

# CAPÍTULO VII

## EFFECTO DE DIFERENTES SISTEMAS DE PRODUCCIÓN EN EL CRECIMIENTO ANIMAL, LA CALIDAD DE LA CANAL Y DE LA CARNE EN NOVILLOS DE CRUZA BRITÁNICA

Gustavo Brito<sup>1</sup>, Ximena Lagomarsino<sup>2</sup>, Roberto San Julián<sup>3</sup>, y Marcia del Campo<sup>1</sup>.

### 1. INTRODUCCIÓN

La productividad y la diferenciación de los productos son los dos pilares fundamentales para la competitividad de cualquier actividad económica. La productividad se posiciona vía la mejora de la eficiencia de los procesos productivos y la disminución de los costos, mientras que la diferenciación pasa por el agregado de valor.

Los trabajos de investigación en crecimiento y desarrollo del animal durante los períodos de recría y engorde en Uruguay estuvieron concentrados en la evolución del peso vivo y en la medición de las tasas de ganancias diarias de peso en determinados períodos, descuidando los aspectos asociados al rendimiento carnicero y en la calidad final de su carne. Estos estudios consideraban el uso de dietas con base pastoril y la inclusión de la suplementación estratégica en períodos de crisis forrajeras o durante la fase de terminación de los animales. Actualmente, con la aparición de nuevos mercados de carne de alta calidad (cuota 481), los sistemas de engorde incorporan dietas energéticas por un período mínimo de 100 días, condicionando la etapa de terminación del animal, la cual además tendría efectos económicos ya que representa un costo mayor para el productor y para la industria frigorífica, en donde excesos de tejido graso deberán ser eliminados por recorte.

La predicción confiable de la composición del animal en vivo y su canal es crítica para

todos los segmentos de la cadena cárnica. El beneficio de una correcta estimación a nivel del productor se refleja en un mayor conocimiento del ganado clasificando los animales en lotes de similar composición permitiendo un uso más eficiente de la alimentación de los mismos y definiendo cual es el mercado más conveniente para su producto. A nivel de los frigoríficos, las ventajas radican en comprar productos que se ajusten a las demandas de sus compradores y que presenten un mayor rendimiento carnicero. El desarrollo de la tecnología de ultrasonido ampliamente utilizada en el área de mejoramiento genético presenta un gran potencial para estudiar el crecimiento de los principales tejidos muscular y graso y estimar la proporción de cortes valiosos.

Junto con el estudio del rendimiento carnicero, el cual contempla los dos pilares de la competitividad, productividad y diferenciación, se deberá caracterizar las cualidades intrínsecas de los productos cárnicos (color de la carne y grasa, pH, contenido de grasa intramuscular y terneza, entre otras), características éstas que son demandadas por los mercados exigentes y en las cuales el sector ganadero deberá contemplar para el soporte de su competitividad. Para ello se deberán considerar factores como genética, tipos raciales y sistemas de alimentación, los cuales inciden por sí solos o en su interacción sobre el rendimiento como en la calidad.

El objetivo de este estudio fue evaluar el efecto de diferentes sistemas de producción

<sup>1</sup>Ing. Agr. PhD. Programa Nacional de Carne y Lana, INIA.

<sup>2</sup>Ing. Agr. Programa Nacional de Carne y Lana, INIA.

<sup>3</sup>Ing. Agr. MSc. Programa Nacional de Carne y Lana, INIA.

en el crecimiento animal, su rendimiento carnicero y la calidad de su carne procedentes de predios invernadores y de ciclo completo con base pastoril, en las regiones del Litoral Oeste y el Cristalino

Los objetivos específicos estuvieron relacionados a:

- a) medir el efecto de esos sistemas de producción (manejo de la recría y engorde) en el crecimiento de los animales cuantificando variables como peso vivo (vacío y lleno), altura del anca, deposición de tejidos muscular y graso (subcutáneo e intramuscular) a partir del destete y durante el proceso de engorde;
- b) el rendimiento carnicero (porcentaje de cortes valiosos y relación músculo/grasa/hueso) de esos animales; y
- c) la calidad de la carne

## 2. METODOLOGÍA

### 2.1 Determinaciones a campo

A partir de mayo de 2008 se hizo el seguimiento de cuatro establecimientos ganaderos, que practicaban diferentes sistemas de engorde, diferenciándose en Invernadores (compra de terneros de destete) y de Ciclo Completo (se abastecen con terneros de sus propios rodeos de cría) y por el sistema de alimentación en la etapa de engorde (en base a pasturas únicamente, pasturas más suplementos y engorde a corral).

Las características de los establecimientos eran:

1. Invernador sobre suelos de Cristalino (Establecimiento "Las Cañas").
2. Invernador sobre suelos de Cristalino (Establecimiento "La Cartuja").
3. Invernador sobre suelos del Litoral Oeste (Establecimiento "Sangre Negra").

4. Ciclo completo sobre suelos del Litoral Oeste (Establecimiento "Santa Aurea"). En este último sistema, el lote seleccionado se dividió en dos, finalizando un grupo a corral - C y otro a pasturas - P).

Se apartaron 50 novillos por establecimiento, utilizando razas británicas y sus cruzas, a excepción de un productor (4) que contaba con ganado cruza británico por continental. La edad aproximada de los animales al inicio de esta experiencia era de 10 meses y el peso vivo inicial promedio de 177 kg.

Se midieron en el animal vivo las siguientes variables:

- Peso vivo.
- Altura de anca.
- Características carniceras mediante la técnica de ultrasonografía.
  - Área de ojo de bife (AOB, cm<sup>2</sup>): La medición fue realizada entre la 12<sup>a</sup> – 13<sup>a</sup> costilla a nivel del músculo Longissimus dorsi.
  - Espesor de grasa subcutánea (EGS, cm): Al igual que la medición de AOB se realizó entre la 12<sup>a</sup> – 13<sup>a</sup> costilla.

Para el estudio de la evolución de estas características de crecimiento se fijó disponer de un mínimo de cinco momentos de registros durante la duración de la experiencia. Estos estuvieron comprendidos en Mayo y Noviembre de 2008, Mayo y Diciembre de 2009 y el registro final previo al embarque de los animales, el cual varió de acuerdo a la evolución de las ganancias de peso vivo y a los sistemas de alimentación asignados (**Cuadro 1**).

### 2.2 Determinaciones en el frigorífico.

En la planta frigorífica las mediciones fueron las siguientes:

- A nivel de playa de faena:
  - Peso de la canal caliente (PCC) .
  - Medidas morfométricas: Largo de canal (LC) y perímetro de pierna (PP) del lado izquierdo de la canal.

**Cuadro 1:** Fechas de faena por productor.

Productor	Fecha de faena	Animales (desosados)
1	Diciembre 2010	34 (12)
2	Marzo-Abril-Julio 2010	25 (25)
3	Julio 2010	33 (12)
4	Octubre 2009 (C) – Mayo 2010 (P)	31 (31)

- A nivel del cuarteo (48 horas post mortem)
  - Peso de la media canal izquierda (PCCi).
  - Peso del corte pistola.
  - Peso de principales cortes (bife angosto, lomo, cuadril).
  - pH.
  - Color de la grasa (escala AUSMeat rango de 0 a 8).
  - Marbling o contenido y distribución de grasa intramuscular: por apreciación visual de acuerdo al Sistema de Clasificación de Calidad de Canales del Departamento de Agricultura de EE.UU (Beef, Quality Grades, USDA) a nivel de la 10<sup>a</sup> – 11<sup>a</sup> costilla, correspondiente al bife angosto.
- A nivel de laboratorio (2 días de maduración):
  - Terneza
  - Color del músculo

PVi promedio de 157 kg, mientras que los del productor 2 fueron los de mayor peso (202 kg;  $P < 0,05$ ). En los otros predios, los pesos de inicio fueron de 161 y 192 kg (productor 4 y 3, respectivamente) (**Cuadro 2**).

En las otras variables consideradas para el estudio del crecimiento animal, también se reflejan las diferencias en composición tisular entre los distintos sistemas de producción. Los terneros del productor 2 presentaban una mayor AOB inicial ( $P < 0,05$ ) y un mayor EG inicial medido por ultrasonografía, en comparación con el resto de los productores. En cuanto a AA, los terneros del sistema 3 fueron los de mayor altura ( $P < 0,05$ ).

Los terneros del sistema 1 presentaron los menores valores en las distintas variables al inicio de la experiencia (**Cuadro 2**).

En la **Figura 1**, se presenta la evolución del peso vivo en el período comprendido de Abril de 2008 hasta Diciembre de 2010. Durante el mismo, los productores definieron distintas estrategias de cría y engorde dadas las condiciones de sequía instaladas en 2008 y 2009 principalmente. Eso determinó el agrupamiento de animales según condición corporal, llegando incluso a dividir en dos estrategias de terminación, corral y pasturas, como sucedió en el establecimiento 4.

### 3. RESULTADOS: EN EL PERÍODO DE RECRÍA Y ENGORDE

Los animales seleccionados para esta experiencia presentaron un peso vivo inicial promedio (PVi) de 177 kg, mostrando diferencias en esta variable de 45 kg entre los establecimientos de mayor y menor peso. Los terneros del productor 1 fueron los más livianos con un

**Cuadro 2.** Valores iniciales promedios de las principales variables analizadas en esta etapa.

Productor	PV inicial (kg)	AA inicial (cm)	EGu inicial (mm)	AOBu inicial (cm <sup>2</sup> )
1	156,9c	97,2c	1,88b	29,0c
2	201,8a	102,2b	2,04a	37,2a
3	191,6b	106,1a	1,95ab	33,9b
4	161,3bc	101,3b	1,91b	32,9b

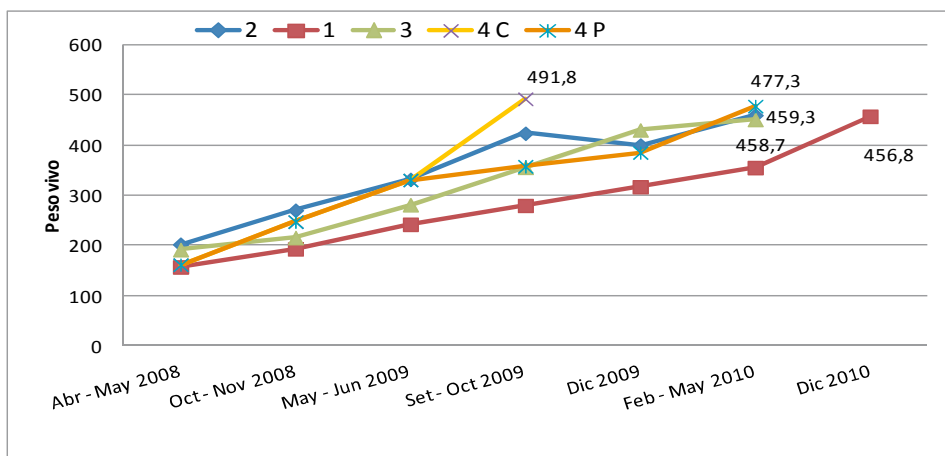


Figura 1. Evolución del peso vivo durante el periodo de estudio por productor.

En la segunda fecha de medición de estas variables (Octubre - Noviembre de 2008), al corregirse por el peso inicial, dada las diferencias expresadas, se puede observar el distinto crecimiento animal por productor. Se resalta la evolución de los terneros del productor 4, los cuales alcanzaron un peso vivo promedio de 257,4 kg, alcanzando un peso similar a los productor 2 (252,7 kg) quienes habían comenzado con el mayor peso inicial, superando en 40 kg a los del sistema de ciclo completo del Litoral oeste.

Como era esperable este mejor comportamiento también se expresa en las otras variables, principalmente en el AOBu y en el EGu, donde el predio 4 muestra las mayores valores (44,7 cm<sup>2</sup> y 2,8 mm, respectivamente), siendo diferentes ( $P < 0,05$ ) a lo registrado en los otros establecimientos para esas características (Figuras 3 y 4)

El otro grupo de animales que experimentó mejoras en crecimiento fue el perteneciente al sistema de producción 2. El AOBu y el EGu en esta fecha fueron de 41,7 cm<sup>2</sup> y 2,4 mm. En AA, estos animales fueron superiores ( $P < 0,05$ ) a los del predio 4 (116,2 cm vs. 113,7 cm), respectivamente (Figura 2).

Los dos factores que podrían estar explicando estos resultados son el tipo racial, el productor 4 contaba con animales cruza británico por continental y la disponibilidad y calidad de las pasturas, que permitieron potenciar esa respuesta.

Esta tendencia se sigue dando en la fecha 3 (Mayo-Junio 2009), donde el peso vivo de los terneros del sistema de producción 4 (corregido por el peso inicial), supera al de los terneros del sistema 2 (332,5 kg vs. 321,7 kg, respectivamente) (Figura 1). En esta fecha en este sistema, el grupo de animales se dividió en dos, destinándose unos a engorde a corral y otros a pasturas. Esto determina la apertura de la línea gráfica en las Figuras 2, 3 y 4, finalizando en octubre de 2009 los terminados a corral y en mayo de 2010, los que estuvieron alimentados a base de pasturas.

Esto sucede también en las otras variables, donde los terneros de ciclo completo de Litoral oeste, superan al resto en AOBu (47,8 cm<sup>2</sup>,  $P < 0,05$ ) y EGu (3,1 mm,  $P < 0,05$ ) (Figuras 3 y 4).

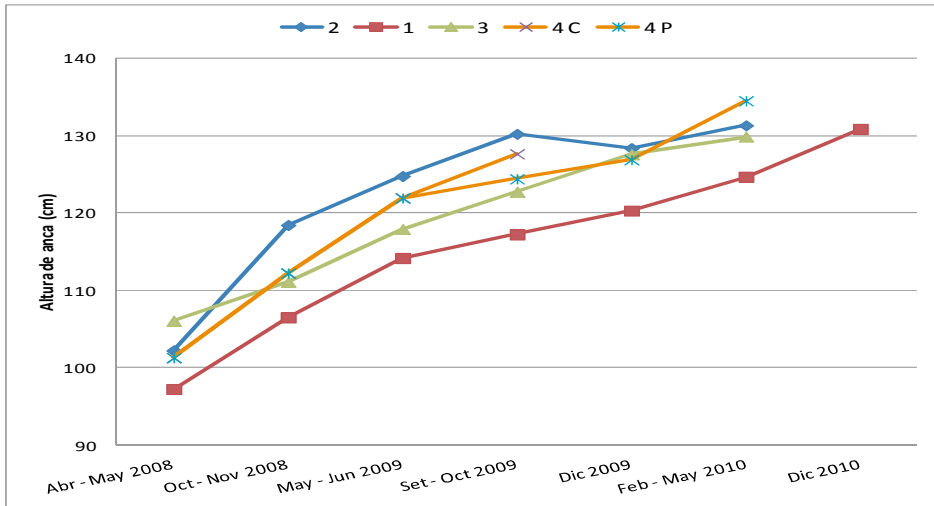


Figura 2. Evolución de la altura del anca (cm) durante el periodo de estudio por productor.

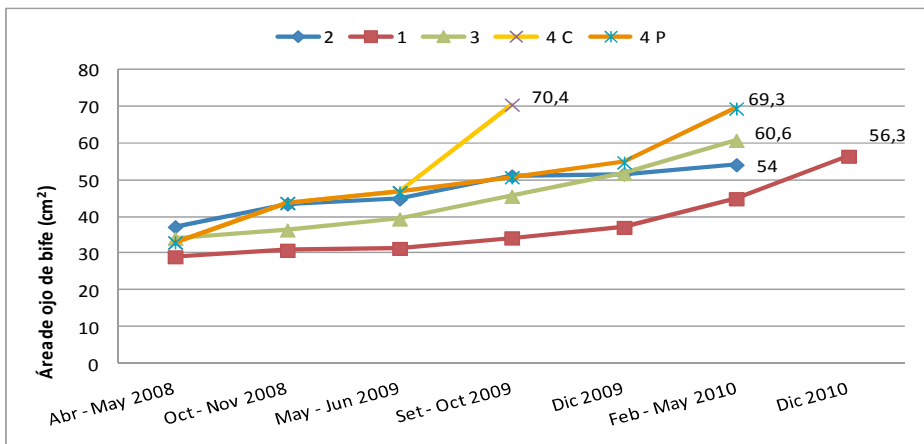


Figura 3. Evolución del área de ojo de bife (cm²) durante el periodo de estudio por productor.

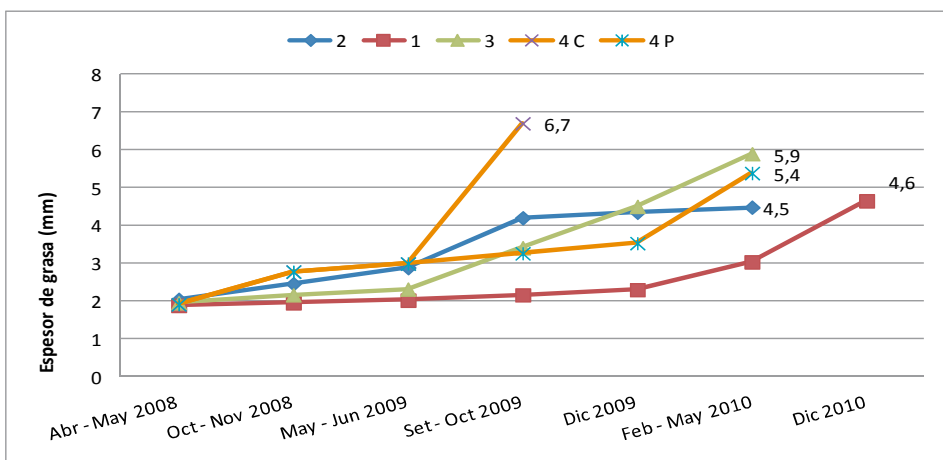


Figura 4. Evolución del espesor de grasa (mm) durante el periodo de estudio por productor.

Para el resto de las fechas de medición se mantuvo la tendencia de evolución del crecimiento de los animales por sistema de producción, constatando que los animales del productor 1, por la condición de los animales al inicio como por problemas en la disponibilidad de forraje de las pasturas (sequía 2008-2009), fueron los que mostraron un menor crecimiento, llegando a los pesos de faena entre 8 y 9 meses más tarde que los otros sistemas pastoriles.

El peso de faena promedio objetivo fue de 500 kg de peso vivo, en el campo. Los pesos vivos finales alcanzados por cada sistema, dentro de los pastoriles, fueron: el productor 1: 457 kg, el 2: 459 kg, el 3: 451 kg y el 4: 477 kg. Se deberá tener en cuenta que estos pesos fueron para el sistema 2, 3 y 4 en Mayo-Junio de 2010 y en Diciembre de 2010 para el productor 1. Los animales terminados a grano del sistema 4 alcanzaron un peso vivo previo al embarque de 492 kg en octubre de 2009.

Las ganancias de peso vivo para distintos períodos fijados por la fecha de medición y para todo el período son presentados en el **Cuadro 3**.

Las ganancias de peso promedio estuvieron afectadas por las condiciones climáticas que se presentaron en los años de la experiencia. Como se puede observar, en el primer año (abril 2008 a junio 2009) las mismas oscilaron entre un mínimo de 180 g/an/día

(productor 3) y 410 g/an/día (productor 4) ( $P < 0,05$ ) (**Cuadro 3**).

Las ganancias experimentaron una mejora por sistema en GPV3 (mayo 2009 a diciembre 2009) en los sistemas a pasto, siendo mayores ( $P < 0,05$ ) en este período en el establecimiento 3 (630 g/an/día). En los otros tres sistemas, los animales ganaron 400 g/an/día, aproximadamente.

Las ganancias presentadas como GPV2, corresponden a los datos registrados en el grupo de animales del sistema 4 engordados a corral. El registro no hace referencia a la ganancia del corral, sino que al período entre fechas de registros de pesadas.

Las ganancias para todo el período en los sistemas evaluados con alimentación a base de pasturas promediaron los 300 a 400 g/an/día para los productores 1, 2 y 3, respectivamente y de 550 g/an/día para el producto 4. Este último se explica, como ya se mencionó, por el tipo de biotipo manejado y el mejor estado de las pasturas. Fue seguido en GPV por el productor 2, donde los animales de este productor presentaban una mejor condición corporal y peso al inicio, lo que se evidenció en las curvas de crecimiento. Estas se mantuvieron por encima de los otros sistemas hasta la primavera de 2009, y posteriormente descendiendo en el peso vivo y la altura de anca y se mantuvieron en el espesor de grasa subcutánea.

**Cuadro 3.** Ganancias de peso vivo por animal y por día por período analizado y para todo el período desde inicio del trabajo y el envío a faena

Productor	1	2	3	4
GPV 1 (Abr08-Jun09)	0,23 c	0,30 b	0,18 c	0,41 a
GPV2 (May09-Set09)				1,25
GPV3 (May09-Dic09)	0,41 b	0,37 b	0,63 a	0,42 b
GPV4 (Dic09-May10)	0,25 c	0,98 a	0,23 c	0,56 b
GPV5 (May10-Dic10)	0,46			
GPV período	0,32c	0,39 b	0,34 c	0,55 a
Días totales	936	682	767	616

Nota: GPV corregido por peso vivo inicial (PVI). Letras diferentes por fila marcan diferencias estadísticas ( $P < 0.05$ ).

#### 4. RESULTADOS EN CALIDAD DE CANAL Y CARNE.

Al analizar las variables de esta sección, se deberá tener en cuenta que los novillos de esta experiencia fueron faenados en dos plantas frigoríficas, lo que puede llevar a variaciones en la toma de registros, fundamentalmente en el peso de los cortes al desosado.

##### 4.1 Peso de canal caliente

Se evaluaron en esta etapa un total de 123 canales procedentes de los diferentes establecimientos en diferentes momentos (ver Cuadro 1). El peso de canal caliente promedio de los cuatro sistemas evaluados fue de 250,9 kg, siendo el peso mínimo de canal de 215 kg y el máximo de 316 kg. El desvío estándar fue de 15,8 kg. En el Cuadro 4 se presentan los pesos de canal caliente promedio por sistema de producción.

Los animales de mayor peso de canal fueron los correspondientes al productor 3 (P<0,05); superando en 15 kg a los novillos

del ciclo completo, tanto terminados en pasturas como en corral y en casi 30 kg a los novillos de los otros dos sistemas localizados en Cristalino. En la Figura 5 se muestra la distribución de peso de canal caliente para diferentes rangos de peso por sistema. La mayor proporción de canales para el total de animales evaluados se encontraron en un rango de peso de 240 a 260 kg (45%), mientras que un 28% de las mismas estuvieron ubicadas en el rango siguiente (260 a 280 kg). Solo el productor 3 obtuvo canales dentro de los rangos superiores (5% del total de canales). Los sistemas de invernada sobre suelos de Cristalino en cambio presentaron su mayor proporción en los rangos por debajo de 260 kg.

##### 4.2 Dentición

La dentición otorgada en la Clasificación de INAC, constituye una medida de estimación de la edad cronológica del animal y está asociada a características de rendimiento carnicero y de calidad de carne. La frecuencia de animales según dentición para cada uno de los sistemas se presenta

Cuadro 4. Peso de Canal Caliente (PCC) por sistema de producción.

Productor	1	2	3	4 C	4 P
PCC (kg)	243.1c	240.1c	269.4a	254.7b	255.9b

Nota: Letras diferentes por fila muestran diferencias estadísticas (P<0,05).

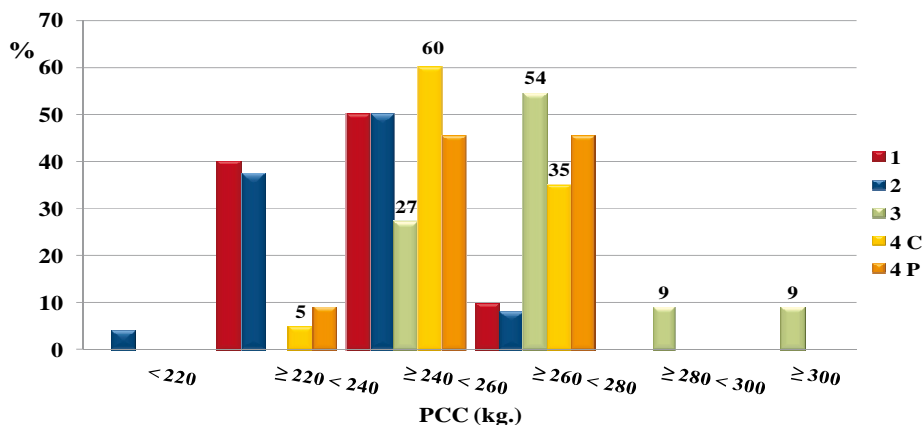


Figura 5. Distribución de las canales por rangos de peso de canal caliente por productor

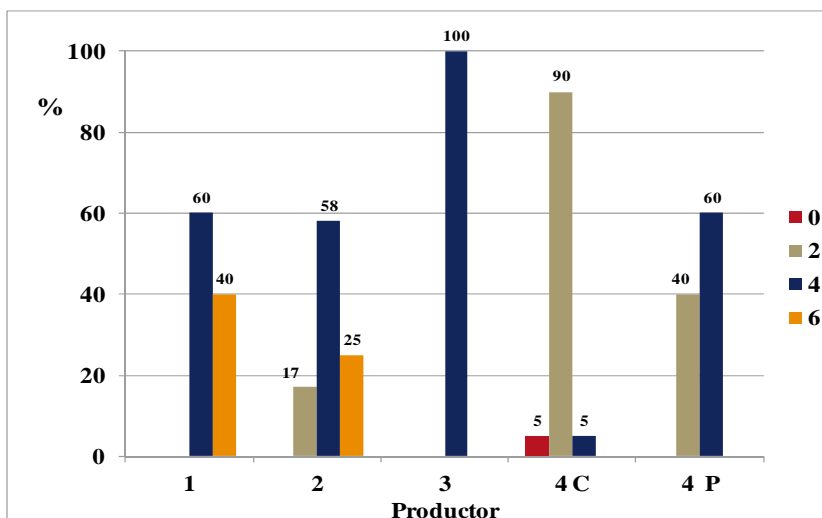


Figura 6. Distribución de las canales por dentición por productor

en la **Figura 6**. El promedio en dentición de los animales evaluados en planta frigorífica fue de 4 dientes, no existiendo animales de dentición completa. La mejor composición de animales por dentición se observó en los novillos del sistema 4 al comparar aquellos sistemas que utilizaron base forrajera en la mayor parte de la cría o en su período de terminación. El 60% de los animales fue de 4 dientes y el 40% restante de 2. En el otro extremo, estarían ubicados los sistemas de invernada sobre Cristalino, los cuales presentaron animales de mayor dentición, faenando el productor 1, por las razones enumeradas (animales de menor peso y tamaño, condiciones se seguía severas) animales de mayor edad (40% de 6 dientes y el 60% de 4 dientes). Los novillos del sistema invernador del Litoral Oeste evaluados en faena fueron en su totalidad de 4 dientes. Como era esperable los animales del pro-

ductor 4 destinados a engorde corral fueron los más jóvenes por dentición (90% de 2 dientes).

### 4.3 Conformación y Terminación

Siguiendo con la tipificación de INAC, todos los novillos de los diferentes sistemas fueron tipificados como grado A en la conformación y 2 en la terminación, en forma subjetiva. Para saber si existieron diferencias en conformación y en terminación se registraron medidas objetivas en la canal, como fueron el perímetro de la pierna y el largo de la canal, las cuales relacionadas al peso de canal caliente dan información sobre el índice de compacidad (asociado a la conformación). Además como índice de muscularidad se utilizó el AOBu dividiendo el PCC llevado a 50 kg, de forma de visualizar si este cálculo expresaba diferencias entre sistemas. En el

**Cuadro 5.** Medidas morfométricas de la canal y área de ojo de bife por ultrasonido relacionadas al peso de la canal caliente izquierda y espesor de grasa subcutánea por ultrasonido.

Productor	1	2	3	4 C	4 P
PCCi/PPi	1,13c	1,13c	1,25a	1,23a	1,21a
PCCi/LCi	0,84c	0,84c	0,96a	0,87bc	0,90b
AOBu/PCC*50kg	12,2b	11,3b	11,4b	13,7a	13,6a
EGu (mm)	4,9c	4,8c	6,3ab	6,6a	5,4bc

Nota: Letras diferentes por fila muestran diferencias estadísticas (P<0,05).



caso de la terminación, se utilizó como medida objetiva el espesor de grasa a nivel del bife angosto entre la 12-13ª costilla medido por ultrasonografía (**Cuadro 5**)

De la información presentada en este **Cuadro 5**, se concluye que los animales del productor 4 tuvieron un mayor índice de muscularidad ( $P<0,05$ ) el cual se podría explicar por el biotipo animal (cruza británica por continental) expresando el aporte de la raza continental, dado que no existieron diferencias en esta variable para este tipo de animal con dos dietas de terminación (grano y base pastoril). Además, estos animales presentaron los más altos valores del índice de compacidad (PCCi/PPI) junto con los novillos del productor 3.

El engrasamiento a nivel del bife si bien no representa el grado de terminación de una canal, dado que no contempla otras zonas anatómicas, como la grupa y la pierna, debiéndose ajustar el mismo con la apreciación visual de toda la canal, permite detectar diferencias en la deposición del tejido graso. Los novillos de los productores 3 y 4 (a corral) fueron los que presentaron los mayores valores de espesor de grasa, asociado a la alimentación en su terminación ( $P<0,05$ ).

#### 4.4 Peso de principales cortes

El sistema de comercialización en el país y en particular con Carne CREA, premia algunas de las características mostradas en secciones anteriores, como el peso de

canal caliente, el grado de terminación y la dentición. No obstante esto, la industria frigorífica tiene exigencias de los principales mercados compradores en alcanzar un determinado calibre según el corte y el mercado. Para el análisis de estos cortes se fijaron pesos umbrales para el bife angosto y el lomo, que podrían representar precios diferenciales.

En el **Cuadro 6** se presentan los resultados de los pesos promedios del bife, lomo y cuadril, de la suma de los anteriores (Rump & Loin; R&L) y de la proporción de este último de la media canal caliente. Las variables mencionadas están corregidas por el peso de canal caliente del mismo lado que se extrajeron los cortes.

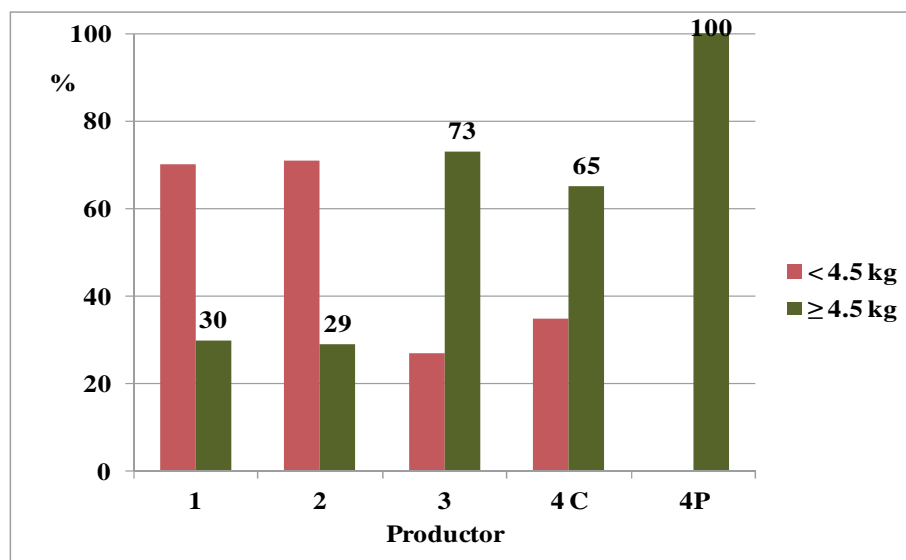
Las canales correspondientes a los novillos del sistema de ciclo completo del Litoral oeste, presentaron los mayores ( $P<0,05$ ) pesos promedio en el bife angosto y en lomo. Esto se vio reflejado también en la suma de los cortes que conforman el R&L. Los cortes de R&L procedentes de animales del productor 2, alcanzaron pesos similares a los del productor 4. Este comportamiento se mantiene aún cuando se relaciona la suma de esos cortes con el peso de la media canal caliente.

Esta diferencia a favor del productor 4 se marcará en el valor económico del corte, dado la incidencia del calibre de los mismos (ej: bifes con peso mayor a 4,5 kg podrían llegar a valorizarse un 20% más

**Cuadro 6.** Peso de principales cortes y proporción del Rump & Loin de la media res.

Productor	1	2	3	4 C	4 P
Bife angosto (kg)	4,40 b	4,42 b	4,51 ab	4,71a	4,72 a
Lomo (kg)	1,68 b	1,67 b	1,68 b	1,88 a	1,82a
Cuadril (kg)	2,92 b	3,34 a	2,84 b	2,94 b	2,97 b
R&L (kg)	9,0ab	9,5a	8,7b	9,4a	9,5a
R&L/PCCi	7,26ab	7,69a	6,80b	7,44a	7,53a

Nota: las variables de peso están corregidas por peso canal caliente izquierda (PCCi).



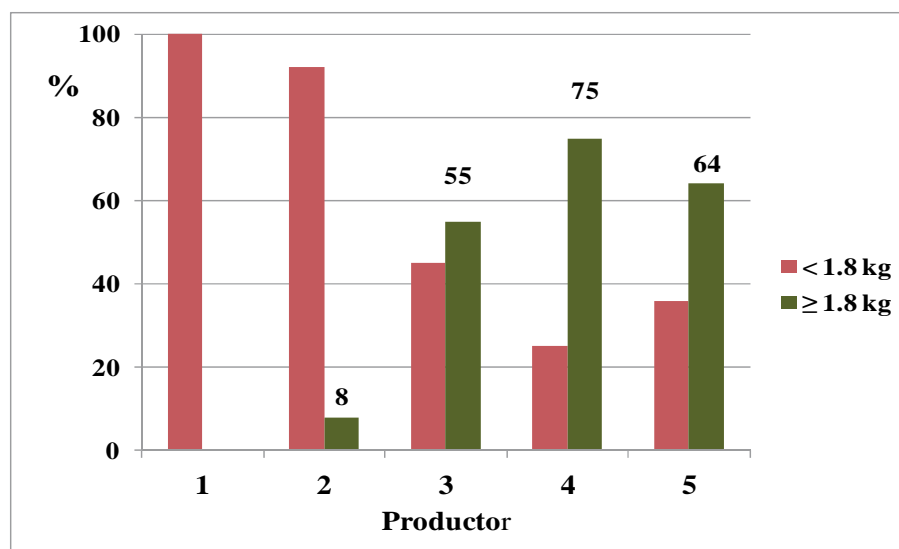
**Figura 7.** Distribución de los pesos de los bifes angostos según peso umbral de 4,5 kg por productor

que aquellos por debajo de ese umbral). En la **Figura 7**, se presenta la distribución de los pesos de los bifes angostos por productor y según ese umbral.

Nuevamente los productores 3 y 4 presentan una mayor proporción de bifes por encima del peso prefijado (4,5 kg), mostrando una relación inversa a los otros dos productores ubicados en suelos de Cristalino. En

el caso del productor 4 sobre pasturas, el 100% de los bifes angostos pesaron igual a 4,5 kg o más.

Lo mismo se presenta para los lomos, siendo el calibre de 1,8 kg el fijado para la diferenciación de valor. El productor 4, como se observó en el **Cuadro 6**, se diferencia en este corte del resto de los sistemas, presentando del 64 al 75% de los lomos en el rango



**Figura 8.** Distribución de los pesos de los lomos según peso umbral de 1,8 kg por productor.

superior ( $\geq 1,8$  kg). Los novillos de los sistemas invernadores de Cristalino no alcanzaron ese umbral o lo hicieron en una muy baja participación.

#### 4.5 Calidad de carne

En el comercio de la carne vacuna a nivel mundial se han registrado fuertes cambios en los hábitos de consumo de carnes rojas. Cada vez más son mayores las exigencias de calidad del producto, donde el color y la terneza (ésta como cualidad más importante de la palatabilidad), son las principales determinantes que el consumidor pone énfasis en el momento de decisión y repetición de compra. Junto a los atributos mencionados, hay una serie de variables que están relacionadas a la calidad, como ser el pH y el contenido de grasa intramuscular, de interés de evaluar en estos sistemas.

El pH es una variable de calidad de carne que se relaciona con atributos de palatabilidad y color, pero su importancia comercial radica principalmente en aspectos de inocuidad. Los mercados determinan exigencias de pH en carne que varían en valores menores a 5,8 (Estados Unidos) o menores a 6,0 (Europa).

**Cuadro 7.** Promedio de pH según sistema.

Productor	1	2	3	4 C	4 P
pH	5,52	5,58	5,56	5,58	5,54

**Cuadro 8.** Color de la grasa según escala AUSMeat de las canales evaluadas por productor.

Productor	1	2	3	4 C	4 P
Color grasa	3,20a	3,31 <sup>a</sup>	3,24a	2,10b	2,91a



En el **Cuadro 7** se observan los valores de pH registrados a las 48 horas post mortem, para el total de novillos. Los valores observados se encontraban dentro de los considerados normales en los cuatro sistemas (menor a 5,8), no existiendo diferencias ( $P > 0,05$ ) entre sistemas

El color de grasa de cobertura se evalúa de forma subjetiva y se puntúa con los estándares de color de AUSMeat de 0 a 8. Se observan diferencias en color atribuidas principalmente al tipo de dieta suministrada en el período de engorde (**Cuadro 8**). Los novillos terminados con grano (a corral; 4 C) presentaron una grasa más blanca (2,1;  $P < 0,05$ ) que el resto de los animales de los otros sistemas. No obstante el color de la grasa de los novillos de estos sistemas fueron valores aceptables. Los valores de rechazo en esta escala utilizados por la industria son el 7 y el 8.

Para el color de la carne, en el **Cuadro 9** se muestran los valores de los parámetros  $L^*$ ,  $a^*$  y  $b^*$  sobre la muestra de carne (músculo *Longissimus dorsi*) llevada al laboratorio para su análisis.

**Cuadro 9.** Parámetros de color en la carne.

Productor	1	2	3	4 C	4 P
L*	35,36b	34,00b	34,70b	38,92a	33,88b
a*	22,27b	20,27c	22,16b	25,03a	20,33c
b*	10,95a	9,92b	11,72a	9,53b	9,52b
Croma	24,61b	22,53c	24,98b	27,00a	22,43c

**Cuadro 10.** Promedio de dureza (kgF) de la carne según sistema.

Productor	1	2	3	4 C	4 P
Dureza	5,05	5,32	4,92	5,10	5,22

El parámetro L\* en la carne, asociado a la luminosidad o brillo, presentó diferencias entre productores, siendo menor ( $P < 0,05$ ) en los sistemas donde la terminación del engorde tenía base pastoril, determinando generalmente una coloración más oscura. Esto está acorde a lo reportado internacionalmente sobre el efecto de la alimentación a base de grano en la dieta sobre el color de la carne. El parámetro a\* en carne, el cual muestra los niveles de rojo, fue menor ( $P > 0,05$ ) en el sistema 4 que incluyó grano en la dieta. El b\* representa los niveles de amarillo, siendo el sistema 4 C el de menor valor.

El Croma, definido como la raíz cuadrada de la sumatoria de los parámetros a\* y b\* al cuadrado, es un indicador que se aproxima a la apreciación visual por parte del consumidor. Claramente resulta que la carne de los animales del sistema con encierro, presentó los mayores valores de esta variable (27;  $P < 0,05$ ), demostrando el mejor grado de aceptación potencial por su color. Por otra parte, la carne de los animales alimentados únicamente a pastura fue de un color rojo más intenso.

Los niveles de dureza promedio con un periodo de maduración de 2 días para el total de novillos evaluados no presentan diferencias entre productores. En el **Cuadro 10** se presentan los valores promedios de terneza a los 14 días de maduración del músculo *Longissimus dorsi*.

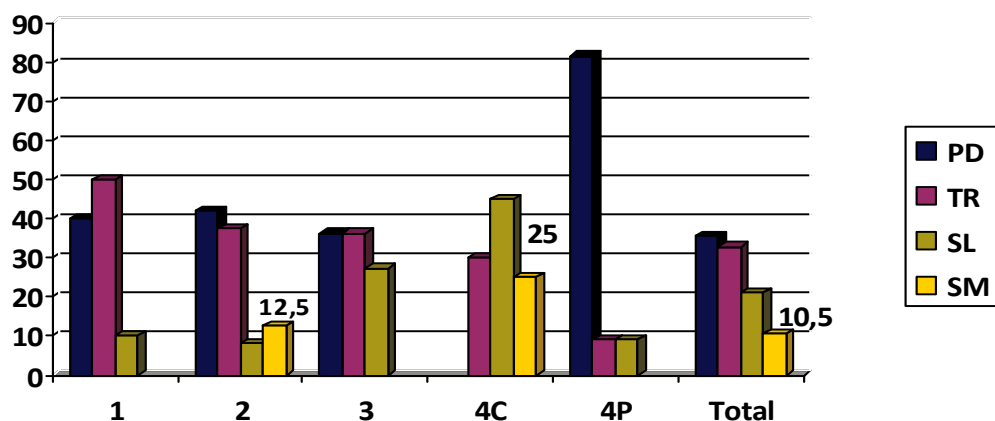
La cantidad y distribución de la grasa intramuscular en el bife (*Longissimus dorsi*) influye en la apariencia física de la carne y su palatabilidad. Varios estudios han demostrado que incrementos en el grado de marmoreo están asociados con menores valores de fuerza de corte (carne más tierna) y con incrementos de puntuaciones del panel sensorial. Esto es debido a que la grasa intramuscular puede tener un efecto de dilución y de lubricación, probablemente importante en las evaluaciones con paneles sensoriales y al efecto positivo adicional que tiene la grasa sobre la jugosidad de la carne. La expresión de esta variable depende del componente genético y del nutricional (dietas energéticas). La escala correspondiente al sistema utilizado para la determinación de marbling se presenta en el **Cuadro 11**.

**Cuadro 11.** Escalas de Marbling (según USDA).

Escala	Marbling	Escala numérica
Prácticamente desprovisto	PD	100 - 199
Trazas	TR	200 - 299
Leve	SL	300 - 399
Poco	SM	400 - 499

**Cuadro 12.** Marbling promedio por productor.

Productor	1	2	3	4 C	4 P
Marbling	207,00	210,42	240,00	343,00	150,30



**Figura 9.** Distribución de los grados de marbling por sistema y en el total de la población analizada

En el **Cuadro 12**, se muestran los promedios de los grados de marbling para cada sistema evaluado.

Los niveles de marbling deseados por el mercado americano, el cual diferencia precio por esta variable corresponden al grado de Poco (SM), asegurando el grado Choice dentro de la Clasificación de Calidad de USDA, para novillos de esta categoría. Solo el 10,5% de los animales de esta experiencia lograron ese grado (**Figura 9**). El máximo valor de marbling promedio obtenido por sistema fue el Leve (SL) y correspondió a los novillos del sistema de engorde a corral (4C). El sistema 4P fue el de menor nivel (PD), pudiéndose explicar por los dos componentes mencionados, tipo racial (cruza británica por continental) y alimentación pastoril (**Cuadro 12**).

En la **Figura 9** se muestra la distribución de los distintos grados de marbling por sistemas y para el total de novillos medidos. El sistema 4C obtuvo los porcentajes más altos en las categorías de SL (45%) y SM (25%), seguidos por el sistema 2. En el otro extremo resalta el sistema 4P, donde el 82% de los animales estuvo en el nivel más bajo (PD).

#### 4.6 Modelos de predicción de rendimiento carnívero utilizando mediciones en el animal vivo y en la canal

El estudio y la estimación de la composición y el rendimiento carnívero de los animales en los diferentes sistemas de producción, es una técnica que ha venido siendo utilizada en algunos sistemas de comercialización con alto valor agregado. La medición por ultrasonido de las características carníveras (grasa de cobertura o subcutánea, el área de ojo del bife y el contenido de grasa intramuscular) contribuye a la estimación de valores de rendimiento carnívero, pudiendo ser aplicados incluso en etapas del proceso de engorde, previo a la faena del animal. Además esta tecnología permite determinar en forma muy precisa el punto óptimo de faena, evitando la ineficiencia del sobre-engrasamiento tanto para la industria (recortes) como para el productor (costo deposición de este tejido). El envío de un animal no terminado a faena puede determinar que se esté dejando de ganar hasta un 7% del valor potencial de ese animal. Por el contrario, un sobre-engrasamiento en la invernada determina una pérdida de rendimiento carnívero que

puede llegar al 2-3% del valor potencial. Además, los mercados de exportación de cortes de mayor valor requieren de un grado mínimo de cobertura para ser aceptados. Por otra parte, por encima de este umbral, un mayor EGS determina mayor cantidad de grasa/kg de canal, lo cual va en detrimento del rendimiento carnicero.

La utilización de estas medidas se basa en la asociación que presentan con el rendimiento carnicero de la res. El área del ojo del bife es un estimador directo del peso del bife angosto, corte que puede determinar alrededor del 10 % del valor de una canal y un estimador del rendimiento carnicero global de un animal. El espesor de grasa subcutánea medido por ultrasonografía es un indicador del grado de terminación de un animal.

Si bien es posible realizar análisis de las relaciones trasero/delantero, pistola/media res, y suma de cortes del trasero/pistola, los cuales aportan información muy importante en la evaluación de canales, el uso de las mediciones mencionadas in vivo por ultrasonido o en la canal asociadas a estos parámetros de rendimiento carnicero (relación del corte trasero en función de la media res o proporción de cortes en función del corte pistola, por ejemplo) permitirían una rápida ponderación de estas variables.

La existencia de una relativa estabilidad de mercados, posibilitaría, la transmisión de

“señales” para definir las características carniceras de interés económico que diferencian grupos de valor industrial. Estas en la actualidad son: calibre de los cortes de valor, cobertura de grasa, pH, rendimiento en cortes de valor.

Se presentarán en los **Cuadros 13, 14 y 15** las principales correlaciones entre las variables medidas in vivo y algunas de las obtenidas post mortem y algunos de los modelos de predicción para características carniceras

#### 4.7 Principales correlaciones entre variables

En el **Cuadro 13** se muestran las principales correlaciones ( $P < 0,01$ ) entre las variables in vivo como AOBu y EGu y los principales cortes (pistola y rump & loin) carniceros. El AOBu fue la medición que mejor correlacionó con el bife angosto ( $r=0,70$ ) y con el lomo ( $r=0,58$ ) y con el R&L ( $r=0,43$ ), aunque fue casi nula su asociación con el cuadril (tercer corte que compone el anterior). Estas correlaciones fueron incluso superiores en algunos casos a las obtenidas con el PCC. Entre estas dos variables, PCC y AOBu el coeficiente de correlación ( $r$ ) fue de 0,39; sin embargo en el otro corte con hueso evaluado (peso pistola=PP), la correlación con el AOBu fue nula.

**Cuadro 13.** Principales correlaciones entre variables carniceras.

Variables	PCC	AOBu
AOBu	0,39	
EGu	0,40	0,43
PP	0,47	-0,04*
Bife (kg)	0.57	0.70
Lomo (kg)	0.61	0.58
Cuadril (kg)	-0.16*	-0.04*
R&L (kg)	0.36	0.43

Nota: Correlaciones significativas al  $P < 0.01\%$ . (\*) Correlación no significativa

#### 4.8 Modelos de regresión: in vivo y post mortem

A partir de las características medidas en el animal vivo previo a la faena, como peso vivo (PV), altura de anca (AA) y mediciones con ultrasonido (AOB y EGS), se determinaron los mejores modelos de predicción de las mediciones realizadas a nivel de la canal en el frigorífico para el total de novillos evaluados (**Cuadro 14**). Las variables a predecir, presentadas en ese **Cuadro 14**, son el peso de la canal caliente, el peso del bife angosto y el peso del rump & loin.

El procedimiento utilizado para el cálculo de los modelos fue el stepwise del paquete estadístico SAS, entrando al modelo las variables que cumplían exigencias predeterminadas. Para la predicción del peso de la canal caliente se puede observar que el AOBu fue la principal variable explicando el 31% de la variación en el PCC.

Avanzando en el proceso industrial, y por la importancia que este corte representa del punto de vista económico, es de interés poder contar con variables medidas en el animal vivo que permitan predecir el calibre (peso) del bife angosto y del R&L. Estos cortes fueron deshuesados acorde a las exigencias del Reino Unido. Al igual que lo obtenido con la predicción del PCC, se constató en los modelos de predicción del peso del bife angosto que la variable AOBu, explica por sí sola el 54% de la variación en el peso de dicho corte. En cam-

bio, cuando se predice el peso del R&L, la variable PV es la primera en entrar al modelo, con un  $R^2$  parcial de 0,29. En esta ecuación el AOBu explicó el 7% de la variación en peso del R&L.

Por sistema (datos que no presentan aquí), el AOBu fue de mayor relevancia en la predicción del peso del bife angosto y del peso del R&L. Para la predicción del PCC, distintas variables se alternaron en los modelos de predicción (PV, AA, EGu y AOBu).

Al considerar los aspectos relacionados al rendimiento carnicero, entendido este como la proporción de cortes del trasero (R&L/PCC), donde era esperable encontrar una mejor relación con las mediciones de las características carniceras in vivo y por lo tanto su poder predicción, los modelos estudiados muestran un  $R^2$  muy bajo (0,19) para el total de animales, siendo las principales variables que componen la ecuación, el PV ( $R^2$  parcial=0,13) y el EGu.

La importancia del aporte del AOBu en estos modelos de predicción puede estar explicada por la variación generada en este estudio en esta variable tanto por los biotipos utilizados como por los sistemas de alimentación (disponibilidad y calidad de las dietas)

Con la variable PCC se procedió a construir modelos de regresión para predicción de las características carniceras de interés comercial anteriormente evaluadas. Los modelos se construyeron tanto para

**Cuadro 14.** Modelos de regresión para predicción del PCC, de los principales cortes (bife angosto y rump & loin) y de su relación el PCC, para el total de novillos evaluados en plantas frigoríficas, utilizando las mediciones in vivo previo al embarque

	Modelos	P	$R^2$	N
PCC (kg)	$196,48 + 0,884 \text{ AOBu}$	< 0,01	0,31	74
Bife (kg)	$1,951 + 0,042 \text{ AOBu}$	< 0,01	0,54	74
R&L (kg)	$0,357 + 0,016 \text{ PV} + 0,028 \text{ AOBu}$	< 0,01	0,35	74
R&L/PCC	$1.137 + 0.006 \text{ PV} - 0.059 \text{ EGu}$	< 0,01	0,19	74

**Cuadro 15.** Modelos de regresión para predicción de los principales cortes (bife angosto y rump&loin), para el total de novillos evaluados en plantas frigoríficas, utilizando el PCC.

	Modelos	P	R <sup>2</sup>	n
Bife (kg)	0,237 + 0,017 PCC	< 0,01	0,33	74
R&L (kg)	10,74 + 0,013 PCC	< 0,01	0,12	74

el total de novillos evaluados (**Cuadro 15**). Se observa que tanto para el bife como para el R&L, el AOBu realizó una mejor contribución que el PCC.

## 5. CONSIDERACIONES FINALES

El objetivo de este estudio fue evaluar si los diferentes sistemas de producción y las decisiones de manejo de cada productor durante el proceso de recría y engorde incidían en la eficiencia del proceso de engorde como en las características carniceras y de calidad de carne del animal. Durante este proceso se observó un efecto diferencial, a través de la evolución del peso vivo y de los principales tejidos por la incidencia del manejo diferencial establecido, en el cual los novillos experimentaron distintas ganancias durante el proceso, que repercutieron en la eficiencia biológica.

El período de terminación de los animales, los últimos 120 días previos a la faena, fueron los determinantes en las diferencias encontradas en las variables carniceras analizadas en planta frigorífica y a nivel de laboratorio.

El peso de canal caliente (PCC), fue superior en animales provenientes de sistemas 3 y 4, ambos del Litoral Oeste, donde la estrategia de alimentación definida y el biotipo, incidieron en esta variable. Esta diferencia en PCC se complementa además con una mejor conformación (según mediciones objetivas de la canal) y un mayor grado de engrasamiento (utilizando la medida de ultrasonografía previo a la faena) de las canales correspondientes a esos animales. Además la distribución de los animales por dentición a la faena fue mejor en estos sistemas (principalmente en el sistema 4).

Avanzando en el proceso industrial, los novillos de estos sistemas mostraron un mayor porcentaje en los cortes de alto valor comercial, como el bife angosto y el lomo, alcanzando los pesos exigidos según el estándar de Reino Unido.

La construcción de modelos de predicción de los pesos de la canal y de los principales cortes de interés comercial, utilizando variables in vivo como post mortem, fue uno de los objetivos de este estudio. Se observó que cuando se trató de predecir el peso de canal o de los principales cortes del trasero utilizando mediciones in vivo, la principal variable predictora fue el área del ojo del bife medida por ecografía, con un coeficiente de determinación que varió entre 0,31 y 0,54 para el PCC y el peso del bife angosto, respectivamente, superando en la predicción de este último al aporte del PCC.

En las características que hacen a la calidad de la carne y que fueron estudiadas en esta experiencia comercial, se encontraron diferencias en el color de la grasa dada únicamente por el tipo de dieta final. Los animales asignados a los sistemas con encierro (4C) mostraron un color de grasa más blanco que aquellos alimentados a base de pasturas, lo que es coincidente con lo observado por otros estudios a nivel nacional e internacional. Además se observó también un mejor color de la carne procedente de estos animales (con base importante de grano en la dieta), dado por los valores alcanzados en los parámetros L\*, a\* y Croma. Los niveles de marbling fueron también superiores en la carne procedente de los novillos del sistema 4 C.



Entre los diferentes sistemas, no se encontraron diferencias en los niveles de dureza (medido a través de la fuerza de resistencia al corte) de la carne madurada 2 días.

La información generada en este estudio permite concluir que la selección de sistemas de producción (principalmente biotipo y alimentación) junto con condiciones climáticas imperantes, como lo fue la sequía durante el período de evaluación, incidieron durante la etapa productiva en el crecimiento animal y en la eficiencia del proceso. Las mediciones de características carniceras en el animal vivo, además de los registros de peso vivo, permiten visualizar esto, existiendo diferencias de 14 cm<sup>2</sup> en AOBu y de 2 mm en EGu. La variación observada en AOBu, explica la asociación encontrada entre esta y alguna de las medidas tomadas en planta frigorífica, como el peso de los cortes del R&L.

Considerando que es necesario contar con la valoración de toda la canal, el aporte de esta permitió discriminar pesos de cortes como el bife y el lomo, homogeneizando los mismos según los calibres definidos. Esta

variable, como la de espesor de grasa, podrían ser de gran utilidad para el productor para el manejo eficiente del ganado según su composición tisular ajustando las dietas a grupos de similares características carniceras como para definir estrategias futuras de comercialización que premien animales de mayor valor carnicero.

En lo referente a la calidad intrínseca de la carne, y para las variables presentadas en el estudio, la dieta final resultó ser un factor determinante en atributos de color de la carne, de la grasa y el grado de marbling, siendo importante la incorporación del grano para la mejora de las mismas.

## 6. AGRADECIMIENTOS

A los productores que aceptaron participar en esta experiencia colaborando con los animales y la toma de registros

Al Frigorífico y Matadero Pando y al Frigorífico Canelones, por su participación y colaboración en las actividades desarrolladas en su planta