .....	5
1.3 REQUERIMIENTOS NUTRICIONALES EN BOVINOS PARA CARNE .....	6
1.4 VERDEOS DE INVIERNO Y SUPLEMENTACIÓN .....	8
1.5 FACTORES QUE AFECTAN EL DESEMPEÑO PRODUCTIVO .....	10
1.6 FACTORES QUE AFECTAN LA CALIDAD DE LA CANAL .....	15
1.6.1 <u>Factores intrínsecos</u> .....	15
1.6.2 <u>Factores productivos y medio ambientales</u> .....	18
1.7 PARÁMETROS QUE DEFINEN LA CALIDAD DE LA CARNE Y FACTORES QUE LA AFECTAN .....	21
1.7.1 <u>pH y maduración</u> .....	21
1.7.2 <u>Color</u> .....	22
1.7.3 <u>Terneza</u> .....	24
1.7.4 <u>Ácidos grasos</u> .....	30
2. <u>MATERIALES Y MÉTODOS</u> .....	36
2.1 LOCALIZACIÓN Y PERÍODO EXPERIMENTAL .....	36
2.2 INFORMACIÓN CLIMÁTICA .....	36
2.3 TRATAMIENTOS Y DISEÑO EXPERIMENTAL .....	38
2.4 MANEJO DE LOS ANIMALES, PASTURAS Y SUPLEMENTACIÓN.....	38
2.5 VARIABLES EVALUADAS.....	39

2.5.1	<u>En las pasturas y el suplemento</u> .....	39
2.5.1.1	Disponibilidad de materia seca.....	39
2.5.1.2	Altura del forraje.....	40
2.5.1.3	Utilización del Forraje.....	40
2.5.1.4	Composición botánica.....	40
2.5.1.5	Valor nutritivo del forraje y el suplemento.....	41
2.5.2	<u>En los animales</u> .....	41
2.5.2.1	Peso vivo.....	42
2.5.2.2	Conducta animal.....	42
2.5.2.3	Consumo de suplemento.....	42
2.5.2.4	Mediciones de la canal <i>in vivo</i> .....	43
2.5.2.5	Variables calculadas.....	43
2.5.3	<u>En la canal</u> .....	44
2.5.3.1	Peso de canal caliente.....	44
2.5.3.2	Grado de conformación y terminación de la canal según INAC.....	44
2.5.3.3	Peso de canal enfriada.....	44
2.5.3.4	Medidas morfométricas.....	44
2.5.3.5	Color de la grasa.....	45
2.5.3.6	Madurez esquelética.....	45
2.5.3.7	Peso del corte pistola y cortes que surgen del mismo.....	45
2.5.4	<u>En la carne</u> .....	45
2.5.4.1	pH.....	45
2.5.4.2	Grado de marmoreo.....	45
2.5.4.3	Terneza.....	46
2.5.4.4	Color de la carne.....	46
2.5.4.5	Contenido de grasa intramuscular y perfil de ácidos grasos.....	47
2.6	MODELO Y ANÁLISIS ESTADÍSTICO.....	47
3.	<u>RESULTADOS Y DISCUSIÓN</u> .....	48
3.1	ANÁLISIS DE LOS RESULTADOS DE LAS PASTURAS Y DEL SUPLEMENTO.....	48
3.1.1	<u>Disponibilidad y porcentaje de materia seca del forraje ofrecido y remanente</u> .....	48
3.1.2	<u>Valor nutritivo del forraje y del suplemento</u> .....	49

3.1.3	<u>Composición botánica del forraje ofrecido y remanente</u> .....	51
3.2	ANÁLISIS EN LOS RESULTADOS ANIMALES <i>IN VIVO</i> .....	53
3.2.1	<u>Conducta animal</u> .....	53
3.2.2	<u>Evolución y ganancia de peso vivo, producción de peso vivo por unidad de superficie y eficiencia de conversión</u> .....	55
3.3	ANÁLISIS EN LOS RESULTADOS EN LA CANAL .....	61
3.3.1	<u>Características de la canal <i>in vivo</i></u> .....	61
3.3.2	<u>Características de la canal <i>post mortem</i></u> .....	63
3.3.2.1	Clasificación de la canal .....	63
3.3.2.2	Peso de canal caliente, enfriada y rendimiento carnicero .....	67
3.3.2.3	Peso del corte pistola y cortes valiosos .....	69
3.4	ANÁLISIS DE LOS RESULTADOS EN LA CARNE .....	71
3.4.1	<u>Parámetros que definen la calidad de la carne</u> .....	71
3.4.2	<u>Contenido total de lípidos y composición de ácidos grasos</u> .....	75
4.	<u>CONCLUSIONES</u> .....	80
5.	<u>BIBLIOGRAFÍA</u> .....	83
6.	<u>ANEXOS</u> .....	103
6.1	ANEXO 1.....	103
6.2	ANEXO 2.....	103
6.3	ANEXO 3. INFLUENCIA DE DIFERENTES ESTRATEGIAS ALIMENTICIAS SOBRE LA CALIDAD DE LA CANAL Y LA CARNE EN VACAS DE DESCARTE .....	104

## RESUMEN

En Uruguay, el promedio de faena de vacas de los últimos 10 años con respecto al total es de 47,3 %, de los cuales el 37,7% corresponde a vacas de 6 y 8 dientes. De mayo a setiembre de 2013 (130 días), fue llevado a cabo un experimento en la Unidad Experimental “Glencoe” de la Estación Experimental INIA, evaluándose la combinación del nivel de oferta de forraje (NOF; 2 y 4% del peso vivo -PV-) y la suplementación estratégica con afrechillo de arroz (AA) (0, 0,8 y 1,6%PV). Fueron utilizadas 40 vacas de descarte de la raza Hereford (PV promedio inicial de  $480,2 \pm 48,5$  kg) pastoreando un forraje invernal compuesto por *Avena Byzantina*, con el objetivo de evaluar el efecto de los sistemas de engorde en otoño/invierno y su influencia sobre la respuesta animal, productividad, calidad de canal y de carne y composición de ácidos grasos. El diseño experimental fue completamente al azar con dos repeticiones. Los animales fueron asignados aleatoriamente según PV y edad en los tratamientos (T); T<sub>1</sub>: NOF2+AA0, T<sub>2</sub>: NOF4+AA0, T<sub>3</sub>: NOF2+AA0,8 y T<sub>4</sub>: NOF2+AA1,6. El PV final fue afectado por los T (P<0,05) siendo T<sub>2</sub>, T<sub>3</sub> y T<sub>4</sub> similares entre sí (promedio 611,5 kg) y superiores a T<sub>1</sub> (593,3 kg). El peso de la canal caliente y los cortes de valor presentaron la misma respuesta que PV final (P<0,05). El pH, color de grasa y la carne, la terneza, la proporción de AG saturados (AGS) y monoinsaturados (AGMI), fueron similares entre T (P>0,05). El contenido de AG poliinsaturados (AGPI) fue superior (P<0,01) en T<sub>1</sub> y T<sub>4</sub> e inferior en T<sub>2</sub> y T<sub>3</sub>. Los T T<sub>3</sub> y T<sub>4</sub> fueron similares entre sí, con mayor contenido de AG omega6 (n6) (P<0,01), mientras que T<sub>1</sub> y T<sub>2</sub> presentaron similar contenido en los AG omega 3 (n3) pero superior a T<sub>3</sub> y T<sub>4</sub> (P<0,01). T<sub>1</sub>, T<sub>3</sub> y T<sub>4</sub> presentaron mayor relación AGPI/AGS (P<0,05) comparado con T<sub>2</sub>. La relación n6/n3 fue similar (P>0,05) entre T<sub>3</sub> y T<sub>4</sub>, pero mayor (P<0,01) que T<sub>1</sub> y T<sub>2</sub>. De acuerdo con las condiciones de este estudio, mayores NOF y/o el uso de suplementación estratégica, permite aumentar la productividad, mejorar las características de canal y carne, con una influencia positiva en la composición de AG para la salud humana, permitiendo agregar valor a las vacas de descarte desde el sistema productivo hasta el consumidor.

**Palabras clave:** vacas de descarte, productividad, canal, carne, composición de ácidos grasos.

## SUMMARY

Cull cows fattening in extensive production areas: Production and carcass and meat quality

The average cow slaughtering from the last 10 years in Uruguay is 47.3%, of which 37.7% are cows with 6 and 8 permanent incisors. From May to September 2013 (130 days), a trial was carried out at "Glencoe" Experimental Unit of INIA Tacuarembó Experimental Station, where forage allowance (FA; 2 and 4% of the animal's Live Weight - LW) and strategic Supplementation (S) with Rice Bran (RB) (0, 0,8% and 1,6% PV), were evaluated. Forty Hereford cull cows (LW = 480,2 ± 48,5 kg) grazed on a winter forage crop consisting of *Avena byzantina* with the objective of evaluating an autumn/winter fattening scheme and its effect on animal performance and productivity, carcass and meat quality and fatty acid composition. The design was totally randomised with two replicates per treatment. Animals were randomly allotted by LW and age to one of the following treatments (T): T<sub>1</sub>: FA2+RB0; T<sub>2</sub>: FA4+RB0; T<sub>3</sub>: FA2+RB0.8; T<sub>4</sub>: FA2+RB1.6. Final LW was affected by T (P<0.05) being T<sub>2</sub>, T<sub>3</sub> and T<sub>4</sub> similar between them (average 611.5 kg) and superior to T<sub>1</sub> (593.3 kg). Hot carcass weight and valuable cuts presented the same response final LW (P<0.05). No differences were found in pH, fat and meat colour, shear force and the concentration of SFA (saturated fatty acids and MUFA monounsaturated fatty acids), was similar between T (P>0.05). Polyunsaturated fatty acids (PUFA) content was similar between T<sub>1</sub> and T<sub>4</sub> and both superior (p<0.01) to T<sub>2</sub> and T<sub>3</sub>, which in turn were similar between them. Treatments T<sub>3</sub> and T<sub>4</sub> were similar between them and presented greater n6 content than the rest of the T (p<0.01), while T<sub>1</sub> and T<sub>2</sub> presented similar n3 content and greater than the rest of the T (p<0.01). T<sub>1</sub>, T<sub>3</sub> and T<sub>4</sub> presented a greater PUFA/SFA rate compared to T<sub>2</sub>. The n6:n3 ratio was similar (P>0.05) for T<sub>3</sub> and T<sub>4</sub> and greater (P<0.05) than for T<sub>1</sub> and T<sub>2</sub>, which were similar between them (P>0.05). Under this experiment's conditions, higher FA and/or the use of strategic S allows an increase in productivity and improves both carcass and meat quality traits, while maintaining a positive effect on fatty acid composition from a human health standpoint. Thus, these feeding practices add value to cull cows from the productive system design and consumer demands.

**Key words:** cull cows, productivity, carcass, meat, fatty acid composition.



## 1. INTRODUCCIÓN

### 1.1 FUNDAMENTACIÓN, OBJETIVOS E HIPÓTESIS

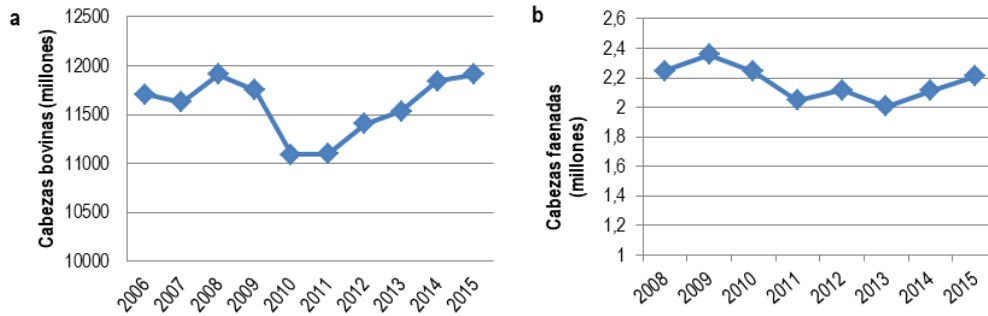
La ganadería vacuna presenta gran importancia para la economía Uruguaya, siendo que es la actividad agropecuaria que ocupa la mayor área del territorio nacional. La superficie total de los establecimientos ganaderos es de 12.384.000 ha, representando el 43,1% de las explotaciones con actividad ganadera, llevada a cabo por 43.091 explotaciones. En el año 2016, el 19,1% de las exportaciones agropecuarias correspondieron a la carne bovina (MGAP-DIEA, 2016). La combinación de sus recursos naturales (suelo, agua, pasturas, etc.), los diferentes sistemas de producción, el status sanitario, de inocuidad y el mecanismo de trazabilidad individual de los animales, coloca al Uruguay como a un país exportador de carne de calidad y alta confiabilidad que cumple con diversas exigencias del mercado internacional.

A pesar que la base principal de la ganadería es en base a pasturas naturales (10.518 miles de ha; 64% de la superficie total) (MGAP-DIEA, 2016), este sector durante los últimos años ha atravesado cambios productivos, económicos y sociales, determinando variaciones en los sistemas de producción, con la consecuente necesidad de hacer más competitiva a la ganadería del Uruguay (Simeone *et al.* 2005, Beretta *et al.* 2006, Montossi 2013, Montossi *et al.* 2014, Luzardo *et al.* 2014c, Soares de Lima *et al.* 2014).

El aumento del área ocupada por la agricultura y la forestación llevo a una disminución del área de producción ganadera; que junto con cambios en el mercado externo determinaron aumentos en el precio y la renta de la tierra de recría e invernada bovina y un cambio cualitativo de la distribución geográfica entre regiones, especialmente hacia la zona del Basalto (Montossi *et al.*, 2014), llevando a diversos sistemas de producción (desde sistemas sobre campo natural hasta sistemas en corrales de engorde). Esto no provocó disminuciones en el stock bovino, por el contrario se generó un aumento de la productividad por unidad de superficie y una mejora de la calidad de la carne producida (Bervejillo, 2013, 2016).

El stock actual de bovinos para carne cuenta con aproximadamente 12 millones de cabezas, donde se observa un proceso de crecimiento constante en los últimos años (Figura 1a), con una producción total de carne de 1077 mil toneladas. La cantidad de animales

faenados anualmente se encuentra en el entorno de 2 millones de cabezas (Figura 1b) (MGAP-DIEA, 2016).



**Figura 1.** Evolución del stock bovino (a) y de la faena (b) en Uruguay para el período 2006-2015.

La faena de vacas en nuestro país representa una actividad de suma importancia, siendo en el promedio de los últimos 10 años un 47,3% del total de animales faenados (Figura 2a), de los cuales el 37,7% corresponde a vacas de 6 y 8 dientes (Figura 2b) (INAC, 2015). Durante el ejercicio agrícola julio 2014 – junio 2015, la faena de vacas representó el 48,0% del total de la faena (INAC, 2015). El peso en cuarta balanza promedio de los últimos años es de 219,4 kg, con mínimas variaciones entre años, con un 49,4% de rendimiento. Estos resultados determinan la importancia económica en la producción de carne que representan las vacas de descarte, principalmente las de mayor edad, en el país.



**Figura 2.** Proporción de la faena nacional según categoría (a) y de vacas según edad (b) Uruguay para el período 2006-2015.

A pesar de la importancia de la faena de vacas en el país, la mayor cantidad de estudios experimentales a nivel nacional se centraron principalmente en hacer más eficiente la recría de terneros y la terminación de novillos. Con estas investigaciones en machos, se determinó que el manejo eficiente de las pasturas mejoradas y el uso estratégico de la suplementación incrementan la productividad de los sistemas ganaderos extensivos del Norte del Uruguay, con una consecuente mejora en la calidad de la canal y la carne de novillos (Risso *et al.* 1991, Simeone *et al.* 2005, Beretta *et al.* 2006, Luzardo *et al.* 2014ab, Montossi *et al.* 2014).

En cuanto a la investigación nacional en engorde de vacas descarte se cuenta tan sólo con un antecedente llevado a cabo por Pigurina (1999). A nivel regional, los estudios se basan en sistemas de alimentación en pasturas y el agregado de suplemento (Restle *et al.* 1998, Coppo *et al.* 2003, Peralta *et al.* 2013) e internacionalmente, la mayor parte de los trabajos experimentales comparan diferentes edades y estados fisiológicos del animal a través de sistemas intensivos de engorde a corral (Matulis *et al.* 1987, Schnell *et al.* 1997, Moura *et al.* 2013).

Algunos de estos estudios destacan que la terminación de esta categoría sobre pasturas invernales de calidad es un proceso de baja eficiencia biológica, por lo que es de suma relevancia tener presente los requerimientos nutricionales para obtener un buen resultado costo/beneficio en los diferentes sistemas de producción. En una forma más amplia a nivel de sistemas de producción de cría en Uruguay, estudios llevados a cabo por Soares de Lima *et al.* (2014) muestran la ventaja económica y productiva del engorde de vacas de descarte en sistemas extensivos y semi-extensivos de cría en la región de Basalto.

En estos sistemas, una de las opciones para la mejora en la producción de engorde de vacas de descarte durante periodos críticos de déficit invernal de forraje es el uso de verdeos de *avena byzantina* y/o raigrás anual por su facilidad de implantación, alta producción de forraje de buena calidad y fácil manejo respecto a otras alternativas forrajeras mejoradas. A su vez, la mezcla de estas forrajeras permite un mayor tiempo de utilización de las mismas, comenzando en otoño (avena) y culminando en primavera (según el ciclo del raigrás) (Berreta *et al.*, 2001). Las principales características de estas especies son su alto porcentaje de agua

(85-90%), bajo contenido de fibra, alta proporción de proteína degradable en rumen y baja relación energía/proteína (Banchero *et al.*, 2011).

Otra opción complementaria en el proceso de intensificación de la ganadería extensiva y semi-extensiva es la suplementación sobre pasturas mejoradas de alta producción, la cual redundará en aumentos de la productividad por unidad de superficie y mejoras en la calidad del producto final en la recría y engorde de novillos (Montossi *et al.*, 2014). Sin embargo, la respuesta a la adición de suplemento dependerá, entre otros, de la calidad y cantidad de la pastura, la edad, estado fisiológico, condición corporal y potencial de producción del animal, del tipo y cantidad de suplemento suministrado y de la interacción animal-pastura-suplemento (Cibils *et al.*, 1997).

Durante la terminación el uso de suplementos energéticos es una práctica que mejora este proceso, debido a los mayores requerimientos de energía y menores de proteína que tienen los animales en engorde. No obstante, el uso de suplementos energético/proteicos como el afrechillo de arroz, ha demostrado ser una alternativa válida y ampliamente utilizada en las condiciones de internada de la región de Basalto por sus favorables características nutricionales, su amplia disponibilidad en la región y su buena relación costo/beneficio (Pittaluga *et al.*, 2005). Se caracteriza por sus altos aportes energéticos debido a las altas concentraciones de extracto etéreo y su concentración de proteína (Cozzolino, 2000).

## 1.2 PROBLEMA / OPORTUNIDAD

La información científica y tecnológica sobre la influencia de la intensificación de los sistemas de engorde de vacas de descarte sobre su productividad y la calidad del producto proviene fundamentalmente de trabajos de investigación internacional. A nivel país, debido a la importancia de las vacas de descarte en la faena nacional y su aporte en el ingreso económico de los productores ganaderos criadores, es necesario realizar estudios de investigación con el objetivo de evaluar y diseñar sistemas productivos eficientes que se adapten a nuestras condiciones, teniendo en cuenta los requerimientos nutricionales de esta categoría y la evaluación de los factores claves que determinan la calidad de la canal y la

carne, principalmente la ternura de la misma, teniendo presente a su vez, la relación entre los diferentes ácidos grasos de la carne, y sus respectivas repercusiones en la salud humana.

### 1.2.1 Hipótesis

A través del aumento del nivel de oferta de forraje de cultivos anuales invernales mezcla de avena y raigrás de 2 al 4% del peso vivo y/o del uso de la suplementación estratégica con afrechillo de arroz sin desgrasar y molido, es posible aumentar las ganancias individuales y productividades por unidad de superficie, con la mejora de la calidad de la canal y la carne; con una influencia positiva en la composición de los ácidos grasos, en vacas de descarte de la raza Hereford en la región del Basalto.

### 1.2.2 Objetivos

El objetivo principal de este trabajo experimental es evaluar diferentes dietas en vacas de descarte de la raza Hereford en la región de Basalto sobre cultivos anuales invernales, resultante de la combinación de diferentes niveles de asignación de forraje y niveles de suplementación estratégica con afrechillo de arroz sin desgrasar y molido durante el periodo otoño-invernal y determinar su influencia sobre la respuesta animal, productividad por unidad de superficie, la calidad de la canal y la carne.

Como objetivos específicos se pretende:

- Estimar la respuesta animal, la productividad por unidad de superficie y la calidad de la canal y la carne al ofrecer diferentes niveles de forraje sobre un cultivo anual invernal y niveles crecientes de suplementación con afrechillo de arroz sin desgrasar y molido en vacas de descarte de la raza Hereford en la región de Basalto.
- Evaluar el efecto de la alimentación sobre la proporción de ácidos grasos en la grasa intramuscular de la carne en vacas de descarte de la raza Hereford en la región de Basalto.

### 1.3 REQUERIMIENTOS NUTRICIONALES EN BOVINOS PARA CARNE

Los requerimientos de energía se dividen en energía para mantenimiento y para producción. El costo de mantenimiento es el principal componente del costo energético total del animal, siendo más de la mitad de la energía consumida destinada al mismo (Di Marco, 2006). Los requerimientos de energía metabolizable requerida para mantenimiento (EMm) de los animales a pastoreo no es constante y varían de acuerdo con la raza o biotipo, el peso vivo (PV), la condición corporal, la ganancia media diaria, la composición de la ganancia, la edad, la calidad de la dieta, la disponibilidad de forraje, la topografía del terreno, el nivel de actividad y por efectos climáticos (Geenty y Rattray, 1987).

El incremento del peso vivo, genera que el gasto de energía aumente en proporción al peso elevado a una potencia menor que 1, indicando que crece a rendimientos decrecientes (Di Marco, 2006). Cuando el animal crece la proporción de grasa, proteína, agua y cenizas aumentan proporcionalmente al peso, siendo la proporción de grasa en esa ganancia cada vez mayor. En la conversión de alimento en tejido vivo, la deposición de grasa es menos eficiente que la de músculo (Geenty y Rattray, 1987).

El nivel de consumo determina variaciones en los costos de mantenimiento, ya que al incrementar el mismo la retención de proteína, grasa corporal y el peso de vísceras y órganos aumenta. A su vez, las características del alimento también determina variaciones, debido a que el peso del rumen e intestino delgado aumenta cuando el alimento tiene mayor contenido fibroso, determinando un mayor gasto de energía (Di Marco, 2006).

Los requerimientos de mantenimiento en animales en pastoreo pueden incrementar hasta un 15-20%, en relación a los estabulados (Geenty y Rattray, 1987). Para Mac Loughlin y Kloster (2009) los requerimientos de energía neta de mantenimiento (ENm) incrementan entre 8-18% en topografías planas (variando con el PV animal y la disponibilidad, calidad y consumo de forraje) y entre 25-50% en terrenos ondulados y quebrados. En contextos donde se alternan periodos de falta de forraje y/o problemas de calidad o que no se ajusta la carga animal a la disponibilidad forrajera, hay severas restricciones al consumo y en consecuencia la mayor parte del consumo se destina a mantenimiento, variando el tiempo de pastoreo entre

7-10 horas/d con caminatas entre 2-8 km. Una caminata de 2 km/h tiene un costo de 0,10 kcal/kg/km en superficies planas y de 0,17 kcal/kg/km con pendiente (Di Marco, 2006).

Los animales a pastoreo reciben el impacto directo de los cambios climáticos e indirectos de las condiciones del forraje y el terreno. A menores temperaturas las ganancias bajan y la conversión aumenta, dependiendo de la temperatura crítica inferior del tipo del animal y su estado en cuestión. Cuanto más gordo el animal, la temperatura crítica inferior es más baja (Di Marco, 2006). Los requerimientos de ENm de peso metabólico aumentan 0,0007 Mcal de ENm por cada °C debajo de 20. El estrés por calor (especialmente en animales de alta producción) y por frío (especialmente en animales chicos y de baja producción) pueden disminuir la productividad estimada entre 20-30% (Mac Loughin y Kloster, 2009).

El promedio de EMm del ganado que no se encuentra lactando, ronda entre 0,55-0,74 MJ/kg<sup>0,75</sup>. Cuando un animal libre de preñez y lactancia tiene un consumo por encima de sus requerimientos nutricionales de mantenimiento, genera un aumento de peso y el exceso de energía es acumulado en el cuerpo (Di Marco, 2006).

Los requerimientos proteicos son cubiertos por la proteína microbiana sintetizada en el rumen y la proveniente de la dieta que escapa la degradación ruminal; estando la cantidad de la primera influenciada por el nivel de carbohidratos digestibles en la dieta (Karges, Klopfenstein, citados por Mejía y Mejía, 2007). La proteína degradable es la proteína disponible para los microorganismos ruminales y la metabolizable la utilizada por el animal, siendo la suma de la proteína bacteriana digestible producida en el rumen y la proteína no degradable digestible del alimento consumido (Lardy *et al.*, citados por Mejía y Mejía, 2007).

El Cuadro 1 presenta los requerimientos de energía y proteína metabolizable para ganado bovino.

**Cuadro 1.** Requerimientos de energía metabolizable (EM; MJ/día) y proteína metabolizable (PM; g/día) para mantenimiento y engorde para ganado bovino en crecimiento y terminación (adaptado de NRC, 1996)

GMD		PV (kg)									
		250		300		350		400		450	
(kg/an/día)		EM	PM	EM	PM	EM	PM	EM	PM	EM	PM
0	<b>Mantenimiento</b>	20,3	239	23,2	274	26,1	307	28,8	340	31,5	371
0,500	<b>Ganancia de peso</b>	6,3	155	7,2	158	8,1	157	9,0	145	9,8	133
1,000		13,4	300	15,4	303	17,3	298	19,1	272	20,9	246
1,500		21,0	440	24,0	442	27,0	432	30,0	391	32,6	352
2,000		28,8	577	33,0	577	37,0	561	40,9	505	44,7	451

Nota: PV: peso vivo, GMD: ganancia de peso vivo. EM: energía metabolizable, PM: proteína metabolizable.

#### 1.4 VERDEOS DE INVIERNO Y SUPLEMENTACIÓN

La disminución del crecimiento de forraje durante la etapa otoñal y las condiciones climáticas invernales determinan limitantes en las pasturas naturales y praderas convencionales (Zarza y La Manna, 2012) que causan disminuciones en el peso del animal o el mantenimiento del mismo. Una de las alternativas para solucionar las bajas ganancias de peso es la utilización de verdeos invernales, que se caracterizan por una alta producción de forraje de buena calidad durante esta época del año.

Los principales verdeos utilizados a nivel nacional son la avena y el raigrás, pudiendo sembrarse en forma pura o combinada. Las características que presentan son bajo contenido de materia seca (MS), alta concentración de proteína soluble (PS) y bajo contenido de carbohidratos no estructurales (CHONES) (Flores y Bendersky, 2010). La digestibilidad de la materia orgánica (DMO) es alta durante el invierno (80-85%), disminuyendo hacia la primavera/verano. La proteína cruda (PC) durante el invierno presenta valores entre 20-25% y en la primavera entre 15-20% (García, 2003).

Las avenas se caracterizan por su buen aporte otoño/invernal, con producciones de MS durante el ciclo vegetativo de 2875 – 3585 kg/ha. Se pueden agrupar en avena negra (strigosa), amarilla (byzantina) y blanca (sativa). La avena negra se caracteriza por un rápido



aporte forrajero, con el inconveniente de ser utilizada por un corto periodo de tiempo por su rápida encañazón; la avena amarilla tiene la capacidad de producir forraje en forma rápida durante el otoño continuando hasta la primavera y la avena blanca presenta buen volumen de forraje pero debe evitarse la siembra temprana (febrero/marzo) (Perrachón, 2009).

El raigrás se caracteriza por su mayor producción durante el invierno y la primavera, variando entre 7363 y 9206 kgMS/ha según cultivar (García, 2003). Los cultivares más importantes son los diploides y tetraploides, con gran capacidad de macollaje y resistencia al pisoteo animal (Perrachón, 2009).

Por su parte, la suplementación en pastoreo busca corregir deficiencias en cantidad o calidad del forraje y obtener mejores resultados productivos. Las características de la pastura, del animal y del manejo del pastoreo realizado variaran la respuesta a la suplementación. A medida que aumenta la oferta de forraje y/o la calidad, la respuesta a la suplementación disminuye debido a una mayor tasa de sustitución del forraje por el suplemento (Moore *et al.*, 1999).

La composición química en cuanto a la proporción de PS y CHONES de los verdeos de invierno puede tener consecuencias digestivas y fisiológicas, afectando el consumo e impidiendo obtener altas ganancias de peso. Una de las posibles soluciones es el agregado de granos en la dieta para incrementar los niveles de energía de manera de metabolizar el nitrógeno disponible de la PS (Flores y Bendersky, 2010).

Los suplementos energéticos contienen menos de 18% de fibra cruda y menos de 20% de PC, como ser los granos de cereales (maíz o sorgo), mientras que los proteicos contienen más de 20% de PC, como el expeller de girasol o soja. Los suplementos energético-proteicos presentan valores intermedios (afrechillo de arroz o trigo) (Cozzolino, 2000). En el Cuadro 2 se presenta el valor nutritivo de algunos suplementos utilizados en el país.

**Cuadro 2.** Valor nutritivo de suplementos (Mieres *et al.*, 2004)

	Maíz			Sorgo			Afrechillo de arroz		
	Mín.	Máx.	Prom.	Mín.	Máx.	Prom.	Mín.	Máx.	Prom.
MS (%)	84,2	96,5	87,8	72,2	97,0	90,3	77,5	92,2	89,2
PC (%)	7,0	12,7	9,2	5,8	24,0	8,6	9,6	17,7	15,2
C (%)	1,2	18,9	3,0	1,2	8,8	2,6	4,4	18,6	10,1
EM (Mcal/kg)	2,6	3,4	3,3	2,9	3,6	3,3	2,6	3,2	3,0
DMO (%)	67,5	87,6	82,2	74,7	62,5	84,7	67,7	79,1	73,4

Nota: Min.: mínimo. Máx.: máximo. Prom.: promedio. MS: materia seca. PC: proteína cruda. C: Cenizas. EM: Energía metabolizable. DMO: Digestibilidad de la materia orgánica.

Diversos estudios de investigación fueron realizados durante la recría y terminación de novillos, siendo el afrechillo de arroz una buena alternativa por su combinación de energía, proteína y lípidos para cubrir los requerimientos de estos componentes de estas categorías. A su vez, este suplemento presenta ventajas como puede ser su amplia disponibilidad en las regiones ganaderas del Norte y Este del país, asociadas a los sistemas arroz-pasturas y a un buen precio relativo frente a otras opciones alternativas (Pittaluga *et al.*, 2005).

## 1.5 FACTORES QUE AFECTAN EL DESEMPEÑO PRODUCTIVO

Las condiciones de alimentación están relacionadas con el desempeño productivo del animal, fijando los límites biológicos y condicionando el tamaño y grado de terminación de los animales en engorde. La cantidad y calidad del forraje consumido afectan la tasa y composición química de la ganancia de peso vivo (GPV), teniendo su principal efecto en la relación grasa/proteína. A mayor tasa de ganancia, mayor es la cantidad de grasa retenida, variando la magnitud según el peso del animal, la edad, el tamaño y estructura y el sexo (Di Marco, 1993).

El aumento en la disponibilidad de forraje lleva a aumentos en el consumo y a selecciones de dietas de mayor calidad (Risso 1981, Poppi *et al.* 1987, Pearson e Ison, citados por Carámbula 1996, Montossi *et al.* 2000), obteniéndose GPV superiores (Risso y Zarza 1981). El desempeño productivo mejora al aumentar la oferta de forraje en un rango de 500 a 2500 kgMS/ha y al aumentar la proporción de material verde en la pastura (Smith *et al.*,

citados por Carámbula 1996), llegando a máximos consumos con ofertas entre 2250 y 2500 kgMS/ha con una altura del forraje entre 10 y 15 cm (Rovira, 1996).

En sistemas más intensivos, la suplementación controlada permite mejorar la eficiencia del uso del forraje mejorando la GPV, aumentando la capacidad de carga animal y productividad del sistema (Fernández y Mieres, 2005). Sin embargo, la respuesta a la suplementación depende de la cantidad y/o calidad de la pastura, la edad del animal, su estado fisiológico, la condición corporal y el potencial de producción (Cibils *et al.*, 1997).

En forrajes de alta cantidad y/o calidad, el suplemento puede generar efectos de sustitución. Cuando la calidad del forraje es alta, el suplemento debe ser de una calidad compatible al mismo y cuando la calidad es alta pero la disponibilidad baja, debe ser de menor calidad que el forraje (Elizalde, 2003). En pasturas de baja calidad, independiente de la cantidad, el uso de suplemento es importante en términos físicos y económicos (Orcasberro, 1997).

Estudios de suplementación energética-proteica en pasturas de alta calidad (PC >16% y digestibilidad >65%) demostraron que el aumento del consumo de suplemento aumenta la GPV y la eficiencia de conversión (EC; cantidad de suplemento entregado y PV adicional producido) (Elizalde, 2003). A su vez, otros estudios mostraron mejores EC cuando la calidad y/o la cantidad de forraje es baja (Latimori y Kloster, 1997) y en animales en crecimiento (Lange 1980, Latimori y Kloster 1997). En el Cuadro 3 se presenta un resumen de estudios nacionales de suplementación energética en novillos sobre pasturas invernales.

**Cuadro 3.** Resultados productivos de novillos en engorde según diferentes asignaciones de forraje y suplementación durante el período otoño-invernal

Autor	Pastura	Raza	Edad	NOF (%PV)	S (% PV)	GMD (kg/día)	EC (kgS/kg PV)
Risso <i>et al.</i> , 1991	Pradera		Sobreaño	1,5 y 3	Testigo	0,173 y 0,904	
				1,5 y 3	0,5	0,800 y 1,045	3,1 y 14,2
				1,5 y 3	1,0	0,841 y 0,958	6,0 y 74,0
Simeone <i>et al.</i> , 2005	Raigrás	Hereford	18 meses	2,5 y 5	Testigo	0,038 y 0,525	
				2,5 y 5	GM entero 1	0,447 y 0,882	
				2,5 y 5	GM molido 1	0,455 y 1,002	
Vaz Martins <i>et al.</i> , 2005	Pradera	Hereford		2, 4 y 6	Testigo	0,420, 0,690 y 0,880	
				2, 4 y 6	GM entero 0,7	0,670, 0,740 y 0,860	
Beretta <i>et al.</i> , 2006	Pradera	Hereford	16 meses	3, 6 y 9	Testigo	0,299, 0,483 y 0,667	
					GM quebrado 1	0,761, 0,804 y 0,733	5,9, 8,6 y 38,5
Luzardo <i>et al.</i> , 2014 c	Pradera	Hereford	20 a 22 meses	2 y 4	Testigo	0,881 y 1,366	
				2	SM 0,8 y 1,6	1,303 y 1,443	8,2 y 11,6

Nota: NOF: nivel de oferta de forraje. S: Suplementación. GMD: ganancia media diaria. EC: eficiencia de conversión. GM: grano de maíz. SM: sorgo molido.

El Cuadro 4 presenta una recopilación de estudios internacionales realizados en vacas de descarte pastoreando diferentes tipos de forraje y niveles de suplementación. En los estudios sobre verdeos anuales invernales y suplementación energética no se encontraron diferencias en las GPV entre animales sin suplemento y suplementados (Restle *et al.* 2000, Restle *et al.* 2001a). En cambio, en los estudios sobre pasturas cultivadas o campo natural la suplementación permitió mejorar las GPV (Coppo *et al.* 2002, Peralta *et al.* 2013).

**Cuadro 4.** Resultados productivos de vacas de descarte en engorde con diferentes dietas

Autor	Alimentación	Forraje (kgMS/ha)	Raza	Carga (ha)	Tratamiento	PVi (kg)	PVf (kg)	GMD (g/día)
Reste <i>et al.</i> , 2000	Triticale y avena	1276	Charolais (Ch)	1362 kgPV	Testigo	339	431	1483
					0,3	342	431	1437
					0,6	334	426	1476
					0,9	338	432	1510
Restle <i>et al.</i> , 2001a	Avena y raigrás	2064	Charolais y Nelore	1600 kgPV	Testigo	368	445	920
					0,4	378	483	1230
					0,8	376	485	1200
Coppo <i>et al.</i> , 2003	Campo natural + pulpa de citrus	2200	Cebú x Británico	0,6 animales	Testigo	407	443	304
		1800			Citrus	384	375	492
					Testigo	428	487	98
					Citrus	391	433	352
Peralta <i>et al.</i> , 2013	<i>Brachiaria brizantha</i> + Pulpa de coco		Cebú		Testigo			467
					Expeller			673

Nota: PVi: peso vivo inicial; PVf: peso vivo final; GMD: ganancia media diaria; kgPV: kilos de peso vivo.

Vacas en confinamiento durante 66 y 86 días suplementadas con un alimento proteico (35-42% PC) mostraron ganancias de peso entre 630 y 680 g/a/d (gramos/animal/día), con pesos finales de 503 kg (López Valiente y Robson, 2008). Otros estudios en vacas a corral, evaluaron el efecto de dos cantidades de sorgo (3 y 6 kg/a/d, 12%PC) y el consumo de heno de pradera (11,5% PC y 58% de digestibilidad) y obtuvieron ganancias de 681 y 846 g/a/día para 3 y 6 kg de grano, respectivamente, con pesos finales de 389 kg (Josifovich *et al.*, 1990).

Según Di Marco (2006) los machos enteros tienen un 15% más de tasa de ganancia diaria y depositan menos grasa que las hembras, especialmente a pesos más altos. A su vez, el nivel de alimentación afecta la GPV y el engrasamiento según el biotipo y sexo del animal. Con niveles de alimentación bajo a medios, los biotipos chicos pierden menos peso que los grandes y las hembras se comportan mejor que los machos. En condiciones de alimentación medias, mejora la ganancia de biotipos grandes, con buena respuesta a la suplementación estratégica, teniendo una mejor respuesta las hembras. En niveles altos, la mayor ganancia y

estado corporal se da en biotipos grandes, con mejores índices de conversión y rendimiento, presentando los biotipos chicos y las hembras exceso de grasa (Di Marco, 2006).

Ferreira *et al.* (2009) comparando vacas de descarte y novillos en confinamiento con una dieta basada en ensilaje de maíz y concentrado, encontró que las vacas fueron 17% menos eficientes en la conversión del alimento en carne que los novillos. Grassi y Müller (1991) estudiaron la ganancia de peso en vacas Charolais y Aberdeen Angus entre 7 y 11 años de edad con diferente estado fisiológico durante su terminación sobre campo natural, determinando que vacas preñadas presentan mayor ganancia diaria (428 g/a/d) que vacas vacías (307 g/a/d), castradas quirúrgicamente (CQ; 270 g/a/d) o con dispositivo intrauterino (DIU; 276 g/a/d). Orquera *et al.* (2011) observaron que vacas con DIU presentaron ganancias superiores (908 g/a/d) a las sin castrar y con CQ (605 y 675 g/a/d, respectivamente).

Diversos estudios determinaron que la ganancia de peso vivo no se ve afectada cuando se utiliza una misma base forrajera en animales de diferentes edades (Cuadro 5).

**Cuadro 5.** Efecto de la edad en vacas sobre la ganancia de peso vivo con diferentes dietas

Autor	Condiciones	Edad	Ganancia media diaria (kg/a/día)
Price y Berg (1981)	Confinamiento	< 4 años	1,59
		4 y 5 años	1,21
		> 5 años	1,19
Jones (1983)	Vacas Holstein en confinamiento	< 8 años	1,37
		Dentición completa	1,48
Restle <i>et al.</i> (2000) y Restle <i>et al.</i> (2001a)	Vacas Charolais pastoreando en forma horaria un verdeo anual invernal	4 años	1,61
		5 y 6 años	1,35
		8 años	1,44
		> 8 años	1,33
Galli <i>et al.</i> (2008)	Vacas Hereford pastoreando una pradera de alfalfa y festuca	3 años	0,58
		4 y 5 años	0,58
		6 y 8 años	0,58
		12 años	0,37

## 1.6 FACTORES QUE AFECTAN LA CALIDAD DE LA CANAL

La calidad de la canal está determinada por características que le confiere una máxima aceptación: 1) mínima proporción de hueso, 2) masa muscular de morfología adecuada (en regiones anatómicas de mayor valor comercial), 3) estado de madurez y distribución del tejido conjuntivo suficiente para sostener las estructuras musculares y mínima para dar una adecuada terneza y jugosidad, 4) mínimo estado de engrasamiento pero suficiente para una buena conservación, transporte y ofrecer propiedades sensoriales óptimas, 5) alto rendimiento al despiece y 6) sabor apropiado según el consumidor (Espejo *et al.*, 2000).

A su vez, está definida por el rendimiento, que se ve afectado por el peso del animal, estado de engrasamiento y conformación, la dieta, el sexo, diferencias genéticas dentro y entre razas, el transporte, la canal caliente o fría y los procesos de faena (Berg y Butterfield, 1976). El engrasamiento, produce una mayor variación en el valor comercial y es la variable de mayor apreciación por el consumidor (Áviles, 2006). En la conformación, se valoran las regiones de mayor valor económico (pierna, lomo y espalda) (García Torres *et al.*, 2005).

### 1.6.1 Factores intrínsecos

Las diferentes razas presentan variaciones en los pesos de faena y de canal cuando se utiliza un mismo grado de terminación como criterio de faena, teniendo las razas de madurez tardía (Nelore, Salers) mayores pesos de faena y canal que las de madurez temprana (Angus, Hereford) (Franco *et al.*, 2002), con mayores rendimientos (Di Marco, 1993). Por su parte, las razas de madurez temprana presentan un tamaño más pequeño y entran en la fase de engrasamiento a pesos más bajos (Berg y Butterfield, 1976).

Camfield *et al.* (1999) observaron que novillos de madurez tardía presentaban mayor proporción muscular y engrasamiento, con mayor rendimiento carnicero que novillos de madurez temprana.

En el Cuadro 6 se presenta un resumen de investigaciones realizadas en vacas de descarte con el objetivo de evaluar las diferencias entre diferentes biotipos.

**Cuadro 6.** Efecto del biotipo en la calidad de la canal de vacas de descarte

Autor	Razas	PV final (kg)	PC (kg)	Rendimiento carnicero (%)	AOB (cm <sup>2</sup> )	EGS (mm)
Perobelli <i>et al.</i> , 1995	C	496,8 a	229,5	46,1 b	65,18 a	1,54 b
	N	444,8 b	220,8	49,6 a	53,64 b	5,84 a
Restle <i>et al.</i> , 2001b	C	471,0 a	245,7 a	52,1	66,3 a	6,1
	N	410,0 b	214,0 b	52,2	51,4 c	6,2
	3/4C+1/4N	520,0 a	268,0 a	51,4	64,7 ab	6,6
	3/4N+1/4C	481,0 a	255,1 a	53,0	59,1 b	7,7
Restle <i>et al.</i> , 2003	C	511,0	250,0	49,0 b		4,9 b
	3/4C+1/4N	532,0	272,0	51,1 a		4,9 b
	1/2C+1/2N	528,0	268,0	50,8 a		6,9 a

Nota: C: Charolais; N: Nelore; PV: peso vivo; PC: peso canal; AOB: área ojo de bife; EGS: espesor de grasa subcutánea; Valores de una misma línea con letras distintas son significativamente distintas (P<0.05).

El género y la edad generan diferencias en el desarrollo de los tejidos, principalmente del adiposo, dónde la mayor precocidad es en hembras, luego en machos castrados y por último en machos enteros (Ruiz de Huidobro *et al.* 2003, Ávilez 2006). En el tejido muscular, los machos presentan mayor proporción que las hembras (Asenjo *et al.*, 2005). El aumento de la edad genera mayor engrasamiento, particularmente subcutáneo (Berg y Butterfield, 1976).

Nunes Vaz *et al.* (2002) evaluaron canales de novillos en crecimiento y vacas adultas de la raza Hereford en confinamiento y observaron que las vacas presentaron mayor peso a faena (475,6 vs. 426,7 kg), sin observar diferencias en el peso de la canal (209,7 kg en novillos y 221,7 kg en vacas), presentando mayores rendimientos los novillos (49,1%) que las vacas (46,6%). El AOB fue mayor en novillos (54,5 cm<sup>2</sup>) que en vacas (48,7 cm<sup>2</sup>) y el EGS no presentó diferencias significativas entre ambas categorías (5,5 mm, en promedio).

El Cuadro 7 muestra una comparación entre vacas de descarte en dos planos de alimentación con novillos como referencia y el Cuadro 8 un resumen de diversos estudios en vacas de descarte con el objetivo de evaluar el efecto de la edad en las características de la canal.



**Cuadro 7.** Efecto de la alimentación y la raza de vacas de descarte y novillos sobre parámetros de la calidad de la canal (Stelzleni *et al.*, 2007)

Parámetros Medidos	Razas carniceras		Razas lecheras		Novillos Control
	Flacas - mantenimiento	Gordas	Flacas - mantenimiento	Gordas	
PCC (kg)	302 c	377 b	354 b	407 a	357 b
AOB (cm <sup>2</sup> )	72 cd	83 ab	68 d	79 bc	91 a

Nota: PCC: peso canal caliente; AOB: área ojo de bife; Valores de una misma línea con letras distintas son significativamente distintas (P<0,05).

**Cuadro 8.** Efecto de la edad en vacas de descarte sobre características de la canal.

Autor	Edad	Peso Vivo final (kg)	GMD (g/a/día)	PC (kg)	Rendimiento carnicero (%)	AOB (cm <sup>2</sup> )	EGS (mm)
Price y Berg (1981)	< 4 años	550	1590	250		69	0,7 a
	4 y 5 años	551	1210	281		67	1,1 b
	> 5 años	606	1190	284		63	1,2 c
Whythes y Shorthose (1991)	< 4 años	370 b		187 b	50,5 a		6,3 b
	5 y 10 años	444 a		222 a	50,0 a		9,1 a
	> 10 años	472 a		221 a	46,8 b		4,8 c
Restle <i>et al.</i> (2000) y	3 años	416 b	1608	202 b	48,6		2,22 b
	4 y 5 años	436 ab	1354	210 ab	48,1		2,47ab
Restle <i>et al.</i> (2001a)	6 y 8 años	453 a	1439	220 a	48,7		3,59 a
	12 años	434 ab	1333	211 ab	48,7		3,69 a
Galli <i>et al.</i> (2008)	3 años	422 b	575		52	64	8,2
	4 y 5 años	462 ab	581		51	58	11
	6 y 8 años	503 a	580		47	58	9,86
	12 años	486 ab	367		47	64	6,33

Nota: GMD: ganancia media diaria; g/a/día: gramos por animal por día; PC: peso canal; AOB: área ojo de bife; EGS: espesor de grasa subcutánea; letras diferentes a, b y c entre columnas son significativamente distintas (P<0,05).

Datos nacionales de las auditorías de calidad muestran que en los últimos 10 años los pesos de canal en vacas y vaquillonas promedian en 203,4 y 221,7 kg, respectivamente (Correa y Brito, 2017). En el Cuadro 9, se presentan los resultados según año auditado.

**Cuadro 9.** Peso de canal caliente en vacas y vaquillonas según año de la auditoria (Correa y Brito, 2017)

Categoría	Peso de canal caliente (kg)		
	2003	2008	2013
Vaquillonas	199,2	203,7	207,2
Vacas	218,6	221,7	224,7

### 1.6.2 Factores productivos y medio ambientales

La cantidad de energía de la dieta consumida afecta el peso canal, marmoleado y grasa subcutánea. A su vez, el tipo de dieta y la especie forrajera afectan factores de calidad como ser el color de la grasa y el músculo, el sabor y el aroma (Asenjo *et al.*, 2005).

La estimación de la composición de la canal *in vivo* (área de ojo de bife -AOB- y espesor de grasa -EGS o P8-) permite predecir el tiempo de alimentación requerido para alcanzar un punto de faena prefijado, existiendo buenas correlaciones entre las mediciones *in vivo* y *post mortem* (Brito y Pringle, 2001). El AOB es un buen estimador de la composición de la canal, con una significativa predicción de los cortes del trasero con alta proporción de músculo y de los del delantero con baja proporción muscular (de los Campos *et al.*, 2002). El EGS o P8 permiten evaluar diferentes grados de terminaciones entre animales de peso similar, teniendo buena estimación el registro *in vivo* y *post mortem* (Brito y Pringle, 2001).

Smith *et al.* (1992) trabajando con 452 novillos determinaron que las estimaciones de EGS *in vivo* estaban fuertemente correlacionadas con el EGS en la canal ( $r=0,81$ ).

Dietas con alta relación energía/proteína, determinan mayores rendimientos que dietas pastoriles, por menor contenido gastrointestinal y mayor almacenamiento de grasa luego que se satisfacen las necesidades de mantenimiento (Brito, 2002). Altos niveles alimenticios generan mayor engrasamiento y bajos niveles disminuciones significativas de grasa (Ávilez, 2006), generando los planos altos una acumulación de grasa total de un 20% del peso vacío y una menor proporción de tejido magro, con una fracción de grasa subcutánea entre 18 y 25% (Di Marco, 1993). En general, terminaciones en base a grano o con suplementación obtienen superficies de AOB más grandes y mayor engrasamiento (Cuadro 10).

**Cuadro 10.** Efecto del sistema de alimentación sobre diferentes parámetros de calidad de la canal de novillos

Fuente	Características	AOB (cm <sup>2</sup> )	EGS (mm)	PCC (kg)
Gil y Huertas (2001)	Pasturas	55,3	13,6	249
	Corral	61,3	8,2	268
Realini <i>et al.</i> (2004)	Pasturas	55,2		226
	Pasturas + concentrado	62,9		240
Luzardo <i>et al.</i> (2014c) Año 1	NOF4 + S0	53,8 a	4,57 b	220,9 a
	NOF2 + S0	48,7 b	3,27 b	187,4 b
	NOF2+ S0,8	55,5 a	6,29 a	228,8 a
Luzardo <i>et al.</i> (2014c) Año 2	NOF4 + S0	50,3 b	4,73 a	210,1 b
	NOF2 + S0,8	46,2 b	3,14 b	185,8 c
	NOF2+ S1,6	56,0 a	4,64 a	225,5 a

Nota: NOF4: nivel de oferta de forraje al 4% del peso vivo. NOF2: nivel de oferta de forraje al 2% del peso vivo. S: suplementación. 0; 0,8; 1,6 nivel de suplementación según % del peso vivo. AOB: área de ojo de bife. EGS: espesor de grasa subcutánea. PCC: Peso de canal caliente. a, b y c: medias con letras diferentes entre filas, son significativamente diferentes entre sí, para cada año (P<0,05).

Miller *et al.* (1987) estudiando vacas de raza carnífera alimentadas con bajo y alto nivel de energía (BE y AE) en base a ensilaje de maíz, hallaron ganancias (P<0,05) de 100 g/a/d para BE y 1000 g/a/d para AE, con PCC, AOB y EGS mayores (P<0,05) en AE (390 kg, 80,3 cm<sup>2</sup> y 15,5 mm, respectivamente) que en BE (299 kg, 70,7cm<sup>2</sup> y 3,5mm, respectivamente). Restle *et al.* (2000, 2001a) evaluaron diferentes niveles de suplementación con sorgo triturado (0, 0,3, 0,6 y 0,9 %PV) en vacas de descarte Charolais en pastoreo horario (raigrás anual y triticale) y Restle *et al.* (2001b) con niveles de 0, 0,4 y 0,8 %PV, sin observar diferencias en el PV, la GPV, el PCC, el rendimiento carnívero y el espesor de grasa.

En sistemas de encierre a corral en vacas, la duración del periodo de terminación y la dieta determinan diferencias en la composición de la canal (Cuadro 11).

**Cuadro 11.** Resultados productivos y de calidad de canal en vacas de descarte a corral

Autor	Características	Tratamientos	PVi	PVf	GMD (kg/d)	PCC (kg)	Rend. (%)	AOB (cm <sup>2</sup> )	EGS (mm)
Matulis <i>et al.</i> (1987)	Raza británica. Efecto del tiempo de invernada	0 día	432	379		199		47,4	12
		28 días		430		223		57,5	24
		56 días		468		254		62,8	57
		84 días		506		288		65,2	141
Brown y Johnson, 1991	Raza carnífera * Brahman. Heno <i>Cynodon</i> + pulpa citrus /melaza caña	Testigo			0,490	233	48,5	60	36
		Pulpa				246	50,4	66	49
		Melaza				695	252	50,8	65
Schnell <i>et al.</i> 1997	Diversas razas. Diferentes duraciones de encierre	17 días	479	477b	0,05c	237b	49,4b	49,5b	
		28 días	525	556a	1,04b	295a	53,1a	63,4a	
		42 días	507	564a	1,30b	298a	52,6a	63,9a	
		56 días	512	606a	1,74a	319a	52,7a	70,6a	
Kuss <i>et al.</i> , 2005	Charolais y Nelore, Promedio 8,5 años.	60 días		465		238b			
		75 días		507		258b			
		140 días		566		311a			
Stelzleni <i>et al.</i> , 2008	Angus x Brahman 85% maíz+15% cascara de algodón	Pastoreo	491	491b	0b	229b		64b	24b
		42 días		501b	0,370b	262b		72ab	41b
		84 días		581a	0,990a	311a		79a	95a
Moura <i>et al.</i> , 2013	Carnífera. 7,2 años. Ensilaje de maíz	1,08 %PV	438	531	1,810	258	45,0		38
		1,62 % PV		554	2,000	267	48,2		44

Nota: PV: Peso vivo; i: inicial, f: final, GMD: ganancia media diaria, PCC: peso de canal caliente; Rend: rendimiento; AOB: área de ojo de bife; EGS: espesor de grasa subcutánea. PCE: peso de canal enfiada. a y b: medias con letras diferentes entre columnas, son significativamente diferentes entre sí, para los diferentes autores.

## 1.7 PARÁMETROS QUE DEFINEN LA CALIDAD DE LA CARNE Y FACTORES QUE LA AFECTAN

### 1.7.1 pH y maduración

Con la muerte del animal cesa el aporte sanguíneo de oxígeno y nutrientes al músculo y comienzan a utilizarse las reservas de energía para sintetizar ATP y mantener la temperatura e integridad estructural. A medida que se reducen los niveles de ATP se forma simultáneamente fosfato inorgánico, estimulando la degradación de glucógeno a ácido láctico mediante glucólisis anaeróbica (Lawrie, 1998). La cantidad de glucógeno depende del tipo de fibras en el músculo, la raza, el sexo, el peso, la edad, el comportamiento, el nivel de estrés de los animales previo a la faena (Immonen *et al.*, citados por Hargreaves *et al.* 2004, Santini *et al.* 2003) y el plano nutricional. Dietas con altas concentraciones de energía permiten mayores reservas de glucógeno muscular (Santini *et al.*, 2003).

La producción de ácido láctico provoca la caída del pH desde valores de 7,0-7,7 hasta 5,4-5,8 (Lawrie, 1998). La rapidez e intensidad del descenso está determinada por la cantidad de ácido láctico que pueda acumularse. El pH final depende del aturdimiento, tiempo de maduración, empaquetado y velocidad de enfriamiento de la canal (Garrido *et al.*, 2005). Valores mayores 5,8 (normal) determinan un deterioro de la carne, condicionando la actividad enzimática, el sabor, el color, la terneza y la carga microbiana (Santini *et al.*, 2003).

En los procesos de descenso de pH y agotamiento de ATP, se establece el *rigor mortis* produciéndose la formación de enlaces permanentes entre los filamentos de actina y miosina y una reducción en la capacidad de la retención de agua en el músculo (Lawrie, 1998). A partir del *rigor mortis* ocurre el proceso de maduración y continúa durante el almacenamiento de la carne hasta su consumo. Este proceso se ve influenciado por la edad del animal, el sexo y la duración y temperatura de almacenamiento (Molinero *et al.*, 2005).

Las características organolépticas de la carne están determinadas por el descenso del pH, el pH final (Santini *et al.*, 2003) y las transformaciones enzimáticas y fisicoquímicas que ocurren en la maduración, donde se produce la oxidación de los lípidos intramusculares y la mioglobina que afectan el color y el flavor (Molinero *et al.*, 2005). La terneza y el sabor se

afectan por el tiempo y temperatura de refrigeración, siendo el indicado de 10-14 días a 2-4°C (Lawrie 1998, Ouali *et al.* 2006). La reducción de la temperatura minimiza las pérdidas de proteínas, inhibiendo el crecimiento bacteriano. Sin embargo, rápidas reducciones generan acortamiento por frío, determinando un menor grado de terniza (Brito, 2002).

Los valores de pH registrados en las auditorias de calidad de carne del Uruguay muestran que durante el año 2003 el 22,5% del total de las canales evaluadas presentaban valores superiores a 5,8, mientras que en 2008 y 2013 fue el 14,7 y 18,0% respectivamente. En vacas y vaquillonas durante 2013 los valores encontrados por encima del nivel adecuado de pH (5,8) fueron de 16,3 y 7,0% respectivamente (Correa y Brito, 2017).

### 1.7.2 Color

El color de la carne es uno de los factores determinantes de compra (Santini *et al.* 2003, Albertí *et al.* 2005, de la Fuente *et al.* 2005, Ouali *et al.* 2006), siendo desechados los colores extremos y apreciando un color rojo brillante (de la Fuente *et al.*, 2005).

A nivel nacional se cuentan con numerosos datos de color de carne y de grasa a partir de las auditorias de calidad del Uruguay. En el color del músculo (evaluado en forma visual a nivel del AOB) los resultados del año 2013 muestran que el 90,1% de las canales evaluadas presentaban coloración normal, variando la proporción de cortes oscuros según categoría (Cuadro 12). En el color de la grasa en el año 2008, el 8,0% de las canales presentaron grados de rechazo (7 y 8 según escala Aus-Meat), disminuyendo a 0,7% durante 2013. En este año, en vacas de 8 dientes los valores de rechazo fueron de 1,6% y en vaquillonas el 4,8% del total de las canales, sin presentar rechazos las vacas 6 dientes (Correa y Brito, 2017).

**Cuadro 12.** Distribución (%) del color del músculo según categoría en Auditoría 2013 (Correa y Brito, 2017).

Color del músculo	Novillo	Vacas	Vaquillonas	Total
Normal	88,4	94,8	98,7	90,9
Oscuro	11,6	5,2	1,3	9,1

El color se ve afectado con el sexo, la edad, raza y tipo de alimentación, con las condiciones *pre* y *post* faena que afectan la velocidad de caída de pH y su valor final (Lawrie 1998, Albertí *et al.* 2005), de la estructura de las proteínas (Lawrie, 1998), el proceso industrial, tipo de envasado, el tiempo de almacenamiento y las condiciones de comercialización (Lawrie 1998, Albertí *et al.* 2005, de la Fuente *et al.* 2005).

Cuando los animales contienen escasas reservas de glucógeno muscular a la faena se generan cortes oscuros (Winkler, citado por Lawrie 1998), con una consistencia seca, dura y algo pegajosa, con una mayor susceptibilidad al ataque de microorganismos (Lawrie, 1998). El color de la carne está definido por los parámetros L\* luminosidad, a\* rojo y b\* amarillo, que se encuentran correlacionados negativamente con el pH (Page *et al.*, 2001).

A una misma edad la concentración de mioglobina es mayor en hembras que en toros, sin existir diferencias con los novillos (Lawrie, 1998). Zea *et al.* (2007) encontraron que el L\* es ligeramente más alto y el b\* más bajo en machos que en hembras, siendo el a\* similar entre sexos. Sin embargo, Galli *et al.* (2008) no encontraron diferencias en el color del músculo, pero sí coloraciones más amarillas en la grasa de vacas mayores a 6 años en comparación a vacas menores a esa edad.

La raza puede hacer variar el color. Wulf *et al.*, (1997) determinaron que animales *Bos Taurus* presentan valores de L\* mayores y de a\* menores en carne que *Bos Indicus* ( $P < 0,05$ ).

Altos contenidos energéticos en la dieta disminuyen el contenido de pigmentos de mioglobina, resultando un color más claro en la carne (Boleman *et al.*, 1996). Por su parte, las pasturas (con altos contenidos de carotenos) provocan coloraciones más amarillas en la grasa y más oscuras en el músculo (Priolo *et al.*, 2001). Diversos estudios en novillos (Cuadro 13) evaluaron el efecto del sistema de alimentación, coincidiendo en que la inclusión de suplemento determina mayores valores de luminosidad (L\*), rojo (a\*) y amarillo (b\*).

**Cuadro 13.** Parámetros de color de carne y de grasa en diversos estudios con diferencias en los planos alimenticios.

	Tratamiento	Color de la carne			Color de la grasa		
		L*	a*	b*	L*	a*	b*
Realini <i>et al.</i> , 2004.	Pasturas	33,8	20,5	8,8	72,4a	5,9	15,2a
	Concentrado	35,6	20,4	8,4	71,8ab	5,2	13,5b
	Concentrado + Vit E	36,3	20,9	9,2	69,8b	5,5	14,5ab
Stelzeni <i>et al.</i> , 2008	Pastura	35,7 c	24,5 b	9,7 b			
	42 días de encierre	37,8 a	26,0 a	10,7 a			
	84 días de encierre	37,0 b	26,1 a	10,5 a			
Brito <i>et al.</i> , 2014. Año 1	NOF 4% PV – S 0% PV	36,6 ab	13,3 b	7,0 b			
	NOF 2% PV – S 0% PV	34,9 b	12,4 b	6,4 b			
	NOF 2% PV – S 0,8% PV	39,7 a	15,8 a	8,8 a			
Brito <i>et al.</i> , 2014. Año 2	NOF 4% PV – S 0% PV	37,5	14,4 b	8,3 b			
	NOF 2% PV – S 0,8% PV	40,5	14,6 b	8,7 b			
	NOF 2% PV – S 1,6% PV	39,5	17,2 a	10,4 a			

Nota: NOF: nivel de oferta de forraje. S: Suplementación. L\*, a\* y b\*: parámetros de color. a, b y c: medias con letras diferentes entre columnas, son significativamente diferentes entre sí, para cada autor ( $P < 0,05$ ).

Zea *et al.* (2007) trabajaron con machos y hembras evaluando el efecto de diferentes tipos de alimentación, determinando que el sistema de alimentación afectó los valores de L\* y b\* en la carne de machos y los valores de L\* y b\* en la grasa de hembras. La carne de los animales alimentados con ensilado de pradera presentaron valores de L\* y b\* más bajos que los alimentados con concentrado. En vacas de descarte, Dijkhuis *et al.* (2008) encontraron valores de 40,3, 25,9 y 10,4 para L\*, a\* y b\*, respectivamente, en vacas de descarte cruza con Brangus. Weber *et al.* (2012) obtuvieron valores similares de L\* (39,1) y a\* (28,0) en sus estudios pero mayores valores de b\* (17,4) en vacas de descarte con razas carniceras de sangre británica, entre 2 y 8 años de edad, alimentadas con una dieta a base de concentrado.

### 1.7.3 Terneza

La terneza se encuentra afectada principalmente por los procesos ocurridos luego de la faena (descenso de pH, tasa de enfriamiento, estimulación eléctrica, periodo de maduración, envasado, manejo y preparación de los cortes y su cocción) (Teira, 2004). Sin embargo, la



especie, raza, edad, sexo y tipo de músculo (Sinex, citado por Takahashi, 1996), contenido de tejido conectivo, de colágeno, colágeno soluble y grasa intramuscular (GIM) también determinan los valores de terneza (Lawrie 1998, Franco y Feed, 2004).

La calpastatina es una enzima que forma parte del sistema de proteínas activadas por  $Ca^{2+}$  responsable de la terneza *postmortem* de la carne. A su vez, es inhibidora de la calpaínas, que son las enzimas responsables de la proteólisis *postmortem* de las proteínas del músculo (Motter *et al.*, 2009). Wulf *et al.* (1997), Crouse *et al.*, Shacklford *et al.*, citados por Soria y Corva (2004), demostraron que a medida que aumenta la proporción de cebú en las cruzas la terneza disminuye por la mayor actividad de calpastatina a las 24 horas en comparación a las razas europeas.

Según Marsll, citado por Soria y Corva, 2004, las razas de origen continental producen carne ligeramente más dura que las británicas y contienen menor contenido de GIM. Franco *et al.* (2002) evaluaron las diferencias entre la raza Hereford y sus cruzas con Aberdeen Angus, Nelore y Salers, encontrando que la fuerza de corte aumenta a medida que la proporción de sangre indica es mayor, debiéndose a una menor proteólisis y mayor nivel de calpastatinas que determinan menor velocidad y profundidad de los efectos de maduración.

Cuando el animal crece la solubilidad del colágeno baja, reduciéndose el tejido conectivo que disminuye la terneza (Bate-Smith, Hiner y Hankis, citados por Lawrie, 1998). Boleman *et al.* (1996) encontraron que la terneza de la carne y el espesor de grasa de la canal se encuentran ( $P < 0,01$ ) correlacionadas (-0,36), determinando que parte de la reducción de la fuerza de corte se debe a la disminución del acortamiento por frío debido al aumento del espesor de grasa que ejerce un efecto aislante. Para Page *et al.* (2001) canales con menos de 0,76 cm de espesor de grasa producen carne menos tierna que las canales más grasas, debido en parte a las diferencias en las tasas de glicolisis. Para Kopp, citado por Sañudo *et al.* (2004), la solubilidad del colágeno es máxima a los 13 meses de edad.

Field *et al.*, citados por Ruiz de Huidobro *et al.* (2003) observaron que los valores de terneza en vaquillonas son menores (más tierna) que en toros, disminuyendo estas diferencias cuando se pasa de 2 a 21 días de períodos de maduración aplicados.

En el Cuadro 14 se presenta un resumen de estudios de investigación en vacas de descarte en donde se puede observar que los factores utilizados (estado fisiológico, edad de las vacas, días de engorde a corral y biotipo) a nivel de cada estudio no generó diferencias estadísticamente significativas en los valores de fuerza de corte (estimador del nivel de terneza) por efecto de los tratamientos aplicados.

**Cuadro 14.** Resultados en fuerza de corte (kgF) de carne en vacas de descarte según el estado fisiológico y edad

<b>Autor</b>	<b>Características</b>	<b>Tratamientos</b>	<b>Terneza</b>
Grassi y Müller, 1991	Vacas Charolais y Angus de 7-11 años, terminadas a campo natural durante un periodo de 185 días de engorde	Vacías	8,1
		Preñadas	7,7
		Castradas quirúrgicamente	7,5
		Castradas DIU	7,4
Galli <i>et al.</i> , 2008	Vacas Hereford sobre una pradera de festuca y alfalfa durante 140 días de engorde	3 años	5,1
		4 y 5 años	5,8
		6 y 8 años	5,4
		12 años	4,7
Malterre <i>et al.</i> , 1989	Vacas Limousin a corral (días de engorde)	79 días	3,0
		123 días	4,2
Restle <i>et al.</i> , 2003	Vacas Charolais (C) y sus cruizas con Nelore (N). Engorde a Corral por 80 días	Charolais (C)	5,9
		3/4C+1/4Nelore (N)	5,7
		1/2C+1/2N	5,7

La alimentación previa a la faena tiene efecto sobre las características sensoriales de la carne, pudiendo reducir el endurecimiento de la carne asociado con la edad (Boleman *et al.*, 1996). La mayor ganancia de peso obtenida a partir de mayores niveles de consumo de energía genera canales más engrasadas con menor edad de faena; a su vez, determina una mayor cantidad y actividad de las enzimas responsables de la degradación de las fibras musculares, afectando de esta forma la composición muscular y la deposición de tejido magro que lleva a un menor contenido de agua y mejoras en la terneza, asociado a una menor cantidad de tejido conectivo y mayores grados de marmoreo. Las dietas de alta energía también determinan elevadas tasas de síntesis proteica (Aberle *et al.*, Miller *et al.*, citados por

Boleman *et al.*, 1996), lo que resulta en un incremento de la proporción de colágeno soluble en la carne (Aberle *et al.*, citados por Boleman *et al.*, 1996).

Estudios realizados por Brito *et al.* (2014) resaltan el hecho que la carne proveniente de novillos terminados en granos presenta valores de terneza mayores o similares a la proveniente de animales terminados en pasturas. En el Cuadro 15 se presentan los valores de fuerza de corte obtenidos para diferentes periodos de maduración y sistema de alimentación en dos investigaciones en donde se evaluaba el efecto del sistema de alimentación en la calidad de la carne de novillos Hereford.

**Cuadro 15.** Fuerza de corte (kgF) en carne de novillos Hereford según dieta y días de maduración.

Autor	Tratamiento	Fuerza de corte según días de maduración			
		Inicial	7 días	14 días	20 días
Realini <i>et al.</i> , 2004	Pastura	4,7	2,9 b	2,8 b	
	Concentrado	4,5	3,8 a	3,4 a	
Brito <i>et al.</i> , 2014 Año 1	NOF4 + S0		3,5		3,1
	NOF2 + S0		4,2		3,3
	NOF2 + S0,8		3,5		3,0
Brito <i>et al.</i> , 2014 Año 2	NOF4 + S0		3,7		3,2
	NOF2 + S0		3,8		3,4
	NOF2 + S0,8		4,6		3,9

Nota: NOF2: nivel de oferta de forraje al 2% del peso vivo; NOF4: nivel de oferta de forraje al 4% del peso vivo. S0: sin asignación de suplemento; S0,8: Suplementación con sorgo al 0,8% del peso vivo. a y b: medias con letras diferentes entre columnas, son significativamente diferentes entre sí ( $P < 0,05$ ).

En el estudio llevado a cabo por Realini *et al.* (2004) los valores de fuerza de corte fueron menores en el sistema de alimentación exclusivamente pastoril, tanto para 7 como para 14 días de maduración. Por su parte, Brito *et al.* (2014) no encontraron diferencias en los valores de fuerza de corte para un mismo periodo de maduración entre sistemas de alimentación. En ambos estudios, se destacan valores de fuerza de corte menores a 5 kgF. Sin embargo, en el estudio realizado por Realini *et al.* (2004) se observó un mayor efecto de la maduración en la carne proveniente de animales alimentados en pasturas, dado que luego de 7 y 14 días de maduración la carne proveniente de estos animales presentó una menor

fuerza de corte que aquella proveniente de animales terminados con concentrado. En el estudio de Brito *et al.* (2014), las disminuciones fueron menores.

Diversos estudios de investigación de origen internacional evaluaron los niveles de fuerza de corte en vacas de descarte a partir de diferentes días de encierre a corral (Cuadro 16). En general, se observó que a medida que aumenta el peso de la canal los valores de fuerza de corte disminuyen, pudiendo concluir que al aumentar el periodo de engorde en donde el animal consume dietas de alta energía aumenta el engrasamiento de la canal y el colágeno soluble permitiendo mejorar los niveles de terneza de la carne.

**Cuadro 16.** Fuerza de corte obtenida en carne de vacas de descarte según el largo del período de confinamiento

Autor	Raza	Edad (años)	Días de confinamiento	Peso de canal (kg)	Fuerza de corte (kg/F)
Matulis <i>et al.</i> (1987)	Británicas	Entre 9 y 13	0	198,6 d	9,0 b
			28	225,5 c	10,4 b
			56	253,7 b	6,5 a
			84	287,9 a	6,4 a
Kuss <i>et al.</i> (2005)	Charolais y Nelore	8,5	60	298,0 b	3,9 b
			75	258,0 b	4,9 a
			140	311,1 a	4,9 a
Stelzleni <i>et al.</i> (2008)	Angus x Brahman	Sin información	0	229,3 b	9,0 a
			42	261,6 b	6,15 b
			84	311,1 a	5,3 b

La terneza está influenciada por el pH final de la carne y la velocidad con que se alcanza el mismo (Santini *et al.*, 2003), siendo mayor cuando el descenso de pH es lento (Lawrie 1998, Brito *et al.*, 2002b). El pH *post mortem* temprano desempeña un papel importante en la determinación del grado de ablandamiento del músculo ya que la actividad de las proteasas es influenciada por el pH del músculo y la inconsistencia en terneza se puede deber a la variabilidad en el índice de disminución del pH *post mortem* temprano (O'Halloran *et al.*, citados por White *et al.* 2006). Las enzimas responsables de la degradación de las fibras musculares y del tejido conectivo están marcadamente

influenciadas por el pH y la presencia de calcio. En la medida que el pH es más bajo, menor es la capacidad de retención de agua de las proteínas musculares, lo que determina un arreglo menos compacto de las fibras musculares, dejando mayor espacio entre las fibras musculares y consecuentemente determinado una mayor terneza (Santini *et al.*, 2003).

Cuando el músculo es enfriado a temperaturas por debajo de los 15-16°C antes de comenzar el *rigor mortis* puede causar acortamiento por frío con la consecuente pérdida de terneza. Este problema se acentúa cuando los animales presentan baja cobertura de grasa ya que la misma actúa como medio aislante disminuyendo la velocidad de transferencia de calor (Teira, 2004). Takahashi (1996) considera que para obtener carne de alta calidad, en un animal razonablemente terminado, la maduración *post mortem* de la carne debe ser aproximadamente a 4°C. Por su parte, Hannula y Puolanne, citados por White *et al.* (2006) determinaron que la temperatura al inicio del *rigor mortis* tiene una influencia importante en la terneza de la carne y que se debe mantener entre 7-10°C.

La terneza alcanzada durante el tiempo de maduración será menor cuando la dureza del músculo es mayor durante el *rigor mortis* (Swatland, citado por Chacón, 2004). Sin embargo, como resultado de la proteólisis de proteínas miofibrilares que es mediado por las calpaínas, la maduración puede disminuir los valores de fuerza de corte (Koochmaraie 1996).

Diversos autores señalan que la maduración produce mejoras en la terneza de la carne. Para Epley y Parrish, citados por Chacón, 2004, el aumento de la terneza se da principalmente durante los primeros días de maduración (de 3 a 7 días), luego los cambios son relativamente pequeños. Dransfield, citado por Molinero *et al.* (2005) considera que después de 10 días de almacenamiento a 1°C, se alcanza cerca de un 80% de la terneza máxima. Brito *et al.* (2002a) y Stolowski *et al.* (2006) indican que la terneza se incrementa hasta los 14 días de maduración, luego se estabiliza, aunque existe variación entre músculos en términos del periodo óptimo de maduración. Por su parte, Takahashi (1996) señala que la terneza de la carne vacuna es mejorada perceptiblemente con maduraciones de 28 días.

Mandell *et al.* (2006) trabajando con vacas de descarte a efectos de medir características de calidad de canal y carne, observaron que con diferentes días de

maduración el pH no presentó diferencias significativas. Sin embargo, el análisis de contraste realizado entre los diferentes días de maduración para la terneza mostró importantes diferencias a medida que aumentaba el tiempo del mismo (Cuadro 17).

**Cuadro 17.** Variación del pH y la terneza según el efecto de los días de maduración (Mandell *et al.*, 2006)

Parámetros medidos	Días de maduración				P
	2	7	14	28	
pH	5,68	5,63	5,66	5,64	>0,01
Terneza (kgF)	5,41	5,06	4,44	3,70	<0,01

#### 1.7.4 Ácidos grasos

Junto con las proteínas y los carbohidratos, los lípidos son uno de los constituyentes base del organismo, siendo parte esencial de las membranas celulares, precursores de hormonas y fuente de reserva energética (Depetris y Santini, 2005).

Los ácidos grasos (AG) son clasificados en AG saturados (AGS; sin dobles enlaces) e insaturados (con dobles enlaces). Estos últimos se dividen en monoinsaturados (AGMI; un doble enlace) y poliinsaturados (AGPI; más de un doble enlace) (Depetris y Santini, 2005). Los AGPI a su vez, se subdividen en omega 3 (n3) y omega 6 (n6). De estos AG, el ácido linolénico (n3) y el ácido linoleico (n6) son considerados esenciales por la incapacidad del organismo de sintetizarlos, debiendo ser incorporados con la dieta y son los precursores de los restantes ácidos que corresponden a esta categoría (Simopoulos *et al.*, citados por Sanhueza *et al.*, 2002; Depetirs y Santini, 2005).

En promedio, los AGS constituyen el 44% de los AG de los lípidos de los vacunos, mientras que los AGMI alcanzan el 45% y el restante 5% es representado por los AGPI (Duckett y Realini, 2002).

Los principales AGS en la carne roja son el palmítico (16:0), el esteárico (18:0) (Scollan *et al.* 2006 y Higgs, citados por Saadoun y Cabrera 2012), representando este último el 30% de los AGS totales y en menores cantidades el mirístico (14:0) (Scollan *et al.*, 2006).

El AGMI principal es el ácido oleico (18:1 n9) el cual representa entre el 30 y 40% de la grasa de la carne (Scollan *et al.* 2006 y Higgs, citados por Saadoun y Cabreara 2012). Otros AGMI encontrados en rumiantes son el ácido caproico (10:1 n1), lauroico (12:1 n3) y palmitoleico (16:1 n7). Por su parte, el ácido *trans* vaccénico (*trans*-11 18:1, TVA) es producido por los microorganismos del rumen (Scollan *et al.* 2006).

Los AGPI, principalmente los de la serie n3, son considerados beneficiosos para la salud humana (Scollan *et al.* 2006). Según el Departamento de Salud del Reino Unido (1994) la relación AGPI/AGS recomendada debe ser superior a 0,45, mientras que la relación n6/n3 debería ser menor o igual a 4.

Los AGPI principales son el ácido linoleico (18:2) y linolénico (18:3), precursores de las series n6 y n3, respectivamente, representando el 2% de los AG de los triglicéridos totales. Sus derivados son el ácido araquidónico (20:4 n6), el eicosapentaenoico (EPA, 20:5 n3) y el docosohexaenoico (DPA, 22:6 n3) (Scollan *et al.*, 2006). El 18:3 n3 es el mayor AG en los lípidos de las pasturas (Lawrie, 1998), dando lugar a concentraciones más altas de n3 en los lípidos del músculo (Nuremberg *et al.*, Warren *et al.*, citados por Scollan *et al.*, 2006). El ácido graso 18:2 n6 predomina en los granos (Dewhurst *et al.*, citados por Scollan *et al.*, 2006), encontrándose en comparación con la carne a una concentración 20 veces mayor en los aceites vegetales (Lawrie, 1998). La relación entre los n6 y n3 es beneficiosa en carne de rumiantes, especialmente de la que proviene de animales alimentados sobre pasturas, determinando un cociente bajo, favorable para la salud humana (Wood *et al.*, 2003).

La carne bovina es una fuente dietaria del ácido linoleico conjugado (CLA) el cual ocurre naturalmente en el rumen. Este isómero se produce como resultado del proceso de biohidrogenación en el rumen en el cual los AG insaturados de la dieta son isomerizados y parcialmente saturados (Tricon *et al.*, citados por Saadoun y Cabrera, 2012). Según Chin *et al.*, citados por Duckett y Realini (2002), los niveles de CLA varían entre 3,8 y 4,3 mg/g de grasa y para Raes *et al.*, citados por De la Torre *et al.*, 2006, variando entre 1,2 y 12,5 mg/g de grasa.

El perfil de AG de la carne varía según las proporciones de grasa y parte magra presentes en el músculo. La carne magra tiene más alta proporción en AGPI y más baja en AGS (menos de 2 g/ 100 g de carne) que la carne a la cual no se le aplicaron recortes del tejido graso (Saadoun y Cabrera, 2012) ya que este presenta un alto contenido de AGS (37 g por 100 g de carne) (Li *et al.*, 2005, citados por Saadoun y Cabrera, 2012).

El sexo y la edad del animal afectan la cantidad de AG (Saadoun y Cabrera, 2012). Wood, citado por Wood *et al.* (2003) registró un valor de 14,7% de 18:0 del total de AG en vacas jóvenes entre 16 y 24 meses de edad y de 2,7% en novillos de 11 años. Montossi y Sañudo (2003) estudiando la composición de AG en el músculo *Longissimus dorsi* encontraron que la mayor diferencia entre animales de distintas edades (novillos de 2 años y 3 años) se da en el contenido de AGPI, reflejando la diferencia encontrada en la relación AGPI/AGS, donde los animales más jóvenes presentaron una mejor relación, mientras que este grupo de investigadores no encontraron diferencias en el cociente n6/n3. de la Torre *et al.* (2006) observaron un mayor contenido de CLA en animales jóvenes que en adultos.

Diversos estudios nacionales demuestran que el biotipo no afectó el contenido y la composición lipídica de la carne de novillos (Cuadro 18).

**Cuadro 18.** Efecto del biotipo en el contenido y composición lipídica en la carne en novillos

Fuente	Biotipo	AGS (g/100g de grasa)	AGMI (g/100g de grasa)	AGPI (g/100g de grasa)
Grompone <i>et al.</i> (2002)	Hereford	44,8	39,2	10,7
	A. Angus x Hereford	45,4	40,2	8,9
	Salers x Hereford	46,3	41,3	9,4
	Nelore x Hereford	46,2	39,1	9,0
Franco y Feed (2004)	Hereford	45,1	39,1	10,8
	A. Angus x Hereford	45,2	39,8	8,9
	Salers x Hereford	45,5	41,3	9,1
	Nelore x Hereford	45,7	39,3	9,1

En contraposición a estos resultados, Terevinto, citado por Saadoun y Cabrera (2012) encontró diferencias en la composición de AG de novillos Hereford y Braford alimentados en



pasturas, siendo los niveles de AGPI 18:3 y 20:4 superiores en la raza Braford que en la Hereford. Por su parte, Saadoun *et al.*, citados por Cabrera y Saadoun (2014) comparando la composición lipídica de la carne en novillos Hereford y Braford sobre pasturas, encontraron que la carne de Braford tenía una concentración más alta de AGPI. Mir *et al.*, citados por Saadoun y Cabrera (2012) consideran que las diferencias entre razas están indirectamente relacionadas al contenido de CLA, teniendo algunas razas una mayor tendencia a depositar más GIM por lo que pueden depositar una mayor concentración de CLA.

La composición de los AG en los rumiantes es influenciada por la dieta, pero en menor medida que en los monogástricos, debido a la biohidrogenación de los AG dietéticos que ocurre en el rumen (Scollan *et al.*, 2006). El rumen a través de las bacterias tiene capacidad de saturación de AG insaturados, pero su capacidad de saturación no es total. Cuando en el alimento el aporte de AG insaturados es alto, se incrementa la cantidad que escapan a la hidrogenación ruminal y una mayor proporción es depositada en el tejido adiposo. A su vez, los AG depositados en la carne sufren un proceso de desaturación parcial, el cual permite aumentar la proporción final de AGPI (Santini *et al.*, 2003). Por lo tanto, el tipo de alimentación y su nivel energético tienen influencia en el engrasamiento de las canales, en la composición de los AG de los depósitos subcutáneos e intramusculares (Zea 2005, Demeyer y Doreay, Mir *et al.*, citados por De la Torre, *et al.* 2006) y en el contenido de CLA (Mir *et al.*, citados por De la Torre *et al.*, 2006).

Estudios de Realini *et al.* 2004, Bressan *et al.*, Descalzo *et al.*, García *et al.*, Latimori *et al.*, Montossi *et al.*, Morales *et al.*, Saadoun *et al.*, Schor *et al.*, citados por Cabrera y Saadoun (2014) demostraron que la carne proveniente de sistemas pastoriles tiene un menor contenido de GIM (1,6-3,6%) que la proveniente de sistemas de confinamiento (3,2-7,7%).

French *et al.* (2003) estudiaron la composición de AG en novillos con diferentes niveles de concentrado (C: 0, 2,5 y 5,0 kg/a/d) y asignaciones de forraje (AF: 6, 12 y 18 kgMS/a/d), hallando que con altas AF, el nivel de C tuvo poco efecto en los AGS y AGMI. Sin embargo, a mayor nivel de C la proporción de 14:0 fue mayor y menor la de 18:3 ( $P<0,01$ ). A bajas AF y altos niveles de C la proporción de 16:0 y 18:0 fue menor, aumentando la de 16:1, 18:1 ( $P<0,05$ ) y 18:2 ( $P<0,01$ ), en comparación a bajos niveles de C. En sistemas pastoriles, altas

AF disminuyeron los AGS ( $P<0,01$ ), aumentando los AGMI ( $P<0,01$ ), en comparación a bajas AF. La relación  $n6/n3$  en dietas pastoriles fue de 3,8 y con concentrado *ad libitum* fue de 5,6.

Realini *et al.* (2004) en un estudio comparativo de dietas (pasturas vs. concentrados) sobre la composición de AG en carne de novillos Hereford, encontraron que la proporción de AGS fue similar en ambas. Sin embargo, en los sistemas pastoriles la proporción de AGMI fue menor ( $P<0,05$ ) y mayor la de AGPI mayor ( $P<0,01$ ) y la relación AGPI/AGS que en sistemas con concentrados. Resultados similares hallaron Duckett *et al.*, citados por Realini *et al.* (2004), donde la relación AGPI/AGS fue más alta (0,26) en animales terminados en pasturas que en concentrados (0,07) ( $P<0,01$ ).

Diversos estudios experimentales encontraron mayores concentraciones de AGPI en novillos sobre pasturas que en animales terminados a grano (Westerling y Hedrick, Williams *et al.*, Marmer *et al.*, Mandell *et al.*, citados por Duckett y Realini, 2002, Realini *et al.*, 2004, Descalzo *et al.*, García *et al.*, Padre *et al.*, citados por Cabrera y Saadoun, 2014).

En general, la relación  $n6/n3$  es menor en animales terminados a pastura (1,44-3,64) que a grano (2,79-5,84) (Duckett *et al.*, citados por Realini *et al.* 2004, Descalzo *et al.*, García *et al.*, Pensel *et al.*, Padre *et al.*, Pordomingo *et al.*, citados por Cabrera y Saadoun, 2014) o animales terminados en corrales (6,38) (Duckett *et al.*, citados por Realini *et al.*, 2004). Montossi y Sañudo (2003) en Uruguay hallaron relaciones  $n6/n3$  de 1,42 en novillos sobre pasturas mejoradas.

French *et al.* (2003) encontraron aumentos de CLA en novillos a pastoreo comparado con alimentaciones en base a concentrados, con un promedio de 1,08% y de 0,37%, respectivamente. Realini *et al.* (2004) y de la Fuente *et al.*, citados por Cabrera y Saadoun (2014) informaron niveles de CLA superiores en animales sobre pasturas que en animales con concentrado (0,53% vs. 0,25% y 0,54-0,57% vs. 0,23-0,34%, respectivamente). Latimori *et al.*, Bressan *et al.*, citados por Cabrera y Saadoun (2014) encontraron resultados similares (pasturas de 0,67 y 0,49-0,64% y concentrados de 0,28 y 0,44%, respectivamente).

Estudios de Zea *et al.* (2007) en vacas y novillos encontraron que el nivel energético de la dieta influyó en el engrasamiento y composición de los AG. La proporción de AGS,  $n6$  y la

relación n6/n3 fue más alta en los alimentados con concentrados en relación a los alimentados con ensilados, teniendo estos últimos niveles más altos de AGP, n3 y una mayor relación AGPI/AGS. Los AGS y AGMI fueron mayores en hembras, siendo los niveles de n6 y n3 similares en ambos sexos.

Noci *et al.* (2005) evaluaron el efecto de la duración de pastoreo en la composición de AG de la grasa muscular y del tejido adiposo en vaquillonas, encontrando que el contenido de AGPI, n3 y la relación AGPI/AGS aumentaban con la duración del pastoreo, mientras que la proporción de AGS disminuía, sin encontrar diferencias en los AGMI (Cuadro 19).

**Cuadro 19.** Contenido y composición lipídica según días de pastoreo (Noci *et al.*, 2005)

Días de pastoreo	AGS (g/100g de grasa)	AGMI (g/100g de grasa)	AGPI (g/100g de grasa)	n6	n3	AGPI/AGS
0	47,3	43,2	2,9	1,6	0,8	0,06
40	47,8	40,7	3,2	1,7	1,0	0,07
99	47,2	42,2	3,3	1,6	1,0	0,07
158	45,2	42,2	3,9	1,8	1,2	0,09

## 2. MATERIALES Y MÉTODOS

El trabajo experimental constó de la realización de un experimento ejecutado durante el año 2013 en la Unidad Experimental “Glencoe”, perteneciente a la Estación Experimental INIA Tacuarembó, ubicada en la región de Basalto del Uruguay. El mismo fue llevado a cabo de acuerdo con las recomendaciones establecidas por la Comisión Honoraria de Experimentación Animal del Uruguay (CHEA).

### 2.1 LOCALIZACIÓN Y PERÍODO EXPERIMENTAL

La Unidad Experimental “Glencoe” – INIA Tacuarembó, se encuentra ubicada en la región Basáltica 32° 00' 24" S, 57° 08' 01" O, 124 metros sobre el nivel del mar. Los suelos de esta Unidad pertenecen a la Unidad “Queguay Chico” sobre la formación de suelos del Basalto, predominando el suelo superficial negro sobre los suelos superficiales pardo rojizos y profundos, ocupando el 37, 33 y 30%, respectivamente (Berreta *et al.*, 2001).

La duración del experimento fue de 130 días, desde el 15 de mayo hasta el 23 de setiembre del año 2013.

Luego de finalizado el periodo de engorde los animales fueron faenados en un establecimiento frigorífico comercial (Marfrig Tacuarembó) y los análisis correspondientes a la calidad de carne fueron realizados en el Laboratorio de Tecnología de la Carne, perteneciente a INIA Tacuarembó.

### 2.2 INFORMACIÓN CLIMÁTICA

El Cuadro 20 presenta la información de los registros pluviométricos totales anuales y promedios de una serie histórica (2003 – 2013) y el Cuadro 21 las precipitaciones ocurridas durante el periodo en que se realizó el experimento (mayo a setiembre) en relación a la misma serie histórica en la Unidad Experimental “Glencoe”. Las precipitaciones ocurridas durante 2013 se encontraron entorno al promedio de los años tenidos en cuenta. Sin embargo, cuando se observan los datos mensuales en donde ocurrió el experimento los promedios anuales superan (36%) al promedio de la serie histórica considerada.

**Cuadro 20.** Registros pluviométricos totales anuales (mm) y promedio anual (mm)

Año	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	Promedio
Total	1385	893	1453	1081	1550	872	1434	1568	1173	1821	1346	1353
Promedio	115	74	121	90	129	73	120	131	98	152	112	113

**Cuadro 21.** Registros pluviométricos (mm) durante los meses del experimento

	Mayo	Junio	Julio	Agosto	Setiembre	Promedio
Precipitaciones – 2013	212	75	46	6	153	115
Precipitaciones Promedio 2003 – 2013	126	80	47	85	80	84

En el Cuadro 22 se muestra la información de temperatura (máxima, mínima y promedio) desde el año 2010 al año 2013 durante los meses de experimentación en la Unidad Experimental “Glencoe”. Las temperaturas ocurridas durante el año de estudio no presentan diferencias sustanciales con el promedio de los años anteriores.

**Cuadro 22.** Temperatura máxima, mínima y promedio (°C) mensual de 2010 a 2013

	Año	Mayo	Junio	Julio	Agosto	Setiembre
Tmáx (°C)	2010	26,4	22,3	27,9	28,6	27,6
Tmín (°C)		1,9	0,3	-4,8	-3,7	0,9
Tprom (°C)		14,6	11,4	10,8	11,4	15,0
Tmáx (°C)	2011	24,4	23,6	26,0	30,2	29,0
Tmín (°C)		3,0	-1,9	-2,2	0,6	4,0
Tprom (°C)		13,9	10,8	10,2	12,6	16,2
Tmáx (°C)	2012	28,2	29,4	28,0	30,3	29,2
Tmín (°C)		1,8	-4,5	-4,3	1,3	1,5
Tprom (°C)		16,4	11,9	8,8	15,2	15,5
Tmáx (°C)	2013	25,7	24,7	27,1	28,7	34,9
Tmín (°C)		-0,4	-0,4	-0,5	-2,6	-0,8
Tprom (°C)		14,1	11,8	11,6	11,0	15,0

T: temperatura; máx: máxima; mín: mínima; prom: promedio.

### 2.3 TRATAMIENTOS Y DISEÑO EXPERIMENTAL

El diseño experimental fue completamente al azar (DCA), con dos repeticiones. Fueron utilizadas 40 vacas de descarte Hereford pertenecientes a la Unidad Experimental "Glencoe". El PV promedio inicial del total de vacas fue de  $480,2 \pm 48,5$  kg. Los animales fueron asignados en forma aleatoria según su peso vivo y edad en cuatro tratamientos (T) de 10 animales cada uno, con 5 animales/repetición. Los T consistieron en la asignación de dos niveles de ofertas de forraje (NOF; 2 y 4% del peso vivo -PV-) y tres niveles de suplementación (0, 0,8 y 1,6% PV) con afrechillo de arroz (AA) sin desgrasar y molido, combinados de la siguiente manera: T<sub>1</sub>: NOF 2% + 0AA, T<sub>2</sub>: NOF 4% + 0AA, T<sub>3</sub>: NOF 2% + AA 0,8% y T<sub>4</sub>: NOF 2% + AA 1,6% (Cuadro 23).

**Cuadro 23.** Tratamientos experimentales aplicados

Tratamiento	Nivel de oferta de forraje (NOF, %PV)	Nivel de suplementación (%PV)
1	2	0
2	4	0
3	2	0,8
4	2	1,6

### 2.4 MANEJO DE LOS ANIMALES, PASTURAS Y SUPLEMENTACIÓN

La superficie total utilizada fue 36 ha, dividida en dos potreros sembrados con avena (Cuadro 24), presentando uno de ellos raigrás espontáneo resultante de siembras anteriores.

**Cuadro 24.** Manejo previo y durante la siembra del verde invernol (2013)

Labor	2013
Material genético	<i>Avena bizantina</i> cv. INIA Halley
Método de siembra	En línea
Fecha de siembra	26 de marzo
Densidad de siembra	100 kg/ha
Fertilización a la siembra	100 kg/ha de 25/33/0 (NPK)
Refertilización	60 kg/ha de Urea

Los suelos predominantes en los potreros utilizados son medios a profundos.

Las parcelas de pastoreo se asignaron según el NOF de 2 o 4%, en función del PV de los animales y la disponibilidad de forraje (kgMS/ha) de cada parcela. El área de pastoreo se calculó para 14 días, subdividiendo las mismas en sub-parcelas de 7 días de ocupación. Para los animales de los T suplementados se realizó un periodo de acostumbramiento al consumo del mismo previo al comienzo del estudio durante 10 días, incrementándose diariamente la cantidad de suplemento hasta alcanzar el nivel deseado (Cuadro 23). Posteriormente, se ajustó la entrega de AA según el promedio de PV de cada repetición cada 14 días, coincidiendo con la pesada de los animales. El suministro de suplemento se realizó en comederos grupales ubicados en cada parcela a primera hora de la mañana.

En cada parcela de pastoreo se ubicó un bebedero grupal con agua ofrecida *ad libitum* y con bloques de sal mineral. La composición química de los bloques se presenta en el Cuadro 25.

**Cuadro 25.** Composición química de los bloques de sal mineral utilizados

<b>Componente</b>	<b>Cantidad</b>	<b>Componente</b>	<b>Cantidad</b>
Fósforo (P)	3,7 – 5,0%	Yodo (I)	40 mg/kg
Calcio (Ca)	11,5 – 15,5%	Zinc (Zn)	470 mg/kg
Magnesio (Mg)	1,0%	Selenio (Se)	15 mg/kg
Cloruro de sodio (NaCl)	42,0 – 52,0%	Melaza	5%
Hierro (Fe)	2500 mg/kg	Vitamina A	20000 UI/kg
Cobre (Cu)	200 mg/kg	Vitamina D	2000 UI/kg
Cobalto (Co)	8 mg/kg	Vitamina E	20 UI/kg

## 2.5 VARIABLES EVALUADAS

### 2.5.1 En las pasturas y el suplemento

#### 2.5.1.1 Disponibilidad de materia seca

Para la estimación de disponibilidad de MS (ofrecida y remanente) fueron realizados cortes en la pastura con tijera de aro a 3 cm del suelo, unificando previamente el criterio entre operarios. El forraje ofrecido se determinó previo a la entrada de cada parcela para

determinar el área a ser asignada a cada tratamiento, realizando 8 cortes por parcela con un rectángulo de 20x50 cm, totalizando 64 cortes/ciclo de pastoreo. Luego de cada periodo de pastoreo se determinó la disponibilidad de MS del forraje remanente, realizando 4 cortes en cada sub-parcela de pastoreo, totalizando así 32 cortes semanales. A las muestras obtenidas de cada corte de cada parcela se las pesó individualmente en verde y luego se las juntó en un único pool de forraje (ofrecido o remanente) y se retiraron dos sub-muestras para ser pesadas individualmente en base verde. Estas muestras se colocaron en una estufa de aire forzado durante un periodo aproximado de 48 horas a 60°C, hasta obtener un peso constante. De esta forma, se estimó el % de MS de cada repetición para el forraje ofrecido y el forraje remanente. De esta forma se estimó disponibilidad de forraje (kgMS/ha) del cultivo de invierno pre y post pastoreo (Montossi *et al.*, 2000).

#### 2.5.1.2 Altura del forraje

La medición de altura de forraje se registró (disponible y remanente) utilizando una regla graduada en centímetros, unificando previamente el criterio entre operarios. Las medidas eran registradas en cada sub-parcela de ocupación de 7 días, tomando 5 medidas dentro de cada rectángulo de corte y 30 mediciones adicionales al azar en el resto de cada sub-parcela (Montossi *et al.*, 1999).

#### 2.5.1.3 Utilización del Forraje

La utilización del forraje fue determinado como la diferencia entre el forraje ofrecido y el forraje remanente en cada tratamiento, en porcentaje.

#### 2.5.1.4 Composición botánica

Del pool resultante de los cortes de cada sub-parcela (disponible y remanente), se tomó otra sub-muestra, para la determinación de la composición botánica. A cada una de estas sub-muestras se las separó en forraje verde y seco y dentro del forraje verde en avena (hoja y tallo), raigrás (hoja y tallo), otras gramíneas, leguminosas y malezas. Estas fracciones se pesaron en verde y luego se secaron durante aproximadamente 48 horas a 60°C hasta peso constante determinando el peso seco de las mismas. De esta forma se estimó la



contribución relativa de cada componente de la pastura pre y post pastoreo (Montossi *et al.*, 2000).

#### 2.5.1.5 Valor nutritivo del forraje y el suplemento

Las muestras obtenidas para determinación de disponibilidad de forraje disponible y remanente de cada ciclo de corte según cada tratamiento, fueron utilizadas posteriormente para el estudio del valor nutritivo del forraje (Montossi *et al.*, 2000). Las mismas fueron molidas en INIA Tacuarembó para luego ser enviadas al Laboratorio de Nutrición Animal del INIA La Estanzuela donde se determinaron los porcentajes de proteína cruda (PC) según Van Soest (1982) y Kjendhal (1984), fibra detergente neutra (FDN), fibra detergente ácida (FDA) según las metodologías descritas por Van Soest (1982) y digestibilidad de la materia orgánica (DMO).

De cada bolsa de afrechillo de arroz utilizada a lo largo del experimento para la alimentación animal, se retiró una muestra representativa a efectos de construir un pool semanal para la determinación de las fracciones de PC (Van Soest, 1982 y Kjendhal, 1984), FDN, FDA (Van Soest, 1982) y DMO en el Laboratorio de Animal del INIA La Estanzuela.

#### 2.5.2 En los animales

Previo al comienzo del experimento los animales fueron tratados según el plan sanitario recomendado para esta categoría, teniendo en cuenta el control de aftosa, saguaipé y garrapata. Para el manejo de parásitos gastrointestinales se obtuvieron muestras de materias fecales al inicio del experimento y posteriormente cada 28 días, coincidiendo con las fechas de pesadas de los animales, a efectos de realizar el análisis coprológico de las mismas en el Laboratorio de Sanidad Animal del INIA Tacuarembó. El procedimiento utilizado para estimar la concentración de parásitos gastrointestinales fue el conteo de los huevos por gramo de materia fecal (HPG) mediante la técnica McMaster modificada (INIA, 2019). Cuando el análisis resultara en un conteo superior a 200 HPG en la mitad más uno de los animales de cualquier tratamiento se realizaría la dosificación del total de los animales. Dicho procedimiento no fue necesario.

#### 2.5.2.1 Peso vivo

El peso vivo lleno fue registrado desde el comienzo del experimento hasta el final del periodo de engorde de los animales. El registro se realizó temprano en la mañana, previo al ingreso de la sub-parcela 1 de cada ciclo de pastoreo. Estos datos se registraron al inicio, cada 14 días y al final del experimento previo a la faena. El registro del peso vivo vacío se realizó a primera hora de la mañana, luego de 16 horas de ayuno aproximadamente, al inicio del experimento, cada 42 días y al final del mismo. A partir de las diferencias de los pesos promedios de cada T en cada pesada se determinó la ganancia de peso vivo para el peso vivo lleno y vacío.

#### 2.5.2.2 Conducta animal

Se realizó el quinto día de la entrada de la semana de pastoreo de la sub-parcela 2 de cada tratamiento, coincidiendo con las siguientes fechas: 25 de junio y 6 de agosto de 2013. Todos los animales fueron identificados (pintado un número en cada flanco), de manera de poder determinar los componentes de la conducta de pastoreo cada 15 minutos durante el período de evaluación. El mismo fue llevado a cabo durante las horas luz del día, determinando las siguientes actividades: pastorear, rumiar, caminar, descansar (incluyendo juegos, rascado, etc.), consumo de suplemento, sal o agua (Montossi, 1995). Por su parte, se midió la tasa de bocados en 4 momentos del día (2 matutinas y 2 vespertinas), coincidiendo con los picos de pastoreo, registrando el tiempo empleado por los animales en realizar 20 bocados, según la metodología desarrollada por Jamieson y Hodgson (1979). La conducta animal se realizó por cuatro observadores con dos parcelas a su cargo cada uno, rotando cada tres horas para completar el día, con el objetivo de controlar la variación individual entre los observadores (Montossi, 1995).

#### 2.5.2.3 Consumo de suplemento

El suministro se realizó en forma diaria al 0,8 o 1,6% PV según T, ajustando su asignación cada 14 días, según el PV promedio de cada lote de animales suplementados.

#### 2.5.2.4 Mediciones de la canal *in vivo*

Por ultrasonografía (ecógrafo Aloka SSD 550, transductor de 3,5 MHz: Biotronics Inc, Versión 2.0.0.6) fue medido al inicio del experimento y luego cada 28 días hasta la terminación del ensayo, según los siguientes parámetros: área de ojo de bife (AOB), espesor de grasa subcutánea (EGS), espesor de grasa a nivel del cuadril (P8) y contenido de grasa intramuscular (GIM). El AOB corresponde a la medida de la sección transversal del músculo *Longissimus dorsi* entre la 12 – 13ª costilla. El EGS es la profundidad del tejido graso sobre el área de ojo de bife a nivel de la 12 – 13ª costilla, y consiste en la medición a una distancia equivalente a las  $\frac{3}{4}$  partes de longitud de este músculo desde la espina dorsal. El P8 es la medición realizada en la intersección de los músculos *Gluteus medius* (cuadril) y *Bíceps femoris* en la región de la cadera, paralelo a la columna vertebral. El GIM se determinó sobre el músculo *Longissimus dorsi*, siendo estimador del grado de marmoleado del animal, medido sobre el plano longitudinal entre la última vertebra dorsal y la primera vértebra lumbar.

#### 2.5.2.5 Variables calculadas

Según la superficie pastoreada y la ganancia de peso obtenida en el periodo de engorde se determinó la producción de peso vivo por unidad de superficie para cada tratamiento (kgPV/ha). La eficiencia de conversión del suplemento fue determinada de acuerdo a la siguiente fórmula: MS o MOD (kg/animal/día) consumida por animales suplementados / ((ganancia de animales suplementados – ganancia de animales no suplementados (kg/an/día)).

En base a la tabla de requerimientos para bovinos en terminación (NRC, 2001) se determinó la proteína cruda requerida por los animales. Para la determinación de los requerimientos de energía neta se tuvieron en cuenta las siguientes fórmulas:

- EN mantenimiento basal (ENmb) (Mcal/d) =  $(0,53 \cdot (PV/1,08)^{0,67})/4,184$ , donde:
  - PV = peso vivo
- EN ganancia de peso (ENg) = Valor energético de ganancia de peso (VEg, Mcal/kg)\*GMD (kg/d), donde:
  - VEg =  $C2 (4,1+0,0332PV - 0,000009PV^2)/(1-C3*0,1475GMD)$

- C2: corregido por tamaño adulto de la raza y sexo = 1, C3 = 1 (GMD mayor a 0).
- EN de pastoreo (ENp) (Mcal/d) =  $C \cdot CMS \cdot (0,9 - D) + 0,05T / (DMSV + 3) \cdot PV / 4,184$ , donde:
  - PV = peso vivo, C = constante 0.006, CMS = consumo de materia seca, D = digestibilidad de la pastura, y T = topografía del terreno (1, plano).

### 2.5.3 En la canal

#### 2.5.3.1 Peso de canal caliente

En playa de faena el día de faena se midió el peso de la media canal caliente (PCC) derecha e izquierda, obtenido luego de finalizado el proceso de faena.

#### 2.5.3.2 Grado de conformación y terminación de la canal según INAC

La conformación de la canal se clasifica con las letras de la sigla INACUR (INAC, 1997), donde “I” es la relación óptima (gran desarrollo muscular en todas las regiones anatómicas) y “R” la más deficiente (marcada carencia muscular). El grado de terminación evalúa la relación carne/grasa de la canal. Se clasificó las canales según valores numéricos 0 (cobertura muy escasa o total), 1, 2, 3 y 4 (exceso de grasa) (INAC, 1997).

#### 2.5.3.3 Peso de canal enfriada

En la zona de cuarteo y desosado se pesó la media canal enfriada (PCE) derecha e izquierda luego de un periodo de refrigeración de 48 horas.

#### 2.5.3.4 Medidas morfométricas

Se tomaron las medidas morfométricas en la media canal izquierda, registrándose la longitud de la canal y la pierna y el perímetro de pierna (García Torres *et al.*, 2005).

#### 2.5.3.5 Color de la grasa

El color de la grasa se determinó en base a la escala Aus-Meat de 9 grados de color (Aus-Meat, 2018).

#### 2.5.3.6 Madurez esquelética

La madurez esquelética avanza de “A” hacia “E”, a medida que la osificación se vuelve evidente (Hale *et al.*, 2013). Los cartílagos evaluados para determinar madurez fisiológica de las canales vacunas son los asociados con el espinazo, excepto la cervical. Las costillas son redondas y rojas en el grado de madurez “A” y en el “E” son anchas y chatas (Hale *et al.*, 2013).

#### 2.5.3.7 Peso del corte pistola y cortes que surgen del mismo

En el desosado se registró el peso del corte pistola (entre la 10<sup>a</sup>-11<sup>a</sup> costilla) y de sus cortes “tipo Inglaterra”: lomo, bife, cuadril, nalga de adentro y de afuera, bola de lomo, colita de cuadril, tortuga, garrón y recortes de grasa, carne y huesos (Carballo *et al.*, 2005).

### 2.5.4 En la carne

Del músculo *Longissimus dorsi* de cada animal fue tomada una muestra, las cuales fueron maduradas durante 2, 7, 14 y 21 días a una temperatura comprendida entre 2 y 4°C en el Laboratorio Tecnológico de la Carne del INIA Tacuarembó.

#### 2.5.4.1 pH

En el laboratorio fue estimado el pH a las 48 horas, utilizando un pHmetro (Hanna 9125), con un electrodo de penetración diseñado específicamente para su inserción dentro del musculo y calibrado con 2 buffers de pH (4 y 7) (Honikel, 1998).

#### 2.5.4.2 Grado de marmoreo

El grado de marmóreo fue clasificado en forma subjetiva de acuerdo al Sistema de Clasificación de Canales del Departamento de Agricultura de EEUU (Quality Grade, USDA),

según el grado de grasa intramuscular. Siendo la escala de marmoreo desprovisto (D), 0-99), prácticamente desprovisto (Pd, 100-199), trazas (Tr, 200-299), leve (Sl, 300-399), poco (Sm, 400-499), modesto (Mt, 500-599), moderado (Md, 600-699), levemente abundante (SIA, 700-799), moderadamente abundante (Mt, 800-899) y abundante (A, 900-999) (Hale *et al.*, 2013).

A partir de la escala de madurez registrada en la zona de cuarteo y los grados de grasa intramuscular se realizó la clasificación de canales según USDA; basada en los grados de grasa intramuscular y los grados de madurez. Ello permite la clasificación de las canales en las siguientes categorías: Prime, Choice, Select, Standard, Commercial, Utility y Cutter (Hale *et al.*, 2013).

#### 2.5.4.3 Terneza

La determinación de fuerza de corte se realizó en bifés de 2,54 cm de espesor para 2, 7, 14 y 21 días de maduración. Cada bife fue envasado en bolsas de polietileno y cocinados a baño de maría hasta lograr una temperatura interna de 70°C. De cada bife fueron extraídas 6 muestras de 1,27 cm de diámetro, removidas en forma paralela a la orientación longitudinal de las fibras del músculo y cortados con instrumento de corte Warner Bratzer modelo D2000 WB. El promedio de los 6 cortes se consideró como el valor promedio de fuerza de corte de cada muestra (Wheeler *et al.*, 1994).

#### 2.5.4.4 Color de la carne

El color de la carne se evaluó objetivamente con un colorímetro MINOLTA (modelo CR-400) para 2, 7, 14 y 21 días de maduración, con la determinación de los parámetros L\* (brillo), a\* (rojo) y b\* (amarillo) tomados por triplicado en cada muestra, determinando el promedio como valor final. El valor de L\* es directamente proporcional a la reflectancia de la luz, yendo desde 0 (negro) a 100 (blanco), mientras que los valores de a\* positivos corresponden al rojo y los negativos al verde y en cuanto para b\*, los valores positivos corresponden al amarillo y los azules los negativos (CIE, 2004).

#### 2.5.4.5 Contenido de grasa intramuscular y perfil de ácidos grasos

La grasa intramuscular se extrajo según la metodología de Bligh y Dyer (1959). Para la determinación de ácidos grasos (AG) se tomaron 0,03 g de grasa que se disolvieron con 2 ml de hexano y luego se agregó 1 ml de una solución saturada de KOH en metanol, agitándose por 2 minutos (min) y dejando reposar 30 min. De la fase superior se tomó una alícuota para inyectar en un cromatógrafo de gases (Konik, modelo HRGC 4000B). Las condiciones para el análisis fueron: volumen de inyección 1 microL, rampa de temperatura 80°C por 0,5 min, 3 °C/min a 165 °C por 10 min, 10 °C /min a 180 °C por 2 min, 15 °C /min a 250 °C durante 13 min, siendo el total de la corrida 28,6 min. La identificación de los ésteres metílicos se realizó por comparación de los tiempos de retención con un FAME de SupelcoMix Component. Los AG fueron expresados como % de la suma total de AG identificados y se determinaron las relaciones entre los AG saturados y poliinsaturados y los AG n6 y n3.

## 2.6 MODELO Y ANÁLISIS ESTADÍSTICO

El modelo del diseño fue:  $Y_i = \mu + \alpha_i + \epsilon_i$ ; donde  $Y_i$ : resultado de los efectos del  $i$ -ésimo tratamiento;  $\mu$ : media general;  $\alpha_i$ : efecto aleatorio del tratamiento, distribuido normalmente con media 0 y varianza  $\sigma^2$  y los  $\alpha_i$  independientes;  $\epsilon_i$ : efecto aleatorio del error experimental.

Se utilizaron las co-variables que pudieran estar influyendo en la variable en cuestión (PV lleno y vacío, AOB, EGS, P8, GIM). Las variables que no presentan distribución normal, fueron corregidas ( $\sqrt[3]{}$ , Ln y  $1/Ln$ ), eligiendo las que se adaptaran en forma más ajustada al test de normalidad para su posterior análisis. Los resultados de PV lleno, GPV, fuerza de corte y color, fueron analizados a través del procedimiento MIXED del paquete estadístico SAS, como medidas repetidas en el tiempo, tomando como efecto fijo el tratamiento, el tiempo y la interacción entre ambos y como efecto aleatorio el animal. Las matrices de correlación utilizadas fueron AR, UN y CS) Núñez-Antón y Zimmerman, 2001). Los resultados de calidad de canal, el pH y composición de AG fueron realizados por el procedimiento GLM. Las medidas se contrastaron con el test de Tukey ( $P < 0,05$  o  $P < 0,01$ ) (SAS, 2010). Los resultados se presentan como media  $\pm$  desvío estándar (DE).

### 3. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

#### 3.1 ANÁLISIS DE LOS RESULTADOS DE LAS PASTURAS Y DEL SUPLEMENTO

##### 3.1.1 Disponibilidad y porcentaje de materia seca del forraje ofrecido y remanente

En el Cuadro 26 se presentan los promedios de las características evaluadas en las pasturas durante el periodo experimental para cada tratamiento (T) en el forraje ofrecido y remanente.

**Cuadro 26.** Características del forraje ofrecido (of) y remanente (rem)

Tratamientos	NOF 2		NOF 4		NOF2 + AA0,8		NOF2 + AA1,6		P valor
	Media	DE	Media	DE	Media	DE	Media	DE	
Disponibilidad of (kgMS/ha)	1625,9	1147,9	1604,2	958,7	1549,1	950,0	1653,1	1343,7	ns
Disponibilidad rem (kgMS/ha)	821,0b	435,5	1009,7a	415,0	964,2ab	412,0	924,3ab	411,4	*
Utilización (%)	51,0	21,8	40,6	19,3	42,5	17,9	43,7	22,0	ns
Altura of (cm)	19,8	13,1	20,1	10,9	19,2	12,3	19,0	12,6	ns
Altura rem (cm)	6,2 c	3,4	8,1 a	4,8	6,9 b	3,8	6,7 b	3,3	**
MS of (%)	22,6	5,2	21,5	10,5	19,9	7,7	21,5	4,7	ns
MS rem (%)	31,2	10,2	28,1	10,6	30,8	8,1	30,7	10,4	ns

Nota: NOF: nivel de oferta de forraje; AA: afrechillo de arroz; 2, 4, 0,8, 1,6% PV. DE: desvío estándar. a, b y c = medias con letras diferentes entre columnas son significativamente diferentes. \* = P<0,05. \*\* = P<0,01. ns = no significativo.

La disponibilidad y altura del forraje ofrecido no mostraron diferencias significativas, presentando un promedio de MS disponible de  $1607,9 \pm 1108,2$  kgMS/ha con  $19,8 \pm 12,2$  cm de altura. En cambio, en el forraje remanente si existió efecto del tratamiento (T), tanto en la disponibilidad (P<0,05) como en la altura (P<0,01), donde el T con mayor NOF o baja carga (NOF4) fue el que presentó una mayor cantidad de forraje remanente con mayor altura y el de menor NOF o alta carga (NOF2) sin agregado de suplemento la menor disponibilidad de materia seca y menor altura, ubicándose en posición intermedia los T suplementados, los



cuales se comportaron de manera similar entre sí. El porcentaje de MS del forraje ofrecido y remanente no presentaron diferencias entre T en este estudio.

Las mayores disponibilidades de MS y alturas de forraje remanente en el T NOF4 y los T suplementados se deben al mayor ofrecimiento de la pastura y al agregado de nutrientes en la dieta. El mayor disponibilidad de forraje y el agregado de suplemento permitirían un mayor consumo de energía, que su vez, determinan mayores potenciales de respuestas productivas, tanto a nivel individual como por unidad de superficie (Poppi *et al.* 1987, Fernández y Mieres 2005).

Las mayores disponibilidades de forraje remanente encontradas en los sistemas con agregado de afrechillo podrían indicar un efecto de sustitución de pastura por suplemento. Sin embargo, en la utilización del forraje (forraje ofrecido menos forraje remanente) no se encontraron diferencias estadísticas entre los diferentes T, pudiendo deberse a que los niveles de suplemento utilizados permitieron un efecto mayoritariamente aditivo o de adición/sustitución (Lange, 1980). En estos sistemas, se logró un buen uso del forraje que permitiría aumentar las ganancias individuales o incrementar la carga del sistema productivo (Fernández y Mieres, 2005) y la productividad por unidad de superficie.

### 3.1.2 Valor nutritivo del forraje y del suplemento

En el Cuadro 27 se presenta el valor nutritivo del forraje ofrecido y remanente de acuerdo a los diferentes T aplicados.

Estudios nacionales y regionales en verdeos invernales encontraron valores de PC, FDA, FDN y C (20, 32,9, 50,3 y 12,1 %, respectivamente) superiores a las del presente estudio en el forraje ofrecido; siguiendo la misma tendencia en el forraje remanente (14,2% PC, 37,2% FDA, 59,0% FDN y 17,0% C) (Elizalde y Santini 1992, Viñoles *et al.* 2014).

**Cuadro 27.** Valor nutritivo del forraje ofrecido y remanente según tratamiento

Ofrecido	NOF 2		NOF 4		NOF 2 + AA0,8		NOF2 + AA1,6		P valor
	Media	DE	Media	DE	Media	DE	Media	DE	
PC	12,3	2,6	12,6	2,7	13,4	2,1	13,0	2,1	ns
FDA	25,0	3,5	25,1	3,8	25,5	4,4	25,5	2,9	ns
FDN	44,7	4,3	45,0	5,0	45,9	5,3	44,9	3,8	ns
C	10,5	1,4	11,0	1,1	11,1	1,0	10,6	0,8	ns
<b>Remanente</b>									
PC	11,7	3,8	12,3	4,4	10,7	1,8	11,5	4,4	ns
FDA	32,5	7,0	31,9	3,2	33,2	3,9	32,7	3,8	ns
FDN	56,6	8,3	56,5	4,2	58,1	5,5	59,1	4,0	ns
C	14,4	3,5	13,6	2,8	13,2	1,8	13,5	1,9	ns

Nota: NOF: nivel de oferta de forraje; AA: afrechillo de arroz; 2, 4, 0,6, 1,2% PV. DE: desvío estándar. PC = proteína cruda. FDA = fibra detergente ácida. FDN = fibra detergente neutra. C = cenizas. ns = no significativo.

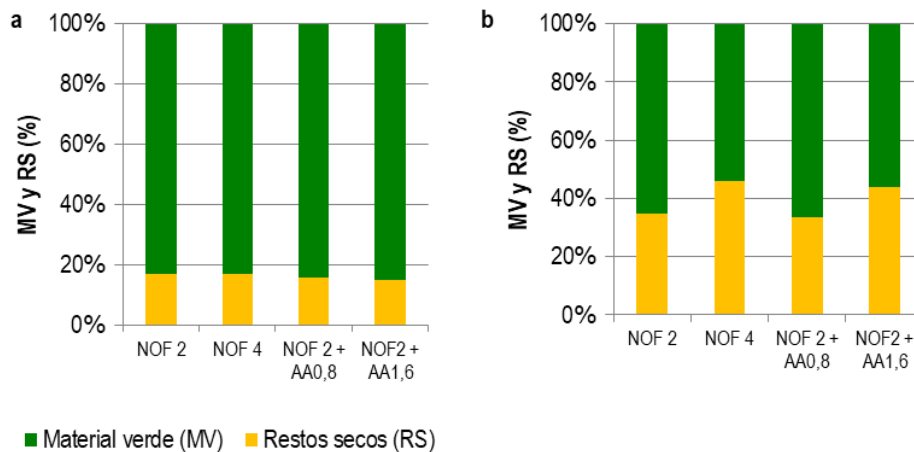
El promedio de cada una de las variables del valor nutricional evaluadas en el afrechillo de arroz fueron:  $69,5 \pm 5,8$  % de digestibilidad (D),  $17,3 \pm 3,4$  % de proteína cruda (PC),  $11,1 \pm 3,4$  % de fibra detergente ácida (FDA),  $30,3 \pm 6,0$  % de fibra detergente neutra (FDN) y  $11,6 \pm 2,7$  % de cenizas (C). De acuerdo a los resultados reportados por otros autores (Brito *et al.*, 2014, Luzardo *et al.*, 2014ab), los valores obtenidos fueron superiores en PC (rango de 13,2 – 14,8% según lo reportado), dentro del promedio para FDA (rango de 9,0 – 18,7% según lo reportado) y superior en términos de FDN y C (rango de 21,2 – 28,2% y 9,3 – 10,9%, respectivamente). Entre otros factores, que afectan el valor nutricional del AA, se destaca la influencia del sistema de procesamiento a nivel de la industria molinera arroceras y su efecto sobre las variaciones encontradas en las partidas de diferentes orígenes. Esto lleva a la necesidad de disponer del valor nutricional del AA previo a su utilización para lograr los objetivos productivos y económicos buscados (Fabio Montossi, comunicación personal, 21 de febrero de 2019).

Las diferencias encontradas en los resultados del valor nutritivo de la pastura ofrecida y remanente (disminución de la PC, aumento de la fibra ácida y neutra y cenizas) evidencian un proceso de selección por parte del animal hacia componentes de mayor calidad. Estos

resultados son más notorios en animales jóvenes con menor costo metabólico por unidad del rumen (Demment y Van Soest, 1985) y alimentados con otros tipos de forrajes como ser pasturas naturales (Hodgson, 1981). Sin embargo, se aprecia que en categorías adultas pastoreando verdeos invernales se obtienen comportamientos similares.

### 3.1.3 Composición botánica del forraje ofrecido y remanente

En la proporción de restos secos (RS) y material verde (MV) no se encontraron diferencias significativas entre tratamientos en el forraje ofrecido ni el forraje remanente. El promedio de MV de fue de 83,6 y 60,5 % para el forraje ofrecido y remanente, respectivamente y el de RS de 16,4% para el forraje ofrecido y de 39,5% para el remanente. En la Figura 3 se presentan la proporción de RS y MV para cada T en el forraje ofrecido (a) y en el forraje remanente (b). En el Cuadro 28, se presenta la composición botánica del MV para cada T.



**Figura 3.** Proporción de material verde y restos secos del forraje ofrecido (a) y remanente (b) según tratamiento

**Cuadro 28.** Composición botánica (base material verde) del forraje ofrecido y remanente para cada tratamiento

Ofrecido	NOF 2		NOF 4		NOF 2 + AA0,8		NOF2 + AA1,6		P valor
	Media	DE	Media	DE	Media	DE	Media	DE	
Raigrás hoja	13,25	14,90	9,28	9,21	11,41	14,43	20,3	22,16	ns
Avena hoja	67,04	13,68	73,35	10,69	74,15	14,37	65,2	19,24	ns
Avena tallo	19,02	9,92	16,67	7,76	13,81	8,90	14,50	8,99	ns
Leguminosas	0,69	2,69	0,69	2,41	0,46	1,83	0	0	ns
<b>Remanente</b>									
Avena hoja	75,48ab	6,87	79,10ab	8,47	84,57a	0,97	65,77b	7,36	*
Avena tallo	24,52ab	6,87	20,90ab	8,47	15,43b	0,97	34,23a	7,36	*

Nota: NOF: nivel de oferta de forraje; AA: afrechillo de arroz; 2, 4, 0,8, 1,6 % PV. DE: desvío estándar. ns = no significativo.

Los componentes del forraje ofrecido no presentaron diferencias entre los T, estando compuesto principalmente en todos los casos por hoja de avena. Sin embargo, es de destacar la presencia de raigrás y leguminosas, componentes que desaparecen en el forraje remanente. En esta fracción, se observaron diferencias ( $P < 0,05$ ) tanto en las hojas como en los tallos, siendo superior la proporción de hojas en el T con menor contenido de suplemento (AA0,8) e inferior en el de mayor contenido de suplemento (AA1,6), comportándose los restantes T de forma similar. El contenido de tallos presentó la misma respuesta que las hojas pero en forma inversa.

Los animales en pastoreo consumen dietas con mayor proporción de hojas y tejidos vivos y menor proporción de tallos y material muerto (Hodgson 1985, Montossi 1995, Montossi *et al.* 2000). Esto fue observado en el presente estudio, en donde los RS y la cantidad de tallos aumentan al pasar del forraje ofrecido al remanente, disminuyendo el total de hojas (por a la desaparición del raigrás y las leguminosas). Por lo tanto, al igual que con el valor nutritivo (Cuadro 27), la composición botánica demuestra nuevamente la presencia de un proceso de selección de los animales sobre los componentes de la pastura de mayor calidad, siendo este proceso más evidente cuando se incluye suplemento en la dieta animal.

### 3.2 ANÁLISIS EN LOS RESULTADOS ANIMALES *IN VIVO*

#### 3.2.1 Conducta animal

En el Cuadro 29 se presentan los resultados del tiempo dedicado a cada actividad comportamental (en % del tiempo total) y la tasa de bocado (bocados/minuto) según sistema de alimentación.

**Cuadro 29.** Actividades de la conducta animal evaluada según tratamiento

Actividad	NOF2		NOF4		NOF2 + AA0,8		NOF2 + AA1,6		P valor
	Media	DE	Media	DE	Media	DE	Media	DE	
Pastoreo (%)	62,8ab	15,2	71,6a	8,9	54,9bc	11,4	43,3c	7,0	**
Rumia (%)	10,5ab	5,1	14,4a	5,2	7,0b	8,0	4,0b	3,1	*
Caminar (%)	5,1	3,6	3,7	3,4	3,5	2,3	3,0	1,6	ns
Descanso (%)	20,0a	12,8	7,7b	6,0	22,1a	10,8	28,8a	6,3	**
Suplemento (%)	-	-	-	-	8,6b	2,9	12,3a	3,8	**
Sal (%)	0,2	0,7	0	0	1,2	2,0	0,2	0,7	ns
Agua (%)	1,4	1,6	2,6	1,3	2,8	3,4	3,5	2,5	ns
TB (bocados/minutos)	64,1a	17,1	59,0ab	11,1	46,3ab	40,2	40,4b	10,3	**

Nota: NOF: nivel de oferta de forraje; AA: afrechillo de arroz; 2, 4, 0,8, 1,6% PV. DE: desvío estándar. a y b = medias con letras diferentes entre columnas son significativamente diferentes. \*\* = P<0,01. ns = no significativo.

El pastoreo (P) fue la principal variable en explicar la conducta animal, dedicando los animales 7, 8, 6 y 5 horas (del total de horas luz) al P en los T NOF2, NOF4, NOF2+AA0,8 y NOF2+AA1,6, respectivamente, siendo estas diferencias entre T muy significativas (P<0,01). El tiempo dedicado al P en los sistemas exclusivamente pastoriles se encontró dentro del rango esperado de 7 – 10 horas en este tipo de sistemas (Di Marco, 2006). Por su parte, en los T con algún nivel de suplementación, esta actividad fue menor, concordando estos resultados con estudios llevados a cabo en vaquillonas con suplementación energética proteica, en dónde los animales suplementados disminuyeron el tiempo dedicado a la actividad de pastoreo, principalmente a la hora que era suministrado el alimento (Aguilar *et al.*, 2002). Resultados similares fueron obtenidos en estudios nacionales llevados a cabo por

Luzardo *et al.* (2014a) en la categoría de terneros y novillos de sobreaño consumiendo pasturas naturales y afrechillo de arroz.

Teniendo en cuenta los resultados productivos, la actividad de pastoreo implica mayores costos energéticos que debe cubrir el animal (Nicol y Brookers, 2007), por lo que es de esperar que las vacas a las cuales se les suministra suplemento en la dieta tengan un menor gasto energético, con la consecuente ventaja potencial de un mejor desempeño, en comparación a los sistemas exclusivamente pastoriles en los cuales los animales dedican un mayor tiempo al pastoreo.

El tiempo dedicado a la actividad de rumia fue menor ( $P<0,01$ ) en los sistemas suplementados en comparación a los únicamente pastoriles. Una de las razones de este resultado es que cuando el tiempo de pastoreo disminuye, el tiempo de rumia también decrece (Phillips y Leaver, 1986).

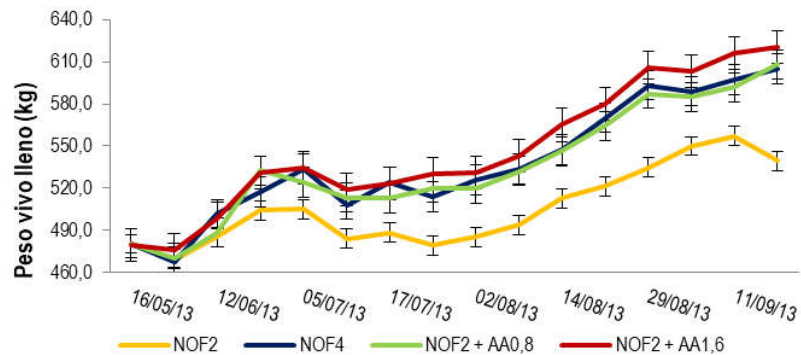
La actividad de descanso, fue significativamente diferente entre T ( $P<0,01$ ). El T que mostró un menor tiempo dedicado a esta actividad fue el de mayor NOF (NOF4) como consecuencia del mayor tiempo dedicado al P, siendo los restantes T menores e igual entre sí. En la actividad de caminata y consumo de agua, los T no presentaron diferencias significativas. El tiempo dedicado al consumo de suplemento fue diferente ( $P<0,01$ ) entre los T suplementados, siendo mayor cuando se suministró un mayor contenido del mismo.

En general, el tiempo de pastoreo y el número de bocados aumenta al disminuir la disponibilidad y altura del forraje, disminuyendo el consumo de forraje por hora (Galli *et al.*, 1996). En este estudio, la tasa de bocado presentó diferencias entre T ( $P<0,01$ ), siendo mayor en los T pastoriles (principalmente en los de mayor carga), seguido por los T suplementados, correspondiendo estos resultados al mayor tiempo dedicado a la actividad de pastoreo. La mayor tasa de bocado encontrada en el T NOF2 indicaría la menor disponibilidad de forraje que disponían las vacas, en comparación a los restantes T. Por su parte, los animales suplementados, independiente del nivel de suministro del mismo, destinaban menor tiempo a la actividad de pastoreo y un mayor tiempo al descanso, en

especial con respecto al pastoreo exclusivo y a mayor carga (NOF2), sin incrementos significativos la TB para cubrir potenciales diferencias de requerimientos.

### 3.2.2 Evolución y ganancia de peso vivo, producción de peso vivo por unidad de superficie y eficiencia de conversión

Al comienzo del experimento las vacas presentaron un peso vivo inicial (PVi) de  $480,2 \pm 48,5$  kg. Durante los dos primeros meses de engorde, los T no generaron diferencias en la evolución del PV. Sin embargo, a partir de del segundo mes de engorde (julio) el T NOF2 comenzó a ser significativamente inferior ( $P < 0,05$ ) al resto de los T, sin existir diferencias significativas entre estos hasta el final del estudio. En la Figura 4 se muestra la evolución de peso vivo lleno (PVLi) y en el Cuadro 30 se presentan los principales resultados de desempeño animal para cada T al inicio y final del periodo de estudio.



Nota: NOF: nivel de oferta de forraje; AA: afrechillo de arroz; 2, 4, 0,8, 1,6% PV.

**Figura 4.** Evolución del peso vivo durante el experimento según tratamiento

De acuerdo a los resultados observados tanto en la Figura 4 como en el Cuadro 30, el PV lleno no presentó diferencias significativas entre T al inicio del experimento, al igual que con el PV vacío, al estar altamente relacionados entre sí. Sin embargo, al final del periodo de estudio en ambas variables se observa un efecto ( $P < 0,05$ ) de los T como resultado de las diferencias obtenidas en las ganancias de PV de cada T ( $P < 0,01$ ). Los T con mayores ganancias fueron los de mayor NOF o con el agregado de suplemento -sin diferencias entre estos- y el T con menores ganancias fue el de NOF menor.

**Cuadro 30.** Peso vivo vacío inicial y final en cada durante el período experimental para cada tratamiento

	NOF2		NOF4		NOF2 + AA0,8		NOF2 + AA1,6		P valor
	Media	DE	Media	DE	Media	DE	Media	DE	
PVf inicial (kg)	480,2	61,9	480,6	35,5	480,5	48,2	479,5	52,9	ns
PVf final (kg)	539,3 b	70,1	605,2 a	32,7	608,4 a	43,6	620,8 a	70,0	*
PVV inicial (kg)	451,4	58,1	451,8	33,4	451,7	45,3	450,7	49,7	ns
PVV final (kg)	519,4 b	65,2	575,6 a	30,6	583,1 a	41,7	598,4 a	65,4	*
GPVLI (kg/a/d)	0,46 b	0,33	0,96 a	0,15	0,98 a	0,19	1,09 a	0,24	**
GPVV (kg/a/d)	0,52 b	0,30	0,95 a	0,12	1,01 a	0,16	1,14 a	0,22	**

Nota: NOF: nivel de oferta de forraje; AA: afrechillo de arroz; 2, 4, 0,8, 1,6% PV. DE: desvío estándar. a y b = medias con letras diferentes entre columnas son significativamente diferentes. \* = P<0,05. ns = no significativo.

Los resultados obtenidos son consecuencia de diversos factores que fueron explicados en parte a través de los resultados de pasturas y conducta animal. Las ganancias medias diarias se ven afectadas por la cantidad y/o calidad de la dieta consumida por las vacas, así como por la carga animal utilizada. Las menores ganancias obtenidas en el T NOF2 pueden estar explicadas por los menores consumos de materia seca y su valor nutricional, que limitan las altas respuestas en la producción animal (Hodgson, 1981). Por su parte, las mayores ganancias de los T restantes son producto la mayor disponibilidad de forraje (Risso 1981, Poppi *et al.* 1987) y del agregado de nutrientes del suplemento (Fernández y Mieres, 2005), y los potenciales menores requerimiento de mantenimiento por pastoreo (Nicol y Brookers, 2007).

Teniendo en cuenta los resultados obtenidos en la disponibilidad y calidad del forraje, asumiendo una tasa de crecimiento diaria del cultivo de 10 kgMS/ha (Millot, 1981) como referencia para todo el período experimental- y/o el consumo potencial (cantidad y calidad de afrechillo de arroz suministrado) para los T suplementados, así como las características de los animales utilizados, se determinó el consumo, los requerimientos para cada T y el balance de lo consumido y requerido en términos de PC y EN de las vacas en cada T (Cuadro 31)



(NRC, 2001). Al no disponer de información específica para este experimento, no se incluyó en la evaluación el efecto de la selectividad potencial entre T.

**Cuadro 31.** Consumo estimado, requerimientos y balance nutricional según contenido de proteína cruda (PC) y energía neta (EN) según tratamiento.

		NOF2	NOF4	NOF2 + AA0,8	NOF2 + AA1,6
<b>Consumo estimado</b>	PC (g/an/d)	1388	2268	1983	2675
	EN (Mcal/an/d)	28,2	44,7	38,9	51,6
<b>Requerimientos</b>	PC (g/an/d)	925	1457	970	970
	EN (Mcal/an/d)	21,4	33,6	34,0	37,0
	EN metabolismo basal	7,6	7,9	7,9	8,0
	EN ganancia de peso	9,7	19,3	21,6	24,7
	EN pastoreo	4,1	6,4	4,5	4,3
<b>Balance</b>	PC (g/an/d)	463	811	692	1047
	EN (Mcal/an/d)	6,9	11,1	4,9	14,7

Nota: NOF: nivel de oferta de forraje; AA: afrechillo de arroz; 2, 4, 0,8, 1,6% PV. PC: proteína cruda, EN energía neta.

Los mayores consumos estimados de energía y proteína, se dieron en los T con mayor asignación de forraje y mayor nivel de suplementación, mientras que los menores valores se observaron en el T con una menor asignación de NOF sin suplementación, comportándose de forma intermedia el T con el menor agregado de afrechillo. A su vez, los requerimientos siguieron la misma respuesta, ya que la misma está íntimamente relacionada a las ganancias de peso vivo que son consecuencia del consumo aparente de nutrientes. Sin embargo, en todas las situaciones, el consumo estuvo por encima de los requerimientos estimados de PC y energía. De esta forma, en el balance de energía y proteína fue positivo en todos los T, particularmente para T NOF4, NOF2+AA0,8 y NOF2+AA1,6.

El uso de dietas con mayores contenidos de energía influyó positivamente en las mayores GPV y el mayor PV final. A su vez, los menores consumos obtenidos en el T NOF2 responden a las menores GPV. El uso de dietas diferenciales permite la elección del sistema de engorde que mejor se adapte a las condiciones de cada sistema productivo y objetivo

económico. En un sistema de mayor carga animal (por ej. NOF2), se logra una ganancia diaria que permite un peso a faena acorde a los requerimientos de la industria frigorífica nacional y con mayor productividad por unidad de superficie. En este sistema, se realiza la máxima utilización de la pastura durante su periodo de crecimiento sin el uso adicional de suplementos. Con sistemas de mayor asignación de forraje o con el agregado de suplementos las ganancias aumentan, lo cual permite una terminación más temprana de las vacas, permitiendo así el uso adicional de esta base forrajera en otro lote sin engordar de esta categoría u en otras categorías y/o especies. Sin embargo, en todos los escenarios, los resultados son positivos permitiendo alcanzar un producto de calidad en términos del peso final. También es de destacar las potenciales diferencias a favor de sistemas de engorde de vacas que terminen los animales en el invierno, con precios más altos (Montossi y Lagomarsino, 2017).

Estudios llevados a cabo en vacas de descarte sobre verdeos invernales con suplementación energética (Restle *et al.*, 2000, 2001ab) obtuvieron ganancias entre 0,920 y 1,510 kg/a/d. Estos resultados, fueron similares a los obtenidos en el presente trabajo en vacas a altas asignaciones de forraje (NOF4) o suplementadas (0,8 o 1,6%AA). Sin embargo, en los trabajos mencionados no se observaron diferencias entre grupos de animales suplementados con un alimento energético y los animales alimentados exclusivamente a pastoreo.

Otros estudios realizados con vacas de descarte de cruce indica por británica pastoreando sobre campo natural a una carga de 0,6 animales/ha (Coppo *et al.* 2002), mostraron que el agregado de suplemento energético en la dieta permitía mayores ganancias diarias que vacas alimentadas únicamente a pastoreo. Sin embargo, las ganancias obtenidas (0,098 y 0,304 kg/a/d en vacas a pastoreo y entre 0,352 y 0,492 kg/a/d en vacas suplementadas) fueron menores a las de esta experiencia, asemejándose al T de menor oferta de forraje sin suplemento (NOF2). Esto puede deberse a la menor calidad del forraje ofrecido en este trabajo sobre campo natural en comparación a un verdeo invernal que aporta mayor cantidad de nutrientes a los animales.

Por su parte, Peralta *et al.* (2013) obtuvieron ganancias en vacas de descarte del biotipo cebuino de 8 – 10 años de edad, pastoreando praderas permanentes, obteniendo valores de 0,467 kg/a/d y de 0,673 kg/a/d, cuando se les agrego suplemento energético, siendo intermedios estos valores a los logrados sobre verdeos invernales y sobre campo natural.

En el Cuadro 32 se presenta la producción de PV por unidad de superficie (kgPV/ha) y la eficiencia de conversión (EC; kg consumido/kg de peso vivo) para cada T suplementado. La producción de peso vivo fue calculada teniendo en cuenta la ganancia de peso vivo y el área ocupada por cada tratamiento y la EC a partir del consumo de suplemento y las diferencias en las ganancias de PV.

**Cuadro 32.** Producción de peso vivo por unidad de superficie (kg/ha) y eficiencia de conversión (EC) según tratamiento

	NOF2		NOF4		NOF2 + AA0,8		NOF2 + AA1,6		P valor
	Media	DE	Media	DE	Media	DE	Media	DE	
Superficie ocupada (ha)	7,4		12,1		7,9		7,4		
UG <sub>380</sub>	1,8		1,2		1,8		2,0		
Vacas/ha	1,4		0,8		1,3		1,4		
Consumo de afrechillo (kg/día)	-		-		4,2		8,6		
Producción PV (kg/ha)	80,2 b	58,5	103,3 b	16,5	162,4 a	31,5	191,1 a	41,6	**
EC (KgPV/kgMS)	-	-	-	-	9,0 b	2,9	13,9 a	3,6	**

Nota: NOF: nivel de oferta de forraje; AA: afrechillo de arroz; 2, 4, 0,8, 1,6% PV. DE: Desvío Estándar. a y b = medias con letras diferentes entre columnas son significativamente diferentes. \*\* = P<0,01.

Cuando el suministro de oferta de forraje fue del 2% (NOF2, NOF2 + AA0,8, NOF2 + AA1,6), la superficie ocupada por los T fue similar entre ellos. A su vez, cuando la oferta incrementó al 4% (NOF4) la superficie utilizada fue mayor (59%). Esto determinó que la carga animal (medida como UG<sub>380</sub> o vacas/ha) en este último T fuera menor a los restantes T.

El consumo de afrechillo fue superior (54%) en el T con mayor agregado del mismo (NOF2 + AA1,6) en relación a NOF2 + AA0,8. Posteriormente al período de

acostumbramiento, los suministros de afrechillo fueron consumidos en su totalidad, sin registrarse rechazos de consumo.

La producción de PV por unidad de superficie fue superior ( $P < 0,01$ ) en los sistemas con agregado de suplemento (independiente del nivel empleado), en comparación a los sistemas exclusivamente pastoriles, en un 93% aproximadamente. Sin embargo, a pesar que no se encontraron diferencias estadísticas en la producción de PV entre sistemas pastoriles, el aumento de NOF incrementa la misma en un 28%. Este menor incremento se debe a la mayor superficie de área ocupada, que determinó un sistema de relativa baja carga animal.

Cuando la asignación de forraje es limitada, los efectos de sustitución suelen ser bajos, logrando generalmente buenas respuestas productivas individuales y por unidad de superficie (Latimori *et al.*, 2004). A su vez, en pasturas de alta calidad (como es el caso de un verdeo de avena), los incrementos en los niveles de suplementación determinan incrementos en las EC (Elizalde, 2003). En este estudio, la EC mostró diferencias entre los T suplementados ( $P < 0,01$ ), siendo mayor el valor de EC cuando se suministró el mayor nivel de suplementación (1,6% PV), demostrando que se logra un mejor nivel de eficiencia cuando se agregan niveles menores del 0,8% PV. A este nivel, se obtuvieron resultados muy buenos en el uso este suplemento a pesar de tratarse de vacas adultas, siendo los resultados similares a los obtenidos por diversos autores en novillos jóvenes en el Uruguay (Risso *et al.* 1991, Beretta *et al.* 2006, Luzardo *et al.* 2014c). Por su parte, en estudios regionales en novillos jóvenes suplementados con alimentos energéticos la eficiencia de conversión fue inferior (Latimori *et al.*, 1996); promedio de 5,7) a la resultante en el presente estudio al igual que en estudios internacionales en novillos alimentados sobre pasturas de menor calidad (Beck *et al.*, 2008; promedio de 5,0).

Los resultados de EC en cada una de las estaciones evaluadas (otoño e invierno), muestran una clara diferencia entre las mismas. La suplementación otoñal determinó mejores resultados que la invernal (6 y 12,5 kgPV/kgAA consumido, en promedio para ambos niveles de suplementación), principalmente por la mayor calidad de la pastura en los meses de invierno que determinan mayores ganancias de peso vivo. Una de las razones de estos resultados puede deberse al desbalance entre los contenidos de proteína y energía

disponible en los forrajes frescos que llevan a ineficiencias que pueden contrarrestarse con el uso de suplementos energéticos (Elizalde, 2003). Teniendo en cuenta cada nivel de afrechillo ofrecido, durante el otoño el T NOF2 + AA0,8 presentó una EC de 4,1 kgPV/kgAA, mientras que el T NOF2 + AA1,6 presentó una EC de 7,9 kgPV/kgAA. Durante el invierno las EC fueron de 10 y 15 kgPV/kgAA, respectivamente. Estos resultados muestran nuevamente que los menores niveles de afrechillo ofrecido son los que determinan un mejor aprovechamiento del mismo en términos de productividad, particularmente cuando se ofrece durante el otoño.

### 3.3 ANÁLISIS EN LOS RESULTADOS EN LA CANAL

Los factores que afecten la ganancia de peso y la composición de la ganancia durante el periodo de engorde incidirán en los resultados obtenidos en la canal y en su calidad (Prescott, citado por Berg y Butterfield, 1976).

#### 3.3.1 Características de la canal *in vivo*

Los parámetros medidos para el estudio de la calidad de la canal *in vivo* fueron el área de ojo de bife (AOB), espesor de grasa subcutánea (EGS), espesor de grasa medida a la altura del cuadril (P8) y el contenido de grasa intramuscular (GIM), presentándose sus valores al inicio y al final del experimento para cada tratamiento en el Cuadro 33.

**Cuadro 33.** Características de la canal evaluadas *in vivo* al inicio y al final del experimento para cada tratamiento

	NOF2		NOF4		NOF2 + AA0,8		NOF2 + AA1,6		P valor
	Media	DE	Media	DE	Media	DE	Media	DE	
AOB inicial (cm <sup>2</sup> )	54,1	7,3	53,4	8,7	53,5	4,8	50,8	9,7	ns
AOB final (cm <sup>2</sup> )	66,5	6,5	68,2	7,2	70,0	4,5	68,2	9,7	ns
EGS inicial (mm)	2,6	0,6	2,4	0,6	2,9	1,2	2,6	0,8	ns
EGS final (mm)	6,1 b	4,1	10,0 a	4,1	10,3 a	4,5	10,3 a	3,2	**
P8 inicial (mm)	4,9	2,7	4,5	2,6	5,3	2,8	4,5	2,3	ns
P8 final (mm)	10,6 b	4,6	16,1 a	5,8	14,9 a	6,4	16,6 a	7,4	*
GIM inicial (%)	2,8	0,3	3,0	0,3	2,8	0,2	2,8	0,3	ns
GIM final (%)	3,2	0,4	3,3	0,4	3,4	0,4	3,4	0,5	ns

Nota: NOF: nivel de oferta de forraje; AA: afrechillo de arroz; 2, 4, 0,8, 1,6% PV. DE: Desvío Estándar. AOB área del ojo de bife, EGS: espesor de grasa subcutánea. P8: espesor de grasa a nivel del cuadril. GIM: grasa intramuscular. a y b = medias con letras diferentes entre columnas son significativamente diferentes. \*\* = P<0,01. \* = P<0,05. ns = no significativo.

Al comienzo del estudio, todos los parámetros evaluados (Cuadro 34) fueron similares entre los diferentes T. Al final del periodo de engorde, el AOB y la GIM no fueron afectados por el sistema de alimentación, a diferencia del EGS y el P8 que mostraron diferencias según los T (P<0,01 y P<0,05, respectivamente). En ambas variables, las vacas que recibieron suplemento (independiente de su nivel) y las de un mayor NOF presentaron mayores grados de engrasamiento que el T con menor NOF sin suplementación.

Los resultados obtenidos en el AOB fueron similares a los de trabajos llevados a cabo con vacas adultas alimentadas con alto nivel de alimentación (Stelzleni *et al.*, 2007) y a los de novillos jóvenes en crecimiento alimentados con concentrados (Realini *et al.*, 2004). Asimismo, fueron superiores a los de novillos jóvenes provenientes de sistemas puramente pastoriles (Realini *et al.*, 2004).

Por su parte, los mayores niveles de engrasamiento a nivel subcutáneo y del cuadril en las vacas suplementadas y con mayor NOF, concuerdan con estudios realizados en novillos, en donde a medida que el consumo de energía era mayor, incrementaban los niveles de

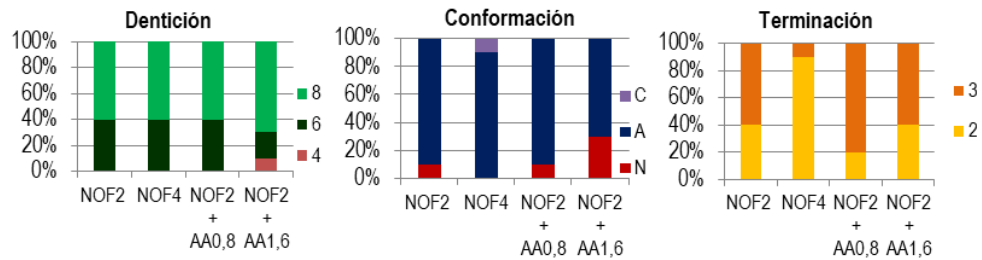
engrasamiento (Gil y Huertas, 2001). Estos resultados corresponden con lo establecido por Aviléz *et al.* (2015), que a mayores niveles de alimentación durante de engorde previo a la faena resultan en canales con mayores niveles de engrasamiento.

La edad del animal es otro factor que interviene en el engrasamiento de la canal, donde se incrementa el nivel de grasa intramuscular a medida que el animal crece. Estudios en donde se compararon diferentes edades en animales, encontraron que a mayor edad mayor fue el engrasamiento en la canal. Los resultados encontrados en el presente estudio, fueron similares a los obtenidos en estos trabajos en vacas mayores a los 5 años de edad (Price y Berg 1981, Whythes y Shorthose 1991, Galli *et al.*, 2008).

### 3.3.2 Características de la canal *post mortem*

#### 3.3.2.1 Clasificación de la canal

Las canales fueron clasificadas subjetivamente por el sistema de clasificación y tipificación de INAC (1997), teniendo en cuenta la dentición, conformación y el estado de engrasamiento de la canal. Los resultados obtenidos se presentan en la Figura 5.



Nota: NOF: nivel de oferta de forraje; AA: afrechillo de arroz; 2, 4, 0,8, 1,6% PV.

**Figura 5.** Dentición, conformación y terminación según INAC (1997) por tratamiento

La mayoría de los animales presentaron dentición completa, debido a la selección previa de las vacas adultas realizada para llevar a cabo el presente estudio. Del total de vacas faenadas a nivel nacional, la faena de vacas con dentición completa (8 dientes) en los últimos 5 años (2013 – 2017) corresponde al 72,3% (INAC, 2018), por lo que los resultados obtenidos en esta experiencia representan a una proporción importante de la faena de vacas del país.

La conformación de la canal relaciona la masa muscular y el esqueleto. Los datos a nivel nacional muestran que el 86,3% de las canales (machos + hembras) se encuentran en la clasificación "A" (aceptable por parte de la industria frigorífica) para el total de animales faenados, mientras que para la categoría vacas es del 83,4% (Correa y Brito, 2017). En el presente estudio, la mayor proporción de canales se encontró en esta categoría. Sin embargo, en los T suplementados se observaron canales clasificadas como "N", indicando una relación superior de músculo/hueso. Las mejoras en los planos alimenticios determinan mayores incrementos del peso animal que llevan a mejoras en la conformación (Colomer-Rocher *et al.*, 1986) con incrementos en los tejidos musculares y adiposos (Bass *et al.*, 1981).

La terminación (nivel de engrasamiento de la canal), define la cantidad y distribución de grasa de cobertura o subcutánea. La mayor cantidad de canales fue clasificada en la categoría 3 de grasa, considerada como excesiva, siendo superior a los resultados encontrados a nivel nacional, que se concentró principalmente en la categoría 2 (Correa y Brito, 2017). Esto puede deberse al estado corporal de los animales al inicio del ensayo y a los altos niveles de energía aportados en la dieta durante el proceso de engorde. A su vez, como es de esperar en animales adultos, la deposición de grasa es superior en comparación a animales más jóvenes (Di Marco, 2006).

Las mediciones morfométricas, permiten realizar una clasificación de la canal de manera objetiva. En el Cuadro 34 se presentan los promedios de largo de canal (LC), perímetro de pierna (PP) y largo de pierna (LP) de las canales en cada T.

El largo de la canal y el largo de pierna, no presentaron diferencias significativas entre los T. Por su parte, el perímetro de pierna si fue afectado por el sistema de alimentación ( $P < 0,05$ ) en donde el T NOF2+AA1,6 obtuvo los mayores valores, mientras que el T NOF2 presentaron los menores, encontrándose los restantes T con valores intermedios. Estos resultados se encuentran relacionados con la clasificación subjetiva realizada por el sistema de clasificación de INAC, en donde se encontró una mayor proporción de canales "N" en el T NOF2+AA1,6. Uno de los motivos de estos resultados se encuentra relacionado al mayor peso vivo de las vacas al momento de la faena, ya que al aumentar el mismo se produce una



mejora en la conformación, determinando una canal más compacta (Colomer-Rocher *et al.*, 1986).

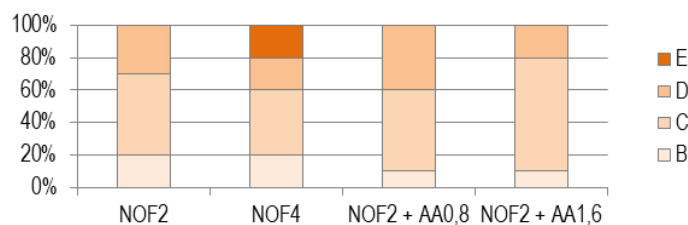
**Cuadro 34.** Medidas morfométricas según tratamiento

	NOF2		NOF4		NOF2 + AA0,8		NOF2 + AA1,6		P valor
	Media	DE	Media	DE	Media	DE	Media	DE	
Largo de canal (cm)	142,2	6,3	144,0	2,9	146,5	6,4	147,0	6,9	ns
Perímetro de pierna (cm)	111,2 b	6,2	114,1 ab	2,7	113,6 ab	2,2	116,5 a	4,5	*
Largo de pierna (cm)	102,2	3,7	100,6	4,0	102,0	4,6	103,6	4,9	ns

Nota: NOF: nivel de oferta de forraje; AA: afrechillo de arroz; 2, 4, 0,8, 1,6% PV. DE: Desvío Estándar. a y b = medias con letras diferentes entre columnas son significativamente diferentes. . \* = P<0,01. ns = no significativo.

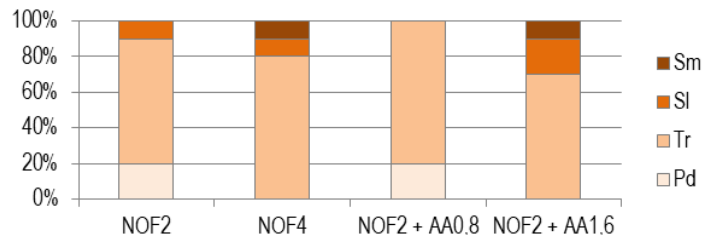
Otros métodos de evaluación de las canales son a través de la madurez esquelética y el grado de marmoreo. La madurez esquelética se refiere a la edad fisiológica del animal, determinándose según las características de los huesos y la osificación de los cartílagos, siendo un buen indicador de atributos de calidad como medida indirecta del desarrollo del tejido conectivo (USDA, 1997). El grado de marmoreo, determina la cantidad y distribución de grasa intramuscular (USDA, 1997) y es una característica de importancia en determinar el grado de calidad de la carne, en ese sentido, explica entre el 10 y 15% de la variabilidad de la ternera de la carne (Li *et al.*, 1999).

Para cada tratamiento, en la Figura 6, se presenta la proporción de canales según madurez esquelética y en la Figura 7, según el grado de marmoreo.



Nota: NOF: nivel de oferta de forraje; AA: afrechillo de arroz; 2, 4, 0,6, 0,8, 1,2, 1,6% PV.

**Figura 6.** Proporción de canales según madurez esquelética para cada tratamiento



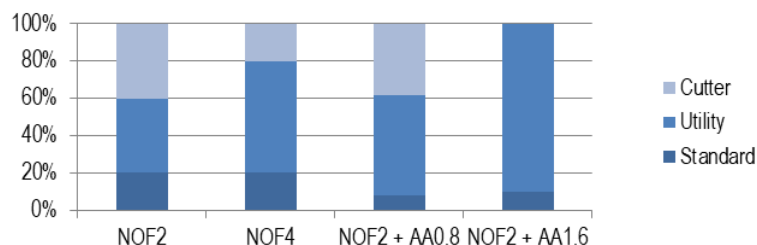
Nota: NOF: nivel de oferta de forraje; AA: afrechillo de arroz; 2, 4, 0,8, 1,6% PV.

**Figura 7.** Proporción de canales según contenido de grasa intramuscular (Escala USDA) para cada tratamiento

La madurez esquelética, al ser una variable que se encuentra íntimamente relacionada con la edad del animal, los resultados obtenidos fueron los esperados, encontrándose la mayor proporción de canales dentro de la clasificación C. Lo observado en este estudio, concuerda con lo relevado en las Auditorías de Calidad de Uruguay (Correa y Brito, 2017), donde la mayor proporción de canales de vacas se ubicó dentro de las categorías C y D. A su vez, los resultados obtenidos corresponden con Tatum (2011), que establece que a medida que la edad cronológica del animal avanza, la probabilidad de obtener canales con mayor grado de madurez esquelética aumenta. Asimismo, si se realiza una comparación entre machos y hembras de la misma edad, estas últimas tienen una mayor probabilidad de obtener canales con mayor grado de osificación que los primeros.

Los niveles de los grados de marmoreo en todos los T se ubicaron dentro de los grados más bajos, encontrándose una escasa proporción de canales con el nivel mínimo deseado (Small; Sm) en los T donde el consumo de energía fue superior (NOF4 y NOF2 + AA1,6). En relación a los promedios para los niveles de marmoreo, se encontraron diferencias significativas ( $P < 0,05$ ) entre los T, siendo superior en los T NOF4 (promedio 284) y NOF2 + AA1,6 (promedio 280) e inferior en el T NOF2 (promedio 230), comportándose de manera similar a todos los T el T NOF2 + AA0,8 (promedio 259).

De la relación existente entre el grado de marmoreo y la madurez esquelética resulta el sistema "Quality Grade" de USDA, en donde los grados de calidad en orden decreciente son "Prime, Choice, Select, Standard, Commercial, Utility y Cutter" (USDA, 1997) (Figura 8).



Nota: NOF: nivel de oferta de forraje; AA: afrechillo de arroz; 2, 4, 0,6, 0,8, 1,2, 1,6% PV.

**Figura 8.** Proporción de canales según el sistema Quality Grade de USDA para cada tratamiento

La mayor proporción de canales se encontró dentro de la clasificación “Utility”, característico de una categoría adulta como es la vaca de descarte. Al ser una relación entre el grado de madurez y el grado de marmoreo, se encuentra altamente influenciado por la edad del animal (Tatum, 2011) y a los niveles de energía consumida que determinan la cantidad de grasa intramuscular (Zea *et al.*, 2007).

### 3.3.2.2 Peso de canal caliente, enfriada y rendimiento carnicero

Las variables estimadas post mortem de peso de canal caliente (PCC) y enfriada (PCE) y el rendimiento carnicero para cada T se presentan en el Cuadro 35 y en el Anexo 1 los resultados para sus respectivas medias canales.

El PCC y PCE presentaron diferencias significativas ( $P < 0,01$  y  $P < 0,05$ , respectivamente), siendo mayor el peso de las mismas en el T con mayor NOF o con algún agregado de suplemento y menor en el T NOF2. Sin embargo, dichas diferencias desaparecieron cuando estas variables fueron corregidas por el PV final, indicando que las diferencias estaban dadas por el efecto principal de esta covariable. El rendimiento carnicero no presentó diferencias entre T.

**Cuadro 35.** Peso de canal caliente, canal enfriada y rendimiento canal según tratamiento

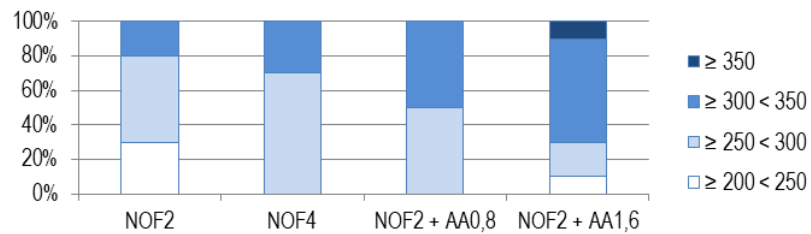
	NOF2		NOF4		NOF2 + AA0,8		NOF2 + AA1,6		P valor
	Media	DE	Media	DE	Media	DE	Media	DE	
PCC (kg)	266,2 b	33,4	292,0 a	17,1	295,8 a	20,5	309,3 a	39,0	*
PCE (kg)	257,1 b	32,2	283,4 a	16,8	287,1 a	20,2	300,3 a	38,4	**
Rendimiento PVLI (%)	49,4	2,3	48,3	1,4	48,6	1,5	49,8	1,2	ns
Rendimiento PVV (%)	51,3	2,0	50,7	1,1	50,8	1,6	51,6	1,7	ns

Nota: NOF: nivel de oferta de forraje; AA: afrechillo de arroz; 2, 4, 0,8, 1,6% PV. DE: Desvío Estándar. PCC = peso de canal caliente. PCE = peso de canal enfriada. PVLI = peso vivo lleno. PVV = peso vivo vacío. a y b = medias con letras diferentes entre columnas son significativamente diferentes. \*\* = P<0,01. \* = P<0,05. ns = no significativo.

Estos resultados concuerdan con los obtenidos en el animal *in vivo* y con los niveles de nutrientes consumidos por el animal (Cuadro 31), donde los animales con un mayor aporte de nutrientes en la dieta lograron mayores ganancias de PV y niveles de engrasamiento. En estudios con características similares, del Campo *et al.* (2008) y Luzardo *et al.* (2014c) encontraron la misma respuesta ante el agregado de suplemento en la dieta o el mayor NOF. En estos sistemas, las canales presentaron un peso superior a los novillos alimentados exclusivamente con pasturas y del NOF de 2%PV. Realini *et al.* (2004) también obtuvieron canales más pesadas cuando los novillos eran alimentados con pastura y concentrado en comparación a los alimentados únicamente con forraje. En vacas adultas, Miller *et al.* (1987) y Restle *et al.* (2000) y Restle *et al.* (2001a) obtuvieron mayores ganancias de peso con dietas con mayor contenido energético resultando en un mayor peso canal. Esto demuestra que independiente de la categoría, el nivel de alimentación tiene gran influencia sobre el peso de la canal.

Comparando con los datos de las Auditorias de Calidad del Uruguay, donde el PCC promedio de los últimos 10 años en vacas fue de 221,7kg (Correa y Brito, 2017), los PCC del este estudio superan ampliamente dicho valor, principalmente en los T con mayor aporte de nutrientes, indicando que una mejora alimenticia permite obtener canales de mayor peso, con mejor grado de conformación y terminación.

En la Figura 7 se muestra la proporción de la canal caliente según su peso para cada T. En los sistemas exclusivamente pastoriles a bajas asignaciones de forraje, las canales fueron más livianas, con una mayor proporción de las mismas entre 200 y 250 kg. Con el incremento del NOF y el agregado de suplemento, el peso de las mismas aumenta. Sin embargo, el único T que logra canales superiores a los 350 kg es el T NOF2+AA1,6. Estos resultados demuestran que el aumento del NOF o principalmente el agregado de suplemento en el sistema, permite una mayor proporción de canales con pesos superiores a los 300 kg.



Nota: NOF: nivel de oferta de forraje; AA: afrechillo de arroz; 2, 4, 0,8, 1,6% PV.

**Figura 9.** Proporción de canal caliente según su peso en cada tratamiento

### 3.3.2.3 Peso del corte pistola y cortes valiosos

En el Cuadro 36 se muestra el efecto del sistema de alimentación en el peso del corte pistola (CP) y los principales cortes a nivel comercial. En el Anexo 2, se muestran los resultados por T de los restantes cortes así como el de recortes (carne y grasa) y de huesos.

En el peso del CP, la suma de los cortes de valor (SCV), el Rump & Loin (RL) y en el bife y cuadril (considerados como cortes de mayor valor comercial junto con el lomo) se encontraron diferencias significativas entre los diferentes T ( $P < 0,05$ ), siendo superiores dichos pesos en el T NOF4 y en ambos T con agregado de suplemento, en comparación al T NOF2. Sin embargo, para CP, SCV y RL dichas diferencias desaparecieron cuando estas variables fueron corregidas por el peso de la canal, indicando que las mismas estaban dadas por el efecto de esta covariable. El peso de los recortes de carne y de grasa y de los huesos, no presentaron diferencias significativas entre los diferentes T (Anexo 2).

**Cuadro 36.** Peso del corte pistola y principales cortes (en kg) según tratamiento

Peso (kg)	NOF2		NOF4		NOF2 + AA0,8		NOF2 + AA1,6		P valor
	Media	DE	Media	DE	Media	DE	Media	DE	
Pistola	62,4 b	6,8	68,7 a	3,9	68,4 a	4,6	71,2 a	9,0	*
Cortes de valor (SCV)	33,1	3,7	36,3 a	2,5	36,3	2,2	37,9 a	5,1	*
Rump & Loin	12,4 b	1,3	13,9 a	1,3	13,9 a	1,1	14,6 a	2,2	*
Lomo	2,1	0,3	2,2	0,2	2,1	0,2	2,3	0,3	ns
Bife	4,9 b	0,6	5,7 a	0,7	5,7 a	0,5	6,1 a	1,3	*
Cuadril	5,4 b	0,6	6,1 a	0,6	6,1 a	0,7	6,3 a	0,8	*

Nota: NOF: nivel de oferta de forraje; AA: afrechillo de arroz; 2, 4, 0,8, 1,6% PV. DE: Desvío Estándar. Suma de cortes de valor. SCV= Rump & Loin + nalga de adentro + nalga de afuera + bola de lomo + colita de cuadril. Rump & Loin = lomo + bife + cuadril. a y b = medias con letras diferentes entre columnas son significativamente diferentes. \* = P<0,05. ns = no significativo.

Debido a la importancia comercial que presenta el lomo y el bife, se definieron umbrales de valor de 1,8 y 4,5 kg, respectivamente (Brito *et al.*, 2014). En todos los T, los pesos promedios de ambos cortes superaron estos umbrales, indicando que bajo las condiciones dadas en el estudio es posible lograr cortes valiosos con pesos aceptables. Para el lomo, en el T NOF2 el 90% de las muestras superaron el 1,8 kg; mientras que en el bife los T exclusivamente pastoriles superaron el umbral el 90% de los cortes evaluados y en el T NOF2 + AA1,6 el 80%.

Al igual que con las restantes variables estudiadas, las analizadas en este ítem, se demuestra nuevamente que el desarrollo de la canal se encuentra muy relacionado al desarrollo del peso vivo y por lo tanto al sistema de alimentación al que son sometidos los animales previo a la faena (Di Marco, 2006).

Estudios realizados en vacas de descarte, encontraron similares resultados al del presente trabajo, indicando que a mayor nivel de alimentación los pesos de la canal y de los cortes valiosos aumentan (Restle *et al.*, 2000, 2001ab, Stelzleni *et al.*, 2007). Asimismo, estos resultados coinciden con lo evaluado por Luzardo *et al.*, (2014c) trabajando con novillos en condiciones similares al del presente estudio en términos de NOF y suplementación.

### 3.4 ANÁLISIS DE LOS RESULTADOS EN LA CARNE

#### 3.4.1 Parámetros que definen la calidad de la carne

El valor promedio de pH a las 48 horas para todos los T fue de  $5,6 \pm 0,1$ , sin presentar diferencias entre T. Estos resultados (menores a 5,8) indican que la carne presenta buenas condiciones para su conservación (Lawrie, 1998), inhibición de microorganismos y otorgándole características físico químicas deseables (Santini *et al.*, 2003).

El pH se encuentra influenciado por factores *ante mortem* (propios del animal y del sistema de alimentación) (Santini *et al.*, 2003) y por procesos *post mortem* (atardimiento, tiempo de maduración, velocidad de enfriamiento de la canal, entre otras) (Garrido *et al.*, 2005). En esta experiencia, los resultados obtenidos en pH demuestran que las condiciones del periodo de engorde, el contenido energético de la dieta, el proceso de faena y el almacenamiento, no afectaron el pH, de manera que esta variable no influenciaría en forma negativa a las características de la calidad de carne.

En el Cuadro 37 se muestran los valores promedio para el color de la grasa registrado en base a la escala Aus-Meat de 9 grados de color y el color de la carne a través de la medición de los tres parámetros de color L\* (luminosidad), a\* (rojo) y b\* (amarillo) para diferentes días de maduración (2, 7, 14 y 21 días).

El color de la grasa y de la carne, no presentaron diferencias significativas entre los T, con excepción del parámetro L\* en la carne a los 14 días de maduración que presentó una coloración más brillante en los T con un mayor ofrecimiento de energía en la dieta (NOF4 y NOF2 + AA1,6). En la carne, a pesar de no encontrar diferencias entre T en un mismo periodo de maduración, se observa que a medida que avanzan los días de maduración los niveles de L\* son mayores ( $P < 0,01$ ), los de a\* menores ( $P < 0,01$ ) y los de b\* mayores únicamente para 21 días de maduración ( $P < 0,01$ ).

En el color de la grasa, los valores considerados de rechazo según la escala de Aus-Meat son 7 y 8. En promedio, los valores encontrados en el total de los T se ubicaron dentro de los rangos de coloración aceptables. Estos resultados concuerdan con los datos

encontrados en vacas en la Auditoria de Calidad del Uruguay, en donde la mayor proporción de las canales presentaron coloración entre 3 y 4 y una muy baja proporción presentó coloraciones de rechazo (Correa y Brito, 2017).

**Cuadro 37.** Color de la carne y de la grasa para cada tratamiento

	NOF2		NOF4		NOF2 + AA0,8		NOF2 + AA1,6		P Valor
	Media	DE	Media	DE	Media	DE	Media	DE	
Color de grasa	4,0		4,3		4,2		4,4		ns
L* 2 días	33,2	1,9	33,8	2,2	33,9	1,7	34,0	1,7	ns
a* 2 días	19,6	0,7	18,9	2,2	20,1	1,0	19,8	1,6	ns
b* 2 días	8,9	1,0	8,7	1,2	9,3	0,6	9,4	0,9	ns
L* 7 días	33,9	2,0	34,4	1,5	34,8	1,6	34,7	1,4	ns
a* 7 días	17,3	1,7	17,5	1,5	17,3	1,6	17,9	1,0	ns
b* 7 días	9,2	1,1	9,4	1,0	9,6	0,8	9,5	0,7	ns
L* 14 días	34,4 c	1,4	35,8 ab	1,6	35,0 bc	1,8	36,1 ab	1,1	*
a* 14 días	16,9	2,2	16,6	1,2	17,1	1,9	16,2	1,5	ns
b* 14 días	9,7	2,6	9,3	0,8	9,3	0,7	9,5	1,2	ns
L* 21 días	35,9	1,9	37,0	1,8	36,3	1,7	36,7	1,9	ns
a* 21 días	17,2	1,6	16,7	2,7	16,4	1,8	17,4	2,6	ns
b* 21 días	10,1	0,7	9,9	1,1	9,9	1,0	10,1	0,8	ns

Nota: NOF: nivel de oferta de forraje; AA: afrechillo de arroz; 2, 4, 0,8, 1,6% PV. DE: Desvío Estándar. L\*= luminosidad, a\*= rojo, b\*= amarillamiento. a y b = medias con letras diferentes entre columnas son significativamente diferentes. \* = P<0,05. ns = no significativo.

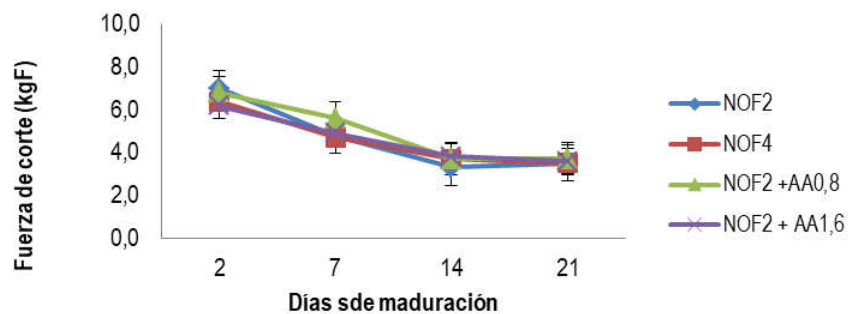
En vacas, la concentración de mioglobina es mayor que la de los machos (Lawrie, 1998) por lo que es esperable que presente coloraciones más oscuras que afecten su aceptabilidad. Estudios realizados por Brito *et al.* (2008) en novillos de 21 meses de edad observaron valores similares de L\* a los 14 días de maduración, pero valores de a\* y b\* inferiores. Por su parte, del Campo *et al.* (2008) obtuvieron en novillos valores de L\* levemente superiores, siendo similares los de a\* y b\*.



La concentración energética de la dieta afecta la coloración del músculo. Altos contenidos de energía disminuyen el contenido de pigmentos de mioglobina, resultando en un color de carne más claro (Boleman *et al.*, 1996). A diferencia de lo observado en este estudio, donde no se encontraron diferencias significativas entre T, Realini *et al.* (2004) señalaron que en novillos provenientes de pasturas los valores de L\* eran inferiores a los de sistemas más intensivos, sin encontrar diferencias en a\* o b\*. Sin embargo, del Campo *et al.* (2008) no encontraron diferencias en L\* entre novillos alimentados en dietas exclusivamente pastoriles y novillos suplementados, al igual que los parámetros a\* y b\*, con niveles de suplementación entre 0,6 y 1,2%PV. Resultados similares fueron obtenidos por Brito *et al.* (2008) y Stelzleni *et al.* (2008).

Estos resultados demuestran que los sistemas de alimentación utilizados permiten lograr coloraciones en el músculo de vacas adultas similares a la de novillos jóvenes, promoviendo así su aceptación por parte del consumidor de mercados exigentes (Albertí *et al.*, 2016).

En la Figura 10 se muestra el promedio del valor de fuerza de corte (terneza) por T en cada periodo de maduración evaluado.



Nota: NOF: nivel de oferta de forraje; AA: afrechillo de arroz; 2, 4, 0,8, 1,6% PV.

**Figura 10.** Evolución del valor promedio de fuerza de corte según tratamiento

El sistema de alimentación no tuvo efecto en el predictor utilizado del nivel terneza de la carne en ningún periodo de maduración, siendo el valor promedio de la fuerza de corte de  $6,6 \pm 1,6$  kgF para 2 días de maduración, de  $5,0 \pm 1,3$  kgF para 7 días, de  $3,6 \pm 0,7$  kgF para

14 días y de  $3,6 \pm 0,6$  kgF para 21 días. Sin embargo, entre periodos de maduración se pueden observar disminuciones ( $P < 0,01$ ) en los valores de fuerza de corte entre 2, 7 y 14 y 21 días de maduración (siendo en estos casos similares entre sí). Estos resultados coinciden con estudios llevados a cabo tanto en novillos (Realini *et al.* 2004, Luzardo *et al.* 2014c) como en vacas de descarte (Matulis *et al.* 1987, Kuss *et al.* 2005, Stelzleni *et al.* 2008).

La carne vacuna tiene una mayor aceptabilidad por parte de los consumidores cuando los valores de fuerza de corte se encuentran por debajo de 4,1 kgF y mayor grado de satisfacción se logran cuando estos valores son menores a 3,6 kgF (Wheeler *et al.*, 1997). En este estudio, las diferentes estrategias de alimentación no llevaron a diferencias en los valores de fuerza de corte.

El tipo de alimento durante la etapa de terminación tiene efecto sobre la terneza de la carne (Boleman *et al.*, 1996). El incremento en el consumo de energía determina aumentos en la ganancia de peso (Latimori *et al.*, 2004), generando mayor proporción de colágeno soluble con la consecuente mejora en la terneza (Miller *et al.*, 1987). Sin embargo, diversos estudios han demostrado que a bajos niveles de suplementación no se encuentran diferencias en los valores de fuerza de corte, inclusive se observan mejores resultados en terminaciones exclusivamente pastoriles (Realini *et al.* 2004, Brito *et al.* 2014).

Realini *et al.* (2004) observaron mejores valores de fuerza de corte en animales (novillos) provenientes de sistemas exclusivamente pastoriles (2,8 kgF) que en animales suplementados (3,4 kgF), para 14 días de maduración. Este resultado es consistente con los obtenidos por del Campo *et al.* (2008) quienes reportaron para 20 días de maduración valores de 3,2 kgF en novillos sobre pasturas y de 3,6 kgF en novillos suplementados al 1,2%PV, con los de Brito *et al.* (2008) que observaron un promedio para 14 días de maduración de 4,2 kgF en animales (novillos) provenientes de sistemas pastoriles y suplementados y con los de Luzardo *et al.* (2014b) quienes encontraron valores entre 3,1 y 3,4 en sistemas pastoriles y entre 3,0 y 3,9 kgF en novillos con suplementaciones de 0,8% PV con 20 días de maduración.

Las diferencias observadas en la terneza alcanzada para lograr una mejor aceptación por parte del consumidor, entre los estudios reportados y los resultados obtenidos en el

presente estudio, pueden estar determinados por la edad del animal. Animales más jóvenes presentan una mayor solubilidad del colágeno y un menor contenido de tejido conectivo que determina menores valores de fuerza de corte (Lawrie, 1998).

Diversos estudios demuestran que la terneza de la carne se ve favorecida cuanto más largo es el periodo de maduración. Algunos autores (Brito *et al.*, 2002a, Stolowski *et al.*, 2006) consideran que los cambios de mayor importancia se dan hasta los 14 días, mientras que otros consideran hasta 28 días (Takahashi, 1996). En este estudio, 2 y 7 días de maduración no fueron suficientes para obtener valores menores a 4,5 kgF, comenzando a encontrarse resultados aceptables a partir de los 14 días de maduración y lográndose casi la totalidad de las muestras por debajo de ese umbral luego de 21 días de maduración. Estos resultados, concuerdan con Mandell *et al.* (2006), que lograron valores aceptables en vacas luego de 28 días de maduración. Teniendo en cuenta estudios en novillos, esta categoría logra valores aceptables con menor periodo de maduración. Por su parte, Realini *et al.* (2004), del Campo *et al.* (2008) y Luzardo *et al.* (2008) encontraron valores aceptables con 7 días de maduración, sin encontrar diferencias cuando la misma aumentaba a 14 o 20 días.

#### 3.4.2 Contenido total de lípidos y composición de ácidos grasos

En el Cuadro 38, se muestran los promedios del contenido de grasa intramuscular (GIM), composición porcentual de los ácidos grasos encontrados en la GIM, ácidos grasos saturados (AGS), monoinsaturados (AGM) y poliinsaturados (AGPI) y la relación entre AGPI/AGS y n6/n3 (teniendo en cuenta el total de los ácidos grasos obtenidos de cada serie), para cada tratamiento.

**Cuadro 38.** Contenido de grasa intramuscular (%) y composición de ácidos grasos (%) para cada tratamiento

	NOF2		NOF4		NOF2 + AA0,8		NOF2 + AA1,6		P valor
	Media	DE	Media	DE	Media	DE	Media	DE	
Grasa intramuscular (GIM)	3,52	0,01	4,74	0,02	4,61	0,01	4,13	0,01	ns
14:0 Ácido mirístico	2,13 b	0,23	2,56 a	0,38	2,28 ab	0,38	2,15 b	0,32	*
14:1 Ácido miristiroleico	0,35	0,09	0,4	0,11	0,40	0,14	0,30	0,1	ns
16:0 Ácido palmítico	27,53	1,3	28,6	0,86	27,74	1,69	27,39	0,82	ns
16:1 Ácido palmitoleico	3,78	0,64	3,96	0,59	4,04	0,57	3,44	0,45	ns
18:0 Ácido esteárico	16,22	2,52	15,73	1,09	15,69	1,31	17,10	2,08	ns
18:1 Ácido oleico	44,96	2,83	44,89	1,53	45,61	1,55	44,84	2,83	ns
18:2 Ácido linoleico	2,03 bc	0,63	1,72 c	0,33	2,34 ab	0,32	2,74 a	0,61	**
18:3 n6 Ácido gamma linolénico	0,04	0,03	0,04	0,03	0,04	0,03	0,05	0,02	ns
18:3 n3 Ácido linolénico	0,72 a	0,25	0,56 ab	0,13	0,42 b	0,07	0,41 b	0,06	**
Ácido linoleico conjugado (CLA)	0,49 a	0,13	0,56 a	0,14	0,45 ab	0,09	0,37 b	0,06	*
20:0 Ácido araquídico	0,09 a	0,04	0,05 b	0,03	0,03 b	0,02	0,05 b	0,04	*
20:2 n6 Ácido eicosadienoico	0,03	0,01	0,02	0,01	0,02	0,01	0,02	0,01	ns
20:3 n3 Ácido eicosaenoico	0,14	0,07	0,08	0,05	0,13	0,05	0,14	0,05	ns
20:3 n6 Ácido eicosatrienoico	0,05	0,01	0,04	0,02	0,03	0,01	0,05	0,06	ns
20:4 n6 Ácido araquidónico	0,76 a	0,33	0,41 b	0,22	0,47 b	0,19	0,56 ab	0,24	*
20:5 n3 Ácido eicosapentaenoico	0,27 a	0,11	0,19 b	0,09	0,12 b	0,06	0,13 b	0,05	**
22:5 n3 Ácido clupanodónico	0,34 a	0,12	0,23 b	0,12	0,15 b	0,08	0,19 b	0,11	**
22:6 n3 Ácido docosahexaenoico	0,09 a	0,04	0,08 ab	0,04	0,06 ab	0,03	0,05 b	0,02	*
AGS	45,95	3,12	46,93	1,69	45,75	1,45	46,70	2,29	ns
AGM	49,08	3,30	49,25	1,20	45,75	1,45	46,70	2,29	ns
AGPI	4,47 a	1,41	3,37 b	0,87	3,77 ab	0,51	4,34	0,82	*
n6	2,86 a	0,92	2,16 b	0,51	2,85 a	0,39	3,37 a	0,75	**
n3	1,57 a	0,53	1,14 b	0,40	0,87 b	0,23	0,92 b	0,14	**
AGPI/AGS	0,10 a	0,03	0,07 b	0,02	0,08 ab	0,01	0,09 a	0,02	*
n6/n3	1,85 b	0,26	2,00 b	0,34	3,45 a	0,81	3,67 a	0,76	**

Nota: NOF: nivel de oferta de forraje; AA: afrechillo de arroz; 2, 4, 0,8, 1,6% PV. DE: Desvío Estándar. GIM= grasa intramuscular, AGS = ácidos grasos saturados, AGM= ácidos grasos monoinsaturados, AGPI = ácidos grasos poliinsaturados, n6 = ácidos grasos omega 6, n3= ácidos grasos omega 3. a y b = medias con letras diferentes entre columnas son significativamente diferentes. \* = P<0,05, \*\* = P<0,01. ns = no significativo.

Generalmente, el porcentaje de GIM es menor en animales provenientes de sistemas exclusivamente pastoriles (Cabrera y Saadoun (2014), donde el aporte de energía es menor. En este estudio, el contenido de GIM del músculo *Longissimus dorsi* no presentó diferencias entre T, pero sí se observó una tendencia a una menor proporción de GIM en el T que consumió un menor contenido de energía (NOF2). Respuestas similares fueron obtenidas por Realini *et al.* (2004), que encontraron en novillos Hereford terminados en pasturas un menor contenido de GIM (1,68%) en relación a los terminados a grano (3,18%), por Latimori *et al.* (2008) que observaron un contenido de GIM inferior en sistemas pastoriles (2,89%) que con suplementación (4,25%) y Brito *et al.* (2008) con contenidos de 2,3% en animales suplementados y 1,9% en sistemas exclusivamente pastoriles. Las diferencias encontradas de los resultados obtenidos con los reportados, pueden deberse al sexo y a la edad de los animales, ya que está estudiado que las hembras tienen una mayor deposición de grasa que los machos y que la grasa intramuscular es de las últimas en depositarse (Di Marco, 2006).

El contenido de ácido linoleico (18:2, precursor de los ácidos grasos – AG n6) y linolénico (18:3, precursor de los AG n3) presentaron diferencias significativas ( $P < 0,01$ ) entre T. El 18:2, fue superior en los T con agregado de suplemento, disminuyendo en los sistemas pastoriles, por el contrario el 18:3 fue superior en los sistemas pastoriles, siendo inferior el contenido en los T con algún nivel de agregado de afrechillo. Estos resultados eran de esperar, ya que en el primero predomina en los granos (Dewhurst *et al.*, citados por Scollan *et al.*, 2006) y en el segundo es de los principales AG provenientes de las pasturas (Lawrie, 1998).

Los niveles de CLA presentaron diferencias ( $P < 0,05$ ) entre T, siendo menores cuando se incorporó suplementación en la dieta. Estos resultados coinciden con la bibliografía consultada, que sostiene que los sistemas pastoriles, en donde la concentración de ácido linolénico es mayor, producen carne con mayor contenido de CLA (Camfield *et al.*, 1999; Scollan *et al.*, 2006. French *et al.* (2003) encontraron mayores concentraciones de CLA en novillos a pastoreo que con concentrado (1,08 vs. 0,37%, respectivamente), al igual que Realini *et al.* (2004) que obtuvieron niveles de 0,53% en sistemas pastoriles frente a 0,25% en animales con agregado de concentrado. El consumo de CLA por el ser humano está

relacionado con un mayor beneficio para su salud, siendo la principal fuente la carne de rumiantes (Wood *et al.*, 2003).

El aporte energético de la dieta influye en el grado de engrasamiento y en la composición de los depósitos grasos (Zea *et al.*, 2007). Cuando se realizan comparaciones de sistemas contrastantes como ser exclusivamente pastoriles o alimentación a grano, es común encontrar diferencias entre las proporciones de los AG, siendo superiores los AGMI en dietas con concentrado y los AGS y AGPI en dietas pastoriles (Realini *et al.*, 2004).

En este estudio, no se encontraron diferencias entre los AGS y AGMI, debido principalmente a que las diferencias en la dieta no fueron tan marcadas como es otros estudios revisados en la literatura, siendo los niveles de agregado de suplemento relativamente bajos frente al potencial de consumo voluntario de esta categoría. Realini *et al.* (2004) tampoco encontraron diferencias en las concentraciones de AGS entre novillos terminados en pasturas y con concentrados, pero sí menores concentraciones de AGMI en animales alimentados exclusivamente con pasturas. Por su parte, French *et al.* (2003) observaron menores concentraciones de AGS y mayores de AGMI a altas asignaciones de forraje. El promedio de AGS para todos los T fue de 46,3% y el de AGMI de 49,2%. Los principales AGS fueron el ácido palmítico (16:0) y el ácido esteárico (18:0), que presentaron un promedio entre los T de 27,8 y 16,2%, respectivamente, mientras que el principal AGMI fue el oleico con un promedio de 45,1% (Anexo 3).

Los AGPI presentaron diferencias ( $P < 0,01$ ) entre T, siendo mayor el contenido en NOF2 y NOF2 + AA1,6 e inferior en NOF4, mientras que el T NOF2 + AA0,8 no presentó diferencias con ninguno de los T evaluados. Dentro de estos, los n6 y n3 presentaron diferencias muy significativas ( $P < 0,01$ ) entre T, estando representados principalmente por el 18:2 y el 18:3, respectivamente. Como era de esperar por la procedencia de cada uno, los n6 fueron superiores en los T con algún agregado de suplemento, intermedio en el T NOF2 e inferior en el T NOF4, mientras que los n3 presentaron una mayor proporción en el NOF2 con respecto a los restantes T. Estos datos concuerdan con los encontrados por Duckett y Realini (2002) y Noci *et al.* (2005).

Las diferencias encontradas en los AGPI, determinaron diferencias en las relaciones de AGPI/AGS ( $P < 0,05$ ) y  $n6/n3$  ( $P < 0,01$ ). La relación AGPI/AGS, fue superior en los T suplementados y en el T NOF2 e inferior en el T NOF4. La relación  $n6/n3$ , determinó mayores valores en los T suplementados en comparación a los T exclusivamente pastoriles. Sin embargo, independiente de las diferencias observadas, la relación AGPI/AGS se encontró en todos los casos por debajo del valor recomendado (mayor a 0,45) y mientras que para el caso de la relación  $n6/n3$  se ubicó -nuevamente para todos los T- dentro de los valores recomendados (menor a 4) (Department of Health, 1994).

Los resultados de AGPI/AGS del presente estudio, concuerdan con datos reportados por Noci *et al.* (2005) en donde trabajando con vaquillonas con diferentes duraciones de pastoreo encontraron valores inferiores a 0,45. A su vez, también coinciden con resultados obtenidos en novillos terminados en pasturas o pasturas y concentrado (Realini *et al.*, 2004, Brito *et al.*, 2008). En estos estudios, a pesar de encontrarse diferencias en el tipo de alimentación, las relaciones se encontraron por debajo de 0,45, demostrando que independiente de la categoría utilizada, es posible lograr estos resultados.

La relación  $n6/n3$ , particularmente es beneficiosa en sistemas puramente pastoriles (Wood *et al.*, 2003). Asimismo, los niveles de suplementación empleados en esta experiencia no determinaron aumentos perjudiciales para la salud humana. Resultados similares a los obtenidos fueron observados por Noci *et al.* (2005) en dietas pastoriles en vaquillonas y Luzardo *et al.* (2008) en novillos.

#### 4. CONCLUSIONES

De acuerdo con las condiciones en que fue realizado este estudio, se puede concluir que a través de un buen uso de pasturas anuales invernales y con la inclusión estratégica de la suplementación con afrechillo de arroz sin desgrasar y molido, es posible mejorar el desempeño productivo de las vacas de descarte en engorde. Con asignaciones de forraje del 4% PV y niveles entre 0,8 y 1,6% de afrechillo de arroz se logran ganancias de peso vivo cercanas a 1 kg/animal/día. Los niveles de producción logrados con sistemas basados con niveles de oferta de forraje de 2% PV sin suplementación, permitirán ganancias de peso más moderadas con respecto a las obtenidas en las otras opciones evaluadas. . Igualmente, todos estos sistemas permiten la obtención de buenas productividades por unidad de superficie, ya sea por el aumento de las ganancias o como el aumento de la carga animal. Por su parte, niveles de suplementación de 0,8% PV logran muy buenas eficiencias de conversión en vacas con un nivel de oferta de forraje del 2% PV, particularmente cuando se considera que es una categoría adulta y menos eficiente (en comparación a animales en activo crecimiento). En términos generales, los niveles de productividad animal del sistema de alta carga con suplemento (NOF 2 %PV + AA0,8-1,6 %PV) en el Basalto son similares a los logrados por los sistemas puramente pastoriles pero sin uso de suplementos (NOF 4 %PV).

Estos resultados se relacionan con la mayor disponibilidad de forraje o la inclusión de la suplementación, que corresponde a mayores consumos de nutrientes (energía principalmente).

Las mayores ganancias de peso en los sistemas más intensivos permiten obtener animales con mayor peso de faena y grado de terminación, lo cual aumenta la probabilidad de cumplir con los requerimientos de calidad de la industria frigorífica exportadora y adicionar la posibilidad de la venta de vacas de descarta dentro de la “ventana” de mejores precios relativos. Por otra parte, estas altas ganancias, favorecen el uso adicional de esta base forrajera para incorporar el engorde de otro lote de vacas u otras categorías y especies en el período invierno-principio de primavera.



Las variables medidas en la canal (área de ojo de bife -AOB-, espesor de grasa subcutánea -EGS-, espesor de grasa a nivel del cuadril -P8- y el contenido de grasa intramuscular -GIM-), estimados *in vivo* por medio de la ultrasonografía al inicio y al final del periodo de estudio, no fueron afectadas sustancialmente por los tratamientos aplicados, con la excepción de tratamiento pastoril sin suplementación que consistentemente presentó menores nivel de engrasamiento que los restantes tratamientos que recibían un mejor nivel de alimentación.

Al estar altamente relacionado las características de la canal con el desarrollo del peso vivo, las mejoras de productividad obtenidas durante el periodo de engorde se reflejan en los resultados obtenidos luego de la faena, determinando mayores pesos de canal y cortes valiosos en los sistemas con mayor disponibilidad de forraje y con el agregado de suplemento. Más allá de la diferencia encontrada entre los tratamientos evaluados, los valores promedios mínimos de pesos de canal caliente superaron 240 kg, aumentando aún más a medida que se mejoró el NOF y se incorporó la suplementación. Ello determinó que una gran proporción de las canales tuvieran un peso superior a los 250 kg, valores que son significativamente mayores a los reportados por Correa y Brito (2017) en las 3 auditorías nacionales de calidad de la carne (2003, 2008 y 2013) en vacas de descarte. El mayor nivel de alimentación determinó mayores pesos del corte pistola, de la suma de los cortes de valor y el Rump & Loin. Asimismo, en todos los sistemas evaluados los pesos promedios del lomo y el cuadril superaron el calibre definido como aceptable por la industria frigorífica de 1,8 kg y 3,5 kg, respectivamente.

Con estos sistemas de alimentación en la categoría de vacas de descarte fue posible obtener resultados de terneza, color de carne y de grasa, capaces de satisfacer las exigencias de los consumidores en diferentes mercados de exportación exigentes, comparables a los resultados obtenidos en novillos bajo sistemas de producción similares. Sin embargo, es importante resaltar la necesidad de un proceso de maduración de al menos 14 días para mejorar el nivel de terneza de la carne para esta categoría adulta.

En cuanto a la composición de los ácidos grasos, los sistemas productivos utilizados demuestran que la carne de vacas de descarte (al igual que lo estudiado en novillos)

proveniente de sistemas pastoriles como los de Uruguay (100% pastoriles o con niveles bajos de suplementación -0.8% del PV- bajo pastoreo), promueven la producción de carne saludable según las recomendaciones internacionales en términos de perfiles y composición de ácidos grasos.

Finalmente, se concluye que a través del uso eficiente de la pastura de alta productividad y valor nutricional y/o a través de la inclusión estratégica y eficiente de la suplementación en sistemas pastoriles en alta carga en la región de Basalto es posible mejorar la performance animal de los sistemas de cría, logrando mejores ganancias de peso vivo de vacas de descarte así como también valorizando y agregando valor al producto (calidad de canal, carne, momento de faena, etc.) por lo que en general y en particular en períodos de altos precios de la categoría vaca gorda, la inclusión de esta actividad en los predios ganaderos, tendría un significativo impacto en la productividad e ingreso económico de los establecimientos.

## 5. BIBLIOGRAFÍA

- Aguilar N, Slanac A, Balbuena O. 2002. Comportamiento ingestivo en vaquillas cruzas Cebú en pastoreo, que reciben suplementación energético proteica. Comunicaciones científicas y tecnológicas. Argentina: INTA. 5 p.
- Albertí P, Ripoll G, Ripio G, Albertí C, Panea B. 2016. Clasificación objetiva del color de la carne de las denominaciones de venta de vacuno. Eurocarne: La revista internacional del sector cárnico. 244: 131-142.
- Albertí P, Panea B, Ripio G, Sañudo C, Olleta J, Hegueruela I, Campo M, Serra X. 2005. Medición del color. En: Cañeque V., Sañudo C. (Eds). Estandarización de las metodologías para evaluar la calidad del producto (animal vivo, canal, carne y grasa) en los rumiantes. Madrid: INIA. (Monografías INIA, Serie ganadera 3). 216-225.
- Asenjo B, Miguel J, Ciria J, Calvo J. 2005. Factores que influyen en la calidad de la canal. En: Cañeque, V., Sañudo, C. (Eds). Estandarización de las metodologías para evaluar la calidad del producto (animal vivo, canal, carne y grasa) en los rumiantes. Madrid: INIA. (Monografías INIA, Serie ganadera 3). 24-46.
- Aus-Meat. 2018. Handbook of Australian Beef Processing. The Aus-Meat Language. Aus-Meat limited, Australia. 44p.
- Áviles J. 2006. Incidencia de la alimentación en el engrasamiento de la canal. [En línea] 2 de mayo de 2017. Disponible en [https://www.uco.es/zootecniaygestion/img/datos/06\\_18\\_52\\_trabajo\\_de\\_carne.pdf](https://www.uco.es/zootecniaygestion/img/datos/06_18_52_trabajo_de_carne.pdf).
- Banchemer G, Mieres J, Tieri M, La Manna A. 2011. Como consumir sus verdeos de invierno con terneros o novillos teniendo una buena utilización de los mismos. En: Jornada de ganadería "El Menú de la invernada". Colonia: INIA. (Serie de actividades de difusión 658). 4- 8.
- Bass J, Johnson D, Colomer-Rocher F, Binks G. 1981. Prediction of carcass composition from carcass conformation in cattle. The Journal Agricultural Science, 97(1): 37-44.

- Beck P, Pas D, Hubbell T, Gunter S. 2008. Stocking rate and supplementation of stocker cattle grazing wheat pasture interseeded into bermudagrass in Northern Arkansas. *The Professional Animal Scientist*, 24: 95-99
- Beretta V, Simeone A, Elizalde JC, Baldi F. 2006. Performance of growing cattle grazing moderate quality legume-grass temperate pastures when offered varying forage allowance with or without grain supplementation. *Australian Journal of Experimental Agriculture*, 46: 793-797.
- Berg RT, Butterfield RM. 1976. *New concepts of cattle growth*. Taylor CS. (Ed.). Sydney University Press, University of Sydney, Sydney. 240 p.
- Berreta E, Risso D, Bemhaja M. 2001. Tecnologías para la mejora de la producción de forraje en suelos de Basalto. En: Risso D, Berreta E. (Eds). *Tecnologías forrajeras para sistemas ganaderos de Uruguay*. Montevideo: INIA. (Boletín de divulgación 76). 2-34.
- Bervejillo J. 2016. Comportamiento del sector carne vacuna. En: *Anuario OPYPA (Oficina de Programación y Política Agropecuaria) 2016*. Montevideo: MGAP (Ministerio de Ganadería Agricultura y Pesca). 39-58.
- Bervejillo J. 2013. Variabilidad regional de la productividad ganadera. *Anuario OPYPA (Oficina de Programación y Política Agropecuaria) 2013*. Montevideo: MGAP (Ministerio de Ganadería Agricultura y Pesca). 277-278.
- Bligh E, Dyer W. 1959. Extraction of Lipids in Solution by the Method of Bligh & Dyer. A rapid method for total lipid extraction and purification. *Canadian Journal Biochemistry Physiology*, 37(8):911-917.
- Boleman SJ, Millar RK, Buyck MJ, Cross HR, Savell JW. 1996. Influence of realimentation of mature cows on maturity, color, collagen solubility, and sensory characteristics. *Journal of Animal Science*, 74(9): 2187-2194.
- Brito G, Luzardo S, Montossi F, San Julián R, Cuadro R, Risso D. 2014. Engorde de novillos Hereford mediante diferentes asignaciones de forraje y niveles de suplementación: su

efecto en la calidad de la canal y la carne. En: Berreta E, Montossi F, Brito G. (Eds.). Alternativas tecnológicas para los sistemas ganaderos del Basalto. Tacuarembó: INIA. (Serie Técnica 217). 155-167.

Brito G, Lagomarsino X, Olivera J, Trindade G, Arrieta G, Pittaluga O, del Campo M, Soares de Lima J. M, San Julián R, Luzardo S, Montossi F. 2008. Effect of different feeding systems (pasture and supplementation) on carcass and meat quality of Hereford and Braford steers in Uruguay. En: Congress of Meat Science and Technology (54, 2008, South Africa). Proceedings. Section 7B: 1–3.

Brito G. 2002. Factores que afectan el rendimiento y calidad de las canales. En: Montossi F. (Ed). Investigación aplicada a la cadena agroindustrial cárnica; avances obtenidos. Carne ovina de calidad 1998-2001. Tacuarembó: INIA. (Serie Técnica 126). 47-53.

Brito G, Montossi F, San Julián R, De Mattos D, Pigurina G, Cozzolino D. 2002a. La ternera; un atributo indispensable de la calidad de la carne. En: Anuario Hereford de Uruguay 2002. Montevideo: Anuario Hereford. 93-98.

Brito G, San Julián R, Montossi F, Castro L, Robaina R. 2002b. Caracterización de la ternera, pH, temperatura y el color pos mortem en corderos pesados machos y hembras: resultados preliminares. En: Montossi F. (Ed.). Investigación aplicada a la cadena agroindustrial cárnica; avances obtenidos. Carne ovina de calidad 1998-2001. Tacuarembó: INIA. (Serie Técnica 126). 125-134.

Brito G, Pringle D. 2001 Conceptos generales de ultrasonografía. En: Utilización de ultrasonografía para la predicción de la composición y calidad de la canal. Montevideo: INIA. (Serie Actividades de Difusión 261).1-48.

Brown WF, Johnson DD. 1991. Effects of energy and protein supplementation of ammoniated tropical grass hay on the growth and carcass characteristics of cull cows. Journal of Animal Science, 69(1): 348–357.

- Cabrera MC, Saadoun A. 2014. An overview of the nutritional value of beef and lamb meat from South America. *Journal Meat Science*, 98(3): 435–444.
- Camfield PK, Brown AH Jr, Johnson ZB, Brown CJ, Lewis PK, Rakes LY. 1999. Effects of growth type on carcass traits of pasture or feedlot-development steers. *Journal of Animal Science*, 77(9): 2437-2443.
- Carámbula M. 1996. Pasturas naturales mejoradas. Montevideo: Hemisferio Sur. 524 p.
- Carballo J, Monserrat L, Sanchez L. 2005. Composición regional y tisular de la canal bovina. Ministerio de Educación y Ciencia. España, INIA. En: Cañeque V, Sañudo C. (Eds.). Estandarización de las metodologías para evaluar la calidad del producto (animal vivo, canal, carne y grasa) en los rumiantes. España: INIA. (Serie ganadera 3).120-140.
- Chacón A. 2004. La suavidad de la carne: Implicancias físicas y bioquímicas asociadas al manejo y proceso agroindustrial. *Agronomía Mesoamericana*, 15(2): 225-243.
- Cibils R, Vaz Martins D, Risso D. 1997. ¿Qué es suplementar? En Jornada Técnica sobre Suplementación Estratégica para Engorde de Ganado. Colonia: INIA. (Actividades de Difusión 96). 7-10.
- CIE (Commission Internationale de L'eclairage). 2004. Technical report. Colorimetry. Tercera edición. USA: CIE: 15-82.
- Colomer-Rocher F, Duganzich D, Bass J. 1986. Relationship between bone dimensions and conformation in beef carcasses. *The Journal Agricultural Science*, 107(2): 393-403
- Coppo J.; Mussart N.; Revidatti M.; Capellari A.; Navamuel J.; Fiorianelli S. 2003. Ganancia de peso y cambios lipídicos en suero de vacas "de invernada" suplementadas con pulpa. *Revista Veterinaria México*, 34(4): 303–313.
- Coppo J.; Coppo N.; Revidatti M.; Capellari A.; Navamuel J.; Fioranelli, S. 2002. Fresh citrus pulp supplementation effects on weight gain and plasma protein of wintering cows. *Analecta Veterinaria*, 22(2): 15–21.

- Correa D, Brito G. 2017. Fase II: Trabajo en plantas frigoríficas. En: Brito G, Correa D, San Julián R. (Eds). Tercera auditoria de calidad de carne vacuna del Uruguay. Montevideo: INIA. (Serie Técnica 229).3-34.
- Cozzolino D. 2000. Características de los suplementos utilizados en el Uruguay para su empleo en alimentación animal. La Estanzuela: INIA. (Serie Técnica 110)16 p.
- de La Fuente J, Álvarez I, Díaz M, Pérez C, Cañeque V. 2005. Determinación de los pigmentos de la carne por espectrofotometría En: Cañeque V, Sañudo C. (Eds.). Estandarización de las metodologías para evaluar la calidad del producto (animal vivo, canal, carne y grasa) en los rumiantes. Madrid, INIA (Serie Ganadera 3). 226-236.
- de la Torre A, Gruffat D, Durand D, Micol D, Peyron A, Scislowski V, Bauchart D. 2006. Factors influencing proportion and composition of CLA in beef. *Meat Science*, 73(2): 258-268.
- de los Campos G, De Mattos D, Secco M, Pigurina G, Santamarina. 2002. Valorización objetiva de canales en función de atributos económicamente relevantes. En: Seminario de Actualización Técnica en Cruzamientos en Bovinos para Carnes (2002, EEMAC, Paysandú). Montevideo, Facultad de Agronomía. 39-59.
- del Campo M, Brito G, Soares de Lima, J.M, Vaz Martins D, Sañudo D, San Julián R, Hernandez P, Montossi F. 2008. Effects of feeding strategies including different proportion of pasture and concentrate, on carcass and meat quality traits in Uruguayan steers. *Journal Meat Science*, 80 (3): 753–760.
- Demment M. W, Van Soest P.J. 1985. A nutritional explanation for body-size patterns of ruminant and non-ruminant herbivores. *The American Naturalist*, 125: 641-672.
- Department of Health. 1994. Report of health and social subject. Nutritional aspects of cardiovascular disease. London: The Stationery Office 46. 205 p.
- Depetris J, Santini F. 2005. Sistemas de alimentación y su impacto sobre las características químicas y organolépticas de la carne en bovinos. [En línea] 23 de agosto de 2016.

Disponible en  
[http://www.inta.gov.ar/balcarce/noticias/expo\\_ganadera/articulos/depetris.htm](http://www.inta.gov.ar/balcarce/noticias/expo_ganadera/articulos/depetris.htm)

Di Marco O. 1993. Crecimiento y respuesta animal. Buenos Aires, AAPA. 130 p.

Di Marco O. 2006. Crecimiento de vacunos para carne. Edición 1ª. Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria. Argentina. 204 p.

Dijkhuis RD, Johnson DD, Carter JN. 2008. Case Study: Ractopamine Hydrochloride to Cull Cows: Effects on Carcass Composition, Warner-Bratzler Shear Force, and Yield. *The Professional Animal Scientist*, 24: 334–338.

Duckett S, Realini C. 2002. Más razones para comer carne vacuna. En: Congreso de Producción y Comercialización de Carne (2º, Montevideo, Uruguay). Montevideo. s.p

Elizalde JC. 2003. Suplementación en condiciones de pastoreo. . [En línea] 23 de agosto de 2016. Disponible en  
[http://produccionbovina.com.ar/informacion\\_tecnica/suplementacion/13-suplementacion\\_en\\_condiciones\\_de\\_pastoreo.htm](http://produccionbovina.com.ar/informacion_tecnica/suplementacion/13-suplementacion_en_condiciones_de_pastoreo.htm)

Elizalde JC, Santini FJ. 1992. Factores nutricionales que limitan las ganancias de peso en bovinos en el período otoño invierno. Balcarce: INTA (Boletín Técnico 104). 27 p.

Espejo M, García S, López M, Izquierdo M, Robles A, Costela A. 2000. Morfología de la canal bovina. En: Cañeque V, Sañudo C. (Eds.). Metodología para el estudio de la calidad de la canal y de la carne en rumiante. Madrid: INIA. 65-80.

Fernández E, Mieres J. 2005. Algunos conceptos sobre el uso de suplementos en los sistemas invernaderos. En: Jornada Producción Animal Intensiva 2005, La Estanzuela, Colonia. Montevideo: INIA. (Actividades de Difusión 406). 1-10.

Ferreira J, Flasenapp de Menezes L, Brondani I, Alves D, Callegaro A. 2009. Características de carcaça de vacas de descarte e novilhos mestiços Charolês × Nelore em



confinamiento sob diferentes frequências de alimentação. Tesis MSc. Unversidade  
Revista Brasileira de Zootecnia, 38 (10): 1974–1982.

Flores J, Bendersky D. 2010. Suplementación sobre verdes. [En línea] 23 de agosto de 2017. Disponible en [http://www.produccion-animal.com.ar/produccion\\_y\\_manejo\\_pasturas/pasturas\\_cultivadas\\_verdeos\\_invierno/72-Suplementacion\\_sobre\\_verdeos.pdf](http://www.produccion-animal.com.ar/produccion_y_manejo_pasturas/pasturas_cultivadas_verdeos_invierno/72-Suplementacion_sobre_verdeos.pdf)

Franco J, Feed O. 2004 Importancia de los factores productivos, tecnológicos y de manejo en la calidad de la canal y de la carne vacuna. En: Seminario Técnico Calidad de Carne Ovina y Vacuna (2004, Paysandú). Montevideo: Facultad de Agronomía. 34-45.

Franco J, Feed O, Gimeno D, Aguilar I, Avendaño S. 2002. Como cambia el rendimiento carnicero con los cruzamientos. Calidad de la canal. En: Seminario de Actualización Técnica; Cruzamientos en Bovinos para Carnes (2002, Tacuarembó). (Serie actividades de difusión 295). Montevideo: INIA. 31- 37.

French P, O’Riordan E, Monahan F, Caffrey P, Moloney A. 2003. Fatty acid composition of intra-muscular triacilglyceroles of steers fed autumn grass and concentrates. *Livestock Production Science*, 81: 307-317.

Galli I, Teira G, Perlo F, Bonato P, Tisocco O, Monje A, Vittone S. 2008. Animal performance and meat quality in cull cows with early weaned calves in Argentina. *Meat Science*, 79(3): 521–528.

Galli, J, Cangiano, C, Fernández, H. 1996. Comportamiento ingestivo y consumo de bovinos en pastoreo. *Revista Argentina de Producción Animal*, 16(2):19-26.

García J. 2003. Crecimiento y calidad de gramíneas forrajeras en La Estanzuela. Unidad de Agronegocios y Difusión de INIA (Eds.). Montevideo: INIA. (Serie Técnica 133).40 p.

García Torres S, Espejo M, López Parra M, Izquierdo M, Mendizábal J, Purroy A. 2005. Conformación, engrasamiento y sistemas de clasificación de la canal bovina. En:

- Estandarización de las metodologías para evaluar la calidad del producto (animal vivo, canal, carne y grasa) en los rumiantes. Madrid, INIA. (Serie ganadera 3). 105-119.
- Garrido M, Bañón S, Álvarez D. 2005 Medida del pH. En: Cañeque V, Sañudo C. (Eds.). Estandarización de las metodologías para evaluar la calidad del producto (animal vivo, canal, carne y grasa) en los rumiantes. Madrid: INIA. (Serie ganadera 3). 206-215.
- Geenty K, Rattray P. 1987. The energy requirements of grazing sheep and cattle. En: Livestock feeding on pasture. Nicol A. (Ed.). New Zealand Society of Animal Production. Hamilton, New Zealand. (Occasional Publication 10), 39-55.
- Gil A, Huertas S. 2001. Efectos de los diferentes sistemas de producción de bovinos sobre la composición y calidad de las carnes. Montevideo: INIA. (Serie FPTA 4). 15-46.
- Grassi C, Müller L. 1991. Efeito do manejo de vacas de descarte no desempenho e nas características da carcaça. Pesquisa Agropecuaria Brasileira, 26(8): 1175–1181.
- Grompone M, Pagano T, Gayoso V, Taroco L. 2002. Efecto del genotipo en el contenido y composición lipídica de la carne vacuna. En: Seminario de Actualización Técnica en Cruzamientos en Bovinos para Carnes. (2002, Montevideo). Montevideo: Facultad de Agronomía. 81-85.
- Hale DS, Goodson KJ, Savell JW. 2013. "USDA Beef Quality and Yield Grades." [En línea] 2 de enero de 2018. Disponible en <http://meat.tamu.edu/beefgrading/>
- Hargreaves A, Barrales L, Peña I, Larraín R, Zamorano L. 2004. Factores que influyen en el pH último e incidencia de corte oscuro en canales de bovinos. Revista Latinoamericana de Ciencias Agrarias, 31 (3): 155-166.
- Hodgson J. 1985. The control of herbage intake in the grazing ruminant. Proceedings of the Nutrition Society, 44: 339-346.

- Hodgson J. 1981. Influence of sward characteristics on diet selection and herbage intake by the grazing animal. En: Hacker JB (Ed.) Nutritional Limits to Animal Production from Pastures. Queensland, Australia. 153-166.
- Honikel KO. 1998. Reference methods for the assessment of physical characteristics of meat. *Meat Science*, 49:447-457.
- INAC (Instituto Nacional de Carnes). 2018. Estadísticas interactivas. [En línea] 1 de marzo de 2018. Disponible en <http://www.inac.gub.uy/inac/diae/faena.html>
- INAC (Instituto Nacional de Carnes). 2015. Informe estadístico. INAC: Montevideo, Uruguay. 88 p.
- INAC (Instituto Nacional de Carnes). 1997. Sistema Oficial de Clasificación y Tipificación de la carne vacuna. Resolución 65/97. Montevideo Uruguay.
- INIA (Instituto Nacional de Investigación Agropecuaria). 2019. Sanidad Animal. [En línea] 7 de febrero de 2019. Disponible en <http://www.inia.org.uy/online/site/1192611.php>
- Jamieson WS, Hodgson J. 1979. The effect of daily herbage allowance and sward characteristics upon the ingestive behaviour and herbage intake of calves under stripgrazing management. *Grass and Forage Science*, 34:261.
- Jones SDM. 1983. Tissue growth in young and mature cull Holstein cows fed a high energy diet. *Journal of Animal Science*, 56(1): 64-70.
- Josifovich J, Maddaloni J, Mac Loughlin R, Ruival G, Ferrari M, Cascardo A. 1990. Engorde de vacas de descarte. Informe Técnico 242. Pergamino: INTA. 11 p.
- Kjendhal J. 1984. Official Methods of Analysis, Washington: Association of Official Agricultural Chemists.
- Koohmaraie M. 1996. Biochemical factors regulating the toughening and tenderization processes of meat. *Meat Science*, 43(1): 193-201.

- Kuss F, Restle J, Brondani I, Alves D, Perottoni J, Missio R, do Amaral G. 2005. Características da carcaça de vacas de descarte de diferentes grupos genéticos terminadas em confinamento com distintos pesos. *Revista Brasileira de Zootecnia*, 34(4): 1285–1296.
- Lange A. 1980. *Suplementación de pasturas para producción de carne*. 2ª. ed. Buenos Aires, Comisión Técnica InterCrea de Producción de Carne. 74 p.
- Latimori NJ, Kloster AM, García, PT, Carduza FJ, Grigioni G, Pensel NA. 2008. Diet and genotype effects on the quality index of beef produced in the Argentine Pampeana región. *Meat Science*, 79 (3): 463–469.
- Latimori N, Kloster A, Amigone M. 2004. Suplementación de novillitos con dos fuentes energéticas en una pastura de alfalfa y gramíneas a baja asignación de forraje. *Revista de Investigaciones Agropecuarias*. Argentina: INTA 33(1): 101-115.
- Latimori N, Kloster A. 1997. Suplementación sobre pasturas de calidad. En: Latimori N, Kloster A (Eds.). *Invernada bovina en zonas mixtas: claves para una actividad más rentable y eficiente*. Argentina: INTA. (4): 93-114.
- Latimori N, Kloster A, Amigone M. 1996. Dos alternativas de suplementación energética en invernada sobre pasturas perennes de alta calidad. Marcos Juárez, Argentina: INTA. (Informe Técnico 115). 9 p.
- Lawrie RA. 1998. *Ciencia de la carne*. 3ª ed. Zaragoza, Acribia. 367 p.
- Li J, Tan, J, Martz F, Heymann H. 1999. Image texture features as indicators of beef tenderness. *Meat Science*, 53: 17-22.
- López Valiente S, Robson C. 2008. Utilización de silos de sorgo en sistemas de cría: engorde de vacas. *Noticias y Comentarios*. [En línea] 5 de marzo de 2015. Disponible en: <http://inta.gob.ar/documentos/utilizacion-de-sorgo-en-sistemas-de-cria-engorde-de-vacas/>

- Luzardo S, Cuadro R, Lagomarsino X, Montossi F, Brito G, La Manna A. 2014a. Tecnologías para la intensificación de la recría bovina en el Basalto - uso estratégico de suplementación sobre campo natural y pasturas mejoradas. En: Berreta E, Montossi F, Brito G. (Eds.) Alternativas tecnológicas para los sistemas ganaderos del Basalto. (Serie Técnica 217). 71-91.
- Luzardo S, Cuadro R, Lagomarsino X, Montossi F, Brito G, La Manna A. 2014b. Tecnologías para la intensificación de la recría bovina en el Basalto - suplementación infrecuente sobre campo natural y pasturas mejoradas en Basalto. En: Berreta E, Montossi F, Brito G. (Eds.) Alternativas tecnológicas para los sistemas ganaderos del Basalto. (Serie Técnica 217). 93-125.
- Luzardo S, Cuadro R, Montossi F, Brito G. 2014c. Intensificación de los sistemas de engorde bovino en la región basáltica. En: Berreta E, Montossi F, Brito G. (Eds.). Alternativas tecnológicas para los sistemas ganaderos del Basalto. (Serie Técnica 217). 127-154.
- Luzardo, S.; Montossi, F.; San Julián, R.; Cuadro, R.; Risso, D.F.; Brito, G. 2008. Effect of feeding regimes on the performance, carcass and meat quality of Hereford steers in Uruguay. In: 54TH International Congress of Meat Science and Technology. Cape Town, South Africa.
- Mac Loughlin R, Kloster A. 2009. Tablas de requerimientos de nutrientes para recría y engorde bovino. [En línea] 23 de agosto de 2016. Disponible en <http://www.produccionbovina.com>
- Malterre C, Robelin J, Agabriel J, Bordes P. 1989. Engraissement des vaches de réforme de race Limousine. INRA. Productions Animales, 2(5): 325–334.
- Mandell IB, Campbell CP, Quinton VM, Wilton JW. 2006. Effects of skeletal separation method and postmortem ageing on carcass traits and shear force in cull cow beef. Canadian Journal of Animal Science, 86(3): 351–361.

- Matulis RJ, Mckeith FK, Faulkner DB, Berger LL, George P. 1987. Growth and carcass characteristics of cull cows after different times-on-fed. *Journal of Animal Science*, 65(3): 669–674.
- Mejía J, Mejía J. 2007. Nutrición proteica de bovinos productores de carne en pastoreo. México: Universidad de Guanajuato. (*Acta universitaria*). 17(2):45-54.
- MGAP-DIEA (Ministerio de Ganadería Agricultura y Pesca-Dirección de Investigaciones Económicas Agropecuarias). 2016. Anuario estadístico agropecuario. Montevideo: MGAP. 198 p.
- Mieres J, Assandri L, Cúneo M. 2004. Tabla de valor nutritivo de alimentos. En: Mieres J. (Ed.). *Guía para la alimentación de rumiantes*. Montevideo: INIA. (Serie Técnica 142). 13-166.
- Miller M, Cross H, Crouse J, Jenkins T. 1987. Effect of feed energy intake on collagen characteristics and muscle quality of mature cows. *Meat Science*, 21(4): 287–294.
- Millot J. 1981. Avena. Montevideo: CIAAB. (*Miscelánea 36*). 30 p.
- Molinero C, Díaz M, Sánchez M, Martínez B, Vieira C, García M. 2005. Determinación de la proteólisis miofibrilar por electroforesis en el de poliacrilamida (SDS-PAGE). En: Cañeque V, Sañudo C. (Eds.). *Estandarización de las metodologías para evaluar la calidad del producto (animal vivo, canal, carne y grasa) en los rumiantes*. Madrid: INIA (Serie ganadera 3). 372-380.
- Montossi F, Lagomarsino X. 2017. Recomendaciones y reflexiones finales de la experiencia de engorde de vacas en sistemas de cría. En: *Propuestas tecnológicas para el engorde de vacas de descarte en las regiones ganaderas de areniscas y basalto del Uruguay*. Tacuarembó: INIA (Serie Técnica 236). 99 – 106.
- Montossi F, Soares de Lima J, Brito G, Berretta E. 2014. Impacto en lo productivo y económico de las diferentes orientaciones productivas y tecnologías propuestas para la

región del Basalto. En: Alternativas tecnológicas para los sistemas ganaderos del Basalto. Tacuarembó: INIA. (Serie Técnica 217). 557-568.

Montossi F. 2013. Introducción: Innovación e invernada de precisión para el Uruguay. En: Montossi F. (Ed.). Invernada de precisión: pasturas, calidad de carne, genética, gestión empresarial e impacto ambiental. Montevideo: INIA. (Serie Técnica 211). 1-6.

Montossi F, Sañudo C. 2003. Evaluación y promoción de la calidad de la carne y otros productos agroalimentarios uruguayos en base a los estándares de calidad de la Unión Europea y en función de los distintos sistemas productivos del Uruguay; componente carnes. Montevideo, Hemisferio Sur. 56 p.

Montossi F, Pigurina G, Santamarina I. Y Berreta, E. 2000. Selectividad animal y valor nutritivo de la dieta de ovinos y vacunos en sistemas ganaderos: teoría y práctica. Tacuarembó: INIA. (Serie técnica 113). 84 p.

Montossi F, Pigurina G, Santamarina I, Berretta E, De Mattos D, Bemhaja M, San Julián R, Risso D, Mieres J. 1999. Estudios de estimación de digestibilidad y selectividad animal en campo natural, campo natural fertilizado y mejoramientos de campo en ovinos y vacunos para la región de Basalto. Montevideo: INIA. (Informe al CONICYT). 153 p.

Montossi F. 1995. Comparative studies on the implications of condensed tannins in the evaluation of *Holcus lanatus* and *Lolium* spp. Swards for sheep performance. PhD. Thesis. Massey (NZ). Massey University. 288 p.

Moore JE, Brant MH, Kunkle WE, Hopkins DI. 1999. Effects of supplementation on voluntary forage intake, diet digestibility, and animal performance. *Journal Animal Science*, 77(2): 122-135.

Motter MM, Corva P, Krause M, Pérez Cenci M, Soria L. 2009, Rol de la calpastatina en la variabilidad de la terneza de la carne bovina. *Journal of Basic and Applied Genetics*, 20(1): 15-24.

- Moura I, Kuss F, Moletta J, Perotto D, Strack M, De Menezes L. 2013. Terminação em confinamento de vacas de descarte recebendo dietas com diferentes teores de concentrado. *Semina Ciências Agrárias*, 34(1): 399–408.
- Noci F, Monahan FJ, French P, Moloney P. 2005. The fatty acid composition of muscle fat and subcutaneous adipose tissue of pasture-fed beef heifers: Influence of the duration of grazing. *Journal Animal Science*, 83(5): 1167-1178.
- NRC. (National Research Council). 2001. Nutrient requirements of beef cattle. Seventh revised edition, 2001. Washington, D. C.: National Academy Press.
- NRC. (National Research Council). 1996. Nutrient requirements of beef cattle. Seventh revised edition, 1996. Washington, D. C.: National Academy Press.
- Nicol A, Brookes A. 2007. The metabolisable energy requirements of grazing livestock. En: Rattray PV, Brookes IM, Nicol AM (Eds.). En: Pasture and supplements for grazing animals. Hamilton: New Zealand Society of Animal Production. (Occasional publication 14). 151-172.
- Nunes Vaz F, Restle J, de Quadros A, Pascoal L, Sanchez L, Rosa J, de Menezes L. 2002. Características da carcaça e da carne de novilhos e de vacas de descarte Hereford, terminados em confinamento. *Revista Brasileira de Zootecnia*, 31(3): 1501–1510.
- Núñez-Antón V, Zimmerman D. 2001. Modelización de datos longitudinales con estructuras de covarianza no estacionarias: modelos de coeficientes aleatorios frente a modelos alternativos. *Questiío*, 25: 225-262.
- Orcasberro R. 1997. Suplementación y performance de ovinos y vacunos alimentados con forraje. En: Carámbula M, Vaz Martins D, Indarte M. (Eds.). Pasturas y producción animal en áreas de ganadería extensiva. Montevideo: INIA (Serie técnica 13). 255-238.
- Orquera ML, Pochon DO, Flores S, Konrad JL, Crudeli GA. 2011. Rendimiento de la canal y ganancia de peso en vacas de descarte con inducción del anestro por vías quirúrgica versus mecánica. *Revista Veterinaria*, 22(1): 64–67.



- Ouali A, Herrera-Mendez C, Coulis G, Becila S, Boudjellal A, Aubry L, Sentandreu M. 2006. Revisiting the conversion of muscle into meat and the underlying mechanisms. *Meat Science*, 74(1): 44-58.
- Page JK, Wulf DM, Schwotzer TR. 2001. A survey of beef muscle color and pH. *Journal of Animal Science*, 79(3):678-687.
- Peralta J, Feltes F, Branda L. 2013. Ganancia de peso en vacas de descarte suplementadas con expeller de pulpa de coco (*Acrocomia totai* Mart) sobre pastura cultivada. *Compendio de Ciencias Veterinarias*. 3(1): 11–14.
- Perobelli Z, Restle J, Müller L. 1995. Estudo das carcaças de vacas de descarte das raças Charoles e Nelore. *Revista Brasileira de Pesquisa Agropecuaria*, 30(3): 409–412.
- Perrachón J. 2009. Pensemos en los verdeos de invierno. *Revista Plan Agropecuario*. Montevideo: IPA. 132: 42-46.
- Phillips CJC, Leaver JD. 1986. Season and diurnal variation in the Grazing behaviour of dairy cows. En: Frame J. British (ed.). *Grazing*. Grassland Society: UK. (Occasional Symposium 19). 98-104
- Pigurina G. 1999. Engorde de vacas de refugio Tacuarembó (Uruguay). Tacuarembó, INIA. (Serie actividades de difusión 198). 18-19.
- Pittaluga O, Brito G, Soares De Lima JM, Del Campo M, Zamit W, Da Cunha K, Piñeiro J, Piñeiro A, Lagomarsino X, Olivera J, Trindade G, Arrieta G, Moreira R. 2005. Efecto de diferentes dietas sobre el crecimiento animal, el rendimiento carnicero y la calidad de la carne. En: Día de campo: "Producción animal, pasturas y forestal". Tacuarembó: INIA. (Serie de actividades de difusión 431). 43 - 50.
- Poppi D, Hughes T, L'Hullier P. 1987. Intake of pasture by grazing ruminants. en: Nicol A. (Ed.). *Livestock feeding on pasture*. Occasional Publication 10. Hamilton, New Zealand Society of Animal Production, 55-63.

- Price M, Berg R. 1981. On the consequences and economics of feeding grain ad libitum to culled beef cows. *Canadian Journal of Animal Science*, 61(1): 105–111.
- Priolo A, Didier M, Agabriel J. 2001. Effects of grass feeding systems on ruminant meat colour and flavor. A review. *Animal Research*, 50: 185-200.
- Realini C, Duckett S, Brito G, 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(3): 657-577.
- Restle, João, Vaz, Fabiano Nunes, Bernardes, Régis Augusto Carvalho, Pascoal, Leonir Luiz, Menezes, Luiz Fernando Glasenapp de, Pacheco, Paulo Santana. 2003. Características de carcaça e da carne de vacas de descarte de diferentes genótipos charolês x nelore, terminadas em confinamento. *Ciência Rural*, 33(2), 345-350
- Restle J, Vaz F, Celestino D, Filho A, Pascoal L, Oliveira A, Arboitte M. 2001a. Efeito da Suplementação energética sobre a carcaça de vacas de diferentes idades, terminadas em pastagem cultivada de estação fria sob pastejo horário. *Revista Brasileira de Zootecnia*, 30(3): 1076–1083.
- Restle J, Vaz F, Roso C, Oliveira A, Cerdótes L, de Menezes L. 2001b. Desempenho e características da carcaça de vacas de diferentes grupos genéticos em pastagem cultivada com suplementação energética. *Revista Brasileira de Zootecnia*, 30(6): 1813–1823.
- Restle J, Roso C, Oliveira A, Alves D, Pascoal L, Rosa J. 2000. Suplementação energética para vacas de descarte de diferentes idades em terminação em pastagem cultivada de estação fria sob pastejo horário. *Revista Brasileira de Zootecnia*, 29(4): 1216–1222.
- Restle J, Lupatini G, Roso C, Soares A. 1998. Eficiência e desempenho de categorias de bovinos de corte em pastagem cultivada. *Revista Brasileira de Zootecnia*, 27(2), 397-404.

- Risso D, Ahuchain M, Cibils R, Zarza A. 1991. Suplementación en invernadas del litoral. En: Restaino E, Indarte E. (Eds.). Pasturas y producción animal en áreas de ganadería intensiva. Montevideo: INIA. (Serie técnica 15) 51-65.
- Risso D. 1981. Influencia del manejo en el comportamiento animal y de la pastura. Montevideo, Miscelánea CIAAB. 28: 1-6.
- Risso D, Zarza A. 1981. Producción y utilización de pasturas para engorde. Montevideo, Miscelánea CIAAB. 28: 7-27.
- Rovira J. 1996. Manejo nutritivo de los rodeos de cría en pastoreo. Montevideo, Hemisferio Sur. 3-58.
- Ruiz De Huidobro F, Miguel E, Anega E, Blázquez B. 2003. Changes in meat quality characteristics of bovine meat during the first 6 days post mortem. *Meat Science*, 65(4): 1469-1446.
- Saadoun A, Cabrera MC. 2012. Calidad nutricional de la carne bovina producida en Uruguay. 2013. *Archivos Latinoamericanos de Producción Animal*, 2(21):119-130.
- Sanhueza J, Nieto S, Valenzuela A. 2002. Ácido linoleico conjugado: un ácido graso conisomeria trans potencialmente beneficioso. *Revista Chilena de Nutrición*, 29 (2): 98-115.
- Santini F, Rearte D, Grigera JM. 2003. Algunos aspectos sobre la calidad de las carnes bovinas asociadas a los sistemas de producción. En: Jornada de Actualización Ganadera (1ª, 2001, Balcarce). Resúmenes, Balcarce: INTA. 29-37.
- Sañudo C, Macie E, Olleta J, Villarroel M, Panea B, Albertí P. 2004. The effects of slaughter weight, breed type and ageing time on beef meat quality using two different texture devices. *Meat Science*, 66 (4): 925-932.
- SAS Institute. 2011. SAS (Statistical Analysis System): versión 9.2. Cary, USA. SAS.

- Schnell TD, Belk KE, Tatum JD, Miller RK, Smith GC. 1997. Performance, carcass, and palatability traits for cull cows fed high-energy concentrate diets for 0, 14, 28, 42, or 52 days. *Journal Animal Science*, 75: 1195-1202.
- Scollan N, Hocquette J, Nuernberg K, Dannenberger D, Richardson I, Moloney A. 2006. Innovations in beef production systems that enhance the nutritional and health value of beef lipids and their relationship with meat quality. *Meat Science*, 74(1):17-33.
- Simeone A, Beretta V, Elizalde JC, Baldi F, Franco J, Damonte I, Irazabal G, Reinante R, Shaw M. 2005. Uso de verdeos invernales por vacunos: manejo de la intensidad de pastoreo y la suplementación. En. XIX Reunión de la Asociación Latinoamericana de Producción Animal. Octubre 2005, Tampico, México.
- Smith M, Oltjens J, Dolezal H, Grill D, Behrens B. 1992. Evaluation of ultrasound for prediction of carcass fat thickness and Longissimus muscle area in feedlot steers. *Journal of Animal Science*, 70(1):29-37.
- Soares De Lima JM, Rovira P, Lagomarsino X, Montossi F, Luzardo S. 2014. Evaluación económica de estrategias de suplementación invernal en vacunos. En: Estrategias de intensificación ganadera. Treinta y Tres: INIA. (Serie Actividades Difusión 734). 39-47.
- Soria L, Corva P. 2004. Factores genéticos y ambientales que determinan la ternura de la carne bovina. *Archivos Latinoamericanos de Producción Animal*. 12 (2): 73-88.
- Stelzleni A, Johnson D, Thrift T. 2008. Effects of days on concentrate and postmortem aging on carcass and palatability characteristics of selected muscles from cull beef cows. *The Professional Animal Scientist*, 24: 334–341.
- Stelzleni A, Patten L, Johnson D, Calkins C, Gwartney B. 2007. Benchmarking carcass characteristics and muscles from commercially identified beef and dairy cull cow carcasses for Warner-Bratzler shear force and sensory attributes. *Journal of Animal Science*, 85(10): 2631–2638.

- Stolowski G, Baird B, Miller R, Savell J, Sams A, Taylor J, Sanders J, Smith S. 2006. Factors influencing the variation in tenderness of seven major beef muscles from three Angus and Brahman breed crosses. *Meat Science*, 73 (3): 475-483.
- Takahashi K. 1996. Structural weakening of skeletal muscle tissue during post-mortem ageing of meat; the non-enzymatic mechanism of meat tenderization. *Meat Science*, 43(S1):67-80.
- Tatum, J. 2011. Animal age, physiological maturity, and associated effects on beef tenderness. Cattleman's Beef Board and National Cattleman's Beef Association. 12 p.
- Teira, G. 2004. Actualidad y perspectivas de un componente principal de la calidad de carnes bovinas; la ternera. *Ciencia, Docencia y Tecnología*. Argentina; Universidad Nacional de Entre Ríos. XV(28): 215-244.
- USDA. 1997. Oficial United Status Standards of Grades of Carcas Beef. USDA. Agricultural Marketing Service. Wasington, D. C. USA.
- Van Soest P. 1982. *Nutritional Ecology of the Ruminant*. New York: Cornell University.
- Vaz Martins D, Fernandez E, La Manna A, Mieres J, Banchero G. 2005. Efecto del nivel de oferta de forraje y de la suplementación con grano y heno en la performance de novillos que pastoreaban una mezcla de leguminosas y gramíneas durante el otoño. En: *Jordana de Producción animal intensiva*. Colonia: INIA. (Serie de actividades de difusión 406). 17 p.
- Viñoles C, Jaurena M, de Barbieri I, Do Carmo M, Montossi F. 2014. Efecto de la edad al destete y la alimentación preferencial sobre la pubertad en terneras Hereford. En: Berreta E, Montossi F, Brito G. (Eds.). *Alternativas tecnológicas para los sistemas ganaderos del Basalto*. Tacuarembó: INIA. (Serie técnica 217). 225-234.
- Weber M, Dikeman M, Unruh J, Jaeger J, Murray L, Houser T, Johnson B. 2012. Effects of sequential feeding of  $\beta$ -adrenergic agonists on cull cow performance, carcass

characteristics, and mRNA relative abundance. *Journal of Animal Science*, 90(5): 1628–1637.

Wheeler TL, Shackelford SD, Koohmaraie M. 1997. Standardizing Collection and Interpretation of Warner-Bratzler Shear Force and Sensory Tenderness Data. *American Meat Science Association*, 50:68-77.

Wheeler TL, Koohmaraie M, Cundiff L, Dikeman M. 1994. Effects of cooking and shearing methodology on variation in Warner-Bratzler shear force values in beef. *Journal of animal science*, 72:2325-2330.

White A, O'Sullivan A, Troy D, O'Neill E. 2006. Manipulation of the pre-rigor glycolytic behaviour of bovine *M. longissimus dorsi* in order to identify causes of inconsistencies in tenderness. *Meat Science*, 73(1): 151-156.

Whythes J, Shorthose W. 1991. Chronological age and dentition effects on carcass and meat quality of cattle in northern Australia. *Australian Journal of Experimental Agriculture*, 31(2): 139–283.

Wood J, Richardson R, Nute G, Fisher A, Campo M, Kasapidou E, Sheard P, Enser M. 2003. Effects of fatty acids on meat quality: a review. *Meat Science*, 66(1): 21-32.

Wulf D, O'Connor S, Tatum J, Smith G. 1997. Using objective measures of muscle color to predict beef *Longissimus* tenderness. *Journal of Animal Science*, 75(3): 684-692.

Zarza R, La Manna A. 2012. Acumulación y distribución otoño-invernal de forraje en verdeos en siembra temprana. En: Congreso Argentino de producción animal, 35. 2012. Resúmenes. Malargüe, Mendoza, AR: AAPA

Zea J, Díaz M, Carballo J. 2007. Efecto de la raza, sexo y alimentación en la calidad de la carne de vacuno. *Archivo de Zootecnia* 56 (1): 737-743.

Zea. J. 2005. Alimentación y calidad de la carne en terneros; influencia del sistema productivo. En: Curso de especialización FEDNA (21º, 2005, Madrid).

## 6. ANEXOS

### 6.1 ANEXO 1.

Peso de las medias canales calientes y enfriadas según tratamiento.

	NOF2		NOF4		NOF2 + AA0,8		NOF2 + AA1,6		P valor
	Media	DE	Media	DE	Media	DE	Media	DE	
PCC derecha (kg)	131,9 b	16,7	144,2 ab	8,4	146,4 a	10,3	152,9 a	19,2	*
PCC izquierda (kg)	134,3 b	16,8	147,8 a	8,7	149,4 a	10,3	156,3 a	19,8	**
PCE derecha (kg)	127,3 b	16,0	139,9 a	8,3	142,1 ab	10,1	148,5 a	18,9	**
PCE izquierda (kg)	129,8 b	16,2	143,4 a	8,5	145,0 a	10,2	151,8 a	19,6	**

### 6.2 ANEXO 2.

Peso de los cortes, recortes (carne y grasa) y hueso que del corte pistola según tratamiento.

Cortes (kg)	NOF2		NOF4		NOF2 + AA0,8		NOF2 + AA1,6		P valor
	Media	DE	Media	DE	Media	DE	Media	DE	
Nalga de adentro	7,3 b	0,9	8,1 a	0,5	8,2 a	0,5	8,6 a	1,1	**
Nalga de afuera	7,1	1,1	7,7	0,5	7,6	0,4	7,9 a	1,1	ns
Bola de lomo	5,0	0,7	5,1	0,4	5,1	0,4	5,3	0,7	ns
Colita de cuadril	1,2 b	0,2	1,4 a	0,1	1,5 a	0,2	1,5 a	0,2	**
Recortes	3,5	0,6	3,5	0,6	3,6	0,4	4,1	1,0	ns
Grasa	4,4	1,5	5,5	1,1	5,6	1,4	6,0	1,9	ns
Huesos	12,1	1,4	12,9	0,9	12,8	0,9	13,1	1,4	ns

Nota: NOF: nivel de oferta de forraje; AA: afrechillo de arroz; 2, 4, 0,8, 1,6% PV. a y b = medias con letras diferentes entre columnas son significativamente diferentes. \* = P<0,05. ns = no significativo.

6.3 ANEXO 3.

**Influencia de diferentes estrategias alimenticias sobre la  
calidad de la canal y la carne en vacas de descarte<sup>1</sup>**

**Ximena Lagomarsino \*, Fiorella Cazzuli \*, Fabio Montossi \***

**Influence of different feeding strategies on carcass and meat quality of cull  
cows**

TÍTULO ABREVIADO: Calidad de la canal y la carne en vacas de descarte

Key words: supplementation, feeding systems, fatty acid composition.

---

<sup>1</sup> Artículo a ser enviado a Revista Agro Sur Chile.

\* Instituto Nacional de Investigación Agropecuaria (INIA) Tacuarembó. Ruta N°  
5 km. 386. Tacuarembó, Uruguay. Correo electrónico:

[ximena.lagomarsino@gmail.com](mailto:ximena.lagomarsino@gmail.com)



## ABSTRACT

The objective was to evaluate the effect of different levels of forage allowance (FA) of an oat forage crop and supplementation using rice bran (RB) on carcass, meat quality and its fatty acid composition of cull cows. Forty Hereford cows ( $480.0 \pm 48.5$  kg live weight; LW) were randomly allotted according to their LW and age to four treatments (T) with two FA (2% and 4% LW) and three RB supplementation rates (0, 0.8 and 1.6% LW), where  $T_1 = \text{FA}2\% + \text{RB}0$ ,  $T_2 = \text{FA}4\% + \text{RB}0$ ,  $T_3 = \text{FA}2\% + \text{RB}0.8\%$  and  $T_4 = \text{FA}2\% + \text{RB}1.6\%$ . The experiment was carried out for 130 days (May-September). Differences were observed ( $P < 0.05$ ) for slaughter LW, being lower for  $T_1$  compared with  $T_2$ ,  $T_3$  and  $T_4$  (similar between them). A similar trend was observed for the pistola cut and rump and loin ( $P < 0.05$ ). The intramuscular fat, pH (48 h), tenderness (aged for 7 or 21 days), meat colour, saturated fatty acid acid (SFA) and monounsaturated fatty acids (MUFA) concentration did not differ among T. The polyunsaturated fatty acids (PUFA) were affected ( $P < 0.05$ ), being higher in  $T_1 = T_4$  and lower in  $T_2$ , while  $T_3$  was not different from the rest T. The omega6:omega3 ratio varied between T ( $P < 0.01$ ), where  $T_1 = T_2 < T_3 = T_4$ . The PUFA:SFA ratio was greater for  $T_1 = T_4$ , intermediate for  $T_3$  and lowest for  $T_2$  ( $P < 0.05$ ). Greater FA of an oat forage crop in combination with strategic use of RB supplementation on fattening cull cows improve the carcass and meat quality, promoting healthy meat production for human consumption.

## RESUMEN

El objetivo fue evaluar el efecto de diferentes ofertas de forraje (NOF) de un cultivo de avena y la suplementación con afrechillo de arroz (AA) sobre la calidad de canal, la carne y la composición de ácidos grasos en vacas de descarte. Cuarenta vacas Hereford ( $480,0 \pm 48,5$  kg de peso vivo; PV) fueron asignadas según PV y edad a cuatro tratamientos (T) de acuerdo al NOF (2 y 4% PV) y AA (0, 0,8 y 1,6% PV), donde:  $T_1 = \text{NOF}2\% + 0\text{AA}$ ,  $T_2 = \text{NOF}4\% + 0\text{AA}$ ,  $T_3 = \text{NOF}2\% + \text{AA}0,8\%$  y  $T_4 = \text{NOF}2\% + \text{AA}1,6\%$ . El experimento fue llevado a cabo durante 130 días (mayo–septiembre). Fueron observadas diferencias ( $P < 0,05$ ) en el PV a faena, siendo inferior en  $T_1$ , con respecto a  $T_2$ ,  $T_3$  y  $T_4$  (similares entre sí). La misma tendencia se observó en el peso del corte y Rump & Loin ( $P < 0,05$ ). La grasa intramuscular, pH (48 horas), terneza y color de la carne (maduración 7 y 21 días) y concentración de ácidos grasos (AG) saturados (AGS) y monoinsaturados (AGM) no variaron entre T. Los AG poliinsaturados (AGPI) fueron afectados ( $P < 0,05$ ), siendo mayor en  $T_1 = T_4$  e inferior en  $T_2$ , mientras que  $T_3$  fue similar al resto de los T. La relación omega6/omega3 varió ( $P < 0,01$ ) según T ( $T_1 = T_2 < T_3 = T_4$ ). La relación AGP/AGS fue superior en  $T_1$  y  $T_4$ , intermedia en  $T_3$ , e inferior en  $T_2$  ( $P < 0,05$ ). El manejo del NOF en un cultivo de avena y la suplementación con AA en vacas de descarte, mejora la calidad de la canal y la carne, promoviendo la producción de carne saludable para el consumo humano.

**Palabras claves:** sistemas de alimentación, vacas de descarte, calidad de canal y carne, composición de ácidos grasos.

## INTRODUCCIÓN

En el Uruguay, la ganadería vacuna es una de las actividades de mayor importancia para su economía. La faena anual corresponde aproximadamente a 2 millones de cabezas, donde las vacas de descarte (6 y 8 dientes) representan el 38% del total de animales faenados (promedio de los últimos 10 años) (INAC, 2018), reflejando la importancia de esta categoría para la cadena cárnica y en la mejora de la productividad e ingreso de los productores (Montossi *et al.*, 2014).

La mejora en la calidad desde el punto de vista nutricional en esta categoría a través de la dieta sería fundamental ya que a nivel mundial existen importantes cambios en los hábitos de consumo hacia carnes que favorezcan el bienestar y la salud humana (Olmedilla Alonso y Jiménez Colmenero, 2014), debido a que los consumidores toman mayor conciencia de las relaciones existentes entre lo que consumen y su salud (Henchion *et al.*, 2017)

El uso de sistemas de producción semiintensivos e intensivos que determinan un mayor consumo energético por parte del animal tiene influencia sobre la calidad de la canal (Asenjo *et al.*, 2005; Rodríguez *et al.*, 2014), la calidad de la carne y la composición de ácidos grasos en la carne (Zea *et al.*, 2007; Pouzo *et al.*, 2015). El aumento en cantidad y/o calidad del forraje o el agregado de suplemento en la dieta animal, determina aumentos en la ganancia de peso (Poppi *et al.*, 1987; Ramírez-Barboza *et al.*, 2016), logrando mejores grados de engrasamiento y conformación del animal, que determinan mejoras

en la calidad de la canal en general (Asenjo *et al.*, 2005; Brito *et al.*, 2008; Pouzo *et al.*, 2015).

En cuanto a las características que determinan la calidad de la carne, dietas con mayores aportes energéticos asociados al consumo de concentrados logran colores del músculo y de la grasa con mayor aceptación por parte de los consumidores en comparación a dietas pastoriles, sin presentar grandes variaciones en los valores de fuerza de corte (Realini *et al.*, 2004; Ramírez-Barboza *et al.*, 2016). En la composición de los ácidos grasos, los sistemas pastoriles presentan una menor relación de ácidos grasos omega6 y omega3 (n6/n3), mayor relación de ácidos grasos polinsaturados y saturados e igual contenido de grasa intramuscular en comparación a sistemas en base a concentrados (Realini *et al.*, 2004; Descalzo *et al.*, 2005; Scollan *et al.*, 2006; Zea *et al.*, 2007; Pouzo *et al.*, 2015).

La información científica y tecnológica de los sistemas de engorde de vacas de descarte sobre la productividad y la calidad del producto proviene fundamentalmente de investigaciones internacionales, particularmente de sistemas de estabulados. A nivel país, debido a la importancia de las vacas de descarte en la faena nacional y en el ingreso productivo y económico de los productores ganaderos criadores, es necesario realizar estudios que determinen la influencia de sistemas productivos biológicamente más eficientes que se adapten a las condiciones productivas de sistemas pastoriles más extensivos. Este análisis debe tener en cuenta los requerimientos nutricionales de esta

categoría y la evaluación de los factores que determinan la calidad de la canal y la carne, principalmente la terneza, teniendo presente a su vez, la relación entre los ácidos grasos de la carne, con sus respectivas aceptación en los consumidores y repercusiones en la salud humana, respectivamente.

El objetivo de este experimento fue determinar la respuesta del efecto de diferentes niveles de asignación de forraje en un cultivo de avena y la suplementación estratégica con afrechillo de arroz durante el periodo otoño-invernal sobre el peso y la calidad de la canal, cortes valiosos y la calidad de carne y la composición de los ácidos grasos en vacas de descarte de la raza Hereford.

## **MATERIALES Y MÉTODOS**

El experimento fue realizado de acuerdo con las recomendaciones establecidas por la Comisión Honoraria de Experimentación Animal del Uruguay.

### **Localización**

El experimento fue realizado en la Unidad Experimental “Glencoe” del Instituto Nacional de Investigación Agropecuaria (INIA), Paysandú, Uruguay (32°00’24” S, 57°08’ 01”O, 124 m sobre el nivel del mar), perteneciente a la Estación Experimental de INIA Tacuarembó, situada en la región Basáltica de Uruguay.

La duración fue de 130 días, desde el 15 de mayo hasta el 23 de setiembre de 2013 (otoño-invierno). Luego de finalizado el periodo de engorde los animales fueron faenados en un establecimiento frigorífico comercial y los análisis correspondientes a calidad de canal y composición de ácidos grasos

fueron realizados en el Laboratorio Tecnológico de la Carne de INIA Tacuarembó.

### **Diseño experimental y tratamientos**

El diseño experimental fue un diseño completamente al azar con dos repeticiones. Se utilizaron 40 vacas de descarte de la raza Hereford, asignadas según peso vivo (PV) y edad a cuatro tratamientos (n=10 por tratamiento y n=5 por repetición). Al inicio del experimento las vacas presentaban en promedio un peso vivo (PV) de  $480,2 \pm 48,5$  kg y 6 dientes de promedio. Los tratamientos (T) consistieron en la asignación de dos niveles de ofertas de forraje (NOF; 2 y 4% PV) y tres niveles suplementación (0, 0,8 y 1,6% PV) con afrechillo de arroz sin desgrasar (AA), combinados de la siguiente manera: T<sub>1</sub>= NOF 2% + 0% AA, T<sub>2</sub>= NOF 4% + 0% AA, T<sub>3</sub>= NOF 2% + 0,8% AA y T<sub>4</sub>= NOF 2% + 1,6% AA.

### **Pasturas**

La pastura cultivada de avena bizantina (variedad INIA Halley), fue sembrada en línea sobre un rastrojo de una pradera cultivada de cuarto año, el 26 de marzo de 2013. La disponibilidad y altura del forraje ofrecido para todos los tratamientos presentó un promedio de materia seca (MS) de  $1607,9 \pm 1108,2$  kgMS/ha con  $19,8 \pm 12,2$  cm de altura. En el Cuadro 1 se presenta la información resumida de las principales características de la pastura y en el Cuadro 2 el valor nutritivo del forraje, *pre* y *post* pastoreo según tratamiento aplicado.

**Cuadro 1.** Características del forraje ofrecido y remanente según tratamiento

**Table 1.** Forage characteristics offered and residuary according to treatment

Tratamiento	1	2	3	4	P valor
NOF (% PV)	2	4	2	2	
AA (% PV)	0	0	0,8	1,6	
Pastura ofrecida (kgMS/ha)	1625,9 ± 1147,9	1604,2 ± 958,7	1549,1 ± 950,0	1653,1 ± 1343,7	0,891
Pastura remanente (kgMS/ha)	821,0 ± 435,5 b	1009,7 ± 415,0 a	964,2 ± 412,0 ab	924,3 ± 411,4 ab	0,014
Altura ofrecida (cm)	19,8 ± 13,1	13,1 ± 10,9	19,2 ± 12,3	19,0 ± 12,6	0,112
Altura remanente (cm)	6,2 ± 3,4 c	8,1 ± 4,8 a	6,9 ± 3,8 b	6,7 ± 3,3 b	<0,01

PV: peso vivo NOF: nivel de oferta de forraje; AA: afrechillo de arroz; 2, 4, 0,8, 1,6% del peso vivo. Promedio ± desvío estándar. Pvalor: efecto del tratamiento; a, b y c = medias con letras diferentes entre columnas son significativamente diferentes.

**Cuadro 2.** Valor nutritivo del forraje ofrecido y remanente según tratamiento

**Table 2.** Nutritive value of the forage offered and residuary according treatment

Tratamiento	1	2	3	4	P valor
NOF (% PV)	2	4	2	2	
AA (% PV)	0	0	0,8	1,6	
Ofrecido					
PC (%)	12,3 ± 2,6	12,6 ± 2,7	13,4 ± 2,1	13,0 ± 2,1	0,727
FDA (%)	25,0 ± 3,5	25,1 ± 3,8	25,5 ± 4,4	25,5 ± 2,9	0,936
FDN (%)	44,7 ± 4,3	45,0 ± 5,0	45,9 ± 5,3	44,9 ± 3,8	0,934
C (%)	10,5 ± 1,4	11,0 ± 1,1	11,1 ± 1,0	10,6 ± 0,8	0,445
Remanente					
PC (%)	11,7 ± 3,8	12,3 ± 4,4	10,7 ± 1,8	11,5 ± 4,4	0,826
FDA (%)	32,5 ± 7,0	31,9 ± 3,2	33,2 ± 3,9	32,7 ± 3,8	0,943
FDN (%)	56,6 ± 8,3	56,5 ± 4,2	58,1 ± 5,5	59,1 ± 4,0	0,697
C (%)	14,4 ± 3,5	13,6 ± 2,8	13,2 ± 1,8	13,5 ± 1,9	0,754

NOF: nivel de oferta de forraje; AA: afrechillo de arroz; 2, 4, 0,8, 1,2% PV; DE: desvío estándar. PC = proteína cruda. FDA = fibra detergente ácida. FDN = fibra detergente neutra. C = cenizas.

Las diferencias entre los tratamientos estuvieron dadas principalmente por la cantidad de la pastura ofrecida en cada uno, ya que la calidad del mismo no varió entre tratamientos.

### **Suplementación**

El suplemento utilizado fue afrechillo de arroz (AA) sin desgrasar. Previo al comienzo del estudio, los animales asignados a los tratamientos con consumo de suplemento tuvieron un periodo de acostumbramiento al consumo de afrechillo durante 10 días, en donde se incrementaba diariamente el nivel de afrechillo ofrecido hasta llegar al nivel deseado de consumo para cada tratamiento (0,8 o 1,6% PV). Luego de finalizada esta etapa y comenzado el periodo de evaluación, la suplementación se realizó en comederos grupales, a primera hora de la mañana, ubicados en cada parcela. El ajuste de suplemento se realizó cada 14 días según el PV promedio de los animales de cada tratamiento.

El promedio de las variables evaluadas del valor nutricional del AA ofrecido fue:  $69,5 \pm 5,8$  % de digestibilidad de la materia seca (DMS),  $17,3 \pm 3,4$  % de proteína cruda (PC),  $11,1 \pm 3,4$  % de fibra detergente ácida (FDA),  $30,3 \pm 6,0$  % de fibra detergente neutra (FDN) y  $11,6 \pm 2,7$  % de cenizas (C). No se observaron rechazos de consumo de AA para ninguno de los tratamientos.

Todos los animales recibieron bloques de sal mineral comercial (Tradicional 11/12, Torrevieja ®) y agua *ad libitum*.



### **Variables evaluadas en los animales**

En los animales se determinó el PV lleno al inicio del experimento y luego cada 14 días hasta la finalización del mismo.

### **Variables evaluadas en las canales**

Luego de culminado el periodo de engorde los animales fueron faenados. En la playa de faena, se registró el peso de canal caliente (PCC) y a las 48 horas *post mortem* el peso de canal enfriada (PCE).

Posteriormente, se realizó un despiece de las canales entre la 10 – 11<sup>er</sup> costilla, donde se registró el peso del corte pistola y los principales cortes que surgen del mismo (Tipo Inglaterra: lomo, bife, cuadril, nalga de afuera, de adentro, colita de cuadril, bola de lomo, tortuga con banana, garrón y vacío), los recortes de grasa, de carne y de hueso (Carballo *et al.*, 2005).

### **Variables evaluadas en la carne**

En el músculo *Longissimus dorsi* (a nivel de la 10 – 11<sup>a</sup> costilla) de cada animal se registró el pH a las 48 horas utilizando un pHmetro (Hanna 9125) con dispositivo de gel con un terminal diseñado específicamente para su inserción dentro del músculo y calibrado con 2 buffers de pH (4,0 y 7,0).

De cada animal se tomo una muestra del músculo *Longissimus dorsi* (bife angosto) de aproximadamente 15 – 20 cm, para ser maduradas por periodos de 7 ó 21 días a una temperatura entre 2 y 4 °C en el Laboratorio Tecnológico de la Carne del INIA Tacuarembó para las determinaciones de terneza y color.

Las determinaciones de fuerza de corte fueron realizadas en bifés de 2,54 cm de espesor para los músculos madurados durante 7 ó 21 días. Cada bife se envasó en bolsas de polietileno, cocinándose hasta lograr una temperatura interna de 70 °C. Luego se extrajeron 6 muestras de 1,27 cm de diámetro de cada bife, removidas en forma paralela a la orientación longitudinal de las fibras del músculo y se realizó el test de Warner Bratzel modelo D2000 (WB). El valor de fuerza de corte (kgF) se obtuvo del promedio de los 6 cortes.

La determinación de color del músculo fue en forma objetiva utilizando un colorímetro MINOLTA (modelo CR-400) para 7 ó 21 días de maduración, con la determinación de los tres parámetros de color: L\* (luminosidad), a\* (rojo) y b\* (amarillamiento) tomadas por triplicado en cada músculo, utilizando el promedio de ellas como registro de la medida de cada tratamiento.

La grasa intramuscular (GIM) se extrajo químicamente con una mezcla de cloroformo y metanol según la metodología de Bligh y Dyer (1959). Para la determinación de ácidos grasos (AG) se tomaron 0,03 g de grasa que se disolvieron con 2 ml de hexano y luego se agregó 1 ml de una solución saturada de KOH en metanol, agitándose por 2 minutos (min) y dejando reposar 30 min. De la fase superior, se tomó una alícuota para inyectar en un cromatógrafo de gases (Konik, modelo HRGC 4000B). Las condiciones para este análisis fueron: volumen de inyección 1 microL, rampa de temperatura 80°C por 0,5 min, 3 °C/min a 165 °C por 10 min, 10 °C /min a 180 °C por 2 min, 15 °C /min a 250 °C durante 13 min, siendo el total de la corrida 28,6 min. La identificación de los

ésteres metílicos se realizó por comparación de los tiempos de retención con un FAME de SupelcoMix Component. Los AG fueron expresados como % de la suma total de AG identificados y se determinaron las relaciones entre los AG saturados y poliinsaturados y los AG n6 y n3.

### **Análisis estadístico**

Los resultados de PV lleno y ganancia de peso vivo y fuerza de corte y color, fueron analizados a través del procedimiento MIXED del paquete estadístico SAS, como medidas repetidas en el tiempo, tomando como efecto fijo el tratamiento, el tiempo y la interacción entre ambos. Los resultados de calidad de canal (PCC y PCE, corte pistola y principales cortes), de carne (pH) y composición de ácidos grasos fueron realizados por el procedimiento GLM. En el caso de las variables que no presentaban distribución normal, fueron utilizados tres parámetros de normalización ( $\sqrt[3]{\cdot}$ , Ln y  $1/Ln$ ), seleccionando para cada caso el que se adaptara en forma más ajustada a la prueba de normalidad para su posterior análisis. Para el correcto análisis de algunas de las variables de calidad de canal (peso de canal caliente, canal frío, cortes) se utilizaron las covariables que pudieran estar influyendo en la variable en cuestión (peso vivo final, peso de canal caliente). Las medidas se contrastaron con el test de Tukey ( $P < 0,05$  o  $P < 0,01$ ) (SAS, 2010). Los resultados se presentan como media  $\pm$  desvío estándar (DE).

## RESULTADOS

El PV promedio al inicio del experimento para todos los animales fue de  $480,2 \pm 48,5$  kg, generando los tratamientos evaluados diferencias en la evolución de PV durante el estudio (Cuadro 3).

**Cuadro 3.** Variables productivas de vacas de descarte según tratamientos

**Table 3.** Productive variables of cull cows according treatments.

Tratamientos	1	2	3	4	P Valor
NOF (% PV)	2	4	2	2	
AA (% PV)	0	0	0,8	1,6	
PV lleno inicial (kg)	$480,2 \pm 61,9$	$480,6 \pm 35,5$	$480,5 \pm 48,2$	$479,5 \pm 52,9$	0,999
PV lleno final (kg)	$539,3b \pm 70,1$	$605,2a \pm 32,7$	$608,4a \pm 43,6$	$620,8a \pm 70,0$	0,018
GPV (kg/a/d)	$0,46b \pm 0,33$	$0,96a \pm 0,15$	$0,98a \pm 0,19$	$1,09a \pm 0,24$	<0,001

*Promedio  $\pm$  desvío estándar. NOF: nivel de oferta de forraje, AA: nivel de afrechillo de arroz, 2, 4, 0,6, 1,2% PV; PV, peso vivo; GPV, ganancia de peso vivo. Letras diferentes entre columnas, medias significativamente diferentes entre sí.*

La principal diferencia se dio entre el tratamiento de menor NOF sin suplementación (T<sub>1</sub> NOF2) con el menor PV (P<0,05) y las menores ganancias diarias (P<0,01) y los tratamientos restantes (T<sub>2</sub>, T<sub>3</sub> y T<sub>4</sub>, similares entre sí).

Los T<sub>2</sub>, T<sub>3</sub> y T<sub>4</sub> fueron superiores para el PCC ( $290,0 \pm 27,4$  kg en promedio) (P<0,05), PCE ( $290,3 \pm 26,9$  kg en promedio) (P<0,01) y peso del corte pistola ( $69,4 \pm 6,2$  kg en promedio) (P<0,05) con respecto a T<sub>1</sub> ( $266,2 \pm 33,4$ ,  $257,1 \pm 32,2$  y  $62,4 \pm 6$  kg, respectivamente) (Cuadro 4).

**Cuadro 4.** Características de la canal post mortem (kg) según tratamiento**Table 4.** Characteristics of the post mortem carcass (%) according to treatment

Tratamiento	1	2	3	4	P valor
NOF (% PV)	2	4	2	2	
AA (% PV)	0	0	0,8	1,6	
PCC	266,2b±33,4	292,0ab±17,1	295,8a±20,5	309,3a±39,0	0,017
PCE	257,1b±32,2	283,4b±16,8	287,1a±20,2	300,3a±38,4	0,013
Corte pistola	62,4b±6,8	68,7a±3,9	68,4a±4,6	71,2a±9,3	0,028
Cortes de valor	12,4b±1,3	13,9a±1,3	13,9a±1,1	14,6a±2,2	0,023
Lomo	2,1±0,3	2,2±0,2	2,1±0,2	2,3±0,3	0,459
Bife	4,9b±0,6	5,7a±0,7	5,7a±0,5	6,1a±1,3	0,025
Cuadril	5,4b±0,6	6,1a±0,6	6,1a±0,7	6,3a±0,8	0,024
Nalga adentro	7,7b±0,5	8,1a±0,5	8,2a±0,5	8,6±1,1	0,012
Nalga afuera	7,1±1,1	7,7±0,5	7,6±0,4	7,9±1,1	0,175
Bola de lomo	5,0±0,7	5,1±0,4	5,1±0,4	5,3±0,7	0,771
Colita de cuadril	1,2b±0,2	1,4a±0,1	1,5a±0,2	1,5a±0,2	0,008
Tortuga banana	2,0±0,3	2,1±0,3	2,2±0,2	2,2±0,2	0,327
Garrón	1,8±0,2	1,9±0,2	2,0±0,2	2,0±0,2	0,302
Vacío	3,9b±0,4	5,1a±0,5	4,8ab±1,0	5,2a±0,9	0,002
Recortes carne	3,5±0,6	3,5±0,6	3,6±0,4	4,1±1,0	0,189
Recortes grasa	4,4±1,5	5,5±1,1	5,6±1,4	6,0±1,9	0,095
Huesos	12,1±1,4	12,9±0,9	12,8±0,9	13,1±1,4	0,216

*Promedio ± desvío estándar. NOF: nivel de oferta de forraje, AA: nivel de afrechillo de arroz; PV: peso vivo; PCC: peso canal caliente; PCE: peso canal enfriada; P: efecto del tratamiento. Letras diferentes entre columnas, medias significativamente diferentes entre sí.*

El peso de los cortes de mayor valor (Rump & Loin) también fue mayor ( $P<0,05$ ) en T<sub>2</sub>, T<sub>3</sub> y T<sub>4</sub> ( $14,1 \pm 1,6$  kg en promedio) que en T<sub>1</sub> ( $12,4 \pm 1,6$  kg) (Cuadro 4). Sin embargo, dichas diferencias desaparecieron al ser corregidas por el peso vivo final, indicando que las mismas estaban dadas por el efecto principal de esta variable. En los cortes individuales, los resultados fueron variables. El bife, cuadril y nalga de adentro presentaron menores pesos ( $P<0,05$ ) en T<sub>1</sub> que para T<sub>2</sub>, T<sub>3</sub> y T<sub>4</sub>. La colita de cuadril fue menor ( $P<0,05$ ) en T<sub>2</sub>

y T<sub>1</sub>, que entre ellos fue similar, siendo a su vez T<sub>1</sub> igual a T<sub>3</sub> y T<sub>4</sub>. El peso del vacío fue inferior (P<0,05) en T<sub>2</sub> en relación a los otros T. El peso de los recortes de grasa, carne y huesos no mostraron diferencias (P>0,05) entre tratamientos.

Los valores de pH a las 48 horas no presentaron diferencias (P>0,05) entre tratamientos, teniendo un valor promedio de  $5,63 \pm 0,07$  (5,52 – 5,78).

Los tratamientos no tuvieron efecto (P>0,05) en los valores de fuerza de corte en los periodos de maduración de 7 y 21 días, presentando en promedio  $5,0 \pm 1,34$  y  $3,6 \pm 0,63$  kgF, respectivamente. Sin embargo, entre períodos de maduración se observaron diferencias en la proporción de cortes con valores mayores o menores a 4,5 kgF. Con maduraciones de 7 días en T<sub>1</sub>, T<sub>2</sub> y T<sub>3</sub>, el 60% de las muestras presentaron valores superiores a 4,5 KgF, mientras que en T<sub>4</sub> el 70%. Con maduraciones de 21 días, todas las muestras de T<sub>1</sub> y T<sub>2</sub> presentaron valores inferiores a 4,5 KgF, mientras que en T<sub>3</sub> y T<sub>4</sub> menos de 90%.

En los parámetros de color del músculo (L\*, a\* y b\*), no se observaron diferencias (P>0,05) entre tratamientnos para 7 y 21 días de maduración, presentando en promedios L\*  $34,5 \pm 1,6$ , a\*  $17,5 \pm 1,4$  y b\*  $9,4 \pm 0,9$  con 7 días de maduración y de L\*  $36,5 \pm 1,8$ , a\*  $17,0 \pm 2,2$  y b\*  $10,0 \pm 0,9$  con 21 días de maduración. Entre períodos de maduración se encontraron diferencias entre tratamientos, los niveles de L\* fueron mayores (P<0,01), los de a\* menores (P<0,01) y los de b\* mayores únicamente para 21 días de maduración (P<0,01).

El contenido de grasa intramuscular y la composición de ácidos grasos por tratamiento se muestran en el Cuadro 5.

**Cuadro 5.** Composición de ácidos grasos (%) de carne de vacas de descarte según tratamiento.

**Table 5.** Fatty acid composition (%) of cull cows meat according to treatment.

Tratamiento	1	2	3	4	P valor
NOF (% PV)	2	4	2	2	
AA (% PV)	0	0	0,8	1,6	
GIM	3,5±1,3	4,7±1,5	4,6±1,3	4,1±0,6	0,168
14:0 Mirístico	2,1b±0,2	2,6a±0,4	2,3ab±0,4	2,1b±0,3	0,024
14:1 Miristiroleico	0,4±0,1	0,4±0,1	0,4±0,1	0,3±0,1	0,153
16:0 Palmítico	27,5±1,3	28,6±0,9	27,7±1,7	27,4±0,8	0,139
16:1 Palmitoleico	3,8±0,6	4,0±0,6	4,0±0,6	3,4±0,5	0,111
18:0 Esteárico	16,2±2,5	15,7±1,1	15,7±1,3	17,1±2,1	0,297
18:1 n9 Oleico	45,0±2,8	45,0±1,5	45,6±1,6	44,8±2,8	0,863
18:2 n6 Linoleico	2,0bc±0,6	1,7c±0,3	2,3ab±0,3	2,7a±0,6	0,001
18:3 n3 Linolénico	0,7a±0,3	0,6ab±0,1	0,4b±0,1	0,4b±0,1	0,000
CLA (%)	0,5a±0,1	0,5a±0,1	0,4ab±0,1	0,3b±0,1	0,039
20:0 Araquídico	0,09a±0,04	0,05b±0,03	0,03b±0,02	0,05b±0,04	0,018
20:2n6 Eicosadienoico	0,03±0,01	0,02±0,01	0,02±0,01	0,02±0,01	0,089
20:3n3 Eicosatrienoico	0,14±0,07	0,08±0,05	0,13±0,05	0,14±0,05	0,082
20:3n6 Dihomo- gamma-linolénico	0,05±0,01	0,04±0,02	0,03±0,01	0,05±0,06	0,566
20:4n6 Araquidónico	0,8a±0,3	0,4b±0,2	0,5b±0,2	0,6ab±0,2	0,019
20:5n Eicosapentaenoico	0,3a±0,1	0,2b±0,1	0,1b±0,1	0,1b±0,1	0,001
22:5n3 Docosapentaenoico	0,3a±0,1	0,2b±0,1	0,2b±0,1	0,2b±0,1	0,002
22:6n3 Docosahexaenoico	0,09a±0,04	0,08ab±0,04	0,06ab±0,03	0,05b±0,02	0,046
AGS	46,0±2,1	46,9±2,6	45,8±2,2	46,7±2,0	0,584
AGM	49,1±1,9	49,3±2,9	50,0±2,7	48,6±1,9	0,583
AGPI	4,5a±0,7	3,4b±0,9	3,8ab±1,2	4,3a±0,9	0,045
n6 (omega 6)	2,9a±0,8	2,2b±0,7	2,9a±0,8	3,4a±0,7	0,005
n3 (omega 3)	1,6a±0,2	1,1b±0,3	0,9b±0,6	0,9b±1,4	0,000
AGPI/AGS	0,10a±0,02	0,07b±0,01	0,08ab±0,03	0,09a±0,02	0,045
n6/n3	1,9b±0,7	2,0b±0,9	3,5a±1,2	3,7a±1,0	<,001

*Promedio ± desvío estándar. NOF: nivel de oferta de forraje, AA: nivel de afrechillo de arroz; PV: peso vivo GIM, grasa intramuscular; CLA, ácido linoleico conjugado; AGS, ácidos grasos saturados; AGM, ácidos grasos monoinsaturados, AGP, ácidos grasos poliinsaturados. Letras diferentes entre columnas, medias significativamente diferentes.*

El contenido de grasa intramuscular no presentó diferencias ( $P>0,05$ ) entre tratamientos (4% en promedio). Los principales ácidos grasos encontrados en todos los tratamientos fueron los ácidos palmítico (16:0), esteárico (18:0) y oleico (18:1), representando el 89% (en promedio) del total de los ácidos grasos evaluados, sin presentar diferencias entre tratamientos ( $P>0,05$ ) (Cuadro 5), al igual que el miristiroleico (14:0), palmitoleico (18:1), eicosadienoico (20:2), eicosatrienoico (20:3 n3), dihomo-gamma-linolénico (20:3 n6). Las concentraciones de los ácidos linoleico (18:2) y linolénico (18:3) presentaron diferencias altamente significativas ( $P<0,01$ ), siendo superior el linoleico en los sistemas con suplementación y el linolénico en los sistemas pastoriles sin suplementación. Los ácidos araquídico (20:0), araquidónico (20:4), eicosapentaenoico - EPA (20:5), docosapentaenoico - DPA (22:5) presentaron diferencias entre tratamientos ( $P<0,05$ ), siendo superior en el tratamiento con la menor oferta de forraje sin agregado de suplementación. Mientras que el ácido docosahexaenoico - DHA (22:6) fue superior en  $T_1$  e inferior en  $T_4$  ( $P<0,05$ ). El contenido de ácido linoleico conjugado (CLA) fue superior ( $P<0,05$ ) en los tratamientos exclusivamente pastoriles ( $T_1$  y  $T_2$ ) o con un bajo nivel de suplementación ( $T_3$ ), en comparación al  $T_4$ . La concentración de AGS y AGM no presentó diferencias entre tratamientos. Los AGPI se diferenciaron de acuerdo al T considerado ( $P<0,05$ ), siendo las concentraciones superiores cuando se suministró un menor NOF ( $T_1$ ) o se agregó suplemento a la dieta ( $T_3$  y  $T_4$ ). La concentración de ácidos grasos n6 y n3 fueron diferentes ( $P<0,01$ ) entre T. En los tratamientos con agregado de suplemento ( $T_3$  y  $T_4$ ) o



menor NOF (T<sub>1</sub>) la concentración de ácidos grasos n<sub>6</sub> fue superior. Por su parte, la concentración de los ácidos grasos n<sub>3</sub> fue superior en T<sub>1</sub>, en comparación a T<sub>2</sub>, T<sub>3</sub> y T<sub>4</sub>, los cuales fueron iguales entre sí. La relación AGPI/AGS fue inferior (P<0,05) en T<sub>2</sub> en comparación al resto de los tratamientos aplicados. La relación n<sub>6</sub>/n<sub>3</sub> mostró diferencias (P<0.01) entre tratamientos, siendo superior en T<sub>3</sub> y T<sub>4</sub>, pero iguales entre sí e inferior en T<sub>1</sub> y T<sub>2</sub>; siendo estos también iguales entre sí (Cuadro 5).

## **DISCUSIÓN**

El presente experimento mostró que es posible obtener buenos desempeños productivos en vacas de descarte a través del manejo de la asignación de forraje sobre un cultivo de avena y el agregado estratégico de suplemento de afrechillo de arroz. Resultados similares fueron observados en trabajos de Restle *et al.* (2000, 2001) en la categoría vacas y Simeone *et al.* (2005), Beretta *et al.* (2006) y Luzardo *et al.* (2008) en novillos. Estos autores encontraron que aumentar la asignación de forraje sobre pasturas mejoradas por encima de 2% del PV o el agregado de suplemento, genera mayores ganancias de peso, con mayores pesos a faena, concordando con lo establecido por Poppi *et al.* (1987) que al incrementar la disponibilidad de forraje incrementa el consumo de pasturas de mayor calidad; y que el mayor aporte de energía determina mejoras en la productividad (NRC, 2001).

Teniendo en cuenta los resultados obtenidos en la disponibilidad y calidad del forraje, asumiendo una tasa de crecimiento diaria del cultivo de 10

kgMS/ha (Millot, 1981) -como referencia para todo el período experimental- y/o el consumo potencial (cantidad y calidad de afrechillo de arroz suministrado) para los tratamiento suplementados, así como las características de los animales utilizados, se determinó el consumo, los requerimientos y el balance de lo consumido y requerido en términos de PC y EN de las vacas en cada tratamiento (Cuadro 6) (NRC, 2001). Al no disponer de información específica para este experimento, no se incluyó en la evaluación el efecto de la selectividad potencial entre tratamientos.

**Cuadro 6.** Consumo estimado, requerimientos y balance nutricional según contenido de proteína cruda (PC) y energía neta (EN) según tratamiento.

**Table 6.** Estimated consumption, requirements and nutritional balance according to crude protein content (CP) and net energy (NE) according to treatment.

		<b>NOF2</b>	<b>NOF4</b>	<b>NOF2 + AA0,8</b>	<b>NOF2 + AA1,6</b>
<b>Consumo estimado</b>	PC (g/an/d)	1388	2268	1983	2675
	EN (Mcal/an/d)	28,2	44,7	38,9	51,6
<b>Requerimientos</b>	PC (g/an/d)	925	1457	970	970
	EN (Mcal/an/d)	21,4	33,6	34,0	37,0
	EN metabolismo basal	7,6	7,9	7,9	8,0
	EN ganancia de peso	9,7	19,3	21,6	24,7
	EN pastoreo	4,1	6,4	4,5	4,3
<b>Balance</b>	PC (g/an/d)	463	811	692	1047
	EN (Mcal/an/d)	6,9	11,1	4,9	14,7

Los mayores consumos estimados de energía y proteína, se dieron en los tratamientos con mayor asignación de forraje y mayor nivel de suplementación,

mientras que los menores valores se observaron en el tratamiento con una menor asignación de NOF sin suplementación, comportándose de forma intermedia el tratamiento con el menor agregado de afrechillo. A su vez, los requerimientos siguieron la misma respuesta, ya que la misma está íntimamente relacionada a las ganancias de peso vivo que son consecuencia del consumo aparente de nutrientes. Sin embargo, en todas las situaciones, el consumo estuvo por encima de los requerimientos estimados de PC y energía. De esta forma, el balance de energía y proteína fue positivo en todos los tratamientos, particularmente para T<sub>2</sub>, T<sub>3</sub> y T<sub>4</sub>. El uso de dietas con mayores contenidos de energía influyó positivamente en las mayores GPV y el mayor PV final. A su vez, los menores consumos obtenidos en el T<sub>1</sub> responden a las menores GPV.

Al estar el desarrollo de la canal íntimamente relacionado con el peso vivo del animal y por lo tanto con el sistema de alimentación al cual se somete a los animales durante su periodo de engorde o terminación (Di Marco, 2006), los resultados obtenidos fueron los esperados. Los mayores pesos vivos obtenidos en las vacas con mayores NOF o agregado de suplementación determinaron mayores PCC, PCE y pesos del corte pistola. Estudios similares en novillos (Realini *et al.*, 2004; del Campo *et al.*, 2008; Luzardo *et al.*, 2014) y en vacas (Miller *et al.*, 1987; Restle *et al.*, 2000, 2001) encontraron la misma respuesta ante el agregado de suplemento a dietas pastoriles o por el incremento del NOF sobre pasturas cultivadas.

Altos niveles alimenticios durante la etapa final de engorde tiene efectos positivos en el engrasamiento de la canal (Di Marco, 2006). En experimentos con características similares al presente estudio en novillos, del Campo *et al.* (2008) encontraron la misma respuesta ante el agregado de suplemento en la dieta o el mayor NOF sobre pasturas cultivadas. En estos sistemas, las canales presentaron un peso superior a los novillos alimentados exclusivamente con pasturas y un NOF del 2% PV. Realini *et al.* (2004) también obtuvieron canales más pesadas en novillos alimentados con pastura cultivadas y concentrados en comparación a los alimentados únicamente con forraje. Esto demuestra que independiente de la categoría considerada, el tipo de alimentación tiene gran influencia sobre el peso de la canal y consecuentemente en el peso de sus cortes.

Las diferencias encontradas en los cortes individuales del corte pistola del presente estudio se debieron a las variaciones obtenidas en los pesos vivos y de canal de los diferentes tratamientos, producto del consumo de energía de las diferentes dietas ofrecidas. Estudios realizados en vacas de descarte, también demostraron lo encontrado en el presente trabajo, indicando que a medida que se incrementa el nivel de alimentación los pesos de la canal y de los cortes valiosos aumentan (Restle *et al.*, 2000, 2001; Stelzleni *et al.*, 2007).

Los valores de pH final registrados a las 48 horas *post mortem* no presentaron diferencias entre los diferentes tratamientos, siendo todos inferiores a 5,8. Estos valores de pH impiden que la carne sufra un rápido proceso de deterioro (Santini *et al.*, 2003). A pesar de las diferencias en los NOF

y niveles de suplementación ofrecido a los animales, todas las dietas ofrecían aportes energéticos apropiados y los animales recibían un manejo adecuado de forma de evitar niveles de estrés que afecten la caída del pH. Durante la última auditoria de calidad de carne llevada a cabo en Uruguay (Correa y Brito, 2017) se encontró que el 16,3% de las vacas presentaron valores de pH por encima de 5,8. Sin embargo, se debe tener en cuenta que las mismas provenían de diferentes sistemas de alimentación y manejo que podrían afectar el pH final.

La terneza de la carne no presentó diferencias entre tratamientos con periodos de maduración de 7 o de 21 días, donde se observó que los diferentes tipos de dietas no afectaban a esta variable en vacas adultas de la raza Hereford. Uno de los factores que determina los valores de fuerza de corte es la edad del animal, ya que los cambios cronológicos en el tejido muscular y conectivo se relacionan con la terneza. Cuando el animal crece la solubilidad del colágeno disminuye, existiendo una reducción del tejido conectivo que lleva a aumentos en los valores de fuerza de corte que determinan la terneza (Lawrie, 1998). Sin embargo, el tipo de alimento durante la etapa de terminación en bovinos tiene efecto sobre la terneza (Boleman *et al.*, 1996). Los resultados de esta experiencia mostraron que periodos de maduración de 7 días no son suficientes para obtener valores aceptables por parte de los consumidores (menores a 4,5 kgF) (Brito *et al.*, 2014). Esta situación se revierte cuando la maduración de la carne es realizada por un periodo de 21 días, donde casi la totalidad de las muestras presentan valores inferiores a este umbral. Esta disminución de los valores de fuerza de corte con la maduración coinciden con estudios realizados

en novillos (Realini *et al.*, 2004; Luzardo *et al.*, 2014) y en vacas de descarte (Matulis *et al.*, 1987; Kuss *et al.*, 2005; Stelzleni *et al.*, 2008). A su vez, los mayores tiempos de maduración requeridos concuerdan con estudios de Mandell *et al.* (2006) en donde lograron valores aceptables de fuerza de corte en vacas a partir de 28 días de maduración. En base a los resultados obtenidos, se puede concluir que para esta categoría es necesario periodos de maduración de más de 7 días, a diferencia de categorías más jóvenes en machos castrados donde se obtienen buenos resultados en dicho período (Luzardo *et al.*, 2008). Con períodos de maduración mayores puede lograrse mayor aceptabilidad por parte de los consumidores (Wheeler *et al.*, 1997).

Los parámetros que definen el color ( $L^*$ ,  $a^*$  y  $b^*$ ) del músculo no presentaron diferencias entre tratamientos en ninguno de los periodos de maduración aplicados, pero sí entre tiempos de maduración. Estos resultados fueron similares a los encontrados por diversos autores trabajando con novillos en condiciones similares a las del presente trabajo (del Campo *et al.*, 2008; Luzardo *et al.*, 2008) y trabajos llevados a cabo en vacas de descarte terminadas en sistemas a corral (Stelzleni *et al.*, 2008). Debido a que el sexo es un factor que determina la concentración de mioglobina, era de esperar que los resultados en vacas de descarte determinaran colores más oscuros que los que normalmente se encuentran en la categoría novillos, debido a su mayor concentración de mioglobina (Lawrie, 1998). Trabajos realizados por Realini *et al.* (2004) observaron que el color del músculo en novillos se vio afectado por el sistema de alimentación, teniendo los cortes de carne provenientes de pastura  $L^*$  más

bajos (colores menos brillantes y más oscuros) que los provenientes de sistemas más intensivos con uso de concentrados, sin presentar diferencias en  $a^*$  y  $b^*$ . Por su parte, del Campo *et al.* (2008) obtuvieron en novillos valores de  $L^*$  levemente superiores, siendo similares los de  $a^*$  y  $b^*$ .

A pesar que en los rumiantes la dieta tiene menor efecto que en los monogástricos (Scollan *et al.*, 2006), el tipo de alimentación y el nivel energético de la misma tiene influencia en el engrasamiento de la canal y en la composición de los ácidos grasos de los depósitos subcutáneos e intramusculares (Zea 2005; Zea *et al.*, 2007; Demeyer y Doreay, Mir *et al.*, citados por De la Torre, *et al.*, 2006) y en el contenido de CLA (Mir *et al.*, citados por De la Torre *et al.*, 2006).

En el presente trabajo el contenido de grasa intramuscular medida en el músculo *Longissimus dorsi* no presentó diferencias en los animales alimentados con pasturas o con algún grado de suplementación. Respuestas similares fueron obtenidas por Realini *et al.* (2004), Brito *et al.* (2008) y Latimori *et al.* (2008), Bressan *et al.*, Descalzo *et al.*, García *et al.*, Latimori *et al.*, Montossi *et al.*, Morales *et al.*, Saadoun *et al.*, Schor *et al.*, citados por Cabrera y Saadoun (2014) en novillos.

Generalmente, en novillos los sistemas de alimentación basados en forrajes incrementan la proporción de ácidos grasos saturados y de poliinsaturados del tipo n-3 y los sistemas basados en granos aumentan la proporción de monoinsaturados (Westerling y Hedrick, Williams *et al.* Marmer *et al.*, Mandell *et al.*, citados por Duckett y Realini; French *et al.*, 2003; Realini *et al.*, 2004,

Descalzo *et al.*, García *et al.*, Padre *et al.*, citados por Cabrera y Saadoun, 2014). En relación a la categoría vacas de descarte, los estudios realizados son escasos en la bibliografía disponible. Zea *et al.* (2007) encontraron en un estudio con vacas y novillos, que la proporción de AGPI y el contenido de n3 fueron superiores en animales alimentados con ensilados. A su vez, Noci *et al.* (2005) encontraron en vaquillonas que el contenido de AGPI y n3 incrementaba cuando la duración del periodo de pastoreo era mayor en el proceso de engorde.

En este estudio, los tratamientos no presentaron diferencias en la proporción de AGS y AGM, pero sí en los AGPI, siendo mayor el contenido en T<sub>1</sub> y T<sub>4</sub>. Dentro de estos, como era de esperar por las fuentes de cada uno de ellos, los ácidos grasos n6 fueron superiores en los tratamientos con algún agregado de suplemento, principalmente por las concentraciones de los ácidos linoleico (18:2) y araquidónico (20:4) y los n3 en el sistema pastoril, dado por el mayor contenido de los ácidos linolénico (18:3), EPA (20:5), DPA (22:5) y DHA (22:6). Los resultados totales de n6 y n3 concuerdan con los datos encontrados por Duckett y Realini (2002) en novillos y los de Noci *et al.* (2005) en vaquillonas.

Las diferencias encontradas en los AGPI, determinaron diferencias en las relaciones de AGPI/AGS y n6/n3. En la relación AGPI/AGS se encontraron mayores relaciones en los tratamientos con algún nivel de suplementación y en el tratamiento que se asignó la menor oferta de forraje. Sin embargo, independiente de los resultados obtenidos, esta relación se encontró por debajo de lo recomendado (mayor a 0,45) por del Departamento de Salud del Reino



Unido (Department of Health, 1994) en todos los tratamientos. Los resultados obtenidos de AGPI/AGS, concuerdan con los reportados por Noci *et al.* (2005) en donde trabajando con vaquillonas con diferentes duraciones de pastoreo encontraron valores inferiores a 0,45. A su vez, también coinciden con resultados obtenidos en novillos terminados en pasturas o combinaciones de pasturas y concentrado (Realini *et al.* 2004, Zea *et al.*, 2007; Brito *et al.* 2008) y datos reportados en otros estudios en carne vacuna (Scollan *et al.*, 2006). En la relación n6/n3, se encontraron mayores valores en T<sub>3</sub> y T<sub>4</sub>, pero en todos los tratamientos aplicados los resultados se encontraron dentro de los valores recomendados (menores a 4) por del Departamento de Salud del Reino Unido (Department of Health, 1994). Este cociente es particularmente beneficioso en animales que consumen pasturas (Wood *et al.*, 2004). Sin embargo, en esta experiencia los niveles de suplemento dado a los animales no determinaron aumentos fuera del valor recomendado. Resultados similares a los obtenidos fueron observados por Noci *et al.* (2005) en dietas pastoriles en vaquillonas.

Los niveles de CLA presentaron diferencias según los tratamientos, siendo menores cuando se incorporó la suplementación en la dieta, coincidiendo con lo reportado por la bibliografía, que sostienen que los sistemas de invernada pastoriles, en donde la concentración de ácido linoleico es mayor, producen carne con mayor contenido de CLA (Camfield *et al.*, 1999; French *et al.*, 2003; Realini *et al.*, 2004; Scollan *et al.*, 2006). El consumo de CLA por el ser humano está relacionado con un mayor beneficio para su salud, siendo la principal fuente del mismo la carne de rumiantes (Wood *et al.*, 2004).

## **CONCLUSIONES**

Este estudio permite concluir que a través del uso eficiente de la pastura y/o a través de la inclusión de bajos niveles de suplementación en sistemas pastoriles es posible obtener mejoras en el desempeño productivo de una categoría adulta poco estudiada y de gran importancia por su proporción en la faena nacional como es el caso de la vaca de descarte. A su vez, se obtienen mejoras en los atributos de calidad de la canal logrando mayores niveles de engrasamiento y conformación y calidad de la carne, particularmente en la terneza cuando se utilizan un período de maduración de 21 días y niveles recomendados en la composición de los ácidos grasos, para favorecer la producción de carne saludable para el consumo humano.

## **AGRADECIMIENTOS**

A los funcionarios de INIA Tacuarembó, y en particular se agradece a los Téc. Agrop. Yovana Martínez y Sergio Bottero, por los trabajos realizados a nivel de campo. Al Téc. Agrop. Julio Frugoni por la coordinación de todas las actividades operativas y logísticas realizadas. A la Dra. América Mederos y la Lic. en Biología Beatriz Carracelas por la coordinación en el manejo sanitario de los animales. A los Téc. Agrop. Wilfredo Zamit y Mauro Bentancur por la realización de las mediciones de ultrasonografía. Por la coordinación en las determinaciones de calidad de carne a los Ings. Agrs. Gustavo Brito y Roberto San Julián y por las mediciones a nivel de laboratorio de carnes al al Lic. Guillermo de Souza y el

Laboratorista Sr. Julio Costales. Por su parte, los autores agradecen a INIA por el apoyo financiero de este estudio.

## **BIBLIOGRAFÍA**

Asenjo, B., Miguel, J., Ciria, J., Calvo, J., 2005. Factores que influyen en la calidad de la canal, in: Cañeque V., Sañudo C. (Eds.), Estandarización de las metodologías para evaluar la calidad del producto (animal vivo, canal, carne y grasa) en los rumiantes. Instituto Nacional de Investigación y Tecnología Agraria y Alimentaria (INIA), Serie ganadera 3, Madrid, España, pp. 24 - 46.

Beretta, V., Simeone, A., Elizalde, JC., Baldi F., 2006. Performance of growing cattle grazing moderate quality legume-grass temperate pastures when offered varying forage allowance with or without grain supplementation. *Australian Journal of Experimental Agriculture*, 46, 793-797.

Bligh E., Dyer W., 1959. Extraction of Lipids in Solution by the Method of Bligh & Dyer. A rapid method for total lipid extraction and purification. *Canadian journal of biochemistry and physiology*, 37(8), 911 - 917.

Boleman, SJ., Millar, RK., Buyck, MJ., Cross, HR., Savell JW., 1996. Influence of realimentation of mature cows on maturity, color, collagen solubility, and sensory characteristics. *Journal of Animal Science*, 74(9), 2187 - 2194.

Brito, G., Lagomarsino, X., Olivera, J., Trindade, G., Arrieta, G., Pittaluga, O., del Campo, M., Soares de Lima, J., San Julián, R., Luzardo, S., Montossi, F., 2008. Effect of different feeding systems (pasture and supplementation) on

carcass and meat quality of Hereford and Braford steers in Uruguay. International Congress of Meat Science and Technology 54th (ICoMST). 10 - 15 Agosto de 2008, Cape Town, South Africa.

Brito, G., Luzardo, S., Montossi, F., San Julián, R., Cuadro, R., Risso, D., 2014. Engorde de novillos Hereford mediante diferentes asignaciones de forraje y niveles de suplementación: su efecto en la calidad de la canal y la carne, in: Berreta, E., Montossi, F., Brito, G. (Eds.), Alternativas tecnológicas para los sistemas ganaderos del Basalto. Instituto Nacional de Investigación Agropecuaria (INIA), Serie Técnica 217, Montevideo, Uruguay, pp. 155-167.

Cabrera, MC., Saadoun, A., 2014. An overview of the nutritional value of beef and lamb meat from South America. *Journal Meat Science*, 98(3), 435 - 444.

Camfield, P., Brown, A., Johnson, Z., Brown, C., Lewis, P., Rakes, L., 1999. Effects of growth type on carcass traits of pasture or feedlot-development steers. *Journal of Animal Science*, 77, 2437 - 2443.

Carballo, J., Monserrat, L., Sanchez, L., 2005. Composición regional y tisular de la canal bovina, in: Cañeque, V., Sañudo, C. (Eds.). Estandarización de las metodologías para evaluar la calidad del producto (animal vivo, canal, carne y grasa) en los rumiantes. Instituto Nacional de Investigación y Tecnología Agraria y Alimentaria (INIA), Serie ganadera 3, Madrid, España, pp. 120 - 140.

Correa, D., Brito, G., 2017. Fase II: Trabajo en plantas frigoríficas, in: Brito, G., Correa, D., San Julián, R. (Eds). Tercera auditoria de calidad de carne

vacuna del Uruguay. Instituto Nacional de Investigación Agropecuaria (INIA), Serie Técnica 229, Montevideo, Uruguay, pp. 3 – 34.

de la Torre, A., Gruffat, D., Durand, D., Micol, D., Peyron, A., Scislowski, V., Bauchart, D., 2006. Factors influencing proportion and composition of CLA in beef. *Meat Science*, 73(2), 258 – 268.

del Campo, M., Brito, G., Soares de Lima, JM., Vaz Martins, D., Sañudo, D., San Julián, R., Hernandez, P., Montossi, F., 2008. Effects of feeding strategies including different proportion of pasture and concentrate, on carcass and meat quality traits in Uruguayan steers. *Journal Meat Science*, 80 (3), 753 – 760.

Department of Health. 1994. Report of health and social subject. Nutritional aspects of cardiovascular disease, London: United Kingdom, 46: 186p.

Descalzo, A., Insani, EM., Biolatto, A., Sancho, AM., Garcia, PT., Pensel, NA., Josifovich, JA., 2005. Influence of pasture or grain-based diets supplemented with vitamin E on antioxidant/oxidative balance of Argentine beef. *Meat Science*, 70, 35 – 44.

Di Marco, O., 2006. Crecimiento de vacunos para carne. Edición 1ª. Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria (INTA), Argentina, 204 p.

Duckett, S., Realini, C., 2002. Más razones para comer carne vacuna, in: 2º Congreso de Producción y Comercialización de Carne. Montevideo, Uruguay. s.p

French, P., O’Riordan, E., Monahan, F., Caffrey, P., Moloney, A., 2003. Fatty acid composition of intra-muscular triacilglyceroles of steers fed autumn grass

and concentrates. *Livestock Production Science*, 81, 307 – 317.

Henchion, M., McCarthy, M., Resconi, V., 2017. Beef quality attributes: A systematic review of consumer perspectives. *Meat Science*, 128, 1 – 7.

INAC (Instituto Nacional de Carnes)., 2018. Anuario estadístico. Montevideo, Uruguay. ,136 p.

Kuss, F., Restle, J., Brondani, I., Alves, D., Perottoni, J., Missio, R., do Amaral, G., 2005. Características da carcaça de vacas de descarte de diferentes grupos genéticos terminadas em confinamento com distintos pesos. *Revista Brasileira de Zootecnia*, 34(4), 1285 – 1296.

Latimori, NJ., Kloster, AM., García, PT., Carduza, FJ., Grigioni, G., Pensel, NA., 2008. Diet and genotype effects on the quality index of beef produced in the Argentine Pampeana región. *Meat Science*, 79 (3), 463 – 469.

Lawrie, RA., 1998. *Ciencia de la carne*. 3ª ed. Zaragoza, Acribia. 367 p.

Luzardo, S., Montossi, F., San Julián, R., Cuadro, R., Risso, D., Brito, G., 2008. Effect of feeding regimes on the performance, carcass and meat quality of Hereford steers in Uruguay. *International Congress of Meat Science and Technology 54th (ICoMST)*. 10 – 15 Agosto de 2008, Cape Town, South Africa.

Luzardo, S., Cuadro, R., Montossi, F., Brito, G., 2014. Intensificación de sistemas de engorde bovino en la región basáltica, in: Berreta E, Montossi F, Brito G. (Eds.), *Alternativas tecnológicas para los sistemas ganaderos del Basalto*. Instituto Nacional de Investigación Agropecuaria (INIA), Serie Técnica 212, Montevideo, Uruguay, pp. 127 – 154.

- Mandell, I., Campbell, C., Quinton, V., Wilton, J., 2006. Effects of skeletal separation method and postmortem ageing on carcass traits and shear force in cull cow beef. *Canadian Journal of Animal Science*, 83(3), 351–361.
- Matulis, RJ., Mckeith, FK., Faulkner, DB., Berger, LL., George, P., 1987. Growth and carcass characteristics of cull cows after different times-on-fed. *Journal of Animal Science*, 65(3), 669 – 674.
- Miller, M., Cross, H., Crouse, J., Jenkins, T., 1987. Effect of feed energy intake on collagen characteristics and muscle quality of mature cows. *Meat Science*, 21(4), 287 – 294.
- Millot J., 1981. Avena. Ministerio de Agricultura y Pesca. Centro de Investigaciones agrícolas “Alberto Boerger” (CIAAB), Miscelánea 36, 30 p.
- Montossi, F., Soares De Lima J., Brito, G., Berretta, E., 2014. Impacto en lo productivo y económico de las diferentes orientaciones productivas y tecnologías propuestas para la región del basalto, in: *Alternativas tecnológicas para los sistemas ganaderos del basalto*. Instituto Nacional de Investigación Agropecuaria (INIA), Serie Técnica 217, Montevideo, Uruguay, pp. 557 – 568.
- Noci, F., Monahan, FJ., French, P., Moloney, P., 2005. The fatty acid composition of muscle fat and subcutaneous adipose tissue of pasture-fed beef heifers: Influence of the duration of grazing. *Journal Animal Science*, 83(5), 1167 – 1178.
- NRC. (National Research Council), 2001. Nutrient requirements of beef cattle. Seventh revised edition, 2001. Washington, D. C.: National Academy Press.

- Olmedilla Alonso, B., Jiménez Colmenero, F., 2014. Alimentos cárnicos funcionales; desarrollo y evaluación de sus propiedades saludables. Artículo especial. *Nutrición Hospitalaria*, 29(6), 1197 – 1209.
- Poppi, D., Hughes, T., L'Hullier, P., 1987. Intake of pasture by grazing ruminants. *Livestock Feeding on Pasture*. New Zealand Society of Animal (Production Occasional Publications 10), pp. 55 – 63.
- Pouzo, L., Fanego, N., Santini, FJ., Descalzo, A., Pavan, E., 2015. Animal performance, carcass characteristics and beef acid profile of grazing steers supplemented with corn grain and increasing amounts of flaxseed at two animal weights during finishing. *Livestock Science*, 178, 140 – 149.
- Ramírez Barboza, J., Valverde Abarca, A., Rojas Bpurillón, A., 2016. Efecto de la raza y niveles de energía en la finalización de novillos en pastoreo. *Agronomía Mesoamericana*, 28(1), 43 – 57.
- Realini, C., Duckett, S., Brito, G., 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, 657 – 577.
- Restle, J., Roso, C., Oliveira, A., Alves, D., Pascoal, L., Rosa, J., 2000. Suplementação energética para vacas de descarte de diferentes idades em terminação em pastagem cultivada de estação fria sob pastejo horário. *Revista Brasileira de Zootecnia*, 29(4), 1216 – 1222.
- Restle, J., Vaz, F., Celestino, D., Filho, A., Pascoal, L., Oliveira, A., Arboitte, M., 2001. Efeito da Suplementação energética sobre a carcaça de vacas de



diferentes idades, terminadas em pastagem cultivada de estação fria sob pastejo horário. *Revista Brasileira de Zootecnia*, 30(3), 1076 – 1083.

Rodríguez, J., Unruh, J., Villarreal, M., Murillo, O., Rojas, S., Camacho, J., Jaeger, J., Reinhardt, C., 2014. Carcass and meat quality characteristics of brahman cross bulls and steers finished on tropical pastures in Costa Rica. *Meat Science*, 96,1340-1344.

Santini, F., Rearte, D., Grigera, JM., 2003. Algunos aspectos sobre la calidad de las carnes bovinas asociadas a los sistemas de producción, in: *Jornada de Actualización Ganadera. Resúmenes*. Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria (INTA), Balcarce, Argentina, pp. 29-37.

SAS (Statistical Analysis System), 2010. SAS Institute, versión 9.2. Cary, USA. SAS.

Scollan, N., Hocquette, J., Nuernberg, K., Dannenberger, D., Richardson, I., Moloney, A., 2006. Innovations in beef production systems that enhance the nutritional and health value of beef lipids and their relationship with meat quality. *Meat Science*, 74, 17 – 33.

Simeone, A., Beretta, V., Elizalde, JC., Baldi, F., Franco, J., Damonte, I., Irazabal, G., Reinante, R., Shaw, M., 2005. Uso de verdeos invernales por vacunos: manejo de la intensidad de pastoreo y la suplementación. XIX Reunión de la Asociación Latinoamericana de Producción Animal. 26-28 de octubre de 2005, Tampico, México.

Stelzleni, A., Patten, L., Johnson, D., Calkins, C., Gwartney, B., 2007. Benchmarking carcass characteristics and muscles from commercially

identified beef and dairy cull cow carcasses for Warner-Bratzler shear force and sensory attributes. *Journal of Animal Science*, 85(10), 2631 – 2638.

Stelzlani, A., Johnson, D., Thrift T., 2008. Effects of days on concentrate and postmortem aging on carcass and palatability characteristics of selected muscles from cull beef cows. *The Professional Animal Scientist*, 24, 334–341.

Wheeler, TL., Shackelford, SD., Koohmaraie, M., 1997. Standardizing Collection and Interpretation of Warner-Bratzler Shear Force and Sensory Tenderness Data. *Reciprocal Meat Conference Proceedings, American Meat Science Association*, 50, 68 – 77.

Wood, J., Richardson, R., Nute, G., Fisher, A., Campo, M., Kasapidou, E., Sheard, P., Enser, M., 2004. Effects of fatty acids on meats quality: a review. *Meat Science*, 66, 21 – 32.

Zea. J. 2005. Alimentación y calidad de la carne en terneros; influencia del sistema productivo, 21º Curso de especialización FEDNA (Fundación Española para el Desarrollo de la Nutrición Animal), FEDNA, 7 – 8 de noviembre de 2005, Madrid, España. pp. 83-109.  
[https://www.mapa.gob.es/es/ministerio/servicios/informacion/zea\\_2005\\_tcm30-103923.pdf](https://www.mapa.gob.es/es/ministerio/servicios/informacion/zea_2005_tcm30-103923.pdf)

Zea, J., Díaz, M., Carballo, J., 2007. El efecto del sistema de producción y del sexo en la calidad de la carne de vacuno joven. *Archivos de Zootecnia*, 56(216), 817 – 828.