

**UNIVERSIDAD DE LA REPÚBLICA
FACULTAD DE AGRONOMÍA**

**CARACTERÍSTICAS DE CANAL Y CARNE DE NOVILLOS
HEREFORD DE URUGUAY: GANANCIAS POS-DESTETES Y
DEP PARA AREA DEL OJO DEL BIFE**

por

Daniela CORREA NACIMIENTO

TESIS presentada como uno de los
requisitos para obtener el título de
Magister en Ciencias Agrarias
opción Ciencia Animal

MONTEVIDEO
URUGUAY
(Marzo, 2019)

Tesis aprobada por el tribunal integrado por Ing. Agr. (Dra) Ana Carolina Espandín,
Ing. Agr. (Dra) Virginia Beretta y MDV (*MSc*) Juan Franco, el 1° de marzo de 2019.
Autor/a: Ing. Agr. Daniela Correa. Director/a Ing. Agr. (PhD) Gustavo Brito, Ing.
Agr. (PhD) Olga Ravagnolo

AGRADECIMIENTOS

A mi familia por acompañarme en todo este proceso brindándome su comprensión y apoyo, sin lo cual no hubiese sido posible realizarlo.

A mi tutor Ing. Agr. (PhD) Gustavo Brito y a mi co-tutora Ing. Agr. (PhD) Olga Ravagnolo por contribuir a mi formación académica y mi desarrollo profesional.

Al Ing. Agr. (Dr.) Mario Lema, responsable del experimento, por su aporte en conocimiento y acompañamiento en todo el proceso del trabajo de tesis.

A los Ings. Agrs. Juan Clariget, Santiago Luzardo y Juan Manuel Suarez de Lima por sus aportes prácticos y bibliográficos, así como a Guillermo de Souza por su buena disposición en los momentos de requerir la información del laboratorio de Carne.

A los integrantes del tribunal de los Seminarios I, II y defensa de tesis, Ings. Agrs. (Dras.) Virginia Beretta y Ana Carolina Espasandín y DMV (MSc) Juan Franco por sus contribuciones al presente trabajo.

Al grupo de trabajo de bedelía de posgrado de Fagro por su eficiencia y compromiso, especialmente a Elisabeth Carrega e Isabel Sans.

Al Instituto Nacional de Investigación Agropecuaria por darme la oportunidad de ser parte del equipo de investigadores del Programa Nacional de Carne y Lana y permitir realizar este trabajo.

A mis compañeros de Maestría, especialmente las Ings. Agrs. Fiorella Cazzuli y Zully Ramos, por los grandes momentos compartidos durante este período y sus apoyos técnicos y emocionales.

TABLA DE CONTENIDO

	Página
PÁGINA DE APROBACIÓN.....	II
AGRADECIMIENTOS.....	III
RESUMEN.....	VII
SUMMARY	VIII
1. INTRODUCCIÓN	1
1.1. ANTECEDENTES	1
1.1.1. <u>Mejoramiento genético de características carniceras</u>	1
1.1.2. <u>Ganancias invernales pos destetes</u>	3
1.2. REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA.....	5
1.2.1. <u>Mérito Genético</u>	5
1.2.1.1. Conceptos generales	6
1.2.1.2. Mérito genético en las características de la canal y carne	8
1.2.2. <u>Crecimiento Animal</u>	12
1.2.2.1. Curva de crecimiento y factores que la afectan	12
1.2.3. <u>Crecimiento durante la recría</u>	14
1.2.3.1. La recría a campo.....	15
1.2.3.2. La recría sobre pasturas mejoradas y cultivadas con suplementación.....	17
1.2.3.3. La recría a corral	18
1.2.4. <u>Crecimiento y composición de la canal y carne</u>	19
1.2.4.1. Patrones de crecimiento de los tejidos de la canal.....	20
1.2.4.2. Consecuencias del crecimiento y desarrollo post-destete en la composición de la canal y la calidad de la carne	21
1.2.4.3. Recría y terminación a peso fijo	23
1.2.4.4. Recría y terminación a cobertura de grasa fija.	25
1.2.4.5. Recría y terminación a tiempo fijo	26
1.3. PLANTEO DEL PROBLEMA Y PROPUESTA.....	27
1.3.1. <u>Hipótesis</u>	28
1.3.2. <u>Objetivos</u>	28
2. MATERIALES Y MÉTODOS	30
2.1. LOCALIZACIÓN Y PERÍODO EXPERIMENTAL	30
2.2. ANIMALES	30
2.3. DISEÑO EXPERIMENTAL Y TRATAMIENTOS.....	31
2.4. PROCEDIMIENTO EXPERIMENTAL.....	32
2.4.1. <u>Fase de recría invernal</u>	32
2.4.2. <u>Fase de pastura</u>	33
2.4.3. <u>Fase de terminación</u>	34
2.5. REGISTRO Y MEDICIONES	34
2.5.1. <u>Mediciones en campo</u>	34
2.5.2. <u>Mediciones post-faena</u>	37
2.5.3. <u>Mediciones en laboratorio de análisis de Calidad de Carne</u>	38

2.6.	OTRAS MEDICIONES	39
2.6.1.	<u>Registros climatológicos</u>	39
2.7.	ANALISIS ESTADÍSTICO	39
3.	<u>RESULTADOS</u>	42
3.1.	PREVIO FAENA Y CARACTERÍSTICAS DE LA CANAL.....	42
3.1.1.	<u>Correlaciones previo faena y características de la canal</u>	48
3.1.2.	<u>Evaluación subjetiva de las canales</u>	49
3.2.	CARACTERÍSTICAS DE LA CARNE	51
4.	<u>DISCUSIÓN</u>	54
4.1.	EFFECTO DE GANANCIAS POS DESTETES SOBRE LAS CARACTERISTICAS DE CANAL Y CARNE.....	54
4.2.	EFFECTO DEL MÉRITO GENÉTICO DE LOS PADRES.....	57
4.3.	EFFECTO DE LA COMBINACIÓN ENTRE GANANCIAS POS DESTETES Y MÉRITO GENÉTICO PARA AOB	60
5.	<u>CONCLUSIONES</u>	63
6.	<u>BIBLIOGRAFÍA</u>	65
7.	<u>POST-WEANING GAIN AND EPDS FOR RIB EYE AREA ON CARCASS QUALITY IN URUGUAYAN HEREFORD STEERS*</u>	77

RESUMEN

Producir canales y carne de alta calidad en forma constante y de acuerdo a exigencias de calidad de los mercados, implica la comprensión de los factores que determinan que esta calidad varíe. El objetivo del trabajo fue evaluar el efecto de diferentes ganancias invernales pos destete (Recría) en terneros hijos de padres con diferencia esperada de progenie (DEP) para área de ojo de bife (AOB) sobre características de canal y calidad de carne. Tres generaciones de terneros ($n=317$) con peso vivo (PV) al destete (PD) de 174 ± 30 kg, fueron agrupados en dos bloques de acuerdo a su PD en un arreglo factorial de 2×2 , para AOB (Alta: A; Promedio: P) y Recría (Alta: A; Baja: B). Posterior a la recría invernal a corral, pasaron a una fase de pastura con una asignación de forraje del 5 % del PV de los novillos, al alcanzar los 338 ± 32 kg de PV (promedio/grupo) ingresaron a una terminación en corral. Fueron faenados cuando alcanzaron los 525 ± 40 kg de PV. La Recría A presentó mayor ($P < 0,01$) espesor de grasa subcutánea (EGSu) y grasa intramuscular por ultrasonido (GIMu) previo a la faena, menor ($P < 0,01$) edad a la faena y mayores ($P < 0,05$) pesos de canal cliente y enfriada (PCC, PCE), rendimiento en 4ª balanza (Rto_4ª), pesos de bife ($P < 0,01$), lomo ($P < 0,05$), cuadril ($P < 0,01$) y carne ($P < 0,01$) del Corte Pistola (CP). El AOB A presentó mayor ($P < 0,01$) AOB medido por ultrasonido (AOBu), peso de bife ($P < 0,05$), así como mayor % de Carne ($P < 0,01$), relación Rump & Loin (R&L)/CP ($P < 0,01$) y CP/PCE $^{1/2}$, media res enfriada izquierda ($P < 0,05$). La fuerza de corte no fue afectada ($P > 0,05$) por ninguno de los tratamientos. La Recría A presentó mayor grasa química (GIM %) ($P < 0,05$) y el AOB P presentó mayor ($P < 0,05$) valor de *Marbling* que AOB A. No se observó interacción AOB*Recría ni efecto año para la mayoría de las variables analizadas de composición de canal y calidad de carne. La ausencia de interacción para la mayoría de los caracteres analizados permite planificar manejos independientes al mejorar las condiciones de recría y/o utilizar toros superiores en características carniceras, al menos en los rangos considerados EPDs de AOB y de ganancias invernales en este estudio.

Palabras clave: bovinos de carne, recría invernal, DEP área de ojo de bife, composición de canal, calidad de carne

SUMMARY

Carcass and meat quality traits of Uruguayan Hereford steers: post-weaning daily gain and EPDs for rib eye area

Producing high quality beef carcasses and meat considering both market requirements and production stability implies understanding the factors that explain quality variability. The objective of this study was to evaluate the effect of post-weaning winter stocking growth rates (WSGR) of Hereford steers from two groups of sires with contrasting values of Expected Progeny Differences (EPD) for rib eye area (REA) on carcass and meat quality traits. Three generations of calves ($n=317$) with an average weaning weight (WW) of 174 ± 30 kg, were randomly allotted into two replicates in a 2×2 factorial arrangement, in which factors were REA (High: H; Average: Av) and WSGR (High: H; Low: L), during winter. After the winter phase, all calves grazed on pastures where herbage allowance was maintained at 5% of their live weight (LW) per day. When animals reached a LW of 338 ± 32 kg, they were finished in a feedlot. Animals were harvested at a constant LW of 525 ± 40 kg. The H WSGR treatment increased ($P<0.01$) ultrasound back fat thickness (BFTu) and intramuscular ultrasound fat (IMFu), decreased ($P<0.01$) slaughter age, increased ($P<0.05$) hot and cold carcass weight (HCW and CCW) and dressing percentage (Dress_4th). It also increased striploin ($P<0.01$), tenderloin ($P<0.05$), sirloin ($P<0.01$) and Pistola cut (PC) lean (kg). On the other hand, H REA increased ($P<0.01$) REAu, ($P<0.05$), striploin ($P<0.01$) as well as the proportion of lean (%) ($P<0.01$), the ratio Rump and Loin (R&L)/PC ($P<0.01$) and PC/CCW from the left side ($P<0.05$). Tenderness did not differ ($P>0.05$) between treatments. High WSGR had a greater IMF (%) ($P<0.05$) and Av REA had a higher ($P<0.05$) marbling score than H REA. No interaction between REA and WSGR and no year effect was observed on neither carcass nor meat quality. This lack of interaction implies that both higher REA and WSGR allows benefits for the rearing phase, at least within the range of EPDs and WSGR considered in this study.

Keywords: cattle beef, rearing, rib eye area EPD, carcass composition, meat quality

1. INTRODUCCIÓN

La carne bovina es el principal producto de exportación de Uruguay, siendo los precios de exportación dependientes en gran medida de la composición, combinación y homogeneidad de cortes que se destinan a cada mercado (OPYPA, 2017). Para que toda la cadena cárnica produzca canales y carne de alta calidad en forma constante de acuerdo a exigencias de calidad del producto, debe haber una comprensión de los factores que determinan que esta calidad varíe.

El tipo de ganado necesario a ofrecerle a la industria para el cumplimiento con las cuotas de carne de calidad (INAC, 2017), plantea interrogantes sobre cuál es la mejor combinación de alternativas que permitan generar los productos acordes a los requerimientos de los diferentes mercados de destino.

El estudio de componentes genéticos y nutricionales, a través de la selección de líneas de padres por características carniceras, tales como área de ojo de bife, así como por crecimiento y el manejo nutricional mediante la utilización de dietas y/o ganancias específicas, permitirían evaluar el desempeño del animal en determinados periodos tales como la recría y engorde y sus efectos en las variables de calidad del producto (canal y carne) para las condiciones de Uruguay.

1.1. ANTECEDENTES

1.1.1. Mejoramiento genético de características carniceras

Los programas de mejora genética tienen como propósito conocer y registrar el comportamiento de determinada raza, así como el de evaluar a sus progenitores de manera de promover la selección de los mejores animales. En la década de los '90 se comenzaron en Uruguay los trabajos que llevarían a las evaluaciones genéticas poblacionales en características de importancia económicas relacionadas a la calidad del producto de la raza Hereford (Bertrand *et al.*, 1994). A través de las evaluaciones

genéticas, se generan las Diferencias Esperadas de Progenie (DEP), que predicen el mérito genético de los reproductores para diferentes características.

Las características de la canal incluidas en la mayoría de los programas de mejoramiento genético son: el área del ojo de bife (AOB), el espesor de grasa subcutánea (EGS), el peso de la canal caliente (PCC) y la grasa intramuscular (GIM). Así como los valores de AOB y PCC pueden ser usados para lograr cambios de musculatura o tamaño, el AOB está directamente relacionado con la proporción de músculo del animal, particularmente con los cortes de mayor valor (Bertrand *et al.*, 2001). En el año 2002 la raza Hereford del Uruguay incorpora las DEP para dos de las características de la canal: AOB y EGS (Aguilar y Ravagnolo, 2005). Los registros de estas características son realizados mediante la técnica de ultrasonidos a 18 meses de edad de los animales, en las distintas cabañas.

La tecnología de ultrasonido puede ser utilizada para medir AOB, EGS y GIM con aceptable precisión (Greiner *et al.*, 2003; Wilson *et al.*, 1998; Herring *et al.*, 1998; Robinson *et al.*, 1992). MacAodhain (2004) y Doorley (2001) obtuvieron correlaciones moderadas a fuertes (0,36 a 0,80) entre el área del músculo *longissimus* y la proporción de carne en la canal, mientras que otros estudios (Hamlin *et al.*, 1995) encontraron correlaciones débiles (-0,06 a 0,28), entre estas dos características. La literatura (Waldner *et al.*, 1992; Smith *et al.*, 1992; Bergen *et al.*, 1996) sugiere que hay una tendencia, mediante esta técnica, a subestimar animales altamente musculados, mientras que la grasa subcutánea puede ser sobre-estimada en animales delgados y sub-estimada en animales muy engrasados. Otros estudios han mostrado variación en la asociación entre área del músculo *longissimus* y la carne o porcentaje de cortes menores. Según Hassen *et al.* (1998), el área del ojo de bife a peso constante explica en forma importante parte de la variación observada en el porcentaje de los cortes, existiendo una alta correlación genética (0,57) entre área del ojo de bife y el porcentaje de producto minorista (% de cortes carniceros desgrasados con destino a venta en supermercados).

Sin embargo, no es suficiente que el ultrasonido pueda medir con precisión las características de la canal del animal vivo, se debe demostrar que las medidas tomadas en la canal de las progenies pueden ser usadas en los programas de mejora genética para predecir cambios en características de canal de animales terminados (Bertrand, 2009). Trabajos realizados por Crews (2002) y Gwartney *et al.* (1996), concluyeron que las DEP de los padres predicen de buena forma las diferencias reales observadas para todas las características, especialmente las de canal. Las similitudes entre lo esperado y lo observado serán mayores cuando son utilizados padres con DEP con alta precisión, o sea que tienen un mayor número de progenie evaluada.

Asimismo, Brito y Soares de Lima (2006) y Brito *et al.* (2006) subrayaron la importancia de la genética, a través de los DEP para AOB y EGS, como una estrategia global para encarar los desafíos que enfrenta la cadena cárnica. A juicio de estos autores, esto es posible dada la variación observada en estas características y el efecto que esto representa en el rendimiento carnicero (a nivel de canal) o en los cortes de mayor valor (cortes del trasero).

1.1.2. Ganancias invernales pos destetes

De toda la fase de crecimiento de un animal, es en la recría es donde se produce la mayor tasa de crecimiento absoluto y se caracteriza por que el animal utiliza al máximo su recurso nutricional para alcanzar un tamaño que le permita producir con éxito (Lawrence y Fowler, 1997). Esta fase/etapa de la curva de crecimiento representa aproximadamente el 75% del crecimiento total, donde se alcanza el tamaño maduro de los órganos, se completa el crecimiento de los huesos, se produce el máximo crecimiento del músculo y una acumulación leve de grasa (Gerrard y Grant, 2006).

En Uruguay, la recría a campo es basada en pasturas naturales, con pérdidas de peso en invierno (15 a 25 kg), altas ganancias de peso en primavera y moderadas

ganancias en verano y otoño. La curva de crecimiento en forma de serrucho es característica de la recría a campo y es resultado del bajo nivel de alimentación (Pigurina, 2001).

Alternativas de manejo del campo natural como el diferimiento de forraje desde principios o mediados de marzo por un periodo entre 60 y 90 días, permiten lograr ganancias invernales de peso entre 100 y 250 gramos por animal y por día, con una carga animal promedio de 1,25 UG/ha en campos de Basalto para la categoría de terneros (Luzardo *et al.*, 2014; Berretta, 1998).

Asimismo, trabajos nacionales lograron expresar una mayor tasa de crecimiento en la recría, a través de la respuesta a mejores planos nutricionales, incorporando la suplementación invernal sobre campo natural (Luzardo *et al.*, 2014; Silveira *et al.*, 2011; Beretta y Simeone, 2008). La inclusión de la suplementación diaria con afrechillo de arroz al 1 % del peso vivo, junto al diferimiento de campo, permitiría mejorar las tasas de ganancias de peso durante el invierno, a valores entorno de los 400 a 700 gramos por animal por día, con una carga animal promedio de 1,25 UG/ha. (Luzardo *et al.*, 2014). Las mismas ganancias son logradas con suplementación suministrada todos los días o auto-suministro restringido a dos veces por semana sobre campo natural (Cazzuli, 2017). Del mismo modo, se han desarrollado estrategias de alimentación en la recría en base a confinamiento de terneros, permitiendo expresar el potencial de ganancia (≈ 850 gr/día) que logran modificar la curva de crecimiento en forma radical (Simeone y Beretta, 2009).

El ternero presenta buena respuesta a mejoras nutricionales, lo que la hace una categoría redituable en la medida que demanda en términos absolutos, menos cantidad de alimento logrando al mismo tiempo capitalizar el impacto de terneros bien desarrollados desde las primeras etapas de su crecimiento (Peripolli *et al.*, 2016; Simeone y Beretta, 2008). Diversos autores (Purchas *et al.*, 2002; Dicker *et al.*, 2001; Robinson *et al.*, 2001) reportan la importancia de mejoras en el nivel nutricional que redundan en una mayor ganancia de peso inmediato al destete sobre el desempeño

animal, el patrón de deposición de tejidos, la eficiencia de conversión en la etapa final de terminación y las características de la res y la carne (Brito *et al.*, 2014).

De esta forma el crecimiento más rápido de los vacunos sobre pasturas durante todo el período posterior al destete puede incrementar la grasa y el porcentaje de grasa intramuscular de la canal a un mismo peso final (del mercado) o a la entrada al *feedlot* (Wilkins *et al.*, 2009; McKiernan y Wilkins, 2007; Robinson *et al.*, 2001). A pesar de esto, el rendimiento de los cortes minoristas (a nivel de toda la canal) y el *marbling* visual no difirieron a iguales pesos de canal luego de diferentes tasas de crecimiento en la recría (Wilkins *et al.*, 2009). El crecimiento prolongado post-destete a tasas más rápidas también puede mejorar la calidad de la carne (Perry y Thompson, 2005; McKiernan *et al.*, 2005), aunque las mejoras no son consistentes en todos los tipos de razas, ubicaciones geográficas y músculos (Perry y Thompson, 2005). En este sentido, mientras que las características de calidad de la carne vacuna se ven disminuida con el avance de la edad (Perry y Thompson, 2005), los efectos adversos agudos del crecimiento sobre la terneza de la carne son evidentes solo si el crecimiento lento (o retardado) durante la recría resulta en animales sustancialmente mayores (alrededor de 9 meses) al alcanzar el mismo peso de faena (Purchas *et al.*, 2002).

1.2. REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA

1.2.1. Mérito Genético

El mérito genético es la habilidad de un determinado padre de producir descendencia superior con rasgos deseables, comparada con otros padres. A continuación, se desarrollan algunos conceptos generales con respecto al mérito genético y su relación/efecto en las características de canal y carne.

1.2.1.1. Conceptos generales

El propósito de las evaluaciones genéticas es predecir un valor de mérito genético – valor genético aditivo- de los candidatos a la selección, de forma tal de seleccionar aquellos reproductores que generen el mayor progreso genético en la población. Como el valor genético aditivo representa una diferencia de la progenie de un animal respecto a la base genética, la mitad de ese valor aditivo se denomina Diferencia Esperada de la Progenie (DEP).

Toda predicción DEP debe estar acompañada de la exactitud, siendo esta equivalente al valor de confiabilidad. Los valores de exactitud pueden ser altos, medios o bajos y están influenciados por el número de registros, la relación genética entre los individuos (parentesco), la heredabilidad del carácter y el número de grupos contemporáneos de comparación (Cardellino y Rovira, 1987).

La heredabilidad (h^2) de una característica es definida como la proporción de la variación genética aditiva sobre la variación fenotípica. La h^2 de una característica y una población dada, es una relación que contiene en el numerador solamente la varianza de los valores de cría, que es lo que transmiten los padres a la progenie (Simm, 1998; Lawrence y Fowler, 1997; Cardellino y Rovira, 1987). Por lo tanto, la h^2 es uno de los factores que afectan la respuesta a la selección por generación (Simm, 1998). Según Cardellino y Rovira (1987) los valores de heredabilidad pueden variar de 0 a 1. Si es cero, el carácter no presenta variabilidad genética y la selección será totalmente inefectiva. Si es uno, no hay variación ambiental presente y el valor fenotípico es igual al valor de cría, permitiendo una selección muy efectiva. Estos autores reportan que, la clasificación general de acuerdo a la magnitud de los valores de heredabilidad son las siguientes: baja (0,05-0,15), media a alta (0,2-0,4 %), alta (0,45-0,60) y alta a muy alta ($> 0,5$).

El Cuadro 1 muestra las estimaciones de heredabilidad para varias características de canal ajustado a una edad constante o a un tiempo constante de alimentación. Esta

información proviene de una revisión publicada en el año 2001 por Bertrand *et al.* Los valores promedio estimados para todas las características se encontraron en el rango de moderado a alto, indicando que pueden ser seleccionadas con mayor grado de confianza para una mejora o progreso genético de estas características. Para la fuerza de corte de Warner-Bratzler (WBSF) y la puntuación de paneles de consumidores para terneza (Bertrand *et al.*, 2001) se encontró una mayor frecuencia de estimadores bajos ($\leq 0,12$).

Cuadro 1. Heredabilidades estimadas para características de la canal seleccionadas de fuentes de la literatura desde 1990

Fuente	PCC ^a	AOB	EGS	GIM	% Cortes	WBSF	Tern eza	CA
1. Van Vleck <i>et al.</i> (1992)		0,60		0,45		0,09	0,10	
2. Woodward <i>et al.</i> (1992)				0,23	0,18			
3. Veseth <i>et al.</i> (1993)	0,38	0,51		0,31				
4. Wilson <i>et al.</i> (1993)	0,31	0,32	0,26	0,26				
5. Shackelford <i>et al.</i> (1994)				0,93	0,45	0,53		0,65
6. Gregory <i>et al.</i> (1995)	0,23	0,22	0,25	0,48	0,47	0,12	0,22	
7. Barkhouse <i>et al.</i> (1996)				0,40		0,04	0,10	
8. Hirooka <i>et al.</i> (1996)	0,37	0,38	0,35	0,40				
9. Wheeler <i>et al.</i> (1996)	0,15	0,65	0,56	0,73		0,37	0,50	
10. ASA (1997)	0,34			0,35	0,26			
11. Kim <i>et al.</i> (1998)		0,51	0,34	0,79		0,18	0,47	0,42
12. Moser <i>et al.</i> (1998)	0,59	0,39	0,27					
13. Pariacote <i>et al.</i> (1998)	0,60	0,97	0,46	0,88				
14. Robinson <i>et al.</i> (1998)			0,29	0,15	0,49	0,04		
15. AAA (2000)	0,30	0,27	0,23	0,36	0,23			
Promedio	0,39	0,47	0,34	0,46	0,41	0,22	0,28	0,54

^aPCC=peso de la canal caliente, AOB=área de ojo de bife, EGS=espesor de grasa subcutánea, GIM=*marbling* o porcentaje de grasa intramuscular, %Cortes= porcentaje de cortes de valor, WBSF=fuerza de corte de Warner-Bratzler, Terneza= grado de dureza según panel de consumidores, y CA=actividad de la calpastatina.

Por otro lado, Ríos y Van Vleck (2004) hicieron otra exhaustiva revisión en una serie de años que abarco desde 1962 al 2004, donde se registraron heredabilidades estimadas de diferentes características de la canal. Las estimaciones fueron hechas para animales a faena a edad constante, peso constante y EGS constante. Entre otras las variables estimadas fueron: PCC, AOB, EGS, GIM, % estimado de cortes minoristas, los valores promedios de h^2 fueron: 0,40 - 0,40 - 0,36 - 0,37 - 0,36, respectivamente. Estos resultados oscilaron en los mismos valores de la revisión hecha por Bertrand *et al.* (2001).

1.2.1.2. Mérito genético en las características de la canal y carne

La selección objetiva dentro de una raza tiene como propósito aumentar el nivel promedio de mérito genético aditivo (valor de cría) de la población. Los pasos a seguir dentro de un proceso de selección deben incluir entre otros, la decisión de qué mejorar (objetivo de selección), qué medir y qué seleccionar (criterio de selección) (Simm, 1998). La inclusión de características de res tanto en el objetivo como en los criterios de selección mejora el resultado económico, pero el salto porcentual logrado es bastante menor, comparado con la inclusión de medidas de fertilidad (Urioste *et al.*, 2003).

Varios autores (Phocas *et al.*, 1998; Barwick *et al.*, 1994; Graser *et al.*, 1994; Nitter *et al.*, 1994) han indicado que las características relacionadas a la eficiencia reproductiva han sido las más importantes en los programas de mejoramiento, desde el punto de vista de su importancia económica. El segundo lugar lo han ocupado las características de crecimiento, siendo de importancia menor las relacionadas a los méritos de la canal. Sin embargo, las exigencias de los mercados y los sistemas de pago basados en el mérito de la canal han llevado a muchos autores a cambiar dicha relación (Urioste *et al.*, 2003).

De las características de la res incluidas normalmente en los programas de mejoramiento genético, el AOB es la que está directamente relacionado con la

proporción de músculo del animal, particularmente con los cortes de mayor valor (Bertrand *et al.*, 2001). Los valores para AOB y PCC pueden ser usados para lograr cambios de musculatura o tamaño. La GIM es una medida indirecta de la terneza y se utiliza para predecir el potencial de palatabilidad de la res.

En forma análoga, el ultrasonido se ha utilizado para estimar la composición de las canales en el ganado bovino desde la década de 1950 (Houghton y Turlington, 1992). Surgió como una tecnología de selección para determinar cuantitativamente el valor de la canal, además de poder predecir atributos heredables de musculatura y calidad (Whittaker *et al.*, 1992) y poder por ende ser utilizada para valoraciones genéticas.

La literatura indica que las características de la canal medidas vía ultrasonido en animales sobreño responden a la selección. Asimismo, las mediciones obtenidas con ultrasonido están correlacionadas con el área del músculo *Longissimus dorsi* medida en la canal. A pesar de que los resultados en la literatura no son homogéneos, se informaron estimaciones de correlación genética (r_g) entre el ultrasonido de animales vivos y los atributos reales de la canal mayores a 0,70. Estas correlaciones (entre padre e hijo y entre medida de ultrasonido y canal) permiten evaluar la calidad de canal de la progenie en faena a través de las mediciones de ultrasonido de sus padres, y por ende realizar mejoramiento genético para estas características (Bertrand *et al.*, 2001). Cuando r_g entre el ultrasonido de los progenitores y las medidas de canal del animal faenado son $\geq 0,70$, se puede lograr un progreso genético similar o mayor en el mérito de la canal del animal terminado usando información de ultrasonido, en comparación con el uso de información de canal de la progenie directamente; sin embargo, la exactitud máxima de predicción, usando información de ultrasonido en lugar de la información final de las canales del ganado, debería ser la r_g (Bertrand *et al.*, 2001).

En 1997, se realizó en Uruguay un proyecto que constó de una prueba de progenie para características carniceras con mediciones *in vivo* por ecografías a los 18 meses de edad de reproductores en las cabañas. Los registros de la calidad de estas canales y las mediciones que se realizaron a nivel de los reproductores en las cabañas

permitieron la estimación de las DEP del AOB y EGS. Los resultados mostraron una asociación positiva entre la calidad de las reses evaluadas y la calidad genética de los reproductores utilizados (de Mattos *et al.*, 2002).

Thrift y Thrift (2006), indicaron que para las características carnicerías en bovinos de carne, los valores de DEP estimados para los padres, son reflejo de las diferencias de progenie reales, aunque se evidencian algunas excepciones. Las similitudes entre lo esperado y lo real podrían ser mayores cuando son involucrados DEP de padres con alta exactitud, o sea que cuentan con un alto número de progenie evaluado. Por el contrario, cuando se involucran toritos jóvenes con DEP con baja exactitud, como ocurre en muchos rodeos comerciales, los valores esperados pueden no ser los logrados.

Dada la alta correlación genética entre AOB y el porcentaje de producto minorista, el AOB a peso constante, explica en forma importante la variación observada en el porcentaje de los cortes de mayor valor (ver cuadro 2).

Cuadro 2. Heredabilidades y correlaciones genéticas y fenotípicas para características de la canal

Características de la canal	PCC	AOB	EGS	GIM	%PM
Peso Canal Caliente (PCC)	0,33	<i>0,76</i>	<i>0,25</i>	<i>-0,04</i>	<i>0,24</i>
Área ojo bife (AOB)	<i>0,53</i>	0,15	<i>-0,30</i>	<i>-0,03</i>	<i>0,57</i>
Grasa Subcutánea (EGS)	<i>0,17</i>	<i>-0,15</i>	0,14	<i>0,15</i>	<i>-0,86</i>
Grado de marmóreo (GIM)	<i>0,10</i>	<i>-0,09</i>	<i>-0,05</i>	0,39	<i>0,01</i>
% Producto Minorista (%PM)	<i>-0,18</i>	<i>0,52</i>	<i>-0,82</i>	<i>-0,74</i>	0,07

Fuente: Adaptado de Hassen *et al.* 1998

Nota: Heredabilidades en diagonal y negritas

Correlaciones genéticas: arriba de la diagonal y en itálica

Correlaciones fenotípicas: abajo de la diagonal

%Producto minorista: % de cortes carniceros desgrasados con destino a venta en supermercados

Drennan y McGee (2008) determinaron la relación entre padres con DEP altas y DEP promedios con la escala de conformación de la canal sobre la musculatura (según el *Irish Cattle Breeding Federation-ICBF*) del animal vivo, el musculo y la grasa medidas por ultrasonido, los grados de clasificación y composición de la canal, así como valores de la canal de su progenie. No encontraron efecto significativo sobre el PV ni el PCC, mientras que la proporción de cortes, la profundidad del músculo y los valores en la escala de musculatura del ICBF fueron mayores ($P<0,001$) en la progenie de padres de DEP alta para conformación en relación con la del grupo de DEP promedio. Del mismo modo, Crews (2002), trabajando con padres de la raza Charolais con DEP altos para EGS, AOB y rendimiento de cortes (%RC) indicó que la progenie produjo canales con mayor EGS ($P<0,01$), mayor AOB ($P<0,01$) y más altos %RC ($P<0,01$), mientras que los PCC no fueron significativamente impactados (Cuadro 3).

Cuadro 3. Efectividad de la selección por DEP (alto y bajo) de padres comparado con las diferencias en los valores reales (Crews, 2002).

Variable	DEP padre		DEP	Promedio progenie		Diferencia progenie real
	Alto	Bajo		Alto	Bajo	
DEP PCC, kg	3,7	-1,8	5,5	373,0	368,0	5,0
DEP EGS, mm	0,25	-0,60	0,85	10,4	9,0	1,4**
DEP AOB, cm ²	3,5	-0,2	3,7	102,3	98,4	3,9**
DEP RC, %	0,93	-0,31	1,24	60,7	59,7	1,0**

* $P<0,05$; ** $P<0,01$. %RC=Rendimiento carnívero de la canal (%), estimada usando la siguiente formula: $PLY = 57.34 - (0,032 \times PCC) + (0,212 \times AOB) - (0,681 \times EGS)$ (Crews y Kemp 1999). PCC: Peso Canal Caliente; AOB: Area de ojo de bife;EGS: Espesor de grasa subcutánea.

No obstante, Gwartney *et al.* (1996), estudiando la respuesta correlacionada de la selección de padres por DEP en GIM (%) en las características de la canal, indicaron que la selección basada en esta característica no presentó impacto en el AOB, en el EGS ni en el grado de rendimiento de la canal.

Por otro lado, la combinación de datos medidos en el animal en vivo y de datos de la canal para estimación de las DEP de características carniceras, predicen diferencias en el fenotipo de la progenie muy cercano al valor teórico esperado (Crews *et al.*, 2004).

En resumen, las heredabilidades de las características de la canal como el PCC, el AOB y EGS, son de moderada a altas, por lo tanto de gran valor para la estimación de DEP de padres, pudiendo ser un buen reflejo de las diferencias de su progenie. El AOB, a su vez presenta una correlación genética positiva con los cortes de mayor valor, siendo por lo tanto un buen criterio de selección en los programas de mejora genética de calidad de canal y carne y así poder mejorar el rendimiento carnicero de las reses bovinas.

1.2.2. Crecimiento Animal

El crecimiento, en los niveles más elementales, es un incremento en tamaño expresado en forma relativa a un período de tiempo. En el crecimiento de un animal, factores tales como la nutrición, la genética, el ambiente y el estatus sanitario pueden afectar la tasa de crecimiento corporal total, así como la composición de ganancia de peso (Gerrard y Grant, 2006).

1.2.2.1. Curva de crecimiento y factores que la afectan

El peso vivo de los animales alimentados *ad libitum*, cuando es graficado en función de la edad o el tiempo a través de la vida, produce una curva de crecimiento característica, descrita como sigmoidea por su parecido con la letra “S” (Lawrence y Fowler, 1997). Por consiguiente, el crecimiento podría resumirse en tres fases, la primera fase con una tasa de crecimiento acelerado, la segunda en forma lineal y la tercera fase de desaceleración cuando el animal llega a su madurez. Según Webster (1989), la acumulación de peso en el tiempo sigue una tendencia lineal desde el nacimiento hasta pesos mayores al de faena y esta tendencia lineal llega a su punto

final en el peso máximo o peso maduro (Figura 1), donde comienza la tercera fase antes mencionada, a partir del cual no hay acumulación de peso en el tiempo. Importa señalar que con respecto al peso máximo existen diferentes formas de estimarlo, pero los animales se faenan relativamente temprano, al 40 o 50 % del mismo (Di Marco, 1997).

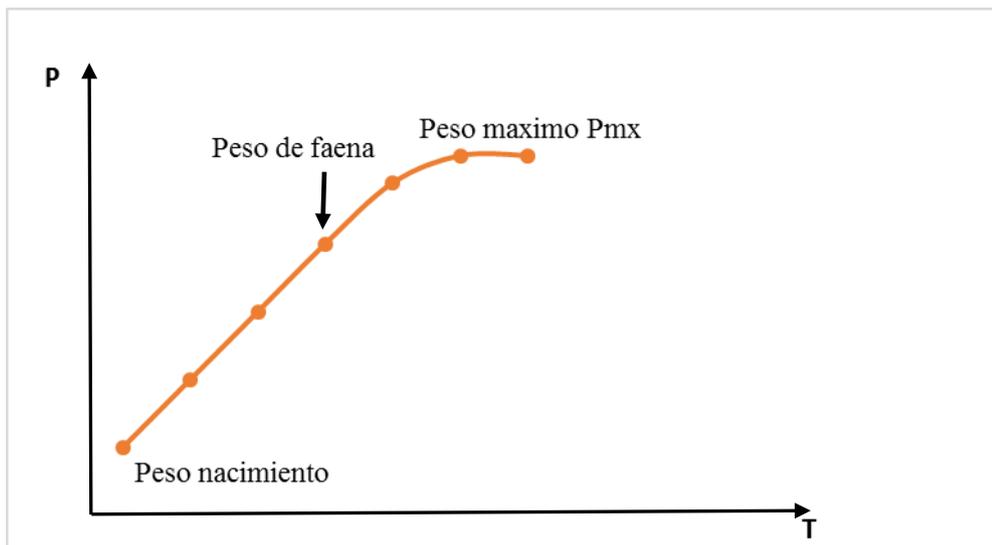


Figura 1. Evolución del peso (P) en el tiempo (T) (Adaptado de Di Marco, 1997).

La regulación del crecimiento tisular involucra la expresión diferencial de genes, muchos de los cuales están regulados por el desarrollo específico de tejidos y además son importantes en la proliferación, diferenciación y función de las células. El sistema endocrino juega el mayor rol en estos procesos, las hormonas y los factores de crecimiento son importantes en el particionamiento de los nutrientes entre los diferentes tejidos y órganos del cuerpo. Si los nutrientes son re particionados para producir menos grasa y más musculo, la composición de ganancias de peso favorecerá al musculo. El cambio en la composición de la ganancia está acompañado por una mejora en la relación alimento: ganancia (o eficiencia de conversión de alimento), dado que la cantidad de energía requerida para depositar una unidad de músculo es mucho menor que la requerida para depositar una unidad de tejido adiposo (Gerrard y Grant, 2006).

Si bien, el potencial de ganancia de peso varia con el tamaño estructural o biotipo, la edad, el sexo, la historia previa nutricional (ej. subalimentación, seguida de crecimiento compensatorio) y el peso del animal, la alimentación constituye el principal factor ambiental de incidencia sobre el crecimiento (Di Marco, 1997). Cualquier deficiencia en la cantidad o calidad del alimento provoca retardos cuyos efectos son más graves cuanto más joven es el individuo y su consecuencia será la alteración de la conformación y proporciones finales del animal adulto. La alimentación deficiente alterará escasamente el crecimiento en altura y en largo del animal pero afectará mucho el desarrollo de las porciones posteriores, que se corresponden a los cortes de mayor valor comercial (Veneciano y Frasinelli, 2014; Lawrence y Fowler, 1997). Además de comprometer el tamaño de adulto, la subnutrición durante la recría retarda el inicio de la pubertad y, en casos muy severos, puede afectar el ritmo de ganancias de peso con posterioridad a la restricción (Veneciano y Frasinelli, 2014). Peripolli *et al.* (2016) recomiendan que los animales reciban un adecuado manejo nutricional durante el primer invierno de forma de maximizar su futura performance, especialmente para los sistemas de terminación intensiva.

En consecuencia, el engorde medido como aumento de peso vivo, comprende dos procesos de ocurrencia simultánea o que se solapan, en una primera etapa con predominio del desarrollo muscular (recría) y en la fase final respondiendo principalmente a la deposición de tejido adiposo (engorde propiamente dicho o terminación) (Veneciano y Frasinelli, 2014).

1.2.3. Crecimiento durante la recría

La recría es la etapa de desarrollo del animal desde el destete hasta el momento del entore en las hembras, o su ingreso a las invernadas en los machos. Si bien los conceptos son dinámicos, existe coincidencia respecto del momento en que se inicia la recría (destete o inmediatamente después de él), aunque no así con relación a su finalización. Los criterios manejados pueden ser la edad del bovino, una fecha

preestablecida, o cuando se llega a un peso vivo determinado, a partir del cual el animal está en condiciones de ser sometido a una ración de terminación (Pigurina, 1997).

La recría es la etapa de crecimiento en la vida del animal, donde es más beneficioso convertir el alimento en músculo y hueso (Brito *et al.*, 2005; Pigurina, 1997). En todos los casos, la recría eficiente incidirá en la reducción de la edad de entore o faena, afectando a la eficiencia global del sistema productivo (Veneciano y Frasinelli, 2014). Algunos autores (Frasinelli *et al.*, 2003) sitúan la recría entre los 150 y 280 kg de peso vivo, mientras que en el concepto tradicional para nuestras condiciones (razas británica, alimentación a campo natural, etc.) la recría abarca el logro de 120-140 kg a pasto, entre el destete (160-180 kg PV) y los 300 kg de peso vivo, a partir de los cuales se inicia la fase de terminación. Por ejemplo, en EEUU este proceso es realizado mayoritariamente por los “stockers”, que llevan el animal destetado con 240-250 kg hasta los 400 kg, pasando entonces a terminación en corral.

A partir del destete y de acuerdo con el régimen de alimentación, la recría puede ser desarrollada sobre campo natural, sobre pasturas mejoradas con y sin suplementación o a corral.

1.2.3.1. La recría a campo

En Uruguay, la recría es basada en pasturas nativas, caracterizada por pérdidas de peso en invierno (15 a 25 kg), altas ganancias de peso en primavera y moderadas ganancias en verano y otoño. Es frecuente, en estas condiciones, que al año de vida el novillo pese menos que a los seis meses de edad. La curva de crecimiento (a diferencia de la sigmoidea) en forma de serrucho es característica de la recría a campo, y es resultado del bajo nivel de alimentación. Ello implica en la mayoría de los casos un año más en engorde para terminación (Pigurina, 2001).

En los sistemas de recría sobre campo natural, el diferimiento de forraje desde principios-mediados de marzo por un periodo no menor de 60 días y hasta 90 días, constituye el primer paso a dar para mejorar el proceso de recría invernal vacuna en campo natural, logrando disponibilidades de 1500 a 1800 kg/MS/ha (Luzardo *et al.*, 2014). Por otra parte, hay que tener presente que, en condiciones de excesos de forraje diferido, este muestra un bajo valor nutritivo, producto de la alta proporción de restos secos presentes en todo el perfil de la pastura (Montossi *et al.*, 2000). Con el diferimiento de forraje es posible lograr ganancias invernales de peso de entre 100 y 250 gramos por animal y por día, con una carga animal promedio de 1,25 UG/ha en campos de Basalto (Luzardo *et al.*, 2014; Berretta *et al.*, 1995).

De acuerdo a Luzardo *et al.* (2014) en campo natural de Basalto con una carga animal promedio de 1,25 UG/ha, el incluir al diferimiento de campo, una suplementación diaria con afrechillo de arroz al 1 % del peso vivo, permitiría mejorar las tasas de ganancias de peso durante el invierno, a valores en el entorno de los 400 a 500 gramos por animal por día.

Asimismo, la propuesta tecnológica de suplementación infrecuente de terneros con afrechillo de arroz pastoreando campo natural de Basalto en el período invernal, constituye una herramienta muy atractiva como estrategia práctica para intensificar la recría en sistemas ganaderos extensivos (Cazzuli, 2017; Luzardo *et al.*, 2014). Silveira *et al.* (2011) indicaron que el hecho de agregar un suplemento invernal “verde” aumenta la producción de PV/ha (49 al 62%) y mejora sustancialmente el proceso de recría de machos y hembras durante el primer invierno de vida, con las ventajas que ello tiene del punto de reducción de la edad de faena y de la reducción de la edad al primer entore.

1.2.3.2. La recría sobre pasturas mejoradas y cultivadas con suplementación

La recría con base pastoril (campo natural) deberá contemplar recursos forrajeros de calidad (pasturas mejoradas) y el uso de la suplementación, con el objetivo de incrementar la ganancia diaria de peso y corregir falencias de la dieta base además de permitir un aumento en la capacidad de carga. Trabajos llevados a cabo por Formoso (2011), donde se evaluaron la producción anual de forraje durante cuatro años para diferentes mezclas forrajeras, la producción invernal oscila entre el 7 y el 14 % de la producción anual, reafirmando que esta estación es la más limitante desde el punto de vista de la alimentación animal.

Existen variadas opciones tecnológicas, basadas en lograr ganancias de peso en los inviernos que permite aprovechar mejor las épocas de primavera y verano para acelerar el crecimiento animal. Una de estas opciones, son los sistemas de recría en base a praderas cultivadas de alta producción, que tienen como objetivo lograr ganancias de peso de aproximadamente 150 kg en 170 -200 días de utilización de las mismas (de junio a principio de diciembre), con cargas animales de 3 UG/ha promedio durante todo el periodo (Luzardo *et al.*, 2014). Cuando se trata de suplementación sobre praderas cultivadas de segundo año, existe un limitado efecto de la suplementación invernal y en el caso de praderas de tercer año con menor proporción de leguminosas, existe un mayor efecto de la suplementación en el desempeño de los animales (Luzardo *et al.*, 2014).

En el cuadro 4 se muestran resultados de suplementación de terneros al destete sobre pasturas cultivadas mezclas de gramíneas y leguminosas en invierno.

Cuadro 4. Respuesta a la suplementación y manejo de la intensidad de pastoreo en terneros Hereford de destete (160 kg PV) sobre paraderas mezclas de gramíneas y leguminosas en invierno.

Asignación de forraje (kg MS/100 kg PV)	Ganancia de peso vivo (kg/día)		Respuesta a la suplementación
	Sin suplementar	Suplementado (1% PV)	
2,5	0,272 ^{bb}	0,521 ^{ba}	0,249
5	0,457 ^{ab}	0,691 ^{aA}	0,234

a,b,c: medias seguidas de diferente letra en la columna difieren $P < 0.05$. A, B: medias seguidas de diferente letra en la fila difieren $P < 0.05$. Adaptado de Simeone *et al* (2003).

Los resultados indican que aunque se aumente la asignación de forraje a terneros destetados de 160 kg de PV, existe respuesta a la suplementación sobre pasturas cultivadas, oscilando entre los 230 y 250 gramos/animal por día.

1.2.3.3. La recría a corral

Para lograr mantener o superar las ganancias invernales antes propuestas y al mismo tiempo liberar área de campo natural en invierno, se han desarrollado estrategias de alimentación en base a sistemas de confinamiento total, que permiten expresar el potencial de ganancia de terneros de tal modo de modificar la curva de crecimiento en forma radical (Simeone y Beretta, 2008). La propuesta tecnológica denominada Alimentación Diferencial del Ternero (ADT), se basa en suministrar al ternero un tipo de alimentación diferencial respecto al manejo más convencional a pasto, jerarquizando el manejo de esta categoría en el sistema de producción y potenciando su crecimiento invernal y posterior. Estos autores lograron ganancias invernales promedio de 0,880 kg/an/día (años 2006 y 2007) en terneros Hereford partiendo de pesos al destete promedio de 159 kg. Las ganancias posteriores (primavera) logradas sobre pasto (praderas AF: 6%) fueron de 1,039 kg/día promedio, posibilitando lograr un animal de 15 meses de edad con un peso entorno a los 300 kg de PV (Simeone y Beretta, 2008).

En definitiva, con respecto al crecimiento durante la recría del animal existen a nivel nacional, diferentes propuestas tecnológicas que permiten lograr ganancias invernales que van desde los 100 a 900 gr/animal /día, desde un campo natural diferido a un encierre a corral (confinamiento total), dependiendo del grado de intensificación de la misma y de los objetivos buscados para cada sistema de producción.

En el siguiente punto se tratará el efecto de esta recría y/o ganancias de peso durante la misma, sobre la composición de la canal y de la calidad de la carne del animal.

1.2.4. Crecimiento y composición de la canal y carne

La composición de las canales y la carne son importantes, para la aceptación y la salud del consumidor y para los procesadores de carne debido a los aspectos económicos asociados con el cumplimiento de los requisitos específicos del mercado, donde se debe maximizar el rendimiento de la carne vendible y minimizar el desperdicio debido a la grasa excesiva y al contenido óseo. Desde el punto de vista del productor es importante debido a su implicancia en el crecimiento y la eficiencia de la utilización de nutrientes por parte de los animales, para cumplir con las especificaciones del mercado y maximizar los rendimientos de canal (Greenwood y Dunshea, 2009).

La rentabilidad del procesamiento de animales para carne depende de un suministro de producto que esté dentro de la especificación, maximizando el rendimiento de carne vendible de una especificación apropiada y minimizando la cantidad de grasa que se debe recortar de una canal y la cantidad de hueso en relación con carne vendible (Greenwood y Dunshea, 2009).

Los sistemas de alimentación afectan la performance del animal y sus características de calidad canal y carne (Brito *et al.*, 2014). La investigación nacional se ha centrado principalmente en los sistemas de terminación y recientemente se comenzó a

considerar los efectos que la nutrición invernal en la recría puede presentar sobre la performance en la terminación de los animales y subsecuentes características de la canal y carne.

A continuación se hará referencia a los patrones que siguen los diferentes tejidos de la canal y como son afectados por la alimentación inicial y terminal de los animales, así como el efecto en el rendimiento carnicero y calidad de carne.

1.2.4.1. Patrones de crecimiento de los tejidos de la canal

Los tejidos de la canal siguen patrones de crecimiento bien definidos, conocidos como crecimiento alométrico o relativo, debido a sus diferentes tasas de aumento durante el desarrollo, crecimiento y maduración (Palsson, 1955). En general, el crecimiento relativo del hueso precede al del músculo y este al de la grasa. Por lo tanto, a edades más tempranas y con pesos más livianos, el hueso está presente en mayores proporciones que el músculo y la grasa, que a edades más avanzadas y con pesos mayores. Según Etherton y Walton (1986) el tejido adiposo de la canal aumenta a un ritmo creciente en comparación con la proteína de la canal y por lo tanto, contribuye al contenido de energía de la canal a un ritmo creciente durante el crecimiento postnatal. Esta relación es más evidente cuando se evalúa según el peso corporal o el peso específico de la canal. Las proporciones relativas de los tejidos de la canal diferirán a una determinada edad o peso debido al genotipo o al sexo, dependiendo según el patrón de madurez y el tamaño maduro, y en el suministro de nutrientes y tasa de crecimiento.

Después de la madurez, los animales con mayor peso maduro tendrán una mayor proporción de tejidos magros (músculo y hueso) a la misma edad o peso que los animales que maduran antes, de menor peso y que serán más gordos. En forma similar, animales del mismo genotipo alimentados para crecer rápidamente (mayores ganancias diarias) a una determinada edad o peso generalmente tendrá una menor proporción de tejidos magros y una mayor proporción de grasa que los alimentados

para crecer más lentamente (Greenwood y Dunshea, 2009). Esto se debe a la prioridad de uso de nutrientes disponibles que favorece la acumulación de hueso sobre el músculo y este sobre la grasa cuando los nutrientes son limitantes (Palsson, 1955). Por el contrario, cuando la oferta de alimentos aumenta, la acumulación de tejido adiposo aumenta más, en relación con músculo y hueso.

1.2.4.2. Consecuencias del crecimiento y desarrollo post-destete en la composición de la canal y la calidad de la carne

Crecimiento y desarrollo post-destete. La restricción nutricional severa a corto plazo posterior al destete puede aumentar el tiempo necesario para alcanzar el peso del mercado, pero parece tener poco efecto sobre las características de la canal. Así, animales alimentados en pasturas, después de una restricción nutricional severa durante 120 días post-destete que ocasionó una pérdida de peso vivo del 15% durante el período, no evidenciaron diferencias en composición (novillo de \approx 500 kg de PV), tales como el porcentaje de *dressing*, EGS, AOB, grados de *marbling*, contenido de grasa intramuscular y el contenido mineral óseo (Tomkins *et al.*, 2006). En este estudio, las medidas objetivas y subjetivas (panel de degustación) de la calidad de la carne no fueron afectadas por el tratamiento nutricional inmediato al destete.

Análogamente, el crecimiento acelerado de animales sobre pasturas durante todo el período posterior al destete a un mismo peso final (del mercado) o de entrada al *feedlot* puede incrementar la grasa y el porcentaje de grasa intramuscular de la canal a la faena (Wilkins *et al.*, 2009; McKiernan y Wilkins, 2007; Robinson *et al.*, 2001). A pesar de esto, el rendimiento de los cortes minoristas o de mayor valor y el *marbling* visual no difiere a iguales pesos de canal luego de diferentes tasas de crecimiento en la recría (Wilkins *et al.*, 2009, Cuadro 5). El crecimiento prolongado post-destete a tasas más rápidas también puede mejorar la calidad de la carne (McKiernan *et al.*, 2007; Perry y Thompson, 2005), aunque las mejoras no fueron consistentes en todos los tipos de razas, ubicaciones geográficas y músculos (Perry y

Thompson, 2005). En este sentido, mientras que las características de calidad de la carne se ve disminuida con la edad (Perry y Thompson, 2005), los efectos adversos agudos del crecimiento sobre la terneza de la carne son evidentes solo si el crecimiento enlentecido (o retardado) durante la recría resulta en animales sustancialmente mayores (por ejemplo, alrededor de 9 meses) cuando alcanzan el mismo peso de mercado (Purchas *et al.*, 2002).

Cuadro 5. Efecto del crecimiento (Lento=0,5 kg/día vs Rápido= 0,7 kg/día) desde el destete hasta la entrada al *feedlot* a igual peso vivo (380 kg) sobre características de canal de novillos seguidos de 100 días de terminación en *feedlot* (adaptado de Wilkins *et al.*, 2009)

Variable	Crecimiento pos destete (recría)		Significancia (P)
	Lento (n=260)	Rápido (n=299)	
GDP Recría (g)	467	747	<0,001
PCC (kg)	363	357	0,002
<i>Dressing</i> (%)	55,8	56,2	0,106
P8 (mm)	16,9	17,7	0,118
EGS (mm)	9,7	11,2	<0,001
<i>Marbling</i> (USDA)	347	347	0,540
GIM <i>Longissimus</i> (%)	3,61	4,15	0,001
AOB (cm ²)	81,3	82,9	0,008
VIAscan retail yield %	68,1	68,0	0,307
Osificación	184	181	0,006
Color grasa	0,84	0,79	0,280

Nota: Los valores son medias estimadas a partir de los análisis, incluyendo los efectos del crecimiento en la recría, el grupo contemporáneo, el efecto del genotipo del padre y la interacción entre ellos, usando como covariable al PCC. GDP= ganancia diaria promedio; PCC: peso de la canal caliente; EGS: espesor de grasa subcutánea; GIM = grasa intramuscular; AOB: Área de ojo de bife; *VIAscan retail yield*: rendimiento de cortes menores estimado por video imagen.

Terminación. Los animales terminados a altas ganancias de peso o en *feedlot* en comparación con la terminación en pasturas, generalmente aumentan la grasa y el contenido de grasa intramuscular (Troy *et al.*, 2002; Robinson *et al.*, 2001) y pueden en algunos casos mejorar (Perry y Thompson, 2005; Johnston *et al.*, 2003) y en otros no (Troy *et al.*, 2002) mejorar la terneza de la carne, dependiendo de factores como la nutrición previa y la duración de la alimentación con concentrado, así como los objetivos de terminación.

1.2.4.3. Recría y terminación a peso fijo

Los efectos del crecimiento inicial sobre el crecimiento posterior y la composición corporal del animal afectan potencialmente los resultados de crecimiento cuando se tienen que cumplir con especificaciones de peso y grasa final del animal a la faena (Robinson *et al.*, 2001).

Los novillos con el mejor nivel nutricional durante la recría, tienden a tener mayor grasa intramuscular con pesos vivos mayores a 600 kg, pero los menores rendimientos en corte. La tasa de ganancia durante la terminación (en pastura y en corral) no fue suficiente para lograr alcanzar el peso final (520 kg y > 600 kg) de novillos de diferentes razas proveniente de diferentes tasas y patrones de crecimiento (0,64, 0,75 y 0,85 kg/an/día) desde el destete (230 kg) hasta el comienzo de la terminación (400 kg, promedio). Cuando la diferencia de peso vivo al final de la recría fue mayor a 15 kg no hubo compensación adicional más allá de los 520 kg de peso vivo. Los novillos terminados en pastura tuvieron menor cobertura de grasa que aquellos terminados en dieta base a grano. Aunque muchos factores afectan durante la terminación, el sistema en si (pastura o corral) tuvo el mayor efecto sobre EGS y % GIM (Robinson *et al.*, 2001).

Peripolli *et al.* (2016), utilizando diferentes sistemas de recría invernal con distintos niveles de ganancia (1,092-0,782 kg/an/día (corral) y 0,537 y 0,352 kg/an/día (pastura)) con terminación en dos sistemas de alimentación, pastura y corral (peso

final fijo=500 kg), encontraron que los animales terminados en corral y que provenían de un mejor manejo nutricional en el invierno lograron mayores PCC. El tipo de recría invernal no afectaría el rendimiento de canal, pero sí, el tipo de terminación ya que los animales terminados en corral presentaron mayor rendimiento de canal que los terminados en pastura. El manejo nutricional durante el primer invierno tuvo efectos permanentes sobre el crecimiento y características de la canal; sin embargo, la prevalencia de esos efectos depende del sistema de alimentación durante la fase de terminación. Los autores recomiendan que los animales reciban un adecuado manejo nutricional durante el primer invierno de forma de maximizar su futura performance, especialmente para los sistemas de terminación intensiva. Sin embargo, si los animales han estado sujetos a una restricción alimenticia en su crecimiento temprano, deberían ser terminados en condiciones de pastoreo, ya que la alimentación durante la recría pos destete invernal no afectó el desempeño posterior de terminación sobre pastura y no justificaría el mayor costo de dicha alimentación.

El manejo de las tasas de ganancia en la recría también afecta a la palatabilidad del músculo, Perry y Thompson (2005) encontraron un incremento en la palatabilidad del músculo *longissimus dorsi*, cuando la tasa de ganancia de peso por día fue mayor en la etapa de terminación. Estudiaron la relación entre diferentes ganancias post-destete en la recría y tres pesos diferentes de terminación con la terneza de animales de diferentes razas y localidades. Cuando hubo efecto significativo en los animales individuales, el aumento en la tasa de crecimiento resultó en carne más palatable y tierna, aunque los resultados no fueron consistentes entre los tipos de cría, la localidad o los dos tipos de músculos muestreados: *longissimus lumborum* (bife angosto) and *semitendinosus* (peceto). La mayor consistencia estuvo en el aumento de la terneza del *striploin* (bife angosto) con el incremento en la tasa de ganancia durante la terminación. La mayor tasa de ganancia de los grupos durante la recría mejoro la palatabilidad de manera consistente a través de los tipos de raza, la terminación y la localidad, sin embargo, hay que remarcar que estas relaciones fueron logradas por diferentes edades promedio de los grupos a la faena.

Purchas *et al.* (2002), recriaron novillos a distintas tasas de crecimiento: Rápido (0,525 kg/d), Lento (0,37 kg/d) y Restringido (0,54 kg/d) para evaluar la terneza de la carne. El crecimiento Restringido fue recriado Rápido y luego disminuida su ganancia para lograr el mismo tiempo de terminación que los de crecimiento Lento. Los animales del grupo de crecimiento Rápido fueron más tiernos que los del Lento y Restringido basado en los paneles sensoriales ($P < 0,05$) y en medidas objetivas ($P < 0,05$), indicando que la tasa de crecimiento potencial temprana (ganancia en la recría), fue menos importante que las diferencias en edad o los patrones de crecimiento de los grupos Lento o Restringido. La mejora en la terneza en el grupo de Rápido estuvo asociada con más grasa intramuscular ($P < 0,05$) y los mayores índices de fragmentación miofibrilar ($P < 0,05$). El peso de faena final de 530 kg fue obtenido entre los 16 y 18 meses de edad por el grupo de crecimiento Rápido, mientras que los otros dos grupos lo obtuvieron el peso final a los 26 meses de edad. Incrementar la edad de 8 a 10 meses, pueden estar asociados con carne menos tierna de ganado terminado en pastura.

1.2.4.4. Recría y terminación a cobertura de grasa fija.

Si el ganado se alimenta a un punto final común de grasa de cobertura, dentro del rango de las tasas de ganancia invernal posdestete (0,23 o 0,61 kg/an/d) y verano (0,57 o 0,84 kg/an/d) y terminación a corral, el programa de recría invernal tiene poco o ningún efecto en el grado de calidad de canal o *marbling* (Klopfenstein *et al.*, 2000).

El hecho de realizar la terminación de novillos a un punto final común de EGS (1,27 cm) mitigó las diferencias iniciales en el contenido de grasa de la canal y corporal al inicio de la fase de terminación. Sin embargo, los requisitos de energía de mantenimiento durante la terminación se incrementaron para novillos restringidos nutricionalmente durante su periodo de recría (invernal 1,2 - 0,6 - 0,15 kg/animal/día) en pasturas nativas (Hersom *et al.*, 2004).

McGregor *et al.* (2012) trabajando con novillos cruza británica y cruza continental con tres regímenes de alimentación (2,09, 1,94 y 1,28 kg/día) en la recría, con terminación a un EGS final fija de 10 mm, indicaron el régimen de manejo nutricional con un período de restricción alimenticia durante la recría puede no presentar influencia negativa en los atributos de la canal o la calidad de la carne (como fuerza de corte), en ganado de origen británico. Sin embargo, cuando se maneja ganado de origen continental, se debe considerar que un período de crecimiento restringido puede aumentar la variabilidad en la terneza de la carne. Los patrones de crecimiento no tuvieron influencia en las características de la canal, aunque los novillos de raza continental que estuvieron restringidos en su recría necesitaron más tiempo para depositar la grasa de cobertura. La restricción en la recría no afectó adversamente la terneza del músculo *longissimus* o *semitendinosus* en los novillos británicos. Sin embargo, la fuerza de corte de los novillos continentales se vio afectada en forma negativa, cuando aquellos tuvieron una recría restringida previa a la fase de terminación.

1.2.4.5. Recría y terminación a tiempo fijo

El desempeño animal durante el periodo de recría afecta claramente el rendimiento final, la calidad de canal y carne en los sistemas de terminación en pasturas y corral cuando los animales fueron terminados a tiempo fijo (Neel *et al.*, 2007). La terminación a tiempo fijo elimina la confusión de los factores edad del animal y la estación del año. Los tratamientos invernales (ganancias en recría) tuvieron efecto en PV, PCC (Pordomingo *et al.*, 2012 y Neel *et al.*, 2007) y el *dressing* (Neel *et al.*, 2007) siendo en baja y media ganancia menor que en alta. El grado de rendimiento de USDA no fue afectado por la tasa de ganancias invernal, así como el AOB y el EGS (Neel *et al.*, 2007). En el estudio de Pordomingo *et al.* (2012) obtuvieron mayores AOB, EGS y GIM, sin efecto en la terneza en la alta recría. Neel *et al.* (2007), recomiendan que debe haber un mínimo de ganancias diaria de 0,45 kg durante la recría invernal para maximizar la producción de carne y calidad de canal durante la terminación.

En definitiva con respecto al crecimiento y composición de la canal y carne, los sistemas de manejo capaces de alcanzar tasas de crecimiento específicas durante la recría pos destete invernal y en la terminación, adaptadas a los genotipos apropiados ofrecen las mejores opciones para cumplir con las especificaciones del mercado en términos de desarrollo muscular, grasa, incluido el marmoleado y calidad de carne evaluada por el consumidor (Oddy y Sainz, 2002). En el caso de Uruguay los genotipos utilizados son en un 78 % provenientes de razas británicas (SNIG, 2015) y los animales son terminados a PV final fijo con el objetivo de lograr los PCC requeridos por la industria. Surge la interrogante si con este PCC, se están logrando en su totalidad los requerimientos de corte minoristas y/o cortes de mayor valor, de acuerdo a la genética o líneas genéticas dentro de cada raza utilizada y si las condiciones de alimentación son las adecuadas para garantizar aquellos requerimientos.

1.3. PLANTEO DEL PROBLEMA Y PROPUESTA

A nivel nacional, existe extensa información sobre los diferentes sistemas de alimentación en periodos pos destete. Sin embargo, es poca la información referida a la combinación entre genotipos empleados de líneas de padres para características carniceras y el manejo nutricional de los mismos, sobre características de canal y carne de relevancia valorados en los distintos mercados. Cuando hablamos de características de calidad de canal y carne de relevancia hacemos referencia al rendimiento carnicero de la canal, así como la composición química de la carne y sus características organolépticas tales como terneza, color y grasa intramuscular (jugosidad).

La propuesta es combinar los potenciales de manejo de alimentación pos destete con los potenciales genéticos para características carniceras en la raza Hereford, a través de tres generaciones de terneros, que puedan lograr cortes de alta calidad que exige el mercado internacional, en cuanto a calibres definidos y a la homogeneidad en la

oferta de los mismos. Lo cual se lograría a través del estudio del efecto de ganancias diarias invernales de bajas a moderadas (0,2- 0,6 kg/animal/día), rangos entre los cuales la bibliografía maneja como probable para afectar a las características de canal y carne y trasladables a las condiciones de producción de la ganadería uruguaya, y cuál sería su mejor combinación con el uso de líneas paternas seleccionadas por diferencias esperadas en la progenie para el área del ojo de bife.

1.3.1. Hipótesis

Las hipótesis planteadas para este trabajo son las siguientes:

1. Diferentes ganancias de peso en el primer invierno de la recría de terneros Hereford terminados a peso fijo, generan diferencias en el producto final obtenido, evaluado variables la canal, en la composición de cortes valiosos y en la calidad de carne.
2. Novillos hijos de toros con mayor mérito genético para área del ojo de bife presentarán mayor rendimiento carnicero y mayor proporción de cortes de alto valor.
3. La combinación entre las ganancias de peso pos destetes en el primer invierno y el mérito genético de los padres para área de ojo de bife, manifiestan una interacción en las principales características de calidad de canal y carne.

1.3.2. Objetivos

Objetivo General: Evaluar el efecto de diferentes ganancias invernales pos destete (0,2 y 0,6 kg/día) en terneros hijos de distintas líneas paternas para DEP de AOB (alta y promedio) en características de canal y calidad de carne.

Objetivo Específico 1: Evaluar el efecto de las diferentes ganancias pos destete y las diferentes líneas paternas en AOB, así como sus interacciones, en el rendimiento de canal y en el rendimiento carnicero medido a través del peso de los principales cortes del cuarto trasero (Corte Pistola: CP) y de la proporción de los cortes provenientes de ese cuarto, considerando un sistema de terminación único a corral y a peso final fijo.

Objetivo Específico 2: Evaluar el efecto de la combinación de las diferentes ganancias pos destete y el uso de diferentes líneas paternas en AOB, en atributos de calidad de carne: terneza, color y grasa intramuscular, considerando un sistema de terminación único a corral y a peso final fijo.

2. MATERIALES Y MÉTODOS

2.1. LOCALIZACIÓN Y PERÍODO EXPERIMENTAL

El experimento fue llevado a cabo entre los años 2010 y 2016, en la Unidad de Ganadería de la Estación Experimental 'Alberto Boerger', INIA La Estanzuela a 34°20' 45 latitud sur y 57°42'40 longitud este, Uruguay.

2.2. ANIMALES

Se utilizaron 317 terneros castrados, de tres generaciones (2011, 2012 y 2013) de partos de primavera, destetados a los 6 meses de edad y con un peso promedio de 174 ± 30 kg. Fueron producto de padres por inseminación artificial y madres Hereford generales, con control de paternidad y confirmación por análisis de ADN.

Los padres fueron 23 toros seleccionados por su DEP para AOB; 12 toros AOB A y 11 toros AOB P, obtenidos de la Evaluación Genética Panamericana (PANAM) de la raza Hereford. Los toros con valores de DEP A y P se ubicaron en el percentil 20 y 60, respectivamente, de acuerdo con el año de evaluación en que fueron inseminadas las madres. Los rangos de DEP AOB A fueron de 6,45 a 2,39 cm^2 y los de DEP AOB P de 2,06 a -0,32 cm^2 , además se buscó que todos ellos presentaran un DEP para peso a los 18 meses (P18) similar (dentro del mismo percentil). Por lo menos un toro por grupo se repetía dos años, para servir de conexión entre años y así generar las relaciones de parentesco en las descendencias de distintos años (Cuadro 6).

Cuadro 6. Total de toros padres y de conexión usados en los tres años de acuerdo al DEP para AOB.

Toro	AOB	AÑO	2011	2012	2013
1	ALTA	2011	X		
9	PROMEDIO	2011	X		X
8	PROMEDIO	2011	X		
3	ALTA	2011	X		
13	PROMEDIO	2011	X		
14	ALTA	2011	X		
15	PROMEDIO	2011	X	X	
16	ALTA	2011	X	X	
18	PROMEDIO	2012		X	X
32	PROMEDIO	2012		X	
20	ALTA	2012		X	
21	ALTA	2012		X	
22	ALTA	2012		X	
17	PROMEDIO	2012		X	
24	PROMEDIO	2012		X	
27	PROMEDIO	2013			X
23	PROMEDIO	2013		X	X
28	ALTA	2013			X
29	ALTA	2013			X
30	ALTA	2013			X
25	ALTA	2013		X	X
31	ALTA	2013			X
26	PROMEDIO	2013			X

2.3. DISEÑO EXPERIMENTAL Y TRATAMIENTOS

Los tratamientos fueron un arreglo factorial de 2 x 2 con dos ganancias invernales posterior al destete (Baja: 0,2 kg/animal/día; Alta: 0,6 kg PV/animal/día) y dos grupos de padres con diferentes DEP para AOB (Alto: A; Promedio: P), totalizando cuatro tratamientos.

Dentro de cada grupo de padres y generación, y antes de sortearlos en cada tratamiento nutricional, los terneros fueron agrupados en dos bloques de acuerdo a su peso de destete, totalizando ocho grupos o lotes de manejo (Cuadro 7). Estos grupos fueron mantenidos separados desde la recría hasta la faena.

Cuadro 7. Pesos al destete promedios (PD; kg) y número de animales (entre paréntesis) de acuerdo a los tratamientos y bloque por año.

		Peso al destete (kg) y n° de animales							
AOB	ALTA				PROMEDIO				
Recría	ALTA		BAJA		ALTA		BAJA		
Bloque	1	2	1	2	1	2	1	2	
2011									
PD (kg)	166,1	210,3	156,7	206,4	148,6	195,2	144,4	184,3	
N° animales	(12)	(12)	(11)	(14)	(9)	(10)	(9)	(8)	
2012									
PD (kg)	145,9	184,9	152,1	184,9	164,3	196,1	162,2	202,9	
N° animales	(12)	(10)	(10)	(10)	(18)	(18)	(20)	(18)	
2013									
PD (kg)	153,9	184,7	157,1	196,9	143,3	183,8	139,5	179,3	
N° animales	(19)	(18)	(11)	(20)	(9)	(13)	(13)	(13)	

2.4. PROCEDIMIENTO EXPERIMENTAL

2.4.1. Fase de recría invernal

Durante la recría, se aplicaron los tratamientos de alimentación. Los terneros fueron ubicados en corrales como estrategia para poder lograr controlar el consumo y por lo tanto lograr las ganancias objetivo de los tratamientos. Las diferentes tasas de ganancia diaria fueron logradas limitando el consumo de energía, modificando la cantidad de alimento suministrado a los terneros. La metodología para el cálculo del alimento ofrecido para lograr las diferentes ganancias objetivo, siguió el siguiente procedimiento. Luego de tener el registro de peso de los diferentes lotes (promedio de peso actual por lote), se estimó el peso promedio del lote dentro de 14 días de acuerdo con la ganancia (0,2 o 0,6 kg/an/día). Se estimaron los requerimientos a partir del PV promedio considerando el peso actual y el esperado, ajustado de acuerdo a los requerimientos nutricionales recomendados por la *Agricultural and*

Food Research Council (1993). Los requerimientos se estimaron para el peso promedio y en función de los mismos se calcula el alimento ofrecido en el período.

Los corrales presentaron un área por animal de 15 m² y 70 cm de frente de comedero por animal. El frente de comedero buscó reducir la dominancia y permitir que todos los animales tengan la misma oportunidad de recibir la dieta. La dieta durante la recría en los corrales estuvo constituida por 38 % de heno de moha (*Setaria itálica*) 25 % de grano de maíz y 37 % de harina de girasol. La dieta fue la misma para todos los animales y trató de cubrir sus requerimientos proteicos, presentando una concentración de 16,41 % de Proteína Cruda (PC) y 2,41 Mcal de energía metabolizable (EM) por kg de materia seca (MS). Fueron suministrados 85 g de carbonato de calcio y 10 g de sal común por animal/día. La composición química y nutricional de concentrados y pasturas es presentada en el Cuadro 9.

Antes del inicio de los tratamientos, los animales tuvieron un acostumbramiento de 15 días a la dieta. Los animales tuvieron oferta de agua fresca y minerales *ad libitum*. La recría invernal en corral tuvo una duración de 104 días promedio.

2.4.2. Fase de pastura

Posterior al periodo de la recría invernal a corral, cada uno de los ocho grupos de animales pasó a una fase de pastoreo, siendo manejados sobre pradera mezcla de alfalfa, trébol blanco y festuca, con pastoreo rotativo durante dos o tres días de ocupación con una asignación de forraje (AF) del 5 % del PV de los novillos. La AF fue ajustada semanalmente y cada área/tratamiento fue delimitada por alambre eléctrico. El área de pastoreo para la siguiente semana estuvo determinada de acuerdo con la estimación MS de la biomasa semanal y el último PV registrado. Esta fase culminó cuando el PV promedio del grupo alcanzó los 350 kg de PV (peso vacío de 338 ± 32 Kg).

2.4.3. Fase de terminación

La dieta estuvo compuesta por 80 % de una ración comercial y 20 % restante de heno moha, con un promedio de 13,1 % PC y de 2,81 Mcal de EM por Kg de MS. El periodo de adaptación a la dieta tuvo una duración de 21 a 29 días. El alimento fue suministrado dos veces al día, siendo la oferta inicial de 2,5% del PV promedio del lote (base seca). La cantidad de alimento ofrecido luego del periodo de adaptación fue ajustada por el método “slick bunk” (comedero lamido). Los comederos fueron monitoreados en la mañana (8:00 AM), incrementándose la dieta en un 3% a lotes que consumieron todo el alimento por tres días seguidos. Cada animal tenía un área de 30 m² y 40 cm de frente de comedero.

2.5. REGISTRO Y MEDICIONES

2.5.1. Mediciones en campo

En el animal se realizaron mediciones de ultrasonido de área de ojo de bife (AOBu), espesor de grasa subcutánea (EGSu) y grasa intramuscular (GIMu), al inicio y final de cada fase o etapa del proceso de crecimiento (recría invernal, fase de pastura y fase de terminación). El equipo de ultrasonido utilizado fue Aloka SSD 500V W-2X escáner en tiempo real (Tokyo, Japón), software Biotronics y un transductor 3.5 MHz (UST-5511U-3.5, 18 cm, Aloka, Tokyo, Japón). Se registraron PV cada 14 días y se estimaron las ganancias diarias promedio de peso (GDP; kg/an/día) al final de cada fase de crecimiento (Cuadro 8).

Cuadro 8. Ganancias diarias (kg/día) registradas y días (entre paréntesis) durante las tres fases del crecimiento: recría invernal pos destete (gan_rec), pastura (gan_past) y corral (gan_corr) de acuerdo a los tratamientos y bloque por año.

AOB	Ganancias registradas							
	ALTA				PROMEDIO			
	ALTA		BAJA		ALTA		BAJA	
Bloque	1	2	1	2	1	2	1	2
2011								
Gan_rec (kg/día)	0,56	0,55	0,21	0,18	0,57	0,60	0,23	0,17
Gan_past (kg/día)	0,45	0,50	0,53	0,46	0,49	0,35	0,49	0,48
(días en la pastura)	(216)	(160)	(291)	(244)	(291)	(216)	(313)	(299)
Gan_corr (kg/día)	1,22	1,12	1,21	1,33	1,26	1,15	1,34	1,19
(días en el corral)	(124)	(119)	(124)	(96)	(124)	(124)	(104)	(118)
2012								
Gan_rec (kg/día)	0,63	0,59	0,27	0,13	0,61	0,59	0,13	0,14
Gan_past (kg/día)	0,54	0,80	0,68	0,79	0,54	0,70	0,66	0,97
(días en la pastura)	(223)	(125)	(223)	(153)	(181)	(125)	(237)	(125)
Gan_corr (kg/día)	1,28	1,14	1,08	1,33	1,20	1,23	1,25	1,14
(días en el corral)	(109)	(124)	(137)	(123)	(139)	(108)	(124)	(124)
2013								
Gan_rec (kg/día)	0,65	0,61	0,23	0,19	0,63	0,62	0,19	0,16
Gan_past (kg/día)	0,53	0,61	0,49	0,69	0,42	0,55	0,48	0,57
(días en la pastura)	(225)	(141)	(365)	(197)	(351)	(183)	(379)	(267)
Gan_corr (kg/día)	1,30	1,30	1,16	1,27	1,19	1,24	1,18	1,29
(días en el corral)	(109)	(129)	(117)	(109)	(124)	(117)	(110)	(104)

La disponibilidad de forraje fue estimada de acuerdo a la metodología descrita por Peripolli *et al.* (2016). La composición química y nutricional del forraje es presentada en el cuadro 9.

Al inicio de la fase de recría invernal y de la terminación, se tomaron tres muestras de la ración que fueron enviadas al laboratorio de Nutrición Animal de INIA La Estanzuela para realizar análisis químico de las mismas (Cuadro 9).

Cuadro 9. Composición química y nutricional de los componentes de la ración de recría y terminación y del forraje ofrecido durante el crecimiento invernal y la fase de terminación

Parámetro	Composición química y nutricional				
	PC (%)	FDA (%)	FDN (%)	Ceniza (%)	EM (Mcal/Kg MS)
<i>Fase Recría Invernal pos destete</i>					
Composición Ración ^A					
2011	15,68	37,55	50,57	-	2,33
2012	16,54	32,29	43,67	-	2,48
2013	17,01	33,11	47,53	-	2,42
<i>Fase Pastura</i>					
Composición Pastura ^B					
2011	22,36	31,38	46,16	10,46	2,33
2012	17,65	33,06	47,49	9,54	2,28
2013	17,13	35,46	51,69	11,27	2,21
<i>Fase Terminación</i>					
Composición Ración ^C					
2011	10,46	16,49	30,57	5,83	2,74
2012	14,09	24,16	38,90	6,84	2,53
2013	14,82	22,22	36,76	8,51	2,58

^A Compuesta por 38% heno de moha, 25% grano de maíz, 37% harina de girasol, 85 g carbonato de calcio y 10 g de sal común

^B Compuesta de alfalfa, trébol blanco, festuca

^C Compuesta por 80% de ración comercial, 20% de heno de moha

Los valores están expresados como % de la MS. Los métodos utilizados fueron los de Van Soest (1982), y Kjeldahl. PC, proteína cruda; FDA, fibra detergente ácida; FDN, fibra detergente neutra; EM, energía metabolizable; 2011- 2012- 2013, años de nacimiento de los novillos

2.5.2. Mediciones post-faena

Los animales de cada lote fueron faenados cuando alcanzaron los 525 ± 40 kg de PV promedio. En playa de faena se registró PCC, Clasificación (Dentición y Categoría) y Tipificación (Conformación y Terminación) de Canales de INAC (INAC, 1997). Esta información fue suministrada por el frigorífico.

La etapa de pre-cuarteo se desarrolla una vez enfriadas las canales (36 horas en cámaras a 5° C: maduración sanitaria). Se registró el peso de cada media canal enfriada (PCE ; $PCE_{1/2f}$), largo de la canal (LC), perímetro de pierna (PP) y el grado osificación (Osificac), que se realizó de acuerdo con el sistema de clasificación *Quality Grade* del USDA (AMS, 2018). En la media canal izquierda se continúan las evaluaciones.

El cuarteo, consistió en dividir la media canal a la altura del espacio comprendido entre la décima y undécima costilla, obteniéndose el cuarto trasero y el delantero. Se retiró del cuarto trasero el asado con vacío, obteniéndose así el denominado CP y se registró el peso del lado izquierdo. Luego del cuarteo y pasado el periodo de oxigenación (*blooming*) se registraron los grados de *marbling* de acuerdo con la escala *Quality Grade* de USDA (AMS, 2018) y color de grasa según el protocolo *AUS-meat* (AUS-meat, 2013). En el caso del *marbling* la escala también se expresó en términos numéricos donde: Desprovisto (D) = 0 a 99; Prácticamente desprovisto (Pd) = 100 a 199; Trazas (Tr) = 200 a 299; Leve (Sl) = 300 a 399; Poco (Sm) = 400 a 499; Modesto (Mt) = 500 a 599; Moderado (Md) = 600 a 699 y Levemente Abundante (SAb) = 700 a 799.

En el desosado se pesaron y registraron los cortes vendibles provenientes del CP izquierdo: bife, lomo, cuadril, bola de lomo, colita de cuadril, nalga de adentro, nalga de afuera, tortuguita y garrón, siguiendo el protocolo de desosado Tipo UK (Guardia *et al.*, 2004). Además, se tomaron los pesos de *trimmings* de carne y grasa y de los huesos del CP.

Se estimó el rendimiento de canal en cuarta balanza de acuerdo a la relación entre el PCC y el PV de frigorífico. Este se calculó en función del destare por faena de acuerdo con los PVf en campo y el promedio en el frigorífico. Para la estimación de rendimiento carnicero se establecieron distintas relaciones: a) entre el CP/PCE_{1/2i}, b) entre el PCE/LC (IC) y c) R&L/CP. El Índice de Compacidad (IC) expresa en forma objetiva el grado de conformación y/o masas musculares de la canal. Un aumento de este índice implica mayor cantidad de tejido muscular y adiposo, lo que se ve reflejado en el rendimiento en canal (García-Torres *et al.*, 2005). A partir de estos datos del desosado se estimó la proporción de cortes vendibles, del *Rump and Loin* o cortes de mayor valor (bife, lomo y cuadril; R&L) y de carne total provenientes del CP. La carne total (Carne; kg) resulta de la suma de los pesos de todos los cortes registrados o vendibles más el *trimmings* de carne. También se expresó como porcentaje del CP (% Carne).

2.5.3. Mediciones y análisis de Calidad de Carne

En la etapa de desosado, se retiraron muestras del bife angosto (*longissimus lumborum*) de 2,5 cm de espesor, las que fueron envasadas al vacío y trasladadas al laboratorio de Calidad de Carne de INIA Tacuarembó. A partir de estas muestras y luego de 5 días de maduración, se estimaron los valores de fuerza de corte (FC) instrumental de acuerdo con la metodología descrita por del Campo *et al.*, (2008). Se estimó el contenido de grasa intramuscular (GIM) según el método de Bligh y Dyer (1959). También se registró color instrumental (CIE L^* : luminosidad, a^* : índice de rojo y b^* : índice de amarillo) del músculo, tres veces en cada muestra con un colorímetro Minolta CR-400 Konica Minolta Sensing Inc., Japón). Se estimó el Cromo (*Chroma*), que es el atributo de la sensación visual que permite valorar el color de un área que aparece más o menos coloreada, dando la sensación de colores vivos o apagados.

2.6. OTRAS MEDICIONES

2.6.1. Registros climatológicos

En el cuadro 10 se presentan los registros climatológicos ocurridos entre 2012 al 2015 correspondiente a los años en que se desarrollaron las distintas fases del crecimiento de las tres generaciones de novillos.

Cuadro 10. Temperaturas medias, mínimas y máximas (°C) y precipitaciones (mm) registradas en los años 2012 al 2015 y promedios serie 1995 al 2015

Año	T° Max (°C)	T° Mín (°C)	T° Prom (°C)	PP Acum. (mm)
2012	39,8	-1,5	17,3	1387
2013	38,1	-1,0	16,9	790
2014	37,2	-0,4	17,2	1931
2015	34,8	-0,7	17,4	899
1995-2015	36,6	-0,4	16,9	1127

2.7. ANALISIS ESTADÍSTICO

El diseño fue en Bloques al azar con arreglo factorial de tratamientos y las variables fueron analizadas de acuerdo al Modelo Lineal Mixto con el procedimiento PROC MIXED (SAS *Institute Inc.*, Cary, NC, USA. 2012):

$$Y_{ijklm} = \mu + A_i + B_j + G_k + P_l + P_l(S_m) + (G_k * P_l) + e_{ijklm}$$

Donde:

μ = media general

A_i = Efecto del i-ésimo año de nacimiento (2011, 2012, 2013)

B_j = Efecto del j-ésimo bloque (1, 2)

G_k = Efecto de la k-ésima ganancia diaria en el primer invierno (0,2 y 0,6 kg/d)

P_l = Efecto del l-ésimo grupo de padres según DEP de AOB (Alta y promedio)

$P_l(S_m)$ = Efecto aleatorio del m-ésimo padre anidado dentro de grupo de padre
(1..23)

$(G_k * P_l)$ = Efecto de la interacción entre ganancia diaria del primer invierno y grupo de padres

e_{ijklm} = Error aleatorio $\sim (0, \sigma^2e)$

En este modelo se expresa en forma resumida las variables consideradas para el análisis, aunque también se consideraron todas las interacciones entre las mismas.

Las variables analizadas fueron:

1. Previo Faena: AOBu, EGSu, GIMu, PVf y Edad a la Faena.
2. Frigorífico (playa faena y cuarteo): PCC, Conf, Term, PCE, LC, PP, CP, Osificac, Color de grasa, Marbling
3. Frigorífico (desosado): Bife, Lomo, Cuadril, Bola de lomo, Colita de cuadril, Nalga de adentro, Nalga de afuera, Tortuguita, Garrón, recortes, grasa y hueso.
3. Relaciones o proporciones: Rto_4^a, IC, R&L/CP, CP/PCE_{1/2i} y % Carne
4. Laboratorio: FC, GIM, L*, a* y b*.

Los valores poco probables u *outliers* fueron eliminados cuando el registro caía fuera de los límites superior o inferior de la variable definida por la distancia inter-cuartil (IQR).

Las variables de la canal evaluadas en forma subjetiva como Conformación y Terminación (Tipificación de Canales de INAC), así como Osificación (*Quality Grade*), *Marbling* (*Quality Grade*) y color de grasa (AUS-meat) fueron analizadas estadísticamente, para esto las variables fueron convertidas a variables numéricas. Para las variables de Tipificación de canal se estimaron estadísticas descriptivas y se presentaron como distribución (proporción). La Conformación quedó de la siguiente manera: escala INACUR, I (1) canal mejor conformada y R (6) canal peor conformada.

Como forma de evaluar el poder predictor del AOB de la muscularidad del animal, se estimaron correlaciones de Pearson entre la variable previo faena AOBu y las variables de la canal expresadas en pesos (PCC, CP, R&L, peso del bife y peso de carne de la pistola) y en proporciones (Rto_4^a, IC, R&L/CP y CP/PCE_{1/2i}, % Carne).

3. RESULTADOS

Los resultados serán presentados en cuadros para las diferentes variables estudiadas, donde se muestran primero, los efectos principales de AOB y Recría y luego la interacción de estos: AOB*Recría. Los efectos Año y Bloque no fueron significativos para la mayoría de las variables analizadas por lo que no serán presentados. La única variable que se vio afectada por el Año fue edad a la faena, a su vez fue el Año presentó interacción significativa con la recría (Año*Recría) y el AOB (Año*AOB), por lo cual serán presentados en los resultados.

El efecto aleatorio del padre anidado en el grupo padres, no resultó significativo para ninguna de las características, para ningún padre.

Fueron excluidos del análisis cuatro animales (*outliers*), dado que sus registros se ubicaron por debajo del límite inferior en la mayoría de las variables analizadas y pertenecieron a los tratamientos: 2 (AOB A, recría B y repetición 1), 1 (AOB P y recría A y repetición 1), mientras que el 4° animal (AOB A, recría A y repetición 2) estuvo por encima del límite superior en la recría invernal.

3.1. PREVIO FAENA Y CARACTERÍSTICAS DE LA CANAL

En el Cuadro 11 se presentan los resultados del efecto del AOB y la Recría sobre las variables medidas previo a la faena y de las características de la canal.

Cuadro 11. Media de mínimos cuadrados y error estándar (*se*) del efecto del AOB y la Recría sobre variables medidas previo a la faena y de características de la canal

	AOB			Recría			Significancia	
	A	P	<i>se</i>	A	B	<i>se</i>	AOB	Recría
<i>Previo Faena</i>								
AOBu (cm ²)	64,2	60,8	1,2	62,5	62,4	0,7	**	<i>ns</i>
EGSu (mm)	7,9	7,6	0,5	8,2	7,2	0,9	<i>ns</i>	**
GIMu (%)	3,0	3,0	0,08	3,1	2,9	0,05	<i>ns</i>	**
PVf _t (kg)	524,9	530,0	8,0	530,2	524,7	4,2	<i>ns</i>	<i>ns</i>
Edad Faena (días)	739	776	5,6	734	781	4,3	**	**
<i>Características de la canal</i>								
PCC (kg)	266,9	266,1	4,9	269,2	263,9	2,3	<i>ns</i>	*
Rto_4 ^a (%)	54,9	54,3	0,32	54,8	54,4	0,16	<i>ns</i>	*
PCE (kg)	258,1	258,5	4,8	261,0	255,5	2,3	<i>ns</i>	*
LC (cm)	153,5	149,9	1,4	153,0	150,4	0,87	*	**
PP (cm)	108,0	108,1	0,9	108,5	107,6	0,5	<i>ns</i>	*
IC (kg/cm)	1,69	1,73	0,02	1,72	1,70	0,01	<i>ns</i>	<i>ns</i>

ns: no significativo ($P>0,05$); * $P<0,05$; ** $P<0,01$. Recría: Ganancia de peso invernal, A: Alta, B: Baja; AOB: EPD para Área de ojo de bife, A: Alta, P: Promedio; GDP: Ganancia diaria promedio; AOBu: área de ojo de bife medido por ultrasonido; EGSu: espesor de grasa subcutánea medida por ultrasonido; GIMu: grasa intramuscular medido por ultrasonido; PVf_t: Peso Vivo final; PCC: Peso de Canal Caliente; PCE: Peso de Canal Enfriada; CP: Peso Corte Pistola; IC: Índice de Compacidad=Peso de Canal Enfriado (PCE; kg) / Largo de Canal (LC; cm); PP: Perímetro de Pierna.

La ganancia invernal afectó significativamente ($P<0,01$) al EGSu y a la GIMu, las cuales fueron mayores en la Recría A. También, afectó a la edad a la faena ($P<0,01$) donde la mayor edad fue en la Recría B. Mientras que, el efecto del AOB se observó en AOBu ($P<0,01$) y en la edad a la faena ($P<0,01$). El AOBu fue mayor y la edad a la faena menor en la AOB A (Cuadro 11).

El efecto significativo ($P<0,05$) de la Recría se expresó también, sobre las variables de la canal: PCC, Rto_4^a, LC y PP, siendo estas mayores en Recría A (Cuadro 11).

El LC también fue afectada por el AOB ($P<0,05$), donde las canales más largas fueron provenientes de los tratamientos de AOB A (Cuadro 11).

En el Cuadro 12 se presentan los resultados del efecto de la interacción del AOB y la Recría sobre las variables medidas previo a la faena (medidas puntuales al final de la terminación y previo a la faena) y de las características de la canal.

Cuadro 12. Media de mínimos cuadrados y error estándar (se) del efecto de la interacción del AOB y de la Recría sobre las variables previo a la faena y las características de la canal

	AOB*Recría				Significancia	
	AA	AB	PA	PB	se	AOB*Recría
<i>Previo Faena</i>						
AOBu (cm ²)	63,7	64,6	61,3	60,2	1,2	ns
EGSu (mm)	8,3	7,5	8,1	7,1	0,4	ns
GIMu (%)	3,0	3,0	3,0	2,9	0,09	ns
PVf _t (kg)	527,5	522,3	533,0	527,0	8,0	ns
Edad Faena (días)	710 ^c	768 ^b	757 ^b	794 ^a	6,0	**
<i>Características de la canal</i>						
PCC (kg)	269,2	264,6	269,2	263,1	4,7	ns
Rto_4 ^a (%)	55,2	54,6	54,4	54,3	0,32	ns
PCE (kg)	260,5	255,6	261,5	255,5	4,6	ns
LC (cm)	153,2 ^a	153,8 ^a	152,8 ^a	147,0 ^b	1,5	**
PP (cm)	108,4	107,6	108,7	107,6	0,9	ns
IC (kg/cm)	1,71	1,67	1,72	1,74	0,03	ns

ns: no significativo ($P>0,05$); * $P<0,05$; ** $P<0,01$. Recría: Ganancia de peso invernal, A: Alta, B: Baja; AOB: EPD para Área de ojo de bife, A: Alta, P: Promedio; AOBu: área de ojo de bife medido por ultrasonido; EGSu: espesor de grasa subcutánea medida por ultrasonido; GIMu: grasa intramuscular medido por ultrasonido (todas estas medidas por ultrasonido corresponden al final de la terminación o previo a la faena); PVf_t: Peso Vivo final; PCC: Peso de Canal Caliente; PCE: Peso de Canal Enfriada; IC: Índice de Compacidad=Peso de Canal Enfriada (PCE; kg) / Largo de Canal (LC; cm); PP: Perímetro de Pierna.

La interacción entre el AOB*Recría (Cuadro 12) no tuvo efecto significativo ($P>0,05$) para ninguna de las variables registradas previo a la faena ni las de canal, con excepción de la edad a la faena ($P<0,01$) y el LC ($P<0,01$). La menor edad fue en el tratamiento AA (23,5 meses) y la mayor edad en PB (26,5 meses). Las canales más cortas (147,0 cm) se registraron en el tratamiento PB.

La variable edad a la faena a su vez se vio afectada significativamente ($P<0,01$) por el Año donde los años (generaciones) 2011, 2012 y 2013 resultaron en 807, 698 y 767 días a la faena, respectivamente. Asimismo, presentó interacción con la Recría ($P<0,01$) y el AOB ($P<0,01$). En el cuadro 13 se presentan los resultados de la interacción del Año con los efectos AOB y Recría.

Cuadro 13. Media de mínimos cuadrados y error estándar (se) de la interacción Año*AOB y Año*Recría sobre los días a la faena

Año	AOB			Recría			Significancia	
	A	P	se	A	B	se	Año*AOB	Año*Recría
	<i>Días a la faena</i>							
2011	785	835	6,7	783	837	5,5	**	**
2012	702	706	5,7	690	718	4,9	ns	**
2013	738	791	5,9	732	797	4,9	**	**

ns: no significativo ($P>0,05$); * $P<0,05$; ** $P<0,01$. AOB: Área de ojo de bife; Recría: Ganancia invernal

En el Cuadro 14 se presentan los resultados del efecto del AOB y la Recría sobre el peso y composición del corte Pistola.

Cuadro 14. Media de mínimos cuadrados y error estándar (se) del efecto de la Recría y AOB sobre el Peso y Composición del Corte Pistola

	AOB			Recría			Significancia	
	A	P	se	A	B	se	AOB	Recría
<i>Pesos del Corte Pistola</i>								
CP (kg)	55,1	54,7	1,03	55,5	54,2	0,50	ns	**
R&L (kg)	12,1	11,5	0,27	12,1	11,5	0,12	ns	**
Bife (kg)	5,0	4,6	0,14	5,0	4,6	0,40	*	**
Lomo (kg)	2,1	2,1	0,04	2,1	2,0	0,02	ns	*
Cuadril (kg)	5,0	4,8	0,12	5,0	4,8	0,05	ns	**
Carne (kg)	40,4	39,7	0,80	40,6	39,4	0,40	ns	**
<i>Proporciones referidas al Corte Pistola</i>								
Carne (%)	73,4	72,5	0,23	73,1	72,7	0,18	**	*
Grasa (%)	4,8	5,0	0,15	5,0	4,8	0,12	ns	ns
Huesos (%)	21,8	22,5	0,22	21,8	22,5	0,15	**	**
R&L/CP (%)	22,0	21,0	0,19	21,8	21,2	0,10	**	**
CP/PCE _{1/2i} (%)	42,6	42,3	0,16	42,5	42,4	0,14	*	ns

ns: no significativo ($P>0,05$); * $P<0,05$; ** $P<0,01$. AOB: Área de ojo de bife; Recría: Ganancia invernal; CP: Peso del Corte Pistola; R&L: Corte *Rump and Loin*; Carne (kg): suma de todos los cortes de la pistola + Recortes; Carne (%): suma de todos los cortes de la pistola + Recortes/CP (kg); Grasa: grasa retirada de los cortes; Recortes: recortes de los cortes. PCE_{1/2i}: Peso de la media canal izquierda enfriada.

El efecto de la recría es significativo en el CP, en los cortes de valor y en el peso de la carne total de la pistola. La Recría A, presentó mayor peso en sus cortes de valor, (bife: $P<0,01$; lomo: $P<0,05$ y cuadril: $P<0,01$) con relación a la Recría B. La Recría A logró un bife 9 % más pesado que la Recría B. Asimismo, considerando la variable genética DEP AOB, el AOB A presentó el mismo efecto en términos cuantitativos sobre bife ($P<0,05$).

Cuando se analizaron los cortes y los diferentes tejidos en proporción al total del corte Pistola (%), la Recría presentó efecto significativo en todas las variables

analizadas con excepción de la grasa (%) y la CP/PCE_{1/2i} (%), a favor de la Recría A. El aporte del mérito genético presenta efecto significativo; en AOB A, la Carne (%) ($P<0,01$), las relaciones R&L/CP ($P<0,01$), CP/PCE_{1/2i} ($P<0,05$) fueron mayores y el Hueso (%) fue menor ($P<0,01$) frente a AOB P. No hubo diferencias significativas en Grasa (%) para ninguno de los tratamientos.

En el cuadro 15 se presenta el efecto de la interacción entre el AOB y la Recría sobre el peso y la composición del corte Pistola.

Cuadro 15. Media de mínimos cuadrados y error estándar (se) de la interacción de AOB*Recría sobre el Peso y la Composición del Corte Pistola y relación con el peso de la media res fría

	AOB*Recría				Significancia	
	AA	AB	PA	PB	se	AOB*Recría
<i>Pesos del Corte Pistola</i>						
CP (kg)	55,7	54,5	55,4	54,0	0,97	ns
R&L (kg)	12,5	11,8	11,8	11,3	0,25	ns
Bife (kg)	5,2	4,8	4,8	4,5	0,13	ns
Lomo (kg)	2,1	2,1	2,1	2,0	0,04	ns
Cuadril (kg)	5,2	4,9	4,9	4,7	0,11	ns
Carne (kg)	41,0	39,9	40,3	39,0	0,75	ns
<i>Composición referidas al Corte Pistola</i>						
Carne (%)	73,6	73,1	72,7	72,3	0,28	ns
Grasa (%)	4,7	4,8	5,2	4,9	0,18	ns
Huesos (%)	21,5	22,0	22,0	23,0	0,25	ns
R&L/CP (%)	22,4	21,6	21,3	20,9	0,19	ns
CP/PCE _{1/2i} (%)	42,7	42,6	42,3	42,2	0,21	ns

ns: no significativo ($P>0,05$); * $P<0,05$; ** $P<0,01$. AOB: Área de ojo de bife; Recría: Ganancia invernal; CP: Peso del Corte Pistola; R&L: Corte *Rump and Loin*; Carne (kg): suma de todos los cortes de la pistola + Recortes; Carne (%): suma de todos los cortes de la pistola + Recortes/CP (kg); Grasa: grasa de retirada de los cortes; Recortes: recortes de los cortes.

No se observaron efectos significativos para la interacción AOB*Recría en peso y composición de la pistola ni las relaciones con el peso de la media res.

3.1.1. Correlaciones previo faena y características de la canal

Dado el poder predictor de musculo en la canal que presenta la variable AOB, se analizaron las relaciones entre la variable previa a la faena y las características de la canal, estimando sus correlaciones (Pearson). La variable en vivo fue AOBu y las variables de la canal fueron expresadas en pesos (PCC, CP, R&L, peso del bife y peso de la carne de la pistola) y en proporciones (Rto_4^a y R&L/CP) (Cuadro 16).

Cuadro 16. Correlaciones de Pearson y probabilidades entre área de ojo de bife por ultrasonido y las variables de la canal expresadas en pesos y proporciones

Variable	Coef. Pearson	Corr.	P	Variable	Coef. Pearson	Corr.	P
PCC (kg)	0,54	<,0001		Rto_4 ^a (%)	0,42	<,0001	
CP (kg)	0,54	<,0001		R&L/CP (%)	0,43	<,0001	
R&L (kg)	0,64	<,0001					
Bife (kg)	0,58	<,0001					
Carne (kg)	0,54	<,0001					

PCC: Peso de Canal Caliente; CP: Peso del Corte Pistola; R&L: Corte *Rump and Loin*; Carne (kg): suma de todos los cortes de la pistola + Recortes; PCE_{1/2i}: Peso de ½ Canal Enfriada izquierda

Los coeficientes de correlación entre el AOBu y las variables de la canal expresadas en peso presentaron valores de moderados a altos, mientras que con las proporciones las correlaciones fueron medias. Las demás proporciones analizadas (IC, CP/PCE_{1/2i} y % Carne) resultaron en valores bajos y no significativos, razón por la cual no fueron presentadas.

3.1.2. Evaluación subjetiva de los canales

Se observó un efecto significativo ($P < 0,05$) del AOB en la conformación, donde el AOB A presentó mejor conformación (menor valor numérico, 2,03 vs 2,15, A y P, respectivamente), mientras que para la Recría las diferencias no fueron significativas ($P > 0,05$) (2,08 y 2,09, A y B, respectivamente). Aunque estos valores hayan dado significativo (AOB) desde el punto de vista estadístico, no son valores que se puedan distinguir en forma visual.

En la figura 2 se muestra la distribución de los canales por tratamiento de acuerdo a la Conformación.

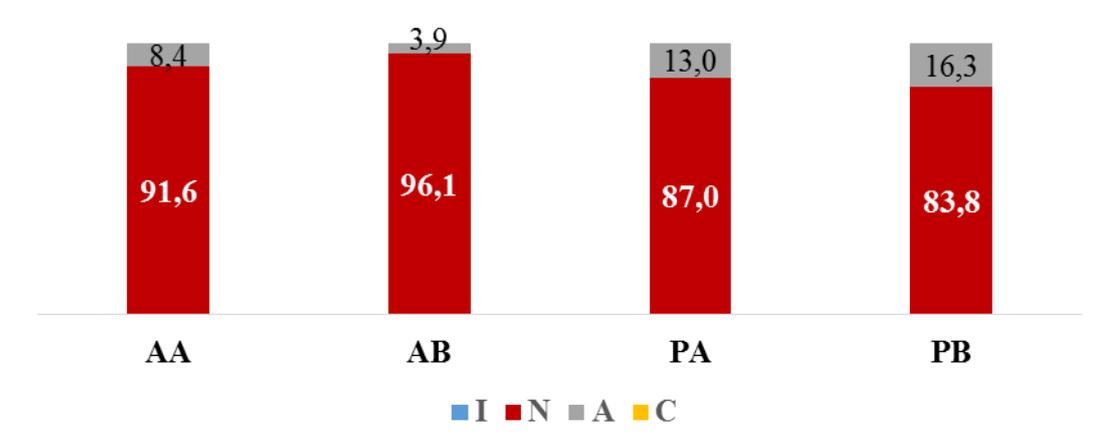


Figura 2. Distribución de canales (%) por tratamiento de acuerdo a la Conformación, según el sistema de Tipificación de Canales de INAC

Conformación: mide la distribución de las masas musculares de la canal, se mide con la escala de I, N, A, C, U, R, donde I clasifica las mejores conformadas y R las peores conformaciones. AA: Alta AOB, Alta Recría; AB: Alta AOB, Baja Recría; PA: Promedio AOB, Alta Recría; PB: Promedio AOB, Baja Recría.

Los tratamientos con AOB A presentaron mayor proporción (91,6 y 96,1 %) de canales con conformación superior (N) comparado con los de AOB P (87,0 y 83,8 %,

PA y PB, respectivamente). En la interacción AOB*Recría, PA generó 3,2 % más de canales mejor conformadas que PB.

La Recría A afectó en forma significativa ($P<0,01$) la terminación de las canales. Al igual que en conformación interesa observar la distribución de las canales (Figura 3). De este análisis se constata que la Recría A presentó una mayor proporción de canales con mayor cobertura de grasa (Terminación = 3).

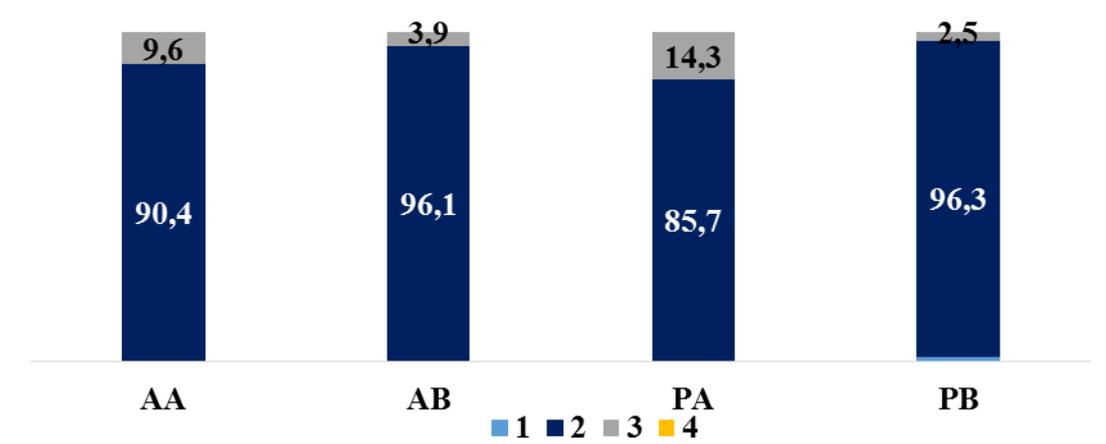


Figura 3. Distribución (%) de canales por tratamiento de acuerdo a la Terminación, según el sistema de Tipificación de Canales de INAC

Terminación: mide la distribución de la cobertura de grasa en la canal, de 1 a 4, donde 1 son las con menor cobertura y 4 las con excesiva grasa de cobertura. AA: AOB Alta, Recría Alta; AB: AOB Alta, Recría Baja; PA: AOB Promedio, Recría Alta; PB: AOB Promedio, Recría Baja.

La osificación (*Quality Grade*, USDA) no fue afectada por ninguno de los tratamientos. En el caso del color de grasa (*AUS-meat*) se vio afectado significativamente ($P<0,01$) tanto por los efectos principales como por la interacción. En el caso de la interacción AOB*Recría, las mayores diferencias estuvieron entre 1,97 (AA) y 2,14 (PB).

3.2. CARACTERÍSTICAS DE LA CARNE

En el Cuadro 17 se presentan los resultados del efecto del AOB y la Recría sobre las características de calidad de carne.

Cuadro 17. Media de mínimos cuadrados y error estándar (*se*) del efecto del AOB y de la Recría sobre características de calidad de carne

	AOB			Recría			Significancia	
	A	P	<i>se</i>	A	B	<i>se</i>	AOB	Recría
FC (kgF)	3,9	3,8	0,09	4,0	3,8	0,12	<i>ns</i>	<i>ns</i>
<i>Marbling</i>	285	308	11,5	301	292	9,0	*	<i>ns</i>
GIM (%)	3,7	3,7	0,26	3,9	3,6	0,14	<i>ns</i>	*
<i>Parámetros de Color del musculo (CIELAB)</i>								
<i>L*</i>	39,7	39,7	0,33	39,6	39,9	0,29	<i>ns</i>	<i>ns</i>
<i>a*</i>	21,4	21,9	0,27	21,4	21,9	0,26	<i>ns</i>	*
<i>b*</i>	10,2	10,3	0,25	9,9	10,6	0,20	<i>ns</i>	*
Croma	23,8	24,4	0,32	23,2	24,3	0,30	<i>ns</i>	*

ns: no significativo ($P > 0.05$); * $P < 0.05$; ** $P < 0.01$. Recría: Ganancia invernal; AOB: Área de ojo de bife; A: Alta, P: Promedio. FC: fuerza de corte; GIM: grasa intramuscular; Grados de *Marbling*: Desprovisto (D) = 0 a 99; Prácticamente desprovisto (*Pd*) = 100 a 199; Trazas (*Tr*) = 200 a 299; Leve (*Sl*) = 300 a 399; Poco (*Sm*) = 400 a 499; Modesto (*Mt*) = 500 a 599; Moderado (*Md*) = 600 a 699 y Levemente Abundante (*SAb*) = 700 a 799. *L**, *a**, *b**; CIELAB: Parámetros de color del músculo.

La FC no presentó diferencias significativas ($P > 0,05$) por los efectos de la Recría ni del AOB y todos los valores estuvieron por debajo de 4,5 kgF de dureza. La Recría A presentó mayor GIM (%) ($P < 0,05$) estimada en el laboratorio por análisis químico. El AOB presentó efecto ($P < 0,05$) sobre el *marbling* medido subjetivamente, AOB P presentó mayor valor que AOB A. No se observaron diferencias significativas ($P > 0,05$) para el parámetro *L**, sin embargo en la Recría A se observaron mayores valores de *a** ($P < 0,05$) y *b** ($P < 0,05$), al igual que el Croma (Cuadro 17).

En el cuadro 18 se presentan los resultados de la interacción entre el AOB y la Recría sobre las características de calidad de carne.

Cuadro 18. Media de mínimos cuadrados y error estándar (*se*) del efecto de la interacción del AOB y la Recría sobre características de calidad de carne

	AOB*Recría				Significancia	
	AA	AB	PA	PB	<i>se</i>	AOB*Recría
FC (kgF)	4,1	3,8	3,8	3,8	0,2	<i>ns</i>
<i>Marbling</i>	276 ^b	294 ^b	327 ^a	290 ^b	14,0	**
GIM (%)	3,7 ^{ab}	3,7 ^{ab}	4,0 ^a	3,4 ^b	0,26	*
<i>Parámetros de Color del musculo (CIELAB)</i>						
<i>L*</i>	39,6	39,8	39,6	39,9	0,43	<i>ns</i>
<i>a*</i>	21,1	21,7	21,6	22,2	0,38	<i>ns</i>
<i>b*</i>	9,5 ^c	10,9 ^a	10,2 ^b	10,4 ^{ab}	0,31	**
Croma	23,2	24,3	23,9	24,5	0,44	<i>ns</i>

ns: no significativo ($P>0.05$); * $P<0.05$; ** $P<0.01$. Recría: Ganancia invernal; AOB: Área de ojo de bife; A: Alta, P: Promedio. FC: fuerza de corte; GIM: grasa intramuscular; Grados de *Marbling*: Desprovisto (D) = 0 a 99; Prácticamente desprovisto (*Pd*) = 100 a 199; Trazas (*Tr*) = 200 a 299; Leve (*Sl*) = 300 a 399; Poco (*Sm*) = 400 a 499; Modesto (*Mt*) = 500 a 599; Moderado (*Md*) = 600 a 699 y Levemente Abundante (*SAb*) = 700 a 799.

*L**, *a**, *b**; CIELAB: Parámetros de color del músculo.

Hubo efecto de la interacción en el *marbling* ($P<0,01$) y GIM (%) ($P<0,05$), donde las canales de PA presentaron mayor contenido de grasa intramuscular. Asimismo cuando se evaluó la distribución de los diferentes grados de *marbling* según tratamiento (no se presenta graficado) se observó mayores porcentajes de canales con los grados más altos de *marbling* (*Sm* y *Mt*) por evaluación visual, en PA. Los tratamientos que presentaron mayor proporción de canales con los grados más altos (*Sm* y *Mt*) por evaluación visual, en orden creciente fueron: PA (8,2 %), PB (6,6%), AB (5,9 %) y AA (4,0 %).

La interacción también fue significativa ($P < 0,01$) en el parámetro b^* , donde el tratamiento AB presentó mayor índice de amarillo, mientras que el AA el menor valor.

4. DISCUSIÓN

4.1. EFECTO DE GANANCIAS POS DESTETES SOBRE LAS CARACTERÍSTICAS DE CANAL Y CARNE

Los resultados del presente trabajo indican que las diferentes ganancias de peso invernales pos destetes generan diferencias en el período de terminación (edad a la faena), en los pesos y en los rendimientos de las canales, mientras que en calidad de carne los resultados no se expresaron tan claramente.

Las diferencias de ganancias invernales obtenidas en un período de 104 días pos destetes, fueron de solo 0,4 kg/an/día (0,2 y 0,6) pero implicaron diferencias ($P<0,01$) en el peso final de esta etapa de 44 kg/animal a favor de la Recría A, que no es compensada con mayores tasas de crecimiento en la fase de pastura y de terminación. Menores ganancias invernales implican mayores tiempos en la fase de pastura o logro de peso de ingreso a corral. Según Robinson *et al.* (2001), cuando las diferencias de peso vivo al final de la recría fueron mayores a 15 kg, la tasa de ganancia durante la terminación no fue suficiente para lograr alcanzar el peso final. Estos manejos generan diferencias importantes en el tiempo de invernada de los novillos y en la edad de faena entre la Recría A y B de 47 días (734 vs 781 días, respectivamente). Estos resultados coinciden con los datos obtenidos por Peripolli *et al.* (2016).

La Recría A logró mayor ($P< 0,01$) EGSu y GIMu previa faena, sin embargo logró las mismas AOBu ($P>0,05$) indicando que a pesar de la menor ganancia en la Recría el animal prioriza el desarrollo muscular resintiendo la deposición de grasa, coincidiendo con el trabajo de Silva *et al.* (2017) y Purchas *et al.* (2002). El criterio de faena de los distintos lotes (grupo) de novillos fue cuando el promedio del lote alcanzó el mismo peso promedio (525 kg de PV). Si bien, ninguno de los tratamientos generó diferencias en el peso de faena, se observó un mayor PCC ($P<0,05$) en la Recría A. El mayor PCC incide en la obtención de los rendimientos de

la canal en cuarta balanza (Rto_4), probablemente debido a un efecto en el crecimiento y en la deposición de tejidos.

Mejor recría en el primer invierno genero canales más largas (LC), que podría ser explicado por un mayor desarrollo del esqueleto producto de la mejor alimentación invernal. Purchas *et al.* (2002), trabajando con razas británicas, con diferentes ganancias pos destetes (0,37-0,58 kg) en pasturas durante 100 días y ganancias posteriores hasta la faena para ambos grupos entorno a los 0,9 kg/an/día, similares a lo obtenido en este trabajo, no encontraron diferencias en el largo de las canales. En nuestro trabajo, la ganancia de la Recría B, la cual trató de simular ganancias posibles de ser alcanzadas en condiciones extensivas de Uruguay, podría estar restringiendo el desarrollo óseo, aunque la bibliografía (Veneciano y Frasinelli, 2014; Lawrence y Fowler, 1997) indica que la alimentación deficiente alterará escasamente el crecimiento en altura y en largo del animal afectando mucho el desarrollo de las porciones posteriores, que se corresponden a los cortes de mayor valor comercial.

Recría con ganancias diarias superiores en el primer invierno de vida de los animales permitieron expresar mayor peso del CP, peso de los cortes de mayor valor como los del R&L (bife, lomo y cuadril) y mayor carne total (kg) del Pistola. En este sentido, fue el peso del bife que marcó mayor diferencia, 0,4 kg en la Recría A más que en la B. Esta diferencia se vería reflejado en el resultado económico, a nivel comercial, dado la diferenciación de precio por este corte (INAC, 2017). Con respecto al efecto de la Recría en la composición de la Pistola, se observa un mayor % de Carne y relación R&L/CP (%) que representa contar con una mejor distribución de este tejido (musculo) y menor % de huesos en la Recría A, sin diferencias significativas ($P > 0,05$) en el % de grasa entre A y B. A diferencia de los resultados de Silva *et al.* (2017) quienes trabajaron con tres ganancias en la Recría (-0,06, 0,67 y 1,09 kg/an/día) y luego con una dieta en común en la fase de terminación, los porcentajes de huesos, carne y grasa en la canal encontrados por ellos, no difirieron entre los tratamientos en la Recría. Debemos hacer la salvedad, que en nuestro trabajo los

diferentes componentes tisulares los comparamos en la Pistola, a diferencia de Silva *et al.* (2017) que lo hicieron en toda la canal, a su vez ellos trabajaron con raza Nelore y la faena luego de la fase de terminación fue a tiempo fijo.

La Terminación (grado de engrasamiento) de las canales, variable evaluada en forma subjetiva, también se vio afectada en forma significativa por la mayor ganancia en la recría, incidiendo tal vez en el mayor EGSu registrado previo a la faena. El efecto de la mayor alimentación invernal causó, además de aumento de peso y mejora de la composición corporal, que la energía del alimento no se disipe como calor y sea retenida como grasa (Webster, 1989).

En cuanto a las variables de calidad de carne evaluadas, los efectos de las ganancias pos destetes no fueron tan claros como en las características de la canal. Las diferentes Recría no afectaron en forma significativa ($P>0,05$) a la FC. Estos resultados coinciden con Purchas *et al.* (2002) quienes no encontraron diferencias en terneza cuando los rangos de edad a la faena fueron cortos (8 – 10 meses), tales como los involucrados en el presente trabajo. El manejo post faena y de maduración sanitaria fueron diferentes al presente trabajo, si bien el período de maduración total fue igual (7 días). Oddy *et al.* (2001) concluyeron que existe evidencia que los patrones de crecimiento pueden influir en la terneza de la carne, pero la naturaleza exacta no puede ser explicada con precisión. Asimismo, indican que las mayores tasas de ganancias logran llegar a faena con cortes de menor dureza. En el presente trabajo, en el 74 % de los cortes la FC se mantuvo por debajo de los valores umbrales de dureza de 4,5 kg F., valor reportado por Tatum *et al.* (1996) y Huerta-Leidenz y Rodas González (1998), encima del cual es considerado un corte duro, aunque estos autores reportan que la variabilidad de los resultados no es extrapolable y aconsejan determinar umbrales propios de terneza para cada país, debido que se suma el tiempo de maduración.

El contenido de GIM medido a través de análisis químico en el laboratorio, fue mayor ($P<0,05$) en Recría A, manteniendo la misma tendencia encontrada en las

variables de contenido graso de la canal registradas a través de ultrasonido en el animal vivo previo a la faena (EGSu y GIMu). Sin embargo, el *marbling* visual no difirió a iguales pesos de canal luego de diferentes tasas de crecimiento en la recría, coincidiendo con resultados encontrados por Wilkins *et al.* (2009).

En los parámetros de color del músculo no se detectaron diferencias significativas en luminosidad (L^*), coincidiendo con los valores reportados por Purchas *et al.* (2002). Sin embargo, se detectaron en a^* y b^* ($P < 0,05$), donde los tratamientos con Recría A invernal presentaron valores en ambos parámetros menores a los de Recría B. Esas diferencias no muestran impacto del punto de vista de la aceptación visual de la carne. Estos resultados difieren de los valores encontrados por Purchas *et al.* (2002), donde el grupo de animales con crecimiento más rápido (mayor ganancia) presentaron colores levemente más rojos y amarillos, tal vez explicados por que estos fueron terminados en pastura. Los valores de croma fueron menores ($P < 0,05$) en la Recría A al igual que los parámetros antes mencionados. Zerby *et al.*, (1999) con consumidores americanos, evaluaron subjetiva y objetivamente el color de diferentes cortes y músculos y los atributos de apariencia durante su exposición en góndolas bajo condiciones de iluminación, encontraron en cortes de bife (*striploin*), valores promedios del parámetro a^* de 7,7 como valor umbral por debajo del cual era inaceptable por el consumidor. Los valores obtenidos en este trabajo están encima, por lo tanto dentro de los rangos de aceptación del mercado americano.

4.2. EFECTO DEL MÉRITO GENÉTICO DE LOS PADRES SOBRE LAS CARACTERÍSTICAS DE CANAL Y CARNE

La segunda hipótesis planteada en este trabajo fue que los novillos hijos de padres con DEP con mayor área de ojo de bife, presentarían mayor rendimiento carnicero y cortes de mayor valor.

Las variables AOBu ($P < 0,01$), la conformación de la canal ($P < 0,05$) y el peso del corte del bife (kg) ($P < 0,05$), fueron afectadas en forma positiva por el AOB como era

esperable. El AOBu fue 3,4 cm² mayor en el AOB A, produciendo bifes de mayor calibre y 0,4 kg más pesados que en AOB P. Estos valores coinciden con los de Crews (2002) quien evaluó efectividad de la selección por DEP (alto y bajo) de padres con los valores reales de la progenie y encontró diferencias ($P < 0,01$) de 3,9 cm² en el AOB a favor de alto DEP para AOB. Se debe tener presente que el calibre de los bifes en el trabajo de Crews (2002) son superiores (102,3 vs 98,4 cm², alto y bajo, respectivamente) a los del presente trabajo, por lo que en relación, esta diferencia es menor a la del presente trabajo. Asimismo, en este estudio se trabajó con AOB alto y promedio, seguramente las diferencias podrían haber sido mayores con novillos hijos de padres con DEP AOB alto vs bajo.

Por otro lado, cuando se analizó la distribución de canales de acuerdo con la conformación (Figura 2) los tratamientos con AOB A presentaron mayor proporción (91,6 y 96,1 %) de canales con Conformación superior (N) comparado con los de AOB P. Si tomamos como referencia los resultados obtenidos en la 3ª Auditoría Nacional de Calidad de Carne (Correa y Brito, 2017a), solo el 4,7% de los novillos evaluados, independiente de la dentición, presentaron canales en el grado “N” de la escala de conformación. Sin embargo, cuando se realizó el mismo análisis para los animales faenados terminados en corral, sistema similar al del presente trabajo, la proporción de canales con conformación “N” pasó a un 13,9 % (Correa y Brito, 2017b). La mayor proporción de canales con mejor conformación, implican mejores masas musculares y pesos de los cortes obtenidas en el grupo AOB A. Resultados similares fueron obtenidos por Drennan y McGee (2008) donde los novillos AOB A presentaron los mayores valores y mejores masas musculares.

Según Bertrand *et al.*, (2001) la correlación genética (r_g) entre el ultrasonido de los progenitores y las medidas de canal del animal faenado deben ser $\geq 0,70$, para que de esa forma, usando información de ultrasonido en lugar de la información final de las canales del ganado se pueda lograr un progreso genético similar o mayor en el mérito de la canal del animal terminado. Las medidas de AOB por ultrasonido han demostrado ser valiosas en la predicción de composición de la canal dada la

correlación positiva ($r=0,52$) entre el AOB escaneado previo a la faena y la proporción de carne en la canal (Doorley, 2001 y Bergen *et al.*, 2003). En este estudio las correlaciones encontradas entre AOBu y el peso de bife y la carne (kg) de la pistola fueron superiores: 0,58 y 0,54, respectivamente. Asimismo, la mayor correlación obtenida con AOBu fue con el R&L (0,64).

Aunque el CP y el peso de los cortes de mayor valor estuvieron afectados principalmente por la Recría, cuando se analiza la composición de los tejidos del corte Pistola: carne, grasa y hueso, el efecto del mérito genético de los padres es relevante. La relación CP/PCE $\frac{1}{2}$ i (%), así como los valores más alto de % Carne y R&L en el CP se observaron en las canales de AOB A, explicado por la afirmación de Hassen *et al.* (1998), quién manifiesta que a peso constante el área del ojo de bife, explica buena parte de la variación observada en el porcentaje de los cortes. Estos autores reportan, una correlación fenotípica de 0,52 entre área del ojo de bife y el porcentaje de producto minorista, mientras que en el presente trabajo la correlación entre AOBu y la proporción de cortes de mayor valor (R&L) en el CP fue algo menor (0,43). En este sentido, Koh *et al.* (2014) encontraron correlaciones genéticas positivas entre AOB (medida en la canal) con peso y % de cortes minoristas (+0,60 y +0,72, respectivamente) y correlación genética negativa entre AOB y % grasa (-0,64).

El *marbling* registrado en forma subjetiva fue la única variable de calidad de carne afectada en forma significativa ($P<0,05$) por el mérito genético para AOB, donde los tratamientos con menos AOB (AOB P) presentaron mayor valor de *marbling* que los AOB A. Correlaciones genéticas y fenotípicas entre AOB y *marbling* presentadas por Hassen *et al.* (1998) indicaron valores -0,03 y -0,09, respectivamente; aunque son valores bajos, las correlaciones negativas indican que los valores de grasa intramuscular son mayores al disminuir el AOB, posiblemente por un efecto de dilución.

4.3. EFECTO DE LA COMBINACIÓN ENTRE GANANCIAS POS DESTETES Y MÉRITO GENÉTICO PARA AOB SOBRE LAS CARACTERÍSTICAS DE CANAL Y CARNE

La tercera hipótesis planteada refería un efecto positivo de la combinación entre ganancias invernales pos destete y mayor mérito genético para AOB de los padres. Las diferentes combinaciones permitieron en todos los casos lograr novillos que cumplieran con los estándares solicitados por la industria para los mercados de alto valor. Si bien los productos obtenidos logran los mismos pesos, el tiempo necesario para obtener los mismos difieren en forma significativa ($P < 0,01$). Esta diferencia entre los distintos tratamientos, dado el criterio de manejo utilizado para la comparación de los tratamientos, se expresó a través de una mayor cantidad de días necesarios para lograr el peso de faena requerido por la industria (AOB P y Recría B), factor relevante a tener en cuenta al momento de la toma de decisión del manejo de la invernada.

Existió una interacción positiva en los días a la faena entre ambos efectos siendo faenados 84 días en promedio antes los novillos con recría A invernal y AOB A (AA) que la combinación AOB P y recría B ($P > 0,01$) (PB), teniendo las restantes combinaciones (AB y PA) un desempeño intermedio difiriendo de los extremos ($P < 0,01$). A su vez, esta variable fue afectada por el Año, donde la segunda generación de terneros o novillos (2012) evaluada, lograron los pesos finales 106 días en promedio antes que la generación 2011 y 61 días antes que la generación 2013. Indicando que el año 2013, en el cual se desarrolló la recría la generación 2012, probablemente hubo mejores condiciones climáticas mejorando y acelerando el crecimiento de los animales, expresados principalmente a través de una mejor condición u oferta de forraje y por lo tanto menor cantidad de días durante la fase de pastoreo.

Además, analizada la interacción Año*AOB, la diferencia en días entre AOB A y P oscilaron en los 50 días con excepción de la generación 2012 que no presentó

diferencias en días a la faena ($P>0,05$). Con respecto a la interacción Año*Recría, se presentó la misma tendencia, mientras que, en los Años 2011 y 2013 las diferencias entre Recría A y B fueron 54 y 65 días, respectivamente, en el Año 2012 fueron de 28 días; los menores días a la faena para la recría A. Estos resultados en días a la faena coinciden con los datos obtenidos por Peripolli *et al.* (2016). Estudios previos (Dicker *et al.*, 2001; Robinson *et al.*, 2001; Loken *et al.*, 2009) han reportado diferencias similares en PV al final de la fase de crecimiento de novillos recriados con similares estrategias de manejo invernal pos destete.

En el grupo de tratamiento PA, que presentó un período más largo de terminación (días en fase de terminación), se encontró la mayor proporción de canales con Terminación=3 (mayor grado de engrasamiento), así como mayor porcentaje de canales con los grados más altos (*Sm* y *Mt*) por evaluación visual de *marbling*. Las grasas subcutáneas e intramuscular son las más importantes, se desarrollan cuando el animal se encuentra ganando peso a altas tasas, o en su defecto cuando avanza la edad o el peso corporal (Di Marco, 1997). De acuerdo con esto, los animales del tratamiento PA, podrían estar logrando el mayor engrasamiento (subcutáneo e intramuscular) por haber tenido un periodo más largo hasta lograr su terminación (PVf) (edad más avanzada, 1,5 meses después del grupo AA), así como por una mayor ganancias en su periodo de recría invernal. Según Owens *et al.* (1995), los animales que crecen a alta ganancia de peso temprano en la vida (Recría A), depositan alta proporción de grasa, disminuyen su potencial de acumular masa proteica y a su vez determina menor tamaño estructural o óseo. Lograr el peso final en un período mayor de tiempo, también podría estar pautado por el hecho de que animales de menor AOB (AOB P), desarrollan menores masas musculares (o proteica).

El peso del bife se vio afectado tanto, por la Recría como por el AOB, presentando la misma diferencia de 0,4 kg en la Recría A y en el AOB A, sin interacción entre estos ($P>0,05$). De todas formas, entre la mejor (AA) y la peor situación (PB) existen diferencias de 0,7 kg promedio, valor de gran importancia desde el punto de vista

comercial, dado que el bife es uno de los cortes de mayor valor en los mercados internacionales. Estos mercados y por lo tanto la industria nacional manejan rangos de pesos y valorizan en forma diferencial, siendo los de mayor calibre o peso, los de mayor valor económico (INAC, 2017). Según información de la industria frigorífica nacional aportada para la estimación de valores en los concursos de novillos de Asociación Rural del Uruguay (2012) y tomando como umbral el peso de un bife de 5 kg, algunos mercados dejan de pagar hasta 65 % del valor por tonelada de este corte, si el calibre no supera aquel umbral. En el presente trabajo, el 60,2 % de los bifes del tratamiento AA, superaron los 5 kg, mientras que solo el 18,8% de los mismos superaron aquel peso en los tratamientos PB.

Quizás estas diferencias podrían haberse manifestado en mayor forma si se hubiesen usado líneas de padres con mayores diferencias genéticas con respecto al DEP para AOB, alto y bajo DEP en lugar de alto y promedio DEP. Los resultados encontrados por Elly Navajas *et al.* (sin publicar), quienes analizaron la estructura poblacional de los toros y novillos utilizados en el presente experimento en base a información genómica indicaron la existencia de una estructura poblacional relativamente uniforme. Solo se encontraron clústers menores, pero no relacionados con los grupos de padres de DEP diferentes para AOB.

Para la mayoría de las variables analizadas no se visualizó interacción entre los factores analizados, comportándose las ganancias invernales pos destete y el mérito genético de los padres como factores independientes, mejores resultados en la recría alta, así como con AOB alta.

5. CONCLUSIONES

Los resultados obtenidos en este experimento, muestran que el efecto de una ganancia mayor en el primer invierno de vida del ternero, permitiría reducir el tiempo de faena, obtener canales más pesadas, más largas y mejor terminadas, con un mejor peso del corte pistola, de los cortes valiosos, así como una mayor proporción de carne del corte pistola.

La magnitud de las ganancias invernales para edad a la faena y largo de canal sin embargo, depende de la selección por mérito genético para AOB; mejores respuestas en animales con mayor mérito genético (AOB A).

Las respuestas en la progenie de los toros con mayor AOB generaron mayores valores en el registro de ultrasonido para esta característica en el animal vivo previo a la faena, canales mejores conformadas, mayor peso del bife y del R&L, así como mayor proporción de carne y menor de huesos en el corte pistola, por lo que se cumplió la segunda hipótesis planteada en presente trabajo.

En estas condiciones de manejo y crecimiento, no se registraron diferencias significativas en las características de calidad de carne como la terneza, destacándose valores de fuerza de corte por debajo del umbral de dureza (4,5 kg F). Con mejores ganancias durante la recría invernal se logran cortes con mayor GIM, características que contribuyen a la mayor aceptación por el consumidor final.

La mejor combinación de factores se obtiene con recrías de mayor ganancia de peso en el primer invierno y la utilización de terneros progenie de toros de alta área de ojo de bife. La ausencia de interacción, para la mayoría de los caracteres analizados permite planificar beneficios aditivos al mejorar las condiciones de recría y/o utilizar toros superiores en características carniceras. Malas recrías no son compensadas por la utilización de terneros hijos de toros superiores y buenas recrías son mejor

aprovechadas con terneros de potencial genético superior para la característica carnicera seleccionada.

Estudios que permitan analizar el máximo potencial de progenie de toros superiores para características carniceras en ambientes no limitantes podrían ser un desafío de próximos trabajos.

6. BIBLIOGRAFÍA

- AAA (American Angus Association). 2000. Angus Journal, Spring 2000 Sire Evaluation. St. Joseph, MO. Edition: American Angus Association.
- Agricultural and food Research Council. 1993. Energy and protein requirement of ruminants. (CAB International: Wallingford, UK)
- Aguilar I, Ravagnolo O. 2005. Programa de Mejoramiento Genético de la Raza Hereford. Sociedad Criadores de Hereford del Uruguay. Montevideo, Uruguay. En: Anuario Hereford 2005. 182-184.
- AMS (Agricultural Marketing Service). 2018. Grade and Standards Beef. [En línea]. Consultado 12/12/2017. Disponible en: <https://www.ams.usda.gov/grades-standards/carcass-beef-grades-and-standards>.
- ASA (American Simmental Association) 197. 1997. Fall 1997 Simmental/Simbrah Sire Summary. Bozeman. Edition: American Simmental Association.
- AUS-Meat. 2013. Australian Beef, Carcass evaluation. [En línea]. Consultado 10/07/2014. Disponible en: http://www.ausmeat.com.au/WebDocuments/Beef_&_Veal_Chiller_Assessment_Language.pdf
- Barkhouse KL, Van Vleck LD, Cundiff LV, Koohmaraie M, Lunstra DD, Crouse JD. 1996. Prediction of breeding values for tenderness of market animals from measurements on bulls. Journal of Animal Science. 74:2612–2621.
- Barwick SA, Henzell AL, Graser HU. 1994. Developments in the construction and use of selection indexes for genetic evaluation of beef cattle in Australia. En: World Congress on Genetic Applied to Livestock Production (5th, 1994, Guelph, Ontario, Canada). Proceedings. 18: 227-230.
- Beretta V, Simeone, A. 2008. Suplementación de terneros en invierno sobre pasturas sembradas. En: 10^a Jornada UPIC. Una década de investigación para una ganadería más eficiente. Facultad de Agronomía, Paysandú, Uruguay. 32-34.
- Bergen RD, Crews DH, Miller SP, McKinnon JJ. 2003. Predicting lean meat yield in beef cattle using ultrasonic muscle depth and width measurements. Canadian Journal of Animal Science, 83: 429-434.

- Bergen RD, McKinnon JJ, Christensen DA, Kohle N. 1996. Prediction of lean yield in yearling bulls using real-time ultrasound. *Canadian Journal of Animal Science*, 76: 305-311.
- Berretta EJ. 1998. Contenido de minerales en pasturas naturales de Basalto, I: Especies nativas. En: Berretta EJ (Ed). Seminario de actualización en tecnologías para basalto. Montevideo (Uruguay): INIA. 99-111.
- Berretta EJ, Pittaluga O, Brito G, Pigurina G, Risso DF. 1995. Recría de reemplazos en Basalto. En: Berretta EJ, Pittaluga O, Brito G, Pigurina G, Risso DF (Eds). Recría y engorde en campo natural y mejoramientos en suelos sobre Basalto. Montevideo: INIA. Serie Actividades de Difusión; 71. 6-13.
- Bertrand JK. 2009. Using actual and ultrasound carcass information in beef genetic evaluation programs. *Revista Brasileira de Zootecnia*, (38) 58-63 (supl. especial)
- Bertrand JK, Green RD, Herring WO, Moser DW. 2001. Genetic evaluation for beef carcass traits. *Journal of Animal Science*. 79 (E. Suppl.): E190–E200
- Bertrand K, Little D, Nelson A, Middleton B, Benyshek L. 1994. Mensaje desde Georgia: La Valoración del Hereford Uruguayo. En: Informe de Padres Hereford. Montevideo (Uruguay): INIA, 1994. 232 p. (Serie Técnica; 43) p 10-18.
- Bligh EG, Dyer WJ. 1959. A rapid method for total lipid extraction and purification. *Canadian Journal Biochemical Physiological*, 37:911-917.
- Brito G, San Julian R, La Manna A, del Campo M, Montossi F, Banchemo G, Chalking D, Soares de Lima JM. 2014. Growth, carcass traits and palatability: Can the influence of the feeding regimes explain the variability found on those attributes in different Uruguayan genotypes? *Meat Science* (98) 533-538.
- Brito G, Soares de Lima JM. 2006. Agregando Valor a Nuestros Animales. Anuario Hereford 2006. Sociedad Criadores de Hereford del Uruguay. Montevideo: 98-101.
- Brito G, Soares de Lima JM, San Julián R, Montossi, F. 2006. Métodos para Predecir el Rendimiento Carnicero de una Canal Vacuna. Montevideo, Uy: INIA, 2006. 10-12 (Revista INIA, 8).
- Brito G, del Campo M, Pittaluga O, Soares de Lima JM. 2005. Una mejor recría para una mayor eficiencia en la producción de carne. Montevideo, Uy: INIA, 2005. 8-11 (Revista INIA, 3).

- Cardellino R, Rovira J. 1987. Heredabilidad. In: Cardellino R, Rovira J. (Eds),
Mejoramiento Genético Animal. Montevideo: Editorial Hemisferio Sur. Pp 65-92
- Cazzuli F. 2017. Efecto de la suplementación infrecuente y auto-suministro de suplemento en la recría bovina sobre campo natural. Tesis de Maestría. Montevideo, Uruguay. Facultad de Agronomía, UdeLaR. 163 páginas.
- Correa D, Brito G. 2017a. Fase II. Trabajo en plantas frigoríficas. In: Brito G, Correa D, San Julián R. (Eds). Tercera Auditoría de calidad de carne vacuna del Uruguay. Montevideo (UY): INIA, 2017. p. 13-34 (INIA Serie Técnica; 229)
- Correa D, Brito G. 2017b. Terminación a Corral. In: Brito G, Correa D, San Julián R. (Eds). Tercera Auditoría de calidad de carne vacuna del Uruguay. Montevideo (UY): INIA, 2017. p. 35-40 (INIA Serie Técnica; 229)
- Crews DH, Pollak EJ, Quaas RL. 2004. Evaluation of Simmental carcass EPD estimated using live and carcass data. *Journal of Animal Science*. 82:661-667.
- Crews DH. 2002. The relationship between beef sire carcass EPD and progeny phenotype. *Canadian Journal of Animal Science*, 82:503.
- Crews DHJr, Kemp RA. 1999. Contributions of preweaning growth information and maternal effects for prediction of carcass trait breeding values among crossbred beef cattle. *Canadian Journal of Animal Science*, 79: 17–25.
- De Mattos D, de los Campos G, Mendez J, Calistro S. 2002. Características de la calidad de la carne incorporadas al programa de mejora genética. *Anuario Hereford 2002*. Pp.107-109.
- del Campo M, Brito G, Hernández P, Soares de Lima JM, Vaz Martins D, San Julián R, Montossi F, Sañudo C. 2008. Effect of different diets on carcass traits and meat quality in Uruguayan steers. *Meat Science*, 80, 753–760.
- Dicker RW, Ayres JF, McPhee MJ, Robinson DL, Turner AD, Wolcott ML, Kamphorst PG, Herden S, Oddy VH. 2001. Post-weaning growth of cattle in northern New South Wales. 2. Growth pathways of steers. *Australian Journal of Experimental Agriculture*, (41) 971–979
- Di Marco ON. 1997. Crecimiento, peso, composición corporal. In: Di Marco ON (Ed), *Crecimiento de vacunos para carne*. Mar de Plata: Ediciones Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria. Pp 1-35.

- Doorley J. 2001. The usefulness of live animal body measurements, ultrasonic scanning and subjective scores in estimating carcass quality in cattle. Master's Thesis. Dublin, Ireland. National University of Ireland. 186 pages.
- Drennan MJ, McGee M. 2008. Effect of Beef Sire Expected Progeny Difference for Carcass Conformation on Live Animal Muscularity Scores and Ultrasonic Muscle and Fat Depths, and on Carcass Classification and Composition of Their Progeny. *Irish Journal of Agricultural and Food Research* 47(2): 161–70.
- Etherton TD, Walton PE. 1986. Hormonal and metabolic regulation of lipid metabolism in domestic livestock. *Journal of Animal Science*. (63) 76–88.
- Formoso, F. 2011. Verdeos de invierno. Montevideo, Uy: INIA, 2011. 23-27 (Revista INIA, 24).
- Frasinelli CA, Veneciano JH, Belgrano Rawson AJ, Frigerio KL. 2003. Sistemas extensivos de producción bovina: productividad y rentabilidad (Cap. 8). En: Aguilera MO, Panigatti JL (Eds). *Con las metas claras. La EEA San Luis, 40 años en favor del desarrollo sustentable*, Ed. INTA: 141-157.
- García- Torres S, Espejo M, López Parra M, Izquierdo M, Mendizabal J A Purroy A. 2005. Conformación, engrasamiento y sistemas de clasificación de canal bovina. En: Cañeque V, Sañudo C, (Eds). *Estandarización de metodologías para evaluar la calidad del producto (animal vivo, canal, carne y grasa) en los rumiantes*. Monografías INIA Serie Ganadera N°3 - 2005. España. pp. 105-140.
- Gerrard D, Grant A. 2006. Muscle Growth. In: Gerrard D, Grant A (Eds), *Principles of Animal Growth and Development*. Purdue University. Kendall/Hunt Publishing Company. Dubuque, Iowa 52002. pp 77-101.
- Graser HU, Nitter G, Barwick SA. 1994. Evaluation of advanced industry breeding schemes for Australian beef cattle. II. Selection on combinations of growth, reproduction and carcass criteria. *Australian Journal Agricultural Research*. 45: 1657-1669.
- Greenwood PL, Dunshea FR. 2009. Biology and regulation of carcass composition. In: *Improving the sensory and nutritional quality of fresh meat*. 2009:19-60. DOI: 10.1533/9781845695439.1.19, Base de datos: ScienceDirect

- Gregory KE, Cundiff LV, Koch RM. 1995. Genetic and phenotypic (co)variances for growth and carcass traits of purebred and composite populations of beef cattle. *Journal of Animal Science*.73:1920–1926.
- Greiner SP, Rouse GH, Wilson DE, Cundiff LV, Wheeler TL. 2003. Prediction of retail product weight and percentage using ultrasound and carcass measurements in beef cattle. *Journal of Animal Science*. 81: 1736-1742.
- Guardia V, Robaina R, Pigurina, G. 2004. Opciones de preparación de los cortes. En: *Productos comerciales de la faena y desosado del ganado vacuno. Serie Técnica N°33. Agosto 2004. Instituto Nacional de Carnes.*
- Gwartney BL, Calkins CR, Rasby RJ, Stock RA, Vieselmeyer BA, Gosey JA. 1996. Use of expected progeny differences for marbling in beef: II. Carcass and palatability traits. *Journal of Animal Science*. 74:1014.
- Hamlin KE, Green RD, Cundiff LV, Wheeler TL, Dikeman ME. 1995. Real-time ultrasonic measurement of fat thickness and *longissimus* muscle area: II. Relationship between real-time ultrasound measures and carcass retail yield. *Journal of Animal Science* 73: 1725-1734.
- Hassen A, Wilson DE, Rouse GH. 1998. Evaluation of Carcass, Live, and Real-Time Ultrasound Measures in Feedlot Cattle: I. Assessment of Sex and Breed Effects. *Journal of Animal Science* 76: 273-282.
- Herring WO, Kriese LA, Bertrand JK, Crouch J. 1998. Comparison of four real-time ultrasound that predict intramuscular fat in beef cattle. *Journal of Animal Science* 76: 364-370.
- Hersom MJ, Horn GW, Krehbiel CR, Phillips WA. 2004. Effect of live weight gain of steers during winter grazing: I. Feedlot performance, carcass characteristics, and body composition of beef steers. *Journal of Animal Science*. 82:262-272.
- Hirooka H, Groen AF, Matsumoto M. 1996. Genetic parameters for growth and carcass traits in Japanese Brown cattle estimated from field records. *Journal of Animal Science*. 74:2112–2116.
- Houghton PL, Turlington LM. 1992. Application of ultrasound for feeding and finishing animals. A review. *Journal of Animal Science*. 70: 930-941

- Huerta-Leidenz N, Rodas González A. 1998. El ganado doble propósito. ¿Carne para consumidores exigentes? En: González-Stagnaro C, Madrid-Bury N, Soto Belloso E, (Eds). *Mejorada de la Ganadería Mestiza de Doble propósito*. Astro Data Maracaibo.
- INAC (Instituto Nacional de Carnes). 1997. Sistema Oficial de clasificación y tipificación de carne vacuna. Resolución 65/97. Montevideo. Uruguay.
- INAC (Instituto Nacional de Carnes). 2017. Marketing [En línea] Consultado: 15/10/2017. Disponible en: <http://www.inac.uy/innovaportal/v/11278/17/innova.front/marketing>
- ISU (Iowa State University). 1994. Real-time ultrasonic evaluation of beef cattle. Study guide. Department of Animal Science, Ames, Iowa.
- Johnston DJ, Reverter A, Ferguson DM, Thompson JM, Burrow HM. 2003. Genetic and phenotypic characterization of animal, carcass, and meat quality traits from temperate and tropically adapted beef breeds. 3: Meat quality traits. *Australian Journal Agricultural Research*. 54: 135–147.
- Kim JJ, Davis SK, Sanders JO, Turner JW, Miller RK, Savell JW, Smith SB, Taylor, JF. 1998. Estimation of genetic parameters for carcass and palatability traits in *Bos indicus/Bos taurus* cattle. In: *Proceeding 6th World Congress Genetic Applied Livestock Production*, Armidale, New South Wales. 25:173–176.
- Klopfenstein T, Cooper R, Jordon DJ, Shain D, Milton T, Calkins C, Rossi C. 2000. Effects of backgrounding and growing programs on beef carcass quality and yield. *Journal of Animal Science*, 77:1-11.
- Koh D, Lee J, Won S, Lee Ch, Kim J. 2014. Genetic Relationships of Carcass Traits with Retail Cut Productivity of Hanwoo Cattle. *Asian Australas. Journal of Animal Science*. Vol. 27, No. 10: 1387-1393. <http://dx.doi.org/10.5713/ajas.2014.14170>
- Lawrence TLJ, Fawler VR. 1997. General Aspects of Growth. In: Lawrence TLJ, Fawler VR. (Eds), *Growth of Farm Animals*. 321 p. UK. CAB International. ISBN 0 85198 849 0
- Lema M, Brito G, Clariget J, Perez E, La Manna A, Ravagnolo O, Aguilar I, Montossi F. 2016. Can nutritional level and parental EPD for rib eye area influence feed conversion efficiency and carcass yield in steers? En: *Biennial Conference of the Australian Society of Animal Production (31st, 2016, Adelaide, South Australia)*.

- Loken BA, Maddock RJ, Stamm MM, Schauer CS, Rush I, Quinn S, Lardy GP. 2009. Growing rate of gain on subsequent feedlot performance, meat, and carcass quality of beef steers. *Journal of Animal Science*. 87 3791–3797. doi:10.2527/jas.2009-1853
- Luzardo S, Cuadro R, Lagomarsino X, Montossi F, Brito G, La Manna, A. 2014. Tecnologías para la intensificación de la cría bovina en el Basalto -Uso estratégico de la suplementación sobre campo natural y pasturas mejoradas. Tacuarembó (Uruguay): INIA. Serie Técnica 217. p 71-91
- MacAodhain, C. 2004. The use of live animal assessments in predicting carcass merit of beef cattle. Master's Thesis. Dublin, Ireland. National University of Ireland. 245 pages.
- McGregor EM, Campbell CP, Miller SP, Purslow PP, Mandell IB. 2012. Effect of Nutritional Regimen Including Limit Feeding and Breed on Growth Performance, Carcass Characteristics and Meat Quality in Beef Cattle. *Canadian Journal of Animal Science* 92: 327–41.
- McKiernan W, Wilkins J, Barwick S, Tudor G, McIntyre B, Graham J, Deland M, Davies L. 2005. CRC 'Regional Combinations' project- effects of genetics and growth paths on beef production and meat quality: experimental design, methods and measurements. *Australian Journal of Experimental Agriculture*. 2005. 45: 959-969.
- McKiernan W, Wilkins J. 2007. The effect of genetic potential and pre feedlot growth path on beef eating quality. In: Jones A, *Agribusiness Livestock Updates 2007*, Perth, Western Australian Department of Agriculture, 124–125.
- Montossi F, Pigurina G, Santamarina I, Berretta E. 2000. Selectividad animal y valor nutritive de la dieta de ovinos y vacunos en sistemas ganaderos: teoría y práctica. Montevideo: INIA. Serie Técnica 113. 84 p.
- Moser DW, Bertrand JK, Misztal I, Kriese LA, Benyshek LL. 1998. Genetic parameter estimates for carcass and yearling ultrasound measurements in Brangus cattle. *Journal of Animal Science*. 76:2542–2548.
- Navajas E, Macedo F, Grasso N. 2015. Material sobre estructura poblacional en base a resultados presentado en Informe Final del proyecto FMV_1_2011_1_6671. [Datos sin publicar].

- Neel JPS, Fontenot JP, Clapham WM, Duckett SK, Felton EED, Scaglia G, Bryan WB. 2007. Effects of winter stocker growth rate and finishing system on: I. Animal performance and carcass characteristics. *Journal of Animal Science*. 85:2012-2018.
- Nitter G, Graser HU, Barwick SA. 1994. Evaluation of advanced industry breeding schemes for Australian beef cattle. I. Method of evaluation and analysis for an example population structure. *Australian Journal Agricultural Research*, 45: 1641-1656.
- Oddy VH, Sainz RD. 2002. Nutrition for sheep-meat production. En: Dove H, Freer M (Eds). *Sheep Nutrition*. Collinwood, CSIRO Publishing, 237-262.
- Oddy VH, Harper GS, Greenwood PL, McDonagh MB. 2001. Nutritional and developmental effects on the intrinsic properties of muscles as they relate to the eating quality of beef. *Australian Journal Experimental Agricultural*. 41:921-942.
- OPYPA (Oficina de Planificación y Política Agropecuaria). 2017. Comportamiento del Sector Carne Vacuna. In: *Análisis Sectorial y Cadenas Productivas*. Anuario, OPYPA 2017. pp 47-70. Publicación del MGAP y OPYPA. Diciembre 2017, Montevideo. Uruguay.
- Owens FN, Gill DR, Secrist DS, Coleman SW. 1995. Review of some aspects of growth and development of feedlot cattle. *Journal of Animal Science*, Volume 73, Issue 10. 3152-3172 <https://doi.org/10.2527/1995.73103152x>
- Palsson H. 1955. Conformation and body composition, in Hammond J, *Progress in the Physiology of Farm Animals*, London, Butterworths, 430-542.
- Pariacote F, Van Vleck LD, Hunsley RE. 1998. Genetic and phenotypic parameters for carcass traits of American Shorthorn beef cattle. *Journal of Animal Science*. 76:2584-2588.
- Peripolli E, Banchemo G, Pereira A, Brito G, La Manna A, Fernandez E, Montossi F, Baldi F. 2016. Effect of growth path on the performance and carcass traits of Hereford steers finished on pasture or in feedlot. *Animal Production Science*. AN16061 Accepted 02 December 2016.
- Perry D, Thompson JM. 2005. The Effect of Growth Rate during Backgrounding and Finishing on Meat Quality Traits in Beef Cattle. *Meat Science* 69(4): 691-702.
- Phocas F, Renand G, Menissier F. 1998. Developing a breeding objective for a French purebred beef cattle selection programme. *Livestock Production Science* 57:49-

65.

- Pigurina G. 2001. Sistemas de recría e invernada en Uruguay. In: Jornadas de recursos técnicos, 3., 27 de Abril, Rural del Prado, 2001, Montevideo, Uruguay Ganadería Hereford. Montevideo (Uruguay): INIA, 2001. p. 29-33
- Pigurina G. 1997. Suplementación dentro de una estrategia de manejo de áreas de ganadería extensiva. En: Carámbula M, Vaz Martins D, Indarte E. (Eds.). Pasturas y producción animal en áreas de ganadería extensiva. Montevideo: INIA. p. 195-200. (Serie Técnica; 13).
- Pordomingo AJ, Grigioni G, Carduza F, Volpi Lagreca G. 2012. Effect of feeding treatment during the backgrounding phase of beef production from pasture on: I. Animal performance, carcass and meat quality. *Meat Science*, 90: 939–946
- Purchas RW, Burnham DL, Morris ST. 2002. Effects of growth potential and growth path on tenderness of beef longissimus muscle from bulls and steers. *Journal Animal Science*. 80:3211–3221
- Ríos A, Van Vleck LD. 2004. Heritability estimates for carcass traits of cattle: a review. *Genetic and Molecular Research*, 3: 380-394.
- Robinson D L, Ferguson DM, Skerritt JW. 1998. Genetic parameters for beef tenderness, marbling and yield. In: Proc. 6th World Congress Genetic Applied Livestock Production. Armidale, New South Wales. 25:169–172.
- Robinson DL, McDonald CA, Hammond K, Turner JW. 1992. Live animal measurement of carcass traits by ultrasound: assessment and accuracy of sonographers. *Journal of Animal Science* 70: 1667-1676.
- Robinson DL, Oddy VH, Dicker RW, McPhee. 2001. Post-growth of cattle in northern New South Wales 3. Carry-over effects on finishing, carcass characteristics and intramuscular fat. *Australian Journal of Experimental Agriculture*. 41: 1041-1049.
- Sas Institute Inc. 2012. SAS/STAT 9.2 User's Guide. Cary: SAS Institute Inc.
- Shackelford SD, Koohmaraie M, Cundiff LV, Gregory KE, Rohrer GA, Savell JW. 1994. Heritabilities and phenotypic and genetic correlations for bovine postrigor calpastatin activity, intramuscular fat content, Warner-Bratzler shear force, retail product yield, and growth rate. *Journal of Animal Science*. 72:857–863.

- Silva LHP, Paulino PVR, Assis GJF, Assis DEF, Estrada MM, Silva MC, Silva JC, Martins TS, Valadares Filho SC, Paulino MF, Chizzotti ML. 2017. Effect of post-weaning growth rate on carcass traits and meat quality of Nelore cattle. *Meat Science* 123 (2017) 192–197 <http://dx.doi.org/10.1016/j.meatsci.2016.10.005>
- Silveira C, Cuadro P, Escayola A, Levratto J, Montossi F. 2011. Mejora de la recría invernol de terneros por horas de pastoreo sobre verdes de avena: ¿cómo superar los 500 G/A/D? ¿Existen diferencias por el uso del pastoreo infrecuente? In: *Propuestas tecnológicas para el incremento de la productividad, la valorización y el ingreso económico para sistemas ganaderos de basalto*. Tacuarembó (Uruguay): INIA, 2011. p. 31-34 (INIA Serie Actividades de Difusión; 657)
- Simeone A, Beretta V. 2009. Alternativas tecnológicas. In: A. Simeone y V. Beretta (Eds) *11ª Jornada Anual de la Unidad de Producción Intensiva de Carne: Reformulando la ganadería en Uruguay: ¿Cómo se va a criar y engordar el ganado en los tiempos venideros?* Facultad de Agronomía, EEMAC; p: 1-38. www.upic.com.uy
- Simeone A, Beretta V. 2008. Encierre de terneros o Sistema ADT (Alimentación Diferencial del Ternero). In: A. Simeone y V. Beretta (Eds). *10ª Jornada Anual de la Unidad de Producción Intensiva de Carne: una década de investigación para una ganadería más eficiente*. Facultad de Agronomía, EEMAC; p: 38-41.
- Simeone A, Beretta V, Rowe J, Baldi F. 2003. Supplementing grazing beef cattle weekly or daily with whole maize grain. *Recent Advances in Animal Nutrition in Australia*, 12, 1 4A
- Simm G. 1998. What affects response to selection within breeds? In: Simm G. (Ed) *Genetic Improvement of Cattle and Sheep*. Suffolk, UK. Farming Press Miller Freeman. pp 107-146.
- Smith MT, Oltjen JW, Dolezal HG, Gill DR, Behrens BD. 1992. Evaluation of ultrasound for prediction of carcass fat thickness and longissimus muscle area in feedlot steers. *Journal of Animal Science* 70: 29-37.
- SNIG (Sistema Nacional de Información Ganadera). 2015. Indicadores. [En línea]. 29 octubre 2018. <https://www.snig.gub.uy/principal/snig-sistema-nacional-de-informacion-ganadera-indicadores?es>

- Tait R Jr, Wilson DE, Rouse GH. 2005. Prediction of retail product and trimmable fat yields from the four primal cuts in beef cattle using ultrasound or carcass data. *Journal of Animal Science* 83: 1353-1360.
- Tatum JD, Green RD, O Connor SF, Smith GC. 1996. Puntos críticos de control genético para mejorar la terneza en carnes de res de cruces de bovinos tolerantes al calor. In: Huerta-Leidenz N y Belk KE. (Eds). *El ganado brahman en el umbral del siglo XXI. Memorias del Congreso Mundial de la raza Brahman*. PP 374-403.
- Thrift FA, Thrift TA. 2006. Review: Expected versus realized progeny differences for various beef cattle traits. *The Professional Animal Scientist*. 413-423.
- Tomkins NW, Harper GS, Bruce HL, Hunter RA. 2006. Effect of different postweaning growth paths on long-term weight gain, carcass characteristics, and eating quality of beef cattle. *Australian Journal Experimental Agriculture*. 46: 1571–1578.
- Troy D, Murray B, O’Sullivan A, Mooney T, Moloney A, Kerry J. 2002. Influence of Feeding Systems on the Eating Quality of Beef, Research Report No. 58, Dublin, Teagasc.
- Urioste JI, Ponzoni RW, Aguirrezabala M, Rovere G, Saavedra D. 2003. Características de la res en objetivos y criterios de selección para razas británicas en el Uruguay. *Revista Agrociencia*. Vol.VII N° 1 pag 1-8.
- Van Soest PJ. 1982. *Nutritional ecology of ruminant*. Cornell University Press: New York, NY.
- Van Vleck LD, Hakim AF, Cundiff LV, Koch RM, Crouse JD, Boldman KG. 1992. Estimated breeding values for meat characteristics of crossbred cattle with an animal model. *Journal of Animal Science*. 70:363–371.
- Veneciano JH, Frasinelli CA. 2014. Cap. II. Sistemas de recría y engorde. [En línea]. Consultado 10/01/2017. Disponible en: http://www.produccion-animal.com.ar/libros_on_line/42-INTA-Libro-Sistemas-Bovinos.pdf
- Veseth DA, Reynolds WL, Urick JJ, Nelson TC, Short RE, Kress DD. 1993. Paternal half-sib heritabilities and genetic, environmental, and phenotypic correlation estimates from randomly selected Hereford cattle. *Journal of Animal Science*. 71:1730–1736
- Waldner DN, Dikeman ME, Schalles RR, Olson WG, Houghton PL, Unruh, JA, Corah LR. 1992. Validation of real-time ultrasound technology for predicting fat thickness,

- longissimus muscle areas and composition of Brangus bulls from 4 months to 2 years of age. *Journal of Animal Science*. 70: 3044-3054.
- Webster AJF. 1989. Bioenergetics, bioengineering and growth. *Animal Production*, 48, pp 249 - 269. doi: 10.1017/S0003356100040265
- Wheeler TL, Cundiff LV, Koch RM, Crouse JD. 1996. Characterization of biological types of cattle (cycle IV): Carcass traits and longissimus palatability. *Journal Animal Science*. 74:1023–1035.
- Whittaker AD, Park B, Thane BR, Miller RK, Savell JW. 1992. Principles of ultrasound and measurement of intramuscular fat. *Journal of Animal Science*. 70: 942-952.
- Wilkins JF, McKiernan WA, Irwin J, Orchard B, Barwick SA. 2009. Beef production carcass traits and meat quality of steer progeny of sires differing in genetic potential for fatness and meat yield following growth at divergent rates. *Animal Production Science*, 49: 515-524 (submitted).
- Wilson DE, Graser HU, Rouse GH. 1998. Prediction of carcass traits using live animal ultrasound. In: *World Congress of Genetic Applied Livestock Production*, 6, s.d., 1998. *Proceedings* 23: 61-68.
- Wilson DE, Willham RL, Northcutt SL Rouse GH. 1993. Genetic parameters for carcass traits estimated from Angus field records. *Journal of Animal Science*. 71: 2365-2370.
- Woodward BW, Pollak EJ, Quaas RL. 1992. Parameter estimation for carcass traits including growth information of Simmental beef cattle using restricted maximum likelihood with a multiple-trait model. *Journal of Animal Science*. 70:1098–1109.
- Zerby HN, Belk KE, Sofos JN, McDowell LR, Smith GC. 1999. Case Life of Seven Retail Products from Beef Cattle Supplemented with Alpha-Tocopheryl Acetate. *Journal of Animal Science*. 77:2458–2463

7. POST-WEANING GAIN AND EPDS FOR RIB EYE AREA ON CARCASS
QUALITY IN URUGUAYAN HEREFORD STEERS*

Daniela Correa^{A, C}, Mario Lema^B, Olga Ravagnolo^B, Gustavo Brito^B.

^A Facultad de Agronomía, Universidad de la Republica del Uruguay

^B Instituto Nacional de Investigación Agropecuaria, Uruguay

^C Corresponding autor. Email: dcorrea@inia.org.uy

Winter gain, rib eye area, expected progeny differences, on carcass and meat quality

Summary text for the Tables of Contents

Meat industry must produce a certain type and quality of cattle, which is highly coveted by the entire meat supply chain and consumers. Superior sire lines for carcass traits and specific feeding practices, to target optimal gains during rearing and/or fattening periods, could be employed to increase meat quality. Higher gains of calves during first winter and sires with high rib eye area EPD generated steers with higher carcass yield, yield of the pistola cut, greater weight of R&L and striploin, achieving markets with high economic value.

* Artículo a ser enviado a la revista *Animal Production Science*

Abstract. Uruguayan farmers must produce a unique quality of cattle that is highly demanded by the meat supply chain. Uninterrupted nutrient intake can impact the creation of high quality beef. Therefore, the experimental objective of this study was to evaluate the effect of post-weaning Winter Stocking Growth Rates (WSGR) on carcass quality traits and retail cuts of Hereford steers from progeny of two groups of sires with different values of Expected Progeny Differences (EPD) for Rib Eye Area (REA). Three generations of steers (n=317) with mean weaning weight (WW) of 174 ± 30 kg, were randomly allotted into two replicates in a 2 x 2 factorial arrangement, in which factors were WSGR (High: H; Low: L) REA (High: H; Average: Av). After the winter phase, all calves grazed on pastures where herbage allowance was maintained at 5% of their live weight (LW) per day. When animals reached LW of 338 ± 28 Kg, they were finished in a feedlot. Cattle were harvested at a constant LW of 525 ± 40 kg. The H WSGR treatment increased ($P < 0.05$) hot and cold carcass weight (HCW and CCW) and dressing percentage (Dress₄th). It also increased striploin ($P < 0.01$), tenderloin ($P < 0.05$), sirloin ($P < 0.01$) and Pistola cut (PC) lean (kg). On the other hand, H REA increased ($P < 0.01$) REAu, ($P < 0.05$), striploin ($P < 0.01$) as well as the proportion of lean (%) ($P < 0.01$), the ratio Rump and Loin (R&L)/PC ($P < 0.01$) and PC/CCW from the left side ($P < 0.05$). No interaction between WSGR and genetic merit for the variables analyzed was observed. The absence of interaction for most characters analyzed allows planning additives benefits to improve the conditions of rearing and / or use superior bulls for carcass quality traits.

Additional Keyword: beef cattle, rearing phase, Rib Eye Area EPD, carcass composition, retail cut, quality meat

Introduction

The Uruguayan meat supply chain can only be successful if consumers from all markets in which this country places its production are satisfied, this is especially relevant given its dependence on foreign markets because of 75% of meat production in Uruguay is exported (INAC, 2017). To achieve this, the industry must produce a certain type and quality of cattle, which is highly coveted by the entire meat supply

chain and consumers. To help achieve this goal, superior sire lines for carcass traits could be used to increase quality. Alternatively or in addition, specific feeding practices could be employed to target optimal gains during rearing and/or fattening periods and thus obtaining the desired product.

Genetic Evaluations predict the genetic merit of progenitors for different traits through the expected progeny differences (EPD). These are considered a tool that helps making selection decisions based on objective information (Cardellino and Rovira, 1987). In 2002, the Uruguayan Hereford Breed Association began to include EPD for two carcass traits: rib eye area (REA) and back fat thickness (BFT) in their sire summaries (Aguilar and Ravagnolo, 2005). Rib eye area, at constant weight, accounts for a significant part of the variation observed in the percentage of cuts, with a high genetic correlation (0.57) between rib eye area and the percentage of retail product (Hassen *et al.*, 1998). Studies by Crews (2002) and Gwartney *et al.* (1996) indicate that parental EPDs correctly predict the actual observed differences for all traits, specifically carcass traits.

The calf rearing phase represents a great opportunity to improve growth efficiency by supplementary feeding (Owen *et al.* 1993; Beretta and Simeone 2008; Luzardo *et al.* 2014). This is an especially convenient stage of a calf's life to supplement, given their demand in absolute terms, is far less than for more mature animals (Simeone and Beretta 2008; Peripolli *et al.* 2016). Furthermore, Dicker *et al.* (2001), Robinson *et al.* (2001), Purchas *et al.* (2002) and Brito *et al.* (2014) showed the importance of the nutritional status and weaning weight gain on animal performance, tissue deposition patterns, the conversion efficiency in the final stage of completion, and the traits of carcass beef and quality beef.

Because both genetic and management alternatives can be useful to promote the production, this study has for objective to evaluate the effect of different post-weaning winter AGD, and high and average EPD for REA on carcass quality traits and retail cuts in growing Hereford steers in Uruguay.

Materials and Methods

Location

The experiment was carried out between 2010 and 2016, in the Livestock Unit of the 'Alberto Boerger' Experimental Station, INIA La Estanzuela, Uruguay (34 ° 20 '45 S and 57 ° 42'40 W).

Animal management and nutritional plans

Three-hundred and seventeen calves born to 23 bulls selected by their EPD for REA were used; 12 sires for high and 11 sires for average REA EPD, obtained from the PANAM Hereford genetic evaluation. Bulls for high and average values of EPD were in the percentile 20 and 60, respectively. One bull of each sire group connected between years.

The experimental design was a factorial 2 x 2 with two levels of winter post-weaning gains (low: 0.2 and high 0.6 kg/head.day) and two different EPD groups for REA (high: H; average: Av). Average weight of calves at weaning was 174 ± 30 kg. Within each group of sires, before sorting them into nutritional treatments, the calves were re grouped into two blocks according to the weaning weight (WW), totalizing eight groups. These groups were separated from rearing until slaughter.

A description will be made of the phases of growth prior to slaughter in order to understand the results of carcass traits object of the present paper. The growth phase is the subject of another paper (Lema *et al.*, 2016) and the summarized information is showed in Tables 1 and 2 is showed. During the rearing stage, calves were placed in feeding pens with an average of 15 m² /calf and 70 cm/calf of trough space. Winter diets were composed of 38% moha hay (*Setaria italica*), 25% maize and 37% sunflower meal. Calves were supplied with 85 g of calcium carbonate and 10 g of common salt per animal / day. Diets were the same for all animals and consisted of 16.41% CP and 2.41 Mcal per kg of dry matter (DM) metabolizable energy (ME). The chemical and nutritional composition are presented in Table 3. Calves were

adapted over 15 days to the final rearing diet. The strategy of the use of pens at this stage was merely to control concentrate consumption and to generate the objective ADG for each treatment. Different ADG rates were achieved by limiting feeding calves. These LWGs were predicted according to the nutritional requirements recommended by Agricultural and Food Research Council (1993). Feed availability was adjusted every 14 days according to the average weight of the treatment group and the target ADG of each treatment. Animals were offered ad libitum fresh water and minerals. The duration of the winter rearing period extended to 104 days.

Once the rearing period was over, animals were moved to paddocks (Pasture phase), consisting of a mixture of alfalfa, white clover and tall fescue, with a rotational grazing management of 2-3 occupation days in order to maintain a forage allowance (FA) of 5% LW. Forage availability were estimated according to the methodology described by Peripolli *et al.* (2016). Forage nutritional and chemical compositions are presented in Table 3. This phase culminated when the average LW of each treatment group reached 350 ± 28 kg after which, the Finishing phase initiated. At this phase, calves were finished on feed lot on a diet consisting of 80% of a commercial ration and the remaining 20% of moha hay, with an average of 13.1% CP content and 2.81 Mcal of ME per kg of DM. The chemical and nutritional composition of commercial ratio are presented in Table 3. Cattle were fed twice daily. Initial consumption rate was 2.5% LW (dry matter basis). Each animal had a space of 30 m²/animal and 40 cm of trough space.

Table 1. Number of animals per treatment, least-square means and standard error of the effect of Winter rearing (WSGR) and sires' genetic merit (REA) on weaning weight (WW; kg), average daily gains (ADG; kg/day), ultrasound rib eye area (REAu; cm²), final live weight during winter grazing, during the pasture and finishing phases of steers according to each treatments: sire (REA; High and Average) and winter rearing (WSGR; High and Low)

WSGR: Winter Stocking Growth Rate; High (H), Low (L); REA: Expected Progeny Difference for Rib Eye Area; WW: Weaning Weight; ADG: Average Daily Gain; Final LW: Final Live Weight; FLW_r, p o t: Final Live Weight, r: rearing, p: pasture, t: finishing. AOBur: AOB ultrasound at the end of the rearing Phase. ADG_r, p or t: GDP at the end of the Rearing, Pasture or Finishing Phase, respectively

	REA			WSGR			<i>Significancia</i>	
	H	Av	se	H	L	se	REA	WSGR
N° of Animals	77	80	-	83	77	-	-	-
WW (kg)	175.4	168.8	6.3	172.5	171.7	4.6	<i>ns</i>	<i>ns</i>
<u>Winter Phase^A</u>								
ADG _r (kg/d)	0.400	0.382	0.01	0.602	0.181	0.01	<i>ns</i>	**
REAu _r (cm ²)	34.3	31.6	0.7	35.6	30.3	0.6	*	**
FLW _r (kg/d)	215.5	209.3	5.5	234.4	190.4	4.1	<i>ns</i>	**
<u>Pasture Phase^B</u>								
Days	209	243	5.7	199	253	4.3	**	**
ADG _p (kg/d)	0.592	0.560	0.01	0.536	0.614	0.009	*	**
FLW _p	336.1	339.0	4.0	337.8	337.3	3.3	<i>ns</i>	<i>ns</i>
<u>Finishing Phase^C</u>								
Days	118	118	0.7	120	115	1.0	<i>ns</i>	**
ADG _t (kg/d)	1.235	1.220	0.01	1.225	1.230	0.01	<i>ns</i>	<i>ns</i>
FLW _t	524.9	530.0	5.6	530.3	525.0	4.5	<i>ns</i>	<i>ns</i>
Slaughter Age (days)	739	776	5.6	734	781	4.3	**	**

^A Post-weaning phase, from LW of 175 ± 18 kg, duration 104 day.

^B Post-winter phase, this phase culminated when the average LW of each treatment group reached 350 ± 28 kg.

^C Post- pasture phase the steers were moved to finishing on feed lot, once reached LW of 520 kg to harvest.

Table 2. Number of animals per treatment, least-square means and standard error of the interactions of winter rearing (WSGR) and sires' genetic merit (REA) on weaning weight (WW; kg), average daily gains (ADG; kg/day), ultrasound rib eye area (REAr; cm²), final live weight during winter grazing, during the pasture and finishing phases of steers according to each treatments: sire (REA; High and Average) and winter rearing (WSGR; High and Low)

WSGR or Rearing: Winter Stocking Growth Rate; High (H), Low (L); REA: Expected Progeny Difference for Rib Eye Area; REA: Rib eye area (H: High and Av: average); WW: Weaning Weight; ADG: Average Daily Gain; Final LW: Final Live Weight; LW_r, p o t: Final Live Weight, r: rearing, p: pasture, t: finishing. AOB_r: AOB ultrasound at the end of the rearing Phase. GDP_r, p o t: GDP at the end of the Rearing, Pasture or Finishing Phase, respectively

	REA * WSGR				se	Significance REA* WSGR
	HH	HL	AvH	AvL		
N ^o of animals	83	77	77	80	-	-
WW (kg)	175.6	175.1	169.4	168.2	6.5	<i>ns</i>
<u>Winter Phase^A</u>						
AGD (kg/d)	0.599	0.201	0.604	0.160	0.01	<i>ns</i>
REAr (cm ²)	36.5	32.0	34.7	28.6	0.8	<i>ns</i>
fLW _r (kg/d)	235.9	195.2	233.0	185.6	5.8	<i>ns</i>
<u>Pasture Phase^B</u>						
Days	176	242	222	265	6.0	**
AGD (kg/d)	0.575 ^b	0.609 ^b	0.498 ^c	0.620 ^a	0.01	**
fLW _p (kg)	334.9	337.4	340.7	337.3	4.7	<i>ns</i>
<u>Finishing Phase^C</u>						
Days	119 ^a	117 ^a	122 ^a	115 ^b	1.0	*
AGD (kg/d)	1.236	1.233	1.213	1.228	0.02	<i>ns</i>
fLW _t (kg)	527	522	533	527	6.4	<i>ns</i>
Slaughter Age (days)	710 ^c	768 ^b	757 ^b	794 ^a	6.0	**

^A Post-weaning phase, from LW of 175 ± 18 kg, duration 104 day.

^B Post-winter phase, this phase culminated when the average LW of each treatment group reached 350 ± 28 kg.

^C Post- pasture phase the steers were moved to finishing on feed lot, once reached LW of 520 kg to harvest.

Table 3. Chemical and nutritional composition of the ration components and forage utilized during the winter growth and finishing phases

The % values are expressed as % of DM. Methods used were as per Van Soest (1982), and Kjeldahl method. CP, crude protein; ADF, acid detergent fibre; NDF, neutral detergent fibre; ME, metabolic energy; 2011- 2012- 2013, year of birth

Parameter	Chemical and nutritional composition				
	CP (%)	ADF (%)	NDF (%)	Ashes (%)	ME (Mcal/Kg DM)
<i>Winter phase</i>					
Ration composition ^A					
2011	15.68	37.55	50.57	-	2.33
2012	16.54	32.29	43.67	-	2.48
2013	17.01	33.11	47.53	-	2.42
<i>Pasture phase</i>					
Pasture composition ^B					
2011	22.36	31.38	46.16	10.46	2.33
2012	17.65	33.06	47.49	9.54	2.28
2013	17.13	35.46	51.69	11.27	2.21
<i>Finishing phase</i>					
Ration composition ^C					
2011	10.46	16.49	30.57	5.83	2.74
2012	14.09	24.16	38.90	6.84	2.53
2013	14.82	22.22	36.76	8.51	2.58

^AComposed of 38% moha hay, 25% maize grain, 37% sunflower meal, 85 g of calcium carbonate and 10 g of common salt

^BComposed of alfalfa, white clover, tall fescue

^CComposed of 80% of a commercial ration, 20% of moha hay

Slaughter procedure and carcass evaluation

Animals from each group were harvested when the average pen weight was 520 kg LW. Hot carcass weights (HCW) were recorded post-dressing and dressing percentage (% Dress_4a) was calculated estimating the % of shrinkage between average HCW and average final on-farm LW. After aging for 36 h at 5° C in camera, cold carcass weight (CCW) was recorded. The left side was quartered at the 10 th rib into a three-rib hindquarter and a forequarter. Pistola cut (PC; three rib pistola cut) is prepared from a hindquarter by the removal of the thick flank and lateral portion ribs. Seven retail cuts from PC were weighed and recorded following United Kingdom Standard fabrication (Guardia, *et al.*, 2004): striploin, tenderloin, rump sirloin (Rump & Loin), thick flank, rump tail, topside and silverside. Trimmings were also weighed, as well as fat cuts and PC bone, and these recordings were used to calculate the overall saleable cuts proportion. From deboning data the proportion of saleable cuts, Rump and Loin (R & L; beef, loin and sirloin) was estimated. The total lean (lean, kg) was obtained from the sum of the weights of all the registered cuts plus the trimmings of meat and was expressed as a percentage of the PC (% lean). For retail cuts estimation, different relationships were established between a) PC/ CCW^{1/2}, b) R&L/PC, c) lean/ PC (%), d) fat/PC (%), and e) bone/PC (%).

Statistical analysis

The experimental design was a random block factorial arrangement, and the variables were analyzed according to a mixed linear model (SAS, proc mixed), considering the year of birth (2011, 2012, 2013), the block (1, 2), winter daily gain

(0.2; 0.6 g), sires group (REA, H; Av), the interaction between winter daily gain and sire group effect and the random effect of sire.

Pearson correlations were estimated to analyze the relationships between the variables previous to slaughter (REAu) and carcass traits, those expressed by weights and yields.

Results

Results of the main effects (REA and WSGR) will be presented in tables for the different variables.

It was not interactions between main effects and also with year of birth.

Before slaughter and carcass traits

Table 4 shows the results of the effect of REA and WSGR on variables registered prior to slaughter and on the carcass traits.

Table 4. Least-square means and standard error of the effect of winter rearing (WSGR) and sires ´genetic merit (REA) on before slaughter traits and the carcass traits

Ns: not significant ($P>0.05$); * $P<0.05$; ** $P<0.01$. WSGR: Winter Stocking Growth Rate; REA: Rib Eye Area; REAu: ultrasound Rib Eye Area; FLW: Final Live Weight; HCW: Hot Carcass Weight; CCW: Cold Carcass Weight

	REA			WSGR			Significance	
	H	Av	se	H	L	se	REA	WSGR
<i>Before Slaughter</i>								
REAu (cm ²)	64.2	60.8	1.2	62.5	62.4	0.7	**	ns
F LW (kg)	524.9	530.0	8.0	530.2	524.7	4.2	ns	ns
Slaugh. age (days)	739	776	5.6	734	781	4.3	**	**
<i>Carcass Yield</i>								
HCW (kg)	266.9	266.1	4.9	269.2	263.9	2.3	ns	*
Dress_4 ^a (%)	54.9	54.3	0.32	54.8	54.4	0.16	ns	*
CCW (kg)	258.1	258.5	4.8	261.0	255.5	2.3	ns	*

A significant effect of REA genetic merit was observed for REAu ($P < 0.01$) and for slaughter age ($P < 0.01$). The REAu was higher and slaughter age was lower in the REA H (Table 4). The WSGR affected slaughter age ($P < 0.01$) while final LW was not effected by neither of the principal effects (REA and WSRG) ($P > 0.05$).

WSGR had a significant effect ($P < 0.05$) on the carcass variables: HCW, Dress_4^a and CCW, which were higher for the WSRG H (Table 4).

Weight and composition of the Pistola cut

Results of the effect of the REA and WSRG on the weight and composition of the Pistola cut are shows in Table 5.

Table 5. Least-square means and standard error (SEM) of the effect of winter rearing (WSGR) and sires ´ genetic merit (REA) on the Pistola Cut (PC)

Ns: not significant ($P>0.05$); * $P<0.05$; ** $P<0.01$. REA: rib eye area; H: High; Av: Average; WSGR: Winter Stocking Growth Rate; H: High; L: Low; PC: Pistola Cut Weight; R&L: Rump and Loin Cut; Fat: fat; Lean: summarized all of Pistola cuts and trimming

	REA			WSGR			Significance	
	H	Av	<i>se</i>	H	L	<i>se</i>	REA	WSGR
<i>Pistola Cuts Weights</i>								
PC (kg)	55.1	54.7	1.03	55.5	54.2	0.50	<i>ns</i>	**
R&L (kg)	12.1	11.5	0.27	12.1	11.5	0.12	<i>ns</i>	**
Striploin (kg)	5.0	4.6	0.14	5.0	4.6	0.40	*	**
Tenderloin (kg)	2.1	2.1	0.04	2.1	2.0	0.02	<i>ns</i>	*
Sirloin (kg)	5.0	4.8	0.12	5.0	4.8	0.05	<i>ns</i>	**
Lean (kg)	40.4	39.7	0.80	40.6	39.4	0.40	<i>ns</i>	**
<i>Proportions refers to Pistola Cut</i>								
Lean (%)	73.4	72.5	0.23	73.1	72.7	0.18	**	*
Fat (%)	4.8	5.0	0.15	5.0	4.8	0.12	<i>ns</i>	<i>ns</i>
Bone (%)	21.8	22.5	0.22	21.8	22.5	0.15	**	**
R&L/PC (%)	22.0	21.0	0.19	21.8	21.2	0.10	**	**
PC/CCW ^{1/2} _l (%)	42.6	42.3	0.16	42.5	42.4	0.14	*	<i>ns</i>

The effect of the rearing is significant in the PC, the high value cuts and the weight of the total lean of the pistola cut. The WSGR H treatment presented higher R&L weights in its cuts (striploin: $P<0.01$, tenderloin: $P<0.05$ and sirloin: $P<0.01$). Rearing High achieved a striploin 9% heavier than WSGR Low. Also, REA H, presented the same effect in quantitative terms on the striploin ($P<0.05$).

When the cuts and the different tissues were analyzed in proportion to the total of the Pistol (%), the WSGR presented significant effect in all the variables analyzed, with

the exception of fat (%) and PC / CCW^{1/2}₁ (%). The contribution of genetic merit had a significant effect in REA H, the lean (%) ($P < 0.01$) and the PC/CCW^{1/2}₁ ratio (< 0.05) which were higher while the bone (%) was lower ($P < 0.01$) compared to REA Av. There were no significant differences in fat (%) for any of the treatments.

Correlations between traits previous to slaughter and carcass traits

To analyze the relationships between the variables previous to slaughter and carcass traits, Pearson correlations were estimated. The variable in vivo was REAu and the variables of the carcass were those expressed in weights (HCW, PC, R & L, striploin and lean) and those in proportions (Dress_4^a, and R & L / PC) (Table 6). The highest correlation was given with the R & L (0.64), variable expressed in weight. Hence, the variables expressed in absolute values (weights) presented correlations equal to and greater than 0.54, variables expressed in proportions were lowest.

Table 6. Pearson correlations and Probabilities between ribeye eye area by ultrasound and the carcass variables expressed in weights and proportions

HCW: Hot Carcass Weight; PC: Pistola Cut Weight; R&L: Rump and Loin Cut; Lean (kg): summarized of Pistola Cuts + trimming; CCW^{1/2}₁: Cold 1/2 Carcass Weight left

Variable	Pearson Corr.	<i>P</i>	Variable	Pearson Corr.	<i>P</i>
HCW (kg)	0.54	<.0001	Dress_4 ^{ta} (%)	0.42	<.0001
PC (kg)	0.54	<.0001	PC/CCW ^{1/2} ₁ (%)	0.05	0.4113
R&L (kg)	0.64	<.0001	R&L/PC (%)	0.43	<.0001
Striploin (kg)	0.58	<.0001			
Lean (kg)	0.54	<.0001			

Discussion

Winter Stocking Growth Rate

Results presented herein support the idea that different weight gains in post-weaning generate differences in growing not only in the rearing phase but also at finishing (to slaughter age and carcass composition).

Winter gains over a period of 104 days after weaning (0.2 and 0.6 kg / head.day) trying to represent Uruguayan calf feeding conditions, implied differences ($P < 0.01$) in the final weight of this stage of 44 kg / animal for WSRG H. These were not compensated with posterior handling until slaughtering, in this study. According to Robinson *et al.* (2001), where the difference in live weight at the end of grow-out was greater than 15 kg, increased growth rate during finishing was insufficient to permit complete catch up of live weight by the end of finishing. Unlike our experiment, the final live weights of background of Robinson *et al.*, (2001) experiment were 350 kg. There was no further compensation beyond 520 kg. Different winter gains generated important differences in the finishing time of the steers and in the slaughter age between WSRG H and L of 47 days (734 vs 781 days, respectively) (Lema *et al.*, 2016). These results coincide with the data obtained by Peripolli *et al.* (2016).

The criterion of slaughter time of the different lots of steers was when they reached the same average weight (525 kg of LW). None of the treatments generated differences in slaughter weight, however HCW was greater ($P < 0.05$) in WSGR H treatment. The greatest impacts was HCW obtaining yields of carcass: CCW and Dress_4^a, probably due to an effect on growth and tissue deposition.

From an energy point of view, the greater winter diet (WSRG H) caused high weight gain and better body composition, where the food energy might not have dissipated as heat and was retained as proteins and fat (Webster, 1989).

Rearing with higher daily gains in the first winter of the animals' life allowed to obtain greater PC weight, weight of the valuable hindquarter cuts as R & L and total meat of the Pistola cut. It is important to mention from a commercial point of view, that the striploin weighted more in WSRG H than in L (0.4 kg in average for each cut). The value of this striploin increases in a ranked scale, mainly in European market, where the obtained results could represent until 35% more value on price (\$/ton) when the weight is ≥ 5 kg/striploin (INAC, 2017).

About PC composition, WSRG H increased % of lean ($P < 0.05$) and R & L/PC (%) ($P < 0.01$), decreased % of bones ($P < 0.01$) and not significant effect ($P > 0.05$) in % fat. This results are different to Silva *et al.* (2017) who worked with three gains in rearing (-0.06, 0.67 and 1.09 kg.animal / day) with a common diet in the finishing phase and the length of experiment time was 250 days until to final slaughter. In their study, % of bones, lean and fat in the carcass, did not differ between treatments during this phase. The difference between studies besides the type of breed (Nelore vs Hereford) and the slaughter criteria (weight vs time point) is in the way to calculate the carcass composition, Silva *et al.* (2017) used whole carcass.

Genetic merit

The second hypothesis proposed in this study was that progeny (steers) of sires with greater EPD for ribeye area, would present higher carcass yield and higher value cuts. According to Bertrand *et al.* (2001), when genetic correlation (r_g) between seedstock ultrasound and slaughter cattle carcass measures are ≥ 0.70 , similar or greater genetic progress in finished cattle carcass merit could be achieved by using ultrasound information entirely compared to using typical carcass progeny information.

Ultrasound rib eye area ($P < 0.01$) and striploin (kg) ($P < 0.05$) were affected positively by the REA as was expected. The REAu was 3.4 cm² higher in the REA H, producing striploins, and 0.4 kg heavier than REA L. The measurements of REA by ultrasound have proven to be valuable in the prediction of carcass composition

due to the positive correlation ($r = 0.52$) between the REA scanned prior to the slaughter and the proportion of meat in the carcass (Doorley, 2001 and Bergen *et al.*, 2003). In this study, the correlations found between REAu and the weight of steak and lean (kg) of the Pistola cut were higher 0.58 ($P < 0.01$) and 0.54 ($P < 0.01$), respectively. The highest correlation obtained with REAu was with the R & L (kg) (0.64; $P < 0.01$), while for the R & L / PC ratio (%) the correlation was 0.43 ($P < 0.01$). These correlation values are associated with the lowest proportion of bone in the PC of steers REA H ($P < 0.01$), of the highest proportion of meat and R & L in the PC ($P < 0.01$) and the highest percentage represented by the PC in the total of the carcass.

Although the PC and their most valuable cuts were affected mainly by the WSGR, when analyzing the composition of the tissues of the PC: lean, fat and bone, the effect of the parents' genetic merit is relevant. Koh *et al.* (2014) found positive genetic correlations between REA (measured in the carcass) with weight and % of retail cuts (+0.60 and +0.72, respectively) and negative genetic correlation between REA and % fat (-0.64). In this study was observed lower % fat in REA H, although the differences were not statistically significant ($P > 0.05$).

The highest proportion of PC/CCW^{1/2} (%) was observed in carcass of REA H, similar with the statement of Hassen *et al.* (1998), who states that at a constant weight the ribeye area explains a good part of the variation observed in the percentage of cuts. This author reports a genetic correlation of 0.57 between the area of the ribeye eye and the percentage of retail product.

Regarding to the third hypothesis proposed: the interaction of parental EPD of rib eye area and different WSRG, no effect of this was observed.

Conclusions

On the basis of the results obtained in the study, it is recommended that animals receive an adequate nutritional management during the first winter and to select

superior sire lines for carcass traits to maximize their future performance, especially carcass quality traits in steers.

The lack of interaction allows benefits to improve the conditions of rearing and / or use superior bulls for carcass quality traits. Poor rearing are not compensated by the use of progeny of the superior bulls, at least within the range of EPD and WSGR considered in this study and Uruguayan calf feeding conditions.

Studies that allow to analyze the maximum progeny potential of superior bulls for meat characteristics in non-limiting environments could be a challenge for future work.

References

- Agricultural and Food Research Council (1993) Energy and protein requirements of ruminants. (CAB International: Wallingford, UK)
- Aguilar I, Ravagnolo O (2005) Programa de Mejoramiento Genético de la Raza Hereford. Anuario Hereford 2005. Sociedad Criadores de Hereford del Uruguay. Montevideo: 182-184.
- Beretta V, Simeone A (2008) Suplementación de terneros en invierno sobre pasturas sembradas. In: Una década de investigación para una ganadería más eficiente. Jornada UPIC, agosto 2008. pp. 32-34.
- Bergen RD, Crews DH, Miller SP, McKinnon JJ (2003) Predicting lean meat yield in beef cattle using ultrasonic muscle depth and width measurements. *Canadian Journal of Animal Science* **83**: 429-434.
- Bertrand JK, Green RD, Herring WO, Moser DW (2001) Genetic evaluation for beef carcass traits. *Journal of Animal Science* **79** (E. Suppl.): E190–E200
- Brito G, San Julián R, La Manna A, Del Campo M, Montossi F, Bancharo G, Chalkling D, Soares de Lima JM (2014) Growth, carcass traits and palatability: can the influence of the feeding regimes explain the variability

found on those attributes in different Uruguayan genotypes? *Meat Science* **98**, 533-538.

Cardellino R, Rovira J (1987) Heredabilidad. In: Mejoramiento Genético Animal. (Eds Cardellino R, Rovira J) pp. 65-92. (Editorial Hemisferio Sur: Montevideo)

Crews DHJr (2002) The relationship between beef sires carcass EPD and progeny phenotype. *Canadian Journal of Animal Science* **82**:503.

Dicker RW, Ayres JF, McPhee MJ, Robinson DL, Turner AD, Wolcott ML, Kamphorst PG, Harden S, Oddy VH (2001) Post-weaning growth of cattle in northern New South Wales. 2. Growth pathways of steers. *Australian Journal of Experimental Agriculture* **41**, 971 – 979.

Doorley J (2001) The usefulness of live animal body measurements, ultrasonic scanning and subjective scores in estimating carcass quality in cattle. Master's Thesis, National University of Ireland, Dublin.

Guardia V, Robaina R, Pigurina, G (2004) Opciones de preparación de los cortes. In: Productos comerciales de la faena y desosado del ganado vacuno. Serie Técnica N°33. Agosto 2004. Instituto Nacional de Carnes.

Gwartney BL, Calkins CR, Rasby RJ, Stock RA, Vieselmeyer BA, Gosey JA (1996) Use of expected progeny differences for marbling in beef: II. Carcass and palatability traits. *Journal of Animal Science* **74**:1014.

Hassen A, Wilson DE, Rouse GH (1998) Evaluation of Carcass, Live, and Real-Time Ultrasound Measures in Feedlot Cattle: I. Assessment of Sex and Breed Effects. *Journal of Animal Science* **76**: 273-282.

INAC (2017) Marketing [Online]. Available on-line with updates at <http://www.inac.uy/innovaportal/v/11278/17/innova.front/marketing> (verified 15 October 2017) (Instituto Nacional de Carnes)

Koh D, Lee J, Won S, Lee Ch, Kim J (2014) Genetic Relationships of Carcass Traits with Retail Cut Productivity of Hanwoo Cattle. *Asian Australas. Journal of Animal Science* **27**, No. 10: 1387-1393.
<http://dx.doi.org/10.5713/ajas.2014.14170>

Lema M, Brito G, Clariget J, Perez E, La Manna A, Ravagnolo O, Aguilar I, Montossi F (2016) Can nutritional level and parental EPD for rib eye area influence feed conversion efficiency and carcass yield in steers? In: Biennial Conference of the Australian Society of Animal Production (31st, 2016, Adelaide, South Australia).

Luzardo S, Cuadro R, Lagomarsino X, Montossi F, Brito G, La Manna A (2014) Tecnologías para la intensificación de la recría bovina en el Basalto -Uso estratégico de la suplementación sobre campo natural y pasturas mejoradas. In: Berretta E, Montossi F, Brito G (Eds) “Alternativas tecnológicas para los sistemas ganaderos del Basalto” pp. 71-91. (*Serie Técnica 217* INIA: Montevideo, Uruguay)

Owen FN, Dubeski P, Hanson CF (1993) Factors that alter the growth and development of ruminants. *Journal of Animal Science* **71**, 3138-3150.

Peripolli E, Banchemo G, Pereira A, Brito G, La Manna A, Fernandez E, Montossi F, Baldi F (2016) Effect of growth path on the performance and carcass traits of Hereford steers finished on pasture or in feedlot. *Animal Production Science* **58** (7) 1341-1348

Purchas RW, Burnham DL, Morris ST (2002) Effects of growth potential and growth path on tenderness of beef longissimus muscle from bulls and steers. *Journal of Animal Science* **80**, 3211-3221.

Robinson DL, Oddy VH, Dicker RW, McPhee MJ (2001) Post-weaning growth of cattle in Northern New South Wales 3. Carry-over effects on finishing,

carcass characteristics and intramuscular fat. *Australian Journal of Experimental Agriculture* **41**, 1041–1049.

Sas Institute Inc. (2012) SAS/STAT 9.2 User's Guide. Cary: SAS Institute Inc.

Silva LHP, Paulino PVR, Assis GJF, Assis DEF, Estrada MM, Silva MC, Silva JC, Martins TS, Valadares Filho SC, Paulino MF, Chizzotti ML (2017) Effect of post-weaning growth rate on carcass traits and meat quality of Nellore cattle. *Meat Science* **123**, 192–197 <http://dx.doi.org/10.1016/j.meatsci.2016.10.005>

Simeone A, Beretta V (2008) Encierre de terneros o Sistema ADT (Alimentación Diferencial del Ternero). In: 10ª Jornada Anual de la Unidad de Producción Intensiva de Carne: una década de investigación para una ganadería más eficiente (Eds A Simeone, V Beretta) pp. 38-41. (Facultad de Agronomía, EEMAC. Paysandú, Uruguay)

Van Soest PJ (1982) 'Nutritional ecology of ruminant.' (Cornell University Press: New York, NY)

Webster AJF (1989) Bioenergetics, bioengineering and growth. *Animal Production* **48**, pp 249 - 269. doi: 10.1017/S0003356100040265