

**UNIVERSIDAD DE LA REPÚBLICA
FACULTAD DE AGRONOMÍA**

**CARACTERIZACIÓN DEL COMPORTAMIENTO DE CONSUMO A CORRAL
Y SU VINCULACIÓN CON LA EFICIENCIA DE CONVERSIÓN EN VACUNOS
DE LA RAZA HEREFORD**

por

**María Victoria BURJEL BIDE
Marcela MARQUES BERRUTTI**

**TESIS presentada como uno de
los requisitos para obtener el
título de Ingeniero Agrónomo**

**MONTEVIDEO
URUGUAY
2017**

Tesis aprobada por:

Director: -----

Ing. Agr. PhD. Elly Navajas

Ing. Agr. PhD. Ana Espasandín

Ing. Agr. MSc. María Isabel Pravia

Lic. MSc. Noelia Zambra

Fecha: 7 de julio de 2017

Autores: -----

María Victoria Burjel Bide

Marcela Marques Berrutti

AGRADECIMIENTOS

En primera instancia queremos agradecer a la Ing. Agr. PhD. Elly Navajas por habernos brindado la oportunidad de realizar este trabajo, así como a la Ing. Agr. MSc. María Isabel Pravia y a la Lic. MSc. Noelia Zambra por su permanente disposición durante el transcurso del mismo.

A la Ing. Agr. PhD. Ana Espasandín por su colaboración como contraparte de Facultad de Agronomía, a la Lic. Sully Toledo por su contribución a la presentación de este trabajo y al Ing. Agr. Oscar Bentancur por la ayuda brindada en el procesamiento estadístico de los datos.

Por último, muy especialmente a nuestras familias y amigos que nos apoyaron durante toda la carrera.

TABLA DE CONTENIDO

	Página
PÁGINA DE APROBACIÓN.....	II
AGRADECIMIENTOS.....	III
LISTA DE CUADROS E ILUSTRACIONES.....	VII
1. <u>INTRODUCCIÓN</u>	1
1.1. OBJETIVO GENERAL	1
1.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS	1
2. <u>REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA</u>	3
2.1. EFICIENCIA DE CONVERSIÓN DEL ALIMENTO	3
2.2. INDICADORES DE EFICIENCIA DE CONVERSIÓN	3
2.2.1. <u>Índices</u>	3
2.2.2. <u>Características residuales</u>	4
2.3. CONSUMO RESIDUAL DEL ALIMENTO	7
2.3.1. <u>Cálculo</u>	7
2.3.2. <u>Mejoramiento genético a través del RFI</u>	8
2.3.3. <u>Ventajas de la selección a través de RFI</u>	10
2.3.4. <u>Posibles desventajas de la selección a través de RFI</u>	11
2.4. CARACTERÍSTICAS DE COMPORTAMIENTO	13
2.4.1. <u>Indicadores de comportamiento de consumo</u>	13
2.4.2. <u>Diferencias en comportamiento según raza, categoría, manejo, dieta y estación</u>	17
2.4.3. <u>Heredabilidad y correlaciones entre las características de comportamiento</u> ..	20
2.4.4. <u>Relación entre características de comportamiento y características de relevancia productiva</u>	22
2.4.5. <u>Evaluación de grupos contrastantes de RFI sobre variables de comportamiento</u>	25
2.4.6. <u>Relación entre RFI y comportamiento: bases biológicas</u>	27
2.5. HIPÓTESIS	28
3. <u>MATERIALES Y MÉTODOS</u>	30

3.1. SITIO DE ESTUDIO	30
3.2. ANIMALES	30
3.2.1. <u>Requisitos para animales participantes de la prueba</u>	30
3.3. ETAPAS DEL ESTUDIO.....	31
3.3.1. <u>Etapas de acostumbramiento</u>	31
3.3.2. <u>Etapas de prueba</u>	31
3.4. SISTEMA GROWSAFE TM.....	32
3.4.1. <u>Componentes y funcionamiento</u>	32
3.4.2. <u>Recolección de datos</u>	33
3.5. CARACTERÍSTICAS DE COMPORTAMIENTO	34
3.6. ESTIMACIÓN DE RFI.....	34
3.7. ANÁLISIS ESTADÍSTICO	35
3.7.1. <u>Descripción de variables productivas y de comportamiento</u>	35
3.7.2. <u>Análisis de correlaciones</u>	35
3.7.3. <u>Evaluación de efectos fijos sobre el consumo y las características de comportamiento</u>	36
3.7.4. <u>Comparación entre grupos de eficiencia contrastantes</u>	37
3.7.5. <u>Predicción del consumo a partir de las variables de comportamiento</u>	37
4. <u>RESULTADOS Y DISCUSIÓN</u>	39
4.1. ANÁLISIS DESCRIPTIVO DE LAS VARIABLES PRODUCTIVAS Y DE COMPORTAMIENTO	39
4.1.1. <u>Descripción de variables productivas</u>	39
4.1.2. <u>Descripción de las características de comportamiento</u>	41
4.2. ANÁLISIS DE LAS CORRELACIONES FENOTÍPICAS	44
4.3. EVALUACIÓN DE EFECTOS FIJOS SOBRE EL CONSUMO DE MATERIA SECA Y LAS CARACTERÍSTICAS DE COMPORTAMIENTO	50
4.4. DIFERENCIAS EN COMPORTAMIENTO DE CONSUMO ENTRE ANIMALES DE GRUPOS DE EFICIENCIA CONTRASTANTES	56
4.5. CONTRIBUCIÓN DE LAS CARACTERÍSTICAS DE COMPORTAMIENTO A LA PREDICCIÓN DEL CONSUMO	58
5. <u>CONCLUSIONES</u>	60
5.1. IMPLICANCIAS	61
6. <u>RESUMEN</u>	62

7. <u>SUMMARY</u>	63
8. <u>BIBLIOGRAFÍA</u>	64

LISTA DE CUADROS E ILUSTRACIONES

Cuadro No.	Página
1. Correlaciones fenotípicas entre peso metabólico, ganancia diaria y consumo de materia seca con los indicadores de eficiencia de conversión.	6
2. CMS y características de comportamiento MD, MF, MR, HDD, HDF y HDR en ganado de carne.....	16
3. CMS y características de comportamiento FD, FF, FR y HDD en ganado de carne. ..	17
4. Heredabilidad (h^2) de las características comportamentales: tiempo de alimentación, tiempo de cabeza gacha, tasa de consumo y frecuencia de alimentación.	21
5. Correlaciones genéticas (por encima de la diagonal) y fenotípicas (por debajo de la diagonal) entre las características de comportamiento.	21
6. Correlaciones genéticas y fenotípicas entre dietas de recría y terminación para las características de comportamiento.	22
7. Correlaciones entre características de comportamiento y de carcasa.	23
8. Correlaciones fenotípicas entre características de comportamiento e indicadores de eficiencia de conversión y características productivas.	24
9. Correlaciones genéticas entre características de comportamiento e indicadores de eficiencia de conversión y características productivas.	24
10. Comparación estadística de medias ajustadas de características de comportamiento de consumo según grupo de eficiencia.	26
11. Pruebas y animales de estudio.	30
12. Componentes de la dieta (% base fresca) según categoría.....	32
13. Estadística descriptiva de las variables productivas de toros.....	39
14. Estadística descriptiva de las variables productivas de novillos.....	40
15. Estadística descriptiva de las variables de comportamiento de toros.	41
16. Estadística descriptiva de las variables de comportamiento de novillos.	42
17. Correlaciones fenotípicas entre las variables de comportamiento.	45
18. Correlaciones fenotípicas entre las características de comportamiento y características productivas.	48
19. Coeficiente de determinación y significancia de los efectos del modelo propuesto para el análisis de novillos y toros (Modelo 1).	50
20. Medias ajustadas por categoría obtenidas a partir del Modelo 1.	51

21. Coeficiente de determinación y significancia de los efectos del modelo propuesto para el análisis de toros de 2014 y 2015.	53
22. Medias ajustadas por estación obtenidas a partir del Modelo 2.....	53
23. Temperatura y humedad relativa promedio y precipitaciones acumuladas para otoño e invierno.	55
24. Medias ajustadas por grupo de RFI obtenidas a partir del Modelo 1.	57
25. Variación del R^2 del modelo básico de predicción del consumo con la incorporación de las variables de comportamiento.....	59

Figura No.

1. Sistema Growsafe.	33
2. Relación entre el tiempo de cabeza gacha (HDD) y la tasa de consumo (HDR).....	46
3. Relación del tamaño promedio de comidas (AMS) con la frecuencia de comidas (MF) y tiempo de cabeza gacha por comida (HDDM).	47
4. Interacción categoría*grupo RFI de la variable tiempo de cabeza gacha (HDD).	52
5. Interacción categoría*grupo RFI de la variable tasa de consumo (HDR).	52
6. Interacción año*estación de la variable duración de comidas (MD).	54
7. Interacción año*estación de la variable frecuencia de comidas (MF).	55
8. Interacción estación*grupo RFI de la variable consumo de materia seca (CMS).	56

1. INTRODUCCIÓN

En Uruguay la alimentación de los animales representa más del 50% de los costos de producción en los sistemas ganaderos, por lo que lograr una mayor eficiencia de utilización del alimento podría mejorar la rentabilidad del negocio. Por otra parte, animales más eficientes contribuyen a disminuir los impactos ambientales mediante la reducción de la emisión de gases de efecto invernadero y una mejor utilización de los recursos naturales de mayor preocupación para el futuro del planeta (Navajas et al., 2014).

La eficiencia de utilización del alimento ha sido típicamente medida por el índice que relaciona las unidades de alimento requerido por unidad de ganancia de peso (Feeding Conversion Ratio, FCR), el cual ha demostrado estar influenciado por el peso vivo (PV) y la ganancia diaria (GD), provocando que la selección a partir de éste resulte en incrementos del peso adulto y consecuentemente de los costos de mantenimiento (Herd y Bishop, 2000). El consumo residual del alimento (Residual Feed Intake, RFI) fue definido por primera vez por Koch et al. (1963) como la diferencia entre el consumo real observado y el esperado requerido para mantenimiento y producción. En contraste con otras medidas de eficiencia, el RFI es la única característica fenotípicamente independiente de las características de crecimiento.

Si bien se ha demostrado que existe variación genética en RFI y es una característica moderadamente heredable ($h^2 = 0,39-0,43$, Arthur et al., 2001a), su medición es aún difícil y costosa. Sin embargo, a partir de las relaciones encontradas entre el comportamiento de consumo y la eficiencia de conversión, surge la posibilidad de utilizar ciertas variables de comportamiento animal para lograr un mayor entendimiento de las bases biológicas que explican la variación de RFI, así como para una reducción de los costos asociados a su medición, tornando la selección por eficiencia de conversión más accesible para la industria cárnica (Montanholi et al., 2009).

1.1. OBJETIVO GENERAL

Este trabajo tiene por objetivo general caracterizar el comportamiento de consumo a corral y su relación con la eficiencia de conversión del alimento en toros y novillos de la raza Hereford en la etapa de recría.

1.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Estudiar las variables de comportamiento para la raza Hereford: duración de comidas, tiempo de cabeza gacha, tiempo de cabeza gacha por comida, frecuencia de

comidas, tamaño de comida y tasa de consumo a lo largo de las pruebas a partir de la información obtenida en comederos automáticos.

- Estimar y analizar las correlaciones fenotípicas entre las características de comportamiento, y de éstas con el RFI y el consumo de materia seca (CMS) diario.

- Evaluar el efecto de grupo de eficiencia (alto, medio y bajo) sobre las variables de comportamiento.

- Incorporar las características de comportamiento evaluadas al modelo de predicción del CMS y estimar su contribución al porcentaje de la variación no explicada por la ganancia diaria (GD), el peso metabólico (PM) y el espesor de grasa dorsal (EGD).

2. REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA

2.1. EFICIENCIA DE CONVERSIÓN DEL ALIMENTO

El término eficiencia implica una relación entre productos o salidas e insumos o entradas. Generalmente es alcanzada mediante un menor uso de insumos, un mayor nivel de producción o una combinación de ambos (Carstens y Tedeschi, 2006). En términos de producción animal, medir la eficiencia de un proceso resulta complejo debido a la variación de categorías, razas, estado reproductivo, nivel de producción de leche y a la dificultad de asignar el costo de los insumos a los animales individuales (Reuter et al., 2017).

La eficiencia de conversión o utilización del alimento refiere a cuánto produce un animal con el alimento que consume. La misma se ha convertido en objeto de intensa investigación durante las últimas décadas (Di Marco, 2006) por ser considerada una vía para reducir los costos de producción en la industria cárnica (Okine et al., 2004).

En general, un animal que produce más masa corporal con la misma cantidad de alimento ingerido o la misma masa corporal con menor consumo de alimento se considera más eficiente que los demás animales que se desempeñan en igualdad de condiciones (mismo lugar, sexo, edad y manejo, Reuter et al., 2017).

2.2. INDICADORES DE EFICIENCIA DE CONVERSIÓN

Los indicadores de eficiencia de conversión del alimento pueden ser clasificados, en términos generales, como índices o características residuales (Berry et al., 2015).

2.2.1. Índices

El índice de eficiencia de conversión (Feed Conversion Ratio, FCR) se define como la relación entre el CMS y la GD, por lo cual los animales más eficientes serán aquellos que presenten menor FCR (Carstens y Tedeschi, 2006). Esta es la medida de eficiencia más comúnmente utilizada (Lancaster et al., 2005).

La eficiencia parcial de crecimiento (Partial Efficiency of Growth, PEG) es la relación entre la GD y el consumo destinado a crecimiento, calculado como la diferencia entre el consumo total y el consumo estimado para mantenimiento (Carstens y Tedeschi, 2006).

El índice de Kleiber (Kleiber Ratio, KR) se define como la relación entre la GD

y el PM; si aumenta la GD y se mantiene el PM, se obtiene mayor crecimiento sin aumentar los costos energéticos de mantenimiento (Berry y Crowley, 2013).

La tasa de crecimiento relativo (Relative Growth Rate, RGR) se calcula como la diferencia entre el logaritmo del PV al final y al inicio del período de evaluación, dividido por los días de evaluación y multiplicado luego por 100 (Berry y Crowley, 2013).

Las principales ventajas de evaluar estos índices radican en su facilidad de cálculo e interpretación (Berry y Crowley, 2013); además, permiten la comparación estadística entre poblaciones si se tienen en cuenta los posibles efectos sistemáticos del ambiente (por ejemplo, diferencias en edad o raza entre animales de diferentes poblaciones, Berry et al., 2015).

Alguna de las desventajas encontradas en el uso de estos indicadores son:

I. Un aumento en la varianza del error como proporción de la varianza total (Berry y Crowley, 2013).

II. Una fuerte relación existente entre los mismos y las características utilizadas para su cálculo (Berry y Crowley, 2013, Cuadro 1). En este sentido, correlaciones con características como GD podrían llevar a aumentos en la tasa de crecimiento y el tamaño adulto y, por lo tanto, a un aumento en los requerimientos de mantenimiento (Herd y Bishop, 2000).

III. No distinguen la partición de energía entre funciones de mantenimiento o crecimiento (Berry y Crowley, 2013). Esto no se aplicaría a PEG que, según Lancaster et al. (2005), busca particionar la variación en consumo entre ambas funciones.

IV. La respuesta al seleccionar por estos indicadores es difícil de predecir porque puede ocurrir por la mejora tanto del numerador como del denominador y, por ende, se desconoce a favor de qué se está seleccionando (Arthur et al. 2001a, Berry et al. 2015).

2.2.2. Características residuales

El consumo residual del alimento (Residual Feed Intake, RFI) es una medida de eficiencia propuesta por Kotch et al. (1963) y se define como la diferencia entre el consumo real observado y el consumo esperado requerido para mantenimiento y producción. Los animales que presenten un RFI más negativo durante el período de evaluación serán los más eficientes al consumir menos alimento que el esperado (Berry y Crowley, 2013).

La eficiencia de la ganancia residual (Residual Gain Efficiency, RGE) fue definida por Koch et al. (1963) utilizando un principio similar al de RFI y se calcula como el residual entre la GD actual y la GD estimada por regresión del consumo y el PM. A diferencia de RFI, los animales más eficientes serán los que presenten un RGE

más positivo porque serán los que crecen a una mayor tasa que la esperada (Berry y Crowley, 2013).

El consumo y ganancia residual (Residual Intake and Gain Efficiency, RIG) es un nuevo indicador de eficiencia propuesto por Berry y Crowley (2012) que busca reunir las características favorables tanto de RFI como de RGE, manteniéndose independiente del PV. Los animales que presenten mayor RIG tendrán en promedio mayor GD y menor CMS (Retallick, 2012). Para su cálculo se estandarizan RFI y RGE de modo de igualar sus varianzas, sumándose ambos indicadores luego de haber invertido el signo de RFI para que un valor positivo de RIG sea más favorable (Berry y Crowley, 2013).

Una de las principales ventajas de las características residuales es la independencia fenotípica de sus regresores (Berry y Crowley, 2013, Cuadro 1). Según Arthur et al. (2001a), las características de regresión lineal ejercen una determinada presión de selección en las variables y, por lo tanto, resultan en un cambio genético predecible con mayores respuestas en comparación a la selección a través de características calculadas a partir de proporciones (índices).

Entre sus desventajas se destacan una mayor complejidad al momento de explicar e interpretar los datos (Berry et al., 2015), al igual que una mayor dificultad asociada al cálculo de dichos indicadores (Berry y Crowley, 2013). Además, en el cálculo de las características residuales, como es el caso de RFI, se asume que todo el consumo no explicado o "residuo" representa la eficiencia de utilización del alimento; sin embargo, lo mismo puede deberse, en parte, a errores de medición o de predicción, registros poco precisos, pérdidas de alimento o sesgos en los coeficientes de regresión (Berry y Crowley, 2013).

El RIG podría ser útil en la evaluación de animales al combinar los efectos positivos de RFI (por reducir el consumo) y los de RGE (por aumentar la GD, Berry y Crowley 2012, Retallick 2012). Sin embargo, aún no se han estudiado las correlaciones o los posibles antagonismos entre RIG y otras características de interés (Berry y Crowley, 2012). Por otra parte, las altas correlaciones de GD con RIG y RGE sugieren que aplicar presión de selección sobre estas características puede llevar a aumentos en la tasa de crecimiento y el tamaño adulto de los animales y, por ende, en sus requerimientos para mantenimiento (Lancaster et al. 2005, Berry y Crowley 2012, Retallick 2012).

Al ser fenotípicamente independiente tanto del PM como de la GD, RFI podría ser considerada una característica más adecuada a incluir en los programas de selección en comparación con los demás indicadores de eficiencia (Nkrumah et al. 2004, Lancaster et al. 2005), ya que la progenie resultante, al tener menores exigencias de mantenimiento y producción, sería eficiente tanto como novillos para engorde o como vacas de cría (Arthur et al., 2001a).

Cuadro 1. Correlaciones fenotípicas entre peso metabólico, ganancia diaria y consumo de materia seca con los indicadores de eficiencia de conversión.

	FCR	PEG	KR	RGR	RGE	RFI	RIG	Autor
Peso metabólico	0,16*	-	-	-	-	0,02	-	Arthur et al. (2001b)
	0,07	-0,11	-0,03	-0,23*	-	-0,02	-	Nkrumah et al. (2004)
	0,23*	-0,25*	-	-	-0,04	-0,00	-	Lancaster et al. (2005)
	0,20*	0,17*	-	-	-	-0,007	-	Nkrumah et al. (2007)
	0,12*	-	-0,21*	-0,36*	0,00	0,00	0,00	Berry y Crowley (2012)
Ganancia diaria	-0,74*	-	-	-	-	-0,06	-	Arthur et al. (2001b)
	-0,63*	0,24*	0,85*	0,72*	-	-0,03	-	Nkrumah et al. (2004)
	-0,67*	0,29*	-	-	0,74*	-0,02	-	Lancaster et al. (2005)
	-0,69*	0,35*	-	-	-	0,00	-	Nkrumah et al. (2007)
	-0,72*	0,38*	-	-	-	0,00	-	Lancaster et al. (2009)
	-0,71*	-	0,84*	0,73*	0,70*	0,00	0,41*	Berry y Crowley (2012)
Consumo de materia seca	0,23*	-	-	-	-	0,72*	-	Arthur et al. (2001b)
	0,49*	-0,52*	0,36*	0,18*	-	0,77*	-	Nkrumah et al. (2004)
	0,13	-0,51*	-	-	-0,05	0,59*	-	Lancaster et al. (2005)
	0,30*	-0,30*	-	-	-	0,64*	-	Nkrumah et al. (2007)
	-0,01	-0,37*	-	-	-	0,60*	-	Lancaster et al. (2009)
	0,34*	-	0,09*	-0,03*	0,00	0,58*	-0,34*	Berry y Crowley (2012)

*Valores estadísticamente significativos. FCR = Índice de Eficiencia de Conversión; PEG = Eficiencia Parcial de Crecimiento; KR = Índice de Kleiber; RGR = Tasa de Crecimiento Relativo; RGE = Eficiencia de la Ganancia Residual; RFI = Consumo Residual del Alimento; RIG = Consumo y Ganancia Residual.

2.3. CONSUMO RESIDUAL DEL ALIMENTO

2.3.1. Cálculo

El RFI de cada animal se puede estimar en base a la siguiente ecuación:

$$\text{CMSe} = \beta_0 + \beta_1 \text{GD} + \beta_2 \text{PMM} + \text{RFI}$$

$$\text{RFI} = \text{CMSr} - \text{CMSe}$$

Donde RFI es el consumo residual del alimento, CMSr es el consumo real observado y CMSe es el consumo esperado estimado a partir de una ecuación de regresión que considera el peso metabólico promedio a mitad de prueba (PMM) y su ganancia diaria (GD). Los coeficientes β_0 , β_1 y β_2 corresponden al intercepto, al coeficiente de regresión de la GD y al coeficiente de regresión del PMM respectivamente (Mendes 2010, Damiran et al. 2015).

Valores de RFI iguales a cero indican que los requerimientos de energía del animal están completamente cubiertos; valores positivos significan que el consumo de energía excede los requerimientos para mantenimiento y crecimiento; y valores negativos significan que el animal requiere menos energía que lo esperado o que consume menos alimento para obtener la misma ganancia de peso (Okine et al., 2004).

Ante una tendencia observada en los vacunos de bajo RFI a presentar menores contenidos de grasa corporal (animales de bajo RFI producirían carcasas más magras), Basarab et al. (2003) plantearon el ajuste de RFI por diferencias en la composición corporal mediante la inclusión de medidas de ultrasonido en la ecuación de determinación de RFI. Consecuentemente se desarrolló el siguiente modelo, en el cual el consumo es ajustado por ganancia diaria (GD), peso metabólico a mitad de prueba (PMM) y espesor de la grasa dorsal (EGD, Basarab et al., 2007):

$$\text{CMSe} = \beta_0 + \beta_1 \text{GD} + \beta_2 \text{PMM} + \beta_3 \text{EGD} + \text{RFI}$$

Donde β_0 es el intercepto del modelo; β_1 , β_2 y β_3 son coeficientes de la regresión lineal de la GD, el PMM y el EGD medida por ultrasonido (mm) respectivamente; y RFI es el consumo residual.

Este modelo explicó el 74,3% de la variación del consumo en terneros de sobreaño y fue utilizado para predecir el consumo esperado (CMSe). El RFI ajustado por el espesor de la grasa dorsal fue luego calculado para cada animal como el desvío del consumo actual (CMSr) en relación al CMSe ($\text{RFI} = \text{CMSr} - \text{CMSe}$, Basarab et al., 2007).

Almeida (2005), Basarab et al. (2007) recomiendan que el proceso de cálculo de RFI en vacunos jóvenes en crecimiento se ajuste por medidas de grasa corporal para evitar cualquier impacto negativo en la composición de la carcasa cuando se seleccionen animales de bajo RFI.

2.3.2. Mejoramiento genético a través del RFI

Los programas de mejoramiento genético animal son una herramienta fundamental para la proyección de una empresa ganadera puesto que permiten a los productores identificar y utilizar aquellos animales que mejor se adaptan a sus propios objetivos, al medio ambiente y al sistema de producción, logrando avances genéticos acumulativos dentro del rodeo (Dekkers et al., 2004b). Tradicionalmente, estos programas han priorizado las características relacionadas con los ingresos de los sistemas de producción de carne, tales como el PV y la GD, dejando de lado características asociadas a los costos de producción, tales como la eficiencia de utilización del alimento (Herd et al., 2003). La necesidad de aumentar la producción de alimentos para la creciente población humana, en base a una disponibilidad de tierras limitada, exigirá una mayor eficiencia de producción. Una posible vía para alcanzar esta eficiencia es la mejora genética por selección del RFI, la cual es acumulativa y permanente (Berry y Crowley, 2013).

2.3.2.1. Bases del mejoramiento genético animal

El mejoramiento genético animal consiste en utilizar la variación genética existente en una especie de animales para maximizar su mérito (Cardellino y Rovira, 1987). Lo mismo implica que un programa de mejoramiento genético tenga por objetivo principal aumentar la rentabilidad, sustentabilidad y facilidad de manejo de los animales, con el fin de beneficiar al productor (Greeff et al., 2010).

Las etapas propuestas por Ponzoni (1992) para llevar a cabo un programa de mejoramiento genético animal siguen la siguiente lógica:

- 1) Definir un objetivo de selección.
- 2) Elegir un criterio de selección.
- 3) Organizar un servicio de control de producción.
- 4) Utilizar la información para tomar decisiones de selección.
- 5) Hacer uso de los animales seleccionados.

El objetivo de selección es aquella característica que se desea mejorar genéticamente debido a su importancia económica para el sistema de producción, la cual no es posible seleccionar directamente cuando es de difícil o costosa medición, por lo que, en dichos casos, se utilizan criterios de selección (conocido como selección indirecta, Cardellino y Rovira, 1987). Un criterio de selección será una característica genéticamente asociada o correlacionada al objetivo de selección, entendiendo por correlación al grado de asociación o variación conjunta entre dos variables (Bourdon, 2000).

Para tomar decisiones de selección es fundamental valerse de información

objetiva y precisa sobre los reproductores y, así, hacer uso diferencial de los mismos (Aguilar et al., 2005). Con este fin, se calculan los valores genéticos de los animales expresados en términos de diferencia esperada en la progenie (DEP o EPD de su sigla en inglés) a partir de la combinación de los registros que proporcionan la información genealógica y productiva de los animales y de las circunstancias de producción (rodeo, grupo contemporáneo, edad de la madre, entre otros, Gosey, 1993). La DEP expresa la diferencia esperada entre el promedio de producción de la progenie de un animal y el promedio general de la progenie de toda la población evaluada, es decir, la superioridad o inferioridad genética de cada animal transmisible a la próxima generación con respecto a su población (Gosey, 1993). Estos valores proporcionan la mejor predicción genética de un animal y permiten realizar comparaciones entre animales dentro y entre rodeos, de diferentes edades e incluso con sus antepasados, válidas para animales pertenecientes a la misma evaluación genética y no entre animales de diferentes razas (Gosey, 1993). Su utilización en nuestro país ha permitido obtener respuestas muy favorables en las características seleccionadas (peso al destete y peso a los 18 meses, por ejemplo), lo que puede ser visualizado a través de las tendencias genéticas de las mismas (Ravagnolo et al., 2012).

La selección genómica está basada en la utilización de marcadores moleculares distribuidos en todo el genoma para la predicción del mérito genético animal (Goddard y Hayes, 2007) y es otra herramienta útil para ser aplicada en características de difícil y costosa medición como lo es el consumo de alimento (Dekkers, 2004a). Para su implementación se requiere la construcción de poblaciones de entrenamiento o de referencia, las cuales consisten en poblaciones de animales que cuentan con registros productivos de las características de interés y muestras de ADN que permiten el genotipado de los mismos (Goddard y Hayes, 2007). Esta información puede ser utilizada para estimar el efecto de los marcadores o SNP (Polimorfismo de Nucleótido Simple) y generar ecuaciones de predicción, las que pueden ser utilizadas para estimar el mérito genético de animales que no cuenten con información fenotípica pero sí con muestras de ADN (Goddard y Hayes, 2007).

En Uruguay, en el marco del proyecto “Mejora de la competitividad de la ganadería uruguaya por el desarrollo de nuevas herramientas genómicas que mejoren la eficiencia de alimentación y la calidad de canal de la raza Hereford”, iniciado en enero de 2014, se han formado las poblaciones de entrenamiento necesarias para poner en práctica la selección genómica en eficiencia de conversión y calidad de canal (Pravia et al., 2014). Por el momento, se han publicado las primeras DEP convencionales en eficiencia de conversión del alimento calculada en base a RFI para la raza Hereford, y es de esperar que para fines de 2017 se cuente con los DEP genómicos para RFI estimados a partir de las propias ecuaciones de predicción con datos de la población de entrenamiento nacional y de la Asociación Canadiense de Hereford (CHA, Ravagnolo et al., 2016).

2.3.3. Ventajas de la selección a través de RFI

Una mejor eficiencia de utilización del alimento se podría lograr a través del uso del RFI como herramienta de selección, dado que presenta suficiente variabilidad genética aditiva y permite la selección de animales de menor consumo y menores exigencias de mantenimiento para un mismo nivel de PV y GD (Basarab et al., 2003). Arthur et al. (2001c) encontraron que la respuesta a la selección por RFI (calculada como la diferencia entre los RFI de los animales menos y más eficientes) por año es de 0,249 kg/día, presentando la progenie de padres de bajo RFI la misma ganancia de peso y peso final que la de padres de alto RFI, pero un consumo 13% menor y un FCR 18% menor luego de 5 años de selección.

La alta correlación genética encontrada entre RFI post-destete y RFI en la edad adulta (0,98, Archer et al., 2002) indica que los procesos biológicos que regulan el consumo y la eficiencia son similares a lo largo de la vida de un animal, sugiriendo que la selección por RFI en base a los datos colectados post-destete puede mejorar la eficiencia en vacunos en crecimiento y adultos simultáneamente (Bezerra et al., 2013).

Las correlaciones genéticas y fenotípicas encontradas entre RFI y FCR (0,85 y 0,57 respectivamente, Arthur et al., 2001a) indican que, a pesar de que existen genes diferentes ligados a estas características, al incluir RFI en un programa de selección, habrá mejora concomitante en FCR (Almeida, 2005).

No menos importante es el beneficio adicional que se obtiene al seleccionar animales de bajo RFI por su menor impacto ambiental (Almeida, 2005). Los resultados de una simulación de 25 años de selección por RFI mostraron que animales más eficientes producen entre 15% y 25% menos metano entérico (principal gas de efecto invernadero), mejoran de 17% a 22% la eficiencia del uso de nitrógeno del alimento y reducen en un 14% la huella de carbono (19,82 vs. 23,06 kg CO₂equivalente/kg carcasa) en comparación a los animales no seleccionados (Basarab et al., 2013). A su vez, el área total de explotación disminuye un 13% por el menor uso de recursos necesarios para una producción equivalente (Basarab et al., 2013). Similarmente, Nkrumah et al. (2006) encontraron correlaciones de RFI con la producción diaria de metano y la pérdida de energía como metano (0,44) y concluyeron que la producción de este gas es 28% menor en animales de bajo RFI en comparación a los de alto RFI, lo que representaría una mayor eficiencia energética y una contribución a la sustentabilidad ambiental de la producción de carne.

Adicionalmente, no existirían diferencias en animales de alto, medio o bajo RFI en medidas de esqueleto (indicadores físicos de la tasa de crecimiento y tamaño), peso al nacimiento, dificultad de parto, concentración de inmunoglobulinas en suero (indicador del estado inmunológico del ternero) y producción de leche (Lawrence et al., 2011). Asimismo, según Basarab et al. (2007), vacas que producen progenies de diferentes grupos de RFI presentan índices de preñez, parición y destete similares. Las madres de

los terneros más eficientes exhiben en promedio 2-3 mm más de grasa dorsal, tienen menos mellizos y menos pérdida de terneros al nacimiento en comparación a las madres de los menos eficientes (Basarab et al., 2007).

En relación a las características de la canal, según Herd et al. (2014), no existen diferencias en el peso de la carcasa, el porcentaje de “dressing”, el área de ojo de bife (AOB) ni el porcentaje de grasa intramuscular o nivel de marmóreo entre animales de alto y bajo RFI. Asimismo, Baker et al. (2006) no observaron diferencias entre grupos de RFI ajustado por medidas de ultrasonido en peso de carcasa caliente, área del músculo *longissimus dorsi*, espesor de grasa o nivel de marmoreo. No obstante, Lawrence et al. (2011) encontraron que animales de bajo RFI presentaron 9% más desarrollo muscular medido por apreciación visual (a nivel de cuarto trasero y lomo) y 7% más profundidad muscular medida por ultrasonido que los de alto RFI.

Respecto a la calidad de carne, Herd et al. (2014) señalan que novillos Angus de alto y bajo RFI presentarían similar terneza al cabo de siete días de maduración, mientras que Baker et al. (2006) sostienen que no hay relación entre RFI y los factores que afectan la palatabilidad (terneza, jugosidad y flavor). Entretanto, Reis et al. (2015) no hallaron diferencias en el color del músculo *longissimus dorsi* medido por los índices de enrojecimiento, amarillamiento y luminosidad.

2.3.4. Posibles desventajas de la selección a través de RFI

En contraste con los resultados de Baker et al. (2006), Lawrence et al. (2011), Herd et al. (2014), algunos estudios han demostrado que RFI se asocia al contenido de grasa corporal, de modo que animales de bajo RFI producirían carcasas más magras, con 16-22% menos EGD y 24% menos grado de terminación que los de alto RFI (Nkrumah et al. 2004, Lancaster et al. 2009). Esto es coincidente con la falta de consistencia en las estimaciones de las correlaciones genéticas entre RFI y medidas de deposición de grasa reportada por Berry y Crowley (2013). También se ha observado que la inclusión de medidas de composición corporal en la estimación de RFI reduce o elimina las diferencias en contenido de grasas en la canal (Berry et al., 2015).

Un menor contenido de grasa en la canal de los animales eficientes podría implicar un posible antagonismo genético entre RFI y la aptitud reproductiva (Basarab et al., 2003). Por ejemplo, Basarab et al. (2007) reportaron que las madres de terneros más eficientes presentan un retraso de 5 a 6 días en los partos en relación a las madres de los menos eficientes, y Basarab et al. (2011) observaron una tasa de preñez y porcentaje de partos inferiores en vaquillonas de RFI negativo; pero estas relaciones desaparecen cuando se ajusta el cálculo de RFI por medidas de grasa corporal y comportamiento (frecuencia de comidas). De este modo, se clasifica a los animales en base al consumo estimado para la misma composición de la ganancia y actividad física, asegurándose que las diferencias entre animales se deban al mayor o menor consumo de energía

metabolizable y a mayores o menores costos energéticos de mantenimiento e incremento calórico (Basarab et al., 2003).

En el caso de características reproductivas, la no asociación entre RFI ajustado por grasa o por grasa y actividad y las características reproductivas, reportada por Basarab et al. (2011), permite minimizar impactos de una selección basada sólo en RFI sobre el desempeño reproductivo. Al ajustar RFI por estas variables, estos autores no encontraron diferencias en porcentaje de preñez y destete y productividad global de las vaquillonas de carne. La única diferencia observada a nivel reproductivo a pesar de este ajuste, es un retraso de 11 a 13 días en la edad de inicio de la pubertad en animales de bajo RFI respecto a los de alto RFI, que se refleja en una menor proporción de vaquillonas alcanzando la pubertad a los 9 meses; sin embargo, dada la gran variación en esta característica dentro de ambos grupos de RFI, el impacto en la fertilidad es considerado mínimo y los resultados demostraron que el 97% de las vaquillonas no presentaban limitaciones para ser inseminadas a los 15 meses (Basarab et al., 2011).

Por otro lado, la evaluación de RFI se realiza generalmente en confinamiento, cuestionándose su validez para animales en pastoreo (Almeida, 2005). Herd et al. (2004) demostraron, utilizando la técnica de alcanos, que novillos Angus y Hereford con evaluación genética favorable para RFI de -1,0 kg/día a corral produjeron progenie con 41% menor FCR, crecimiento 19% más rápido sin aumento de consumo y RFI 26% más bajo a pasto. En Uruguay, entretanto, se encontró para terneras Angus una correlación positiva (0,50) entre RFI medido primeramente en condiciones de confinamiento y, luego de pastoreo (Trujillo et al., 2013). Por lo tanto, el uso de toros con evaluaciones genéticas favorables para RFI también traería beneficios económicos para sistemas de producción de carne a pasto (Almeida, 2005).

La mayor barrera para la adopción de RFI en los programas de mejoramiento es que su evaluación puede resultar aún muy costosa como estrategia a ser incorporada en toda la cadena cárnica (Pryce et al., 2012). Por ello, los potenciales beneficios obtenidos por la inclusión de la eficiencia de conversión en la selección de los animales deben ser evaluados contra los altos costos y la gran demanda de tiempo asociados a la colecta de datos de consumo individual (Archer et al. 1999, Almeida 2005). En el caso de Australia, Archer et al. (2004) comprobaron que la medición de RFI para la selección de toros en la etapa de recría es económicamente rentable tanto en sistemas de producción de carne extensivos como intensivos. Una estrategia alternativa para mejorar la eficiencia es la selección indirecta a través de características genéticamente correlacionadas con RFI (marcadores fenotípicos o genéticos), utilizándolas para inferir el mérito genético de los candidatos a selección (Archer et al., 1999). Las mejoras logradas en las técnicas de biología molecular hicieron posible la realización de estudios basados en la identificación de regiones de genes que influyen el RFI, lo cual permitiría identificar más rápidamente a los animales con genotipos superiores para esta característica (Santana et al., 2014) y alcanzar el objetivo de la selección genómica de conocer el potencial genético para eficiencia de determinado animal a partir de su muestra de ADN.

Asimismo, la posibilidad de encontrar indicadores comportamentales (como criterios de selección) asociados al consumo o eficiencia de conversión podría sustituir la necesidad de obtener las costosas mediciones de consumo individual, o podría mejorar su estimación, tornando la selección por eficiencia más accesible para la cadena cárnica (Montanholi et al., 2009).

2.4. CARACTERÍSTICAS DE COMPORTAMIENTO

Las características de comportamiento y su asociación con la productividad animal y sanidad se han estudiado durante las últimas décadas (Weary et al., 2009); sin embargo, resulta difícil, en ocasiones, evaluar el comportamiento en grandes grupos de animales empleando técnicas observacionales sencillas (Mendes, 2010). La incorporación de tecnologías de identificación electrónica permite monitorear un número casi ilimitado de animales durante todo el día, reconociendo a los animales individualmente en condiciones de producción y logrando que el animal individual sea la unidad experimental en condiciones de confinamiento grupal. Un ejemplo de este tipo de tecnologías son los sistemas de monitoreo electrónico que utilizan señales de radio frecuencia para transmitir información entre un dispositivo, que contiene un código único de identificación del animal y puede ser implantado en distintas partes del cuerpo, y una antena, que recibe la señal y la transporta a un decodificador, permitiendo el registro detallado de los patrones de consumo de forma individual (McAllister et al., 2000).

2.4.1. Indicadores de comportamiento de consumo

En términos generales, las categorías de comportamiento pueden clasificarse en eventos o estados. Los estados son patrones de comportamiento de relativamente larga duración, y su característica más importante es la duración (promedio o total, o la proporción de tiempo empleado en determinada actividad). Los eventos son patrones de comportamiento de duración relativamente corta que se pueden representar como puntos en el tiempo, cuya característica relevante es la frecuencia de aparición (Martin y Bateson, 1993).

En la literatura existen diferentes nomenclaturas para definir una misma variable de comportamiento en animales de producción e, incluso, situaciones en las que no se especifican los criterios utilizados para su definición. Asimismo, se han encontrado diversos criterios para definir un evento (de comida, de alimentación y de cabeza gacha) a partir del cual se determinan las características de comportamiento de consumo más comúnmente utilizadas (duración, frecuencia y tasa de consumo).

En bovinos utilizando comederos automáticos, un evento de comida (meal event) comienza cuando la caravana de identificación del animal es detectada por la

antena del sistema de monitoreo electrónico por primera vez y finaliza cuando el tiempo transcurrido entre las dos últimas lecturas excede el criterio de comida (Lancaster et al. 2009, Kayser y Hill 2013). El criterio de comida se define como el tiempo máximo que puede transcurrir entre las visitas del animal al comedero para que se consideren parte de una misma comida (Bailey, 2011). En la literatura se utiliza, comúnmente, un tiempo máximo de 300 s (Schwartzkopf- Genswein et al. 2002, Basarab et al. 2003, Bingham et al. 2009, Lancaster et al. 2009, Kayser y Hill 2013). Por lo tanto, un evento de comida incluye el tiempo en que el animal realmente consume y cierto tiempo destinado a otras actividades.

La duración de comidas (Meal Duration, MD) se calcula como la sumatoria de la duración de todos los eventos de comida que ocurren en un día (minutos/día, Lancaster et al., 2009).

La frecuencia de comidas (Meal Frequency, MF) que tiene un animal se define como el número de eventos de comida por día (comidas/día, Lancaster et al., 2009).

La tasa de consumo del animal en función de la duración de comidas (Meal rate, MR) se calcula como la relación entre el CMS y la duración de comidas y se expresa en gramos/minuto (Lancaster et al., 2009).

Un evento de cabeza gacha (head down event) se inicia cuando el animal en el comedero baja su cabeza para la ingesta de comida y finaliza cuando la eleva (Bingham et al., 2009).

El tiempo de cabeza gacha (Head Down Duration, HDD), según Kayser y Hill (2013), considera el período en que el animal permanece con la cabeza gacha debajo de la antena del comedero. Se calcula como el número de veces que el dispositivo de identificación del animal se detecta por día, multiplicado por la frecuencia de escaneo del sistema de monitoreo electrónico (Basarab et al. 2003, Nkrumah et al. 2007, Lancaster et al. 2009, Durunna et al. 2011). Cuando se monitorea el comportamiento mediante video interpretación, se calcula como la sumatoria de la duración de todos los eventos de cabeza gacha por día (minutos/día, Bingham et al., 2009).

La frecuencia de cabeza gacha (Head Down Frequency, HDF) se define como el número de eventos de cabeza gacha por día y se expresa en eventos/día (Bingham et al., 2009).

La tasa de consumo en función del tiempo de cabeza gacha (Head Down Rate, HDR), expresada comúnmente en gramos/minuto, se calcula como la relación entre el CMS y el tiempo de cabeza gacha del animal (Bingham et al., 2009).

Un evento de alimentación (feeding event o bunk visit) inicia con la lectura de la caravana de identificación y finaliza cuando la ausencia del animal supera cierto período de tiempo (definido en forma arbitraria), se traslada a otro comedero o es interrumpido por otros animales (Basarab et al. 2003, Nkrumah et al. 2007, Mendes 2010, Durunna et al. 2011).

El tiempo de alimentación (Feeding Duration o Bunk Visit Duration, FD o BVD) es la suma del tiempo empleado en cada evento de alimentación y se expresa en minutos/día (Nkrumah et al. 2007, Mendes 2010, Durunna et al. 2011). También puede ser considerado como el período de tiempo que los animales destinan a actividades relacionadas con el consumo en el comedero: comer, masticar, lamer y sociabilizar (Nkrumah et al., 2007).

La frecuencia de alimentación (Feeding Frequency o Bunk Visit Frequency, FF o BVF) es el número de eventos de alimentación por día para cada animal y se expresa en eventos/día (Nkrumah et al., 2007).

La tasa de consumo en función del tiempo de alimentación (Feeding Rate, FR) es la relación entre el CMS y el tiempo de alimentación y se expresa en gramos/minuto (Durunna et al., 2011).

A partir de las características de comportamiento se pueden calcular los siguientes indicadores:

- El tiempo de cabeza gacha por comida (Head Down Duration per Meal, HDDM) como la relación entre el tiempo de cabeza gacha y la frecuencia de comidas, expresado en minutos/comida (Kayser y Hill, 2013).

- El tamaño de comida (Average Meal Size, AMS) como el promedio de CMS dividido el número de eventos de comida, expresado como g/comida (Kayser y Hill, 2013).

Los valores encontrados en la bibliografía para las características de comportamiento definidas anteriormente se observan a continuación (Cuadros 2 y 3).

Cuadro 2. CMS y características de comportamiento MD, MF, MR, HDD, HDF y HDR en ganado de carne.

Autor	Lancaster et al. (2009)	Bingham et al. (2009)	Kayser y Hill (2013)	Basarab et al. (2003)	Schwartzkopf - Genswein et al. (2002)
Categoría	T.	V.	T.	N.	V. y N.
Raza	Angus	Brangus	Angus y Hereford	Cruza	Cruza
Sistema de monitoreo	GrowSafe	Video interpretación	GrowSafe	GrowSafe	GrowSafe
CMS (kg/día)	9,46	8,53 a 10,45	9,9 a 11,1	8,52	9,1 a 9,9
Criterio de comida (min)	5	5	5	5	5
MD	99,53	219,9	-	87,9	95,2 a 131,1
MF	7,68	14,75 a 15,06	12,37 a 12,71	8,6	15,4 a 17,7
MR	97,10	41,7 a 49,5	-	-	-
HDD	45,45	123,5 a 151,7	38,0 a 41,32	-	-
HDF	-	90,5 a 119,1	-	-	-
HDR	-	62,4 a 101,6	300 a 306	-	-

T. = Toros; V. = Vaquillonas; N. = Novillos; CMS = Consumos de Materia Seca; MD = Duración de comidas (min/día); MF = Frecuencia de comidas (comidas/día); MR = Tasa de consumo en función de la duración de comidas (g/min); HDD = Tiempo de cabeza gacha (min/día); HDF = Frecuencia de eventos de cabeza gacha (eventos/día); HDR = Tasa de consumo en función del tiempo de cabeza gacha (g/min).

Cuadro 3. CMS y características de comportamiento FD, FF, FR y HDD en ganado de carne.

Autor	Basarab et al. (2007)	Basarab et al. (2007)	Durunna et al. (2011)	Damiran et al. (2015)	Nkrumah et al. (2007)
Categoría	N.	V.	N.	V.	N.
Raza	Cruza	Cruza	Cruza	-	Cruza
Sistema de monitoreo	Growsafe	Growsafe	Growsafe	Growsafe	Growsafe
CMS (kg/día)	9,69	8,84	7,6 a 10,4	9,50 a 9,99	10,45
Criterio de alimentación (min)	5	5	5	5	5
FD	72,4	69,4	70,3 a 112,0	163,0 a 190,3	66,09
FF	-	-	22,3 a 34,3	135,6 a 151,9	29,62
FR	-	-	82,2 a 93,3	54,0 a 59,0	-
HDD	36,1	44,2	31,7 a 63,9	108,0 a 142,3	36,57

V. = Vaquillonas; N. = Novillos; CMS = Consumos de Materia Seca; FD = Tiempo de alimentación (min/día); FF = Frecuencia de alimentación (eventos/día); FR = Tasa de consumo en función del tiempo de alimentación (g/min); HDD = Tiempo de cabeza gacha (min/día).

2.4.2. Diferencias en comportamiento según raza, categoría, manejo, dieta y estación

Según Streeter et al. (1999), los patrones de comportamiento de consumo de los vacunos tienden a ser altamente repetibles, ya sea sobre pasturas o en confinamiento. Además, cuando el ganado se alimenta en confinamiento, la actividad de consumo está relacionada con el momento de alimentación y la disponibilidad de alimento, actuando el suministro de alimento como estímulo para iniciar el comportamiento (Streeter et al., 1999).

El comportamiento se desarrolla de manera muy similar entre individuos de igual especie, sexo y condición. Aunque se asocie a componentes adquiridos por la experiencia, su manifestación está genéticamente determinada y en la mayoría de los casos no requiere ser aprendido de otros individuos de la especie. A su vez, como el comportamiento se integra por complementación e interacción entre herencia y experiencia, en cada período de la vida del individuo se observarán al mismo tiempo comportamientos determinados por la influencia genética y por el ambiente (Vaz-Ferreira, 1984).

A pesar de que los rumiantes en pastoreo presentan un patrón de comportamiento muy bien definido producto del proceso evolutivo de la especie, demuestran una gran plasticidad en comportamiento frente a cambios en el ambiente y/o manejo (Chilibroste et al., 2010).

Ante variaciones en la raza, la categoría, la dieta y el manejo de los animales o en la estación del año, las respuestas en el comportamiento de los animales de producción pueden variar. Por tanto, para evaluar la utilidad de las mismas en programas de selección, es necesario comprender el efecto de estos factores (Bingham et al., 2009).

2.4.2.1. Raza

Al comparar toros Angus y Hereford, se ha encontrado que los primeros destinan más tiempo por comida (3,7 vs. 3,2 minutos/comida) y tienen mayor peso promedio de comida (0,9 vs. 0,8 kg/comida) que los segundos (Kayser y Hill, 2013). También se ha constatado que toros de la raza Angus tienen más MD, menos MF y más tasa de consumo que los de raza Red Angus (Paddock et al., 2008).

En categoría novillos, Nkrumah et al. (2007) reportaron que no existen diferencias en el tiempo de alimentación o el tiempo de cabeza gacha entre animales de raza Angus, Charolais o cruza; sin embargo, los novillos de raza Charolais presentan mayor frecuencia de alimentación que los animales Angus o cruza (31,49; 28,86 y 28,7 eventos/día, respectivamente).

Mendes (2010) concluyó que vaquillonas de las razas Angus y Brangus presentan mayor tiempo de alimentación que aquellas de la raza Simbrah, mientras que Braford presenta un valor intermedio. Además, encontró diferencias en la frecuencia de comidas, presentando Angus y Simbrah menor valor que Braford y Brangus. Similarmente, Bailey (2011) constató que vaquillonas Angus tienen menor frecuencia de visitas al comedero que otras razas (Braford, Brangus, Simbrah), pero, al igual que Brangus, pasan más tiempo en el comedero que Braford y Simbrah.

Según Hall (2002) las diferencias conductuales entre razas probablemente existen porque cada una ha sido seleccionada para desempeñarse bien en un sistema de producción particular. A su vez, dentro de las razas existe variación individual, lo cual a menudo tiene un fuerte componente genético.

2.4.2.2. Categoría

Según Schwartzkopf-Genswein et al. (2002), las vaquillonas visitan con mayor frecuencia el comedero (17,68 vs. 15,38 comidas/día) y pasan más tiempo en él (124,9 vs. 101,9 minutos/día) que los novillos. Basarab et al. (2007) encontraron que las vaquillonas permanecen más tiempo con la cabeza gacha que novillos (44,2 vs. 36,1

minutos/día), pero presentan menor tiempo de alimentación (69,4 vs. 72,4 minutos/día).

Se ha reportado que toros Holando en crecimiento visitan los comederos menos frecuentemente, presentan mayor tamaño y duración de comidas y 54% más actividad (medida como pasos por día) que novillos de igual raza y edad, y que la diferencia en la tasa de consumo entre estas categorías varía ante cambios en la rutina de manejo, presentando los toros una mayor sensibilidad ante un aumento en las actividades y disminuyendo su tasa de consumo respecto a los novillos (Devant et al., 2012).

Ciertas diferencias de comportamiento entre vacunos de diferente género se pueden dar porque, generalmente, los toros están más alertas para los encuentros sociales y los novillos presentan una menor motivación sexual y mayor docilidad como consecuencia de la castración (Hall, 2002).

2.4.2.3. Manejo

Moya et al. (2011) concluyeron que vaquillonas alimentadas con una ración totalmente mezclada (RTM) presentan menor frecuencia y duración de comidas que aquellas que tienen libre elección de la dieta. Esto se podría atribuir a que estas últimas deben emplear más tiempo para completar su comida porque los componentes de su dieta se encuentran en comederos separados.

Schwartzkopf- Genswein et al. (2002) sugieren que el régimen de alimentación puede hacer variar el comportamiento, ya que tanto vaquillonas como novillos visitan con mayor frecuencia y por mayor tiempo los comederos cuando son alimentados *ad libitum* que cuando tienen restringido el acceso al alimento (al 95% del consumo *ad libitum*).

Según Hall (2002), el comportamiento de consumo de los animales confinados alimentados a base de forrajes conservados o similares tiene cierta similitud con el comportamiento en pastoreo, existiendo una organización de la alimentación en eventos de comidas y cierta selectividad, sin embargo, pueden existir diferencias porque en condiciones de confinamiento se acentúa la competencia por el acceso al alimento. En este sentido, Proudfoot et al. (2009) encontraron diferencias en comportamiento en vacas multíparas sometidas a un mayor o un menor nivel de competencia en el comedero (dos vacas por comedero o una vaca por comedero respectivamente). En la semana previa al parto las vacas con mayor nivel de competencia tienden a presentar mayor frecuencia de visitas al comedero y pasan 28% menos tiempo alimentándose, resultando en una tendencia a tener menor CMS por visita. Mientras tanto, en la semana post parto las vacas sometidas a un mayor nivel de competencia no modifican su frecuencia de visitas, pero continúan empleando menor tiempo por visita. A la segunda semana post parto las vacas con mayor nivel de competencia aumentan su tasa de consumo. Sin embargo, en vacas primíparas sólo se observa un aumento en el tiempo empleado por comida en la semana previo al parto (28 vs. 24 min/comida).

2.4.2.4. Dieta

Durunna et al. (2011) concluyeron que los novillos alimentados con una dieta de recría (74% avena, 20% heno y 6% de suplemento) presentan mayor tiempo de alimentación, tiempo de cabeza gacha y frecuencia de alimentación, pero menor tasa de alimentación que cuando son alimentados con una dieta de terminación (10% pellet de alfalfa, 28% avena, 57% cebada y 5% de suplemento). Similarmente, Lancaster et al. (2009) encontraron que los toros alimentados con una dieta de menor concentración energética (2,59 Kcal EM/ Kg MS, con cascarilla de algodón) presentan mayor duración (118 vs. 85 min) y frecuencia de comidas (8,66 vs. 7,74) que los alimentados con dietas de mayor concentración energética (2,88 Kcal EM/ Kg MS, sin cascarilla de algodón).

2.4.2.5. Estación

Laínez y Hsia (2004) encontraron que en invierno las vacas lecheras destinan 11% más tiempo al consumo de alimento, pasan menos tiempo de pie, más tiempo echadas, menos tiempo en movimiento y menos tiempo durmiendo que durante el verano.

Asimismo, para ganado lechero Uzal y Ugurlu (2010) reportaron que el invierno es la estación en la que se destina más tiempo a la alimentación (38,3%) y en verano menos (27,6%). Las vacas lecheras destinan alrededor del 47% del tiempo a estar echadas en otoño, 32% en invierno, 45% en primavera y 47% en verano. Además, pasan más tiempo paradas en invierno (18%) en comparación con las otras estaciones (por ejemplo, 8% en primavera) y más tiempo caminando en verano (8%) que en invierno (4%).

Tripon et al. (2014) encontraron que en terneros de raza lechera la estación influye significativamente tanto en el tiempo destinado a estar echados, al reducirse de 679,9 min en invierno a 554,1 min en verano, como en el comportamiento de consumo, siendo la duración total de los períodos de alimentación más corta en invierno (442,1 min) que en verano (543,5 min).

2.4.3. Heredabilidad y correlaciones entre las características de comportamiento

En ganado de carne, se ha encontrado que para novillos cruce algunas características de comportamiento estarían reguladas genéticamente (Nkrumah et al. 2007, Durunna et al. 2011) y serían heredables (Cuadro 4).

Cuadro 4. Heredabilidad (h^2) de las características comportamentales: tiempo de alimentación, tiempo de cabeza gacha, tasa de consumo y frecuencia de alimentación.

	Heredabilidad (h^2)	
	Durunna et al. (2011) (n = 331)	Nkrumah et al. (2007) (n = 464)
Tiempo de alimentación	$0,25 \pm 0,16^{**};$ $0,14 \pm 0,11^*$	$0,28 \pm 0,12$
Tiempo de cabeza gacha	$0,14 \pm 0,15^{**};$ $0,09 \pm 0,10^*$	$0,33 \pm 0,12$
Tasa de consumo	$0,35 \pm 0,16^{**};$ $0,67 \pm 0,19^*$	-
Frecuencia de alimentación	$0,56 \pm 0,19^{**};$ $0,59 \pm 0,18^*$	$0,38 \pm 0,13$

*Dieta de terminación **Dieta de recría.

Las correlaciones genéticas entre las características de comportamiento indican si las mismas están influenciadas por el mismo pool de genes (Durunna et al., 2011, Cuadro 5). Considerando las altas correlaciones observadas, esto se podría afirmar para FD y HDD, así como para FF y FR. Los altos valores de desvío estándar relativizan los valores de las demás correlaciones genéticas y resaltan la importancia de realizar más estimaciones para obtener información concluyente.

Cuadro 5. Correlaciones genéticas (por encima de la diagonal) y fenotípicas (por debajo de la diagonal) entre las características de comportamiento.

	FD	HDD	FF	FR
FD	-	$0,64^a;$ $0,98 \pm 0,24^b;$ $0,95 \pm 0,25^c$	$0,15^a;$ $0,43 \pm 0,35^b;$ $0,54 \pm 0,28^c$	$-0,15 \pm 0,35^b;$ $-0,09 \pm 0,38^c$
HDD	$0,25 \pm 0,32^a;$ $0,79 \pm 0,02^b;$ $0,83 \pm 0,02^c$	-	$0,45^a;$ $0,50 \pm 0,76^b;$ $0,18 \pm 0,43^c$	$-0,51 \pm 0,62^b;$ $-0,34 \pm 0,41^c$
FF	$-0,40 \pm 0,30^a;$ $0,14 \pm 0,06^b;$ $0,55 \pm 0,04^c$	$0,47 \pm 0,24^a;$ $0,20 \pm 0,05^b;$ $0,44 \pm 0,05^c$	-	$0,81 \pm 0,10^b;$ $0,79 \pm 0,12^c$
FR	$-0,34 \pm 0,05^b;$ $-0,21 \pm 0,06^c$	$-0,27 \pm 0,05^b;$ $-0,28 \pm 0,05^c$	$0,77 \pm 0,02^b;$ $0,58 \pm 0,04^c$	-

FD = Tiempo de alimentación; HDD = Tiempo de cabeza gacha; FF = Frecuencia de alimentación; FR = Tasa de consumo. a = Nkrumah et al. (2007) (sin datos de desvío estándar); b = Durunna et al. (2011) alimentación con dieta de recría; c = Durunna et al. (2011) alimentación con dieta de terminación.

Según Durunna et al. (2011), las fuertes correlaciones genéticas existentes entre los diferentes tipos de alimentación (dietas de recría y terminación) para FD, HDD y FF (Cuadro 6) indican que el comportamiento evaluado a través de estas características con la dieta de recría podría ser utilizado para predecir el comportamiento con otros tipos de

dieta. Sin embargo, esto podría no aplicarse para FR dada la menor correlación genética.

Cuadro 6. Correlaciones genéticas y fenotípicas entre dietas de recría y terminación para las características de comportamiento.

	Correlación recría – terminación	
	Fenotípica (r_p)	Genética (r_g)
FD	$0,62 \pm 0,03$	$0,91 \pm 0,26$
HDD	$0,61 \pm 0,04$	$0,93 \pm 0,37$
FF	$0,54 \pm 0,04$	$0,94 \pm 0,11$
FR	$0,50 \pm 0,04$	$0,87 \pm 0,16$

FD = Tiempo de alimentación; HDD = Tiempo de cabeza gacha; FF = Frecuencia de alimentación; FR = Tasa de consumo.

Fuente: adaptado de Durunna et al. (2011).

2.4.4. Relación entre características de comportamiento y características de relevancia productiva

En ganado de carne existe variación genética y fenotípica para las características de comportamiento alimenticio, las cuales se relacionan con mediciones de desempeño animal, eficiencia de utilización del alimento y características de carcasa (Nkrumah et al., 2007).

El posible efecto del comportamiento en características de carcasa y calidad de carne está escasamente caracterizado; sin embargo, las diferencias en comportamiento podrían afectar el metabolismo energético total y, consecuentemente, la calidad del producto final (Nkrumah et al., 2007). Generalmente, animales que pasan más tiempo alimentándose presentan carcasas con mayor contenido de grasa (Cuadro 7), mientras que los que pasan menos tiempo presentan carcasas más magras, quizás como consecuencia de su menor ganancia de peso diaria y consumo de alimento (Nkrumah et al., 2007).

Cuadro 7. Correlaciones entre características de comportamiento y de carcasa.

		EGD	AOB	Índice de marmóreo
Correlaciones fenotípicas	FD	0,37	0,21	0,25
	HDD	0,14	0,08	0,04
	FF	0,05	0,17	-0,09
Correlaciones genéticas	FD	0,37	0,35	0,59
	HDD	0,16	-0,62	0,21
	FF	-0,47	-0,73	-0,26

Valores en negrita son significativos. FD = Tiempo de alimentación; HDD = Tiempo de cabeza gacha; FF = Frecuencia de alimentación; EGD = Espesor de Grasa Dorsal; AOB = Área de Ojo de Bife.

Fuente: adaptado de Nkrumah et al. (2007).

Las relaciones fenotípicas y genéticas entre las características de comportamiento y el CMS (Cuadros 8 y 9) sugieren que cuanto mayor tiempo dedican los animales al consumo de alimento y menos número de visitas al comedero realizan, más alimento consumen (Nkrumah et al. 2007, Lancaster et al. 2009, Kayser y Hill 2013). Asimismo, tanto las correlaciones fenotípicas como genéticas indican que los animales de mayor GD serán los que destinen más tiempo a actividades relacionadas al consumo y presenten una mayor tasa de consumo (Nkrumah et al. 2007, Lancaster et al. 2009).

La mayoría de las variables de comportamiento no se correlacionan fenotípicamente con FCR pero sí genéticamente; mientras que con RFI tanto las correlaciones genéticas como las fenotípicas fueron significativas. En términos generales, los animales que destinan menos tiempo al consumo de alimento, visitan menos frecuentemente el comedero y consumen a una mayor tasa presentan fenotipos favorables para RFI (Nkrumah et al. 2007, Lancaster et al. 2009, Kayser y Hill 2013).

Las relaciones observadas de las variables comportamentales con CMS y los indicadores de eficiencia de conversión sugieren que estas características podrían estar asociadas con señales biológicas que controlan el hambre y la saciedad en el corto plazo, y que existen posibles respuestas correlacionadas ante la selección para la mejora de la eficiencia (Nkrumah et al., 2007).

Cuadro 8. Correlaciones fenotípicas entre características de comportamiento e indicadores de eficiencia de conversión y características productivas.

	CMS	GD	FCR	RFI
MD (min/día)	0,23^d	0,17^d	-0,03 ^d	0,40^d
MF (comidas/día)	-0,02 ^b ; -0,01 ^c ; -0,06 ^d	0,14 ^b ; 0,07 ^c ; 0,01 ^d	-0,07 ^d	-0,06 ^b ; 0,07 ^c ; 0,19^d
MR (g/min)	0,53^d	0,32^d	0,02 ^d	0,06 ^d
HDD (min/día)	0,33^a ; 0,37^b ; 0,52^c ; 0,36^d	0,18^a ; 0,13 ^b ; 0,15 ^c ; 0,21^d	0,07 ^a ; 0,04 ^d	0,50^a ; 0,40^b ; 0,59^c ; 0,37^d
HDR (g/min)	-0,17 ^b ; -0,37 ^c	0,00 ^b ; -0,06 ^c	-	-0,31 ^b ; -0,51 ^c
FD (min/día)	0,27^a	0,25^a	-0,06 ^a	0,49^a
FF (eventos/día)	-0,21^a	-0,04 ^a	-0,13^a	0,18^a

Valores en negrita son significativos (p-valor <0,05). MD = Duración de comidas; MF = Frecuencia de comidas; MR = Tasa de consumo en función de la duración de comidas; HDD = Tiempo de cabeza gacha; HDR = Tasa de consumo en función del tiempo de cabeza gacha; FD = Tiempo de alimentación; FF = Frecuencia de alimentación; FCR = Índice de eficiencia de conversión; RFI = Consumo residual del alimento; GD = Ganancia Diaria; CMS = Consumo de Materia Seca; a = Nkrumah et al. (2007); b = Kayser y Hill (2013) para raza Angus; c = Kayser y Hill (2013) para raza Hereford; d = Lancaster et al. (2009).

Cuadro 9. Correlaciones genéticas entre características de comportamiento e indicadores de eficiencia de conversión y características productivas.

	CMS	GD	FCR	RFI
HDD (min/día)	0,59	0,45	-0,46	0,33
FD (min/día)	0,56	0,42	-0,25	0,57
FF (eventos/día)	-0,74	-0,33	-0,52	-0,34

HDD = Tiempo de cabeza gacha; FD = Tiempo de alimentación; FF = Frecuencia de alimentación; FCR = Índice de eficiencia de conversión; RFI = Consumo residual del alimento; GD = Ganancia Diaria; CMS = Consumo de Materia Seca.

Fuente: adaptado de Nkrumah et al. (2007).

Por otra parte, varios autores han reportado que, al incorporarse las características de comportamiento a los modelos de predicción del CMS, éstas explican parte de la variación observada, demostrando que sería apropiado incluirlas como estimaciones de actividad en el cálculo del RFI (Durunna et al. 2011, Berry y Crowley 2013). En este sentido, Lancaster et al. (2009) concluyeron que en toros Angus la MD, el HDD y la MF explicaron 35% de la variación en CMS no explicada por la GD, el PM y las características de composición corporal. Considerando esta misma categoría animal, Kayser y Hill (2013) determinaron que el HDD, el HDDM y la HDR lograron explicar

respectivamente el 18, 17 y 13% de la variación en CMS no explicada por la GD y por el PM en toros de la raza Angus; mientras que para toros Hereford estas características explicaron el 35, 26 y 24% respectivamente. En novillos cruza, Montanholi et al. (2009) concluyeron que el AMS, el tiempo en el comedero por día, el tiempo por comida, la tasa de consumo y la MF, explicaron en su conjunto el 18% de la variación asociada a RFI.

2.4.5. Evaluación de grupos contrastantes de RFI sobre variables de comportamiento

Nkrumah et al. (2007) concluyeron que novillos cruza de bajo RFI tienen 24 y 14% menos FD, 29 y 18% menos HDD y 14 y 10% menos FF que animales de alto y medio RFI respectivamente. Del mismo modo, Durunna et al. (2011) sostienen que novillos más eficientes presentan menor FF, menor FD y menor HDD que los más ineficientes; sin embargo, no presentan diferencias en la FR (Cuadro 10).

En toros Hereford y Angus, Kayser y Hill (2013) sugieren que los animales más eficientes pasan menos tiempo alimentándose (los de bajo RFI tienen 31-32% menos HDD que los de alto RFI) y presentan 14-19% menos AMS que los animales menos eficientes. Además, los animales de bajo RFI presentan una HDR 20-30% mayor que los de alto RFI. Sin embargo, no existen diferencias en la MF entre los diferentes grupos de RFI. Lancaster et al. (2009) sostienen que el aumento en las actividades relacionadas al consumo (MF y MD) en toros Angus de alto RFI implica un mayor gasto energético asociado a un mayor nivel de actividad debido a la necesidad de locomoción y permanecer de pie.

Damiran et al. (2015) sostienen que en vaquillonas sólo existen diferencias en el HDD, destinando las más eficientes menos tiempo a las actividades relacionadas a la alimentación. Sin embargo, Bingham et al. (2009) afirman que vaquillonas Brangus menos eficientes tienen menos HDD, consumen a una mayor HDR y con mayor HDF que las más eficientes.

Las diferencias entre grupos sugieren que, generalmente, los animales más eficientes (de bajo RFI) dedican menos tiempo a actividades relacionadas al consumo, visitan menos frecuentemente el comedero, consumen menos alimento por comida y a una mayor tasa (Cuadro 10).

Cuadro 10. Comparación estadística de medias ajustadas de características de comportamiento de consumo según grupo de eficiencia.

	Consumo residual del alimento (RFI kg MS/día)			
	BAJO	MEDIO	ALTO	Autor
MD (min/día)	92,93 ^a	99,25 ^b	107,24 ^c	Lancaster et al. (2009)*
	219,6 ^a	-	219,9 ^a	Bingham et al. (2009)**
MF (comidas/día)	7,28 ^a	7,64 ^a	8,17 ^b	Lancaster et al. (2009)*
	15,06 ^a	-	14,75 ^a	Bingham et al. (2009)**
	12,71 ^a	12,60 ^a	12,84 ^a	Kayser y Hill (2013)***
	12,59 ^a	12,28 ^a	12,27 ^a	Kayser y Hill (2013)*
MR (g/min)	94,88 ^a	98,38 ^a	97,89 ^a	Lancaster et al. (2009)*
	41,70 ^a	-	49,50 ^b	Bingham et al. (2009)**
HDD (min/día)	30,28 ^a	37,06 ^b	42,37 ^c	Nkrumah et al. (2007)****
	151,70 ^a	-	123,50 ^b	Bingham et al. (2009)**
	41,99 ^a	45,31 ^b	49,48 ^c	Lancaster et al. (2009)*
	53,30 ^a	63,90 ^b	69,90 ^c	Durunna et al.(2011) ****
	35,53 ^a	40,08 ^b	51,90 ^b	Kayser y Hill (2013)***
	31,30 ^a	42,03 ^b	45,60 ^b	Kayser y Hill (2013)*
	108,00 ^a	-	142,30 ^b	Damiran et al. (2015)
HDF (eventos/día)	90,50 ^a	-	119,10 ^b	Bingham et al. (2009)**
HDR (g/min)	62,40 ^a	-	101,60 ^b	Bingham et al. (2009)**
	289,80 ^a	233,40 ^b	223,20 ^b	Kayser y Hill (2013)***
	348,00 ^a	294,00 ^b	288,00 ^b	Kayser y Hill (2013)*
FD (min/día)	56,41 ^a	65,64 ^b	74,62 ^c	Nkrumah et al. (2007) ****
	104,00 ^a	111,00 ^b	118,00 ^c	Durunna et al. (2011) ****
	163,00 ^a	-	190,30 ^a	Damiran et al. (2015) *****
FF (eventos/día)	27,24 ^a	30,36 ^b	32,50 ^c	Nkrumah et al. (2007) ****
	32,20 ^a	34,90 ^{ab}	35,60 ^b	Durunna et al. (2011) ****
	135,60 ^a	-	151,90 ^a	Damiran et al. (2015) *****
FR (g/min)	83,17 ^a	82,83 ^a	86,5 ^a	Durunna et al. (2011) ****
HDDM (min/comida)	2,85 ^a	3,90 ^b	4,17 ^b	Kayser y Hill (2013)***
	2,58 ^a	3,50 ^b	3,88 ^b	Kayser y Hill (2013)*
AMS (g/comida.d)	740 ^a	820 ^b	860 ^b	Kayser y Hill (2013)***
	830 ^a	940 ^b	1020 ^c	Kayser y Hill (2013)*

MD = Duración de comidas; MF = Frecuencia de comidas; MR = Tasa de consumo en función de MD; HDD = Tiempo de cabeza gacha; HDF = Frecuencia de eventos de cabeza gacha; HDR = Tasa de consumo en función de HDD; FD = Tiempo de alimentación; FF = Frecuencia de alimentación; FR = Tasa de consumo en función de FD; HDDM = Tiempo de cabeza gacha por comida; AMS = Tamaño de comida; * raza Angus; ** raza Brangus; *** raza Hereford; ****animales cruza; *****sin datos de raza.

2.4.6. Relación entre RFI y comportamiento: bases biológicas

Se conocen diferentes variables que afectan la conversión de alimento a producto, como el tipo de alimento, la formulación de la ración, el suministro de alimento y el manejo animal; sin embargo, el conocimiento en cuanto a lo que se puede avanzar en eficiencia desde la fisiología animal es escaso (Di Marco, 2006). Se ha demostrado que la variación en eficiencia está respaldada por diferencias medibles en los procesos biológicos (Archer et al., 1999). Asimismo, Richardson y Herd (2004) sugieren que hay varios mecanismos fisiológicos contribuyendo a las variaciones en RFI.

Al menos cinco procesos principales pueden explicar la variación en la eficiencia: consumo, digestión, metabolismo, actividad y termorregulación (Herd et al., 2004). Según Richardson y Herd (2004), la variación de RFI en novillos Angus se explica en un 9% por el incremento calórico de alimentación, en un 10% por la digestión, en un 10% por actividad, en un 5% por la composición corporal y en un 2% por patrones de alimentación. Además, según estos mismos autores, el recambio proteico, el metabolismo tisular y el estrés explicarían por lo menos un 37% de la variación de RFI y aproximadamente otro 27% se debería a variaciones en otros procesos como el transporte de iones.

En Uruguay, resultados en terneras Aberdeen Angus demostraron una asociación significativa entre el RFI y marcadores SNPs localizados en genes que podrían cumplir un rol importante en varios procesos fisiológicos y metabólicos relacionados con el consumo de energía (NPY, LEP e IGF-1, Trujillo et al., 2015). Dicha asociación fue más fuerte bajo condiciones de pastoreo que bajo condiciones de confinamiento.

La variación en el consumo se asocia a diferencias en requerimientos de mantenimiento en rumiantes, dado que al aumentar el nivel de consumo también aumenta la cantidad de energía empleada en la digestión; por lo tanto, se espera que los animales que consuman menos para el mismo desempeño, tengan menos gasto energético por el incremento calórico de alimentación (Herd y Arthur, 2009). Adam et al. (1984) sugieren que el costo energético de alimentación en novillos depende en mayor medida del tiempo destinado a la alimentación y de la tasa de ingestión, y en menor medida de la cantidad de alimento ingerido.

Se ha comprobado que en rumiantes existe variación en la digestión del alimento dentro de una misma raza (Herd et al., 2004), la cual puede resultar en grandes diferencias en RFI (Richardson et al., 1996). Los animales de bajo RFI digieren mejor la materia seca que los de alto RFI (Hendriks et al., 2013), lo cual podría explicarse por una asociación negativa entre el consumo y la digestión (Herd y Arthur, 2009) dada por variaciones en la tasa de pasaje (Richardson y Herd, 2004). La digestión del alimento también puede estar influenciada por variaciones en el comportamiento (Hendriks et al., 2013). En novillos con una dieta a base de grano de cebada y avena o grano de maíz

molido, la frecuencia diaria de visitas al comedero estuvo correlacionada negativamente con la digestibilidad de FDN (-0,48) y FDA (-0,46). Mientras tanto, el tiempo de alimentación diario estuvo correlacionado negativamente con la digestibilidad aparente de la materia seca (-0,55) y de la proteína cruda (0,47), lo cual se tradujo en diferencias en la energía digestible y metabolizable entre grupos de diferente RFI (Nkrumah et al., 2006).

Richardson et al. (1999) evaluaron para ganado de carne la actividad en toros mediante el uso de podómetros (dispositivo para medir pasos/día) y reportaron una correlación fenotípica positiva (0,32) entre RFI y el número diario de pasos, indicando que alrededor de 10% de la variación observada en RFI se explica por esta medida de actividad. El aumento en la distancia recorrida y en el tiempo que los animales estuvieron parados y rumiando, explicó cerca del 5% del aumento en el consumo energético de animales de alto RFI. Las diferencias de gasto energético asociadas a la actividad explican parte de la variación en producción de calor y, por tanto, en la disponibilidad de energía para mantenimiento y crecimiento (Herd y Arthur, 2009). Según Lancaster et al. (2009), diferencias en la frecuencia y duración de comidas contribuirían a la variación de RFI por su relación con actividades como la locomoción y el permanecer de pie o echados.

Según Richardson y Herd (2004) los novillos de alto RFI podrían ser más susceptibles al estrés térmico que los de bajo RFI. Esto se puede deber a una mayor probabilidad de que se vean afectados por factores particulares de estrés o a que tengan mecanismos menos eficaces para hacer frente y adaptarse a dichos factores. Los resultados reportados por DiGiacomo et al. (2014) en ganado lechero demuestran que cuando se exponen las vacas a estrés térmico (por calor), las más ineficientes presentan algunas medidas de temperatura corporal más altas que las más eficientes, indicando que las diferencias en eficiencia podrían atribuirse a diferencias en termorregulación. Por otra parte, se ha demostrado que un aumento en el índice de temperatura y humedad (ITH) afecta el comportamiento en ganado lechero mediante una reducción de la duración de los eventos de consumo y de los períodos de descanso (Kanjapaputhipong et al., 2015).

2.5. HIPÓTESIS

Considerando lo expuesto anteriormente, se plantean las siguientes hipótesis:

- Existen asociaciones entre las características de comportamiento y entre éstas y la eficiencia de conversión del alimento medida como RFI en vacunos de la raza Hereford.
- Los vacunos más eficientes emplean menos tiempo en su alimentación, visitan con menor frecuencia el comedero, consumen menos kg de materia seca por comida y a una mayor tasa.

- Las características de comportamiento explican parte de la variación en el consumo de materia seca no explicada por la ganancia diaria, el peso metabólico y el espesor de grasa dorsal.

3. MATERIALES Y MÉTODOS

3.1. SITIO DE ESTUDIO

Las pruebas se realizaron en el Campo Experimental de Kiyú, propiedad de la Sociedad de Criadores de Hereford del Uruguay (SCHU), ubicado en Puntas de Valdez en el departamento de San José sobre la ruta nacional No. 1 Brigadier General Manuel Oribe, km 61 (34°35'48" latitud Sur y 56°42'19.3" longitud Oeste).

3.2. ANIMALES

Se analizaron los datos de 618 toros y novillos Hereford, correspondientes a 7 pruebas realizadas durante los años 2014, 2015 y 2016 (Cuadro 11).

Cada categoría evaluada permaneció en corrales 100 días, de los cuales los primeros 30 corresponden a la etapa de acostumbramiento y los últimos 70 a la prueba propiamente dicha.

Cuadro 11. Pruebas y animales de estudio.

Año	Inicio	Final	Estación	No. de animales	Categoría
2014	13/02	16/05	Otoño	49	Toros parición de otoño
	16/06	26/08	Invierno	119	Toros parición de primavera
	19/09	27/11	Primavera	111	Novillos de primavera tardía
2015	11/02	23/04	Otoño	49	Toros parición de otoño
	16/06	27/08	Invierno	124	Toros parición de primavera
	10/09	15/12	Primavera	122	Novillos de primavera tardía
2016	10/02	28/04	Otoño	44	Toros parición de otoño

3.2.1. Requisitos para animales participantes de la prueba

Los toros que participaron de las pruebas fueron animales Pedigree Inscripto con información completa en Registros Genealógicos de ARU (Asociación Rural del Uruguay) de origen, fecha de nacimiento, padre y madre y edad de la madre. No se aceptaron animales provenientes de trasplante embrionario. Además, contaron con información de peso al nacer, peso al destete, fecha de destete, código de manejo y lote de destete (todos con más de 140 días de edad al momento de la pesada). Los animales provenientes de una misma cabaña debieron ser del mismo grupo contemporáneo al destete e hijos de al menos dos padres diferentes. En el caso de los novillos, provenían de cabañas o rodeos comerciales, se conocía su fecha de nacimiento y padre verificado mediante análisis de paternidad por ADN.

Las fechas de nacimiento variaron entre 30 de marzo y 30 de mayo (toros de

parición de otoño), 15 de agosto y 15 de octubre (toros de parición de primavera), y 1 de setiembre y 31 de octubre (novillos de primavera tardía). Ningún animal tuvo menos de 240 días de edad al inicio de la prueba ni más de 390 al final. El rango de edades dentro de un mismo corral no superó los 60 días.

Para participar de las pruebas los toros de parición de otoño debieron tener ganancias pre-destete dentro del rango de los 0,6 – 1,2 kg/día, mientras que los de parición de primavera dentro del rango de los 0,8 – 1,2 kg/día.

Respecto a la sanidad, 20 días previos al ingreso al Campo Experimental de Kiyú, a todos los animales se les realizaron tratamientos con antiparasitario de amplio espectro, saguaypicida, vacuna contra clostridiosis y vacuna contra queratoconjuntivitis. Además, los toros debieron presentar prueba negativa de Rosa de Bengala y reacción negativa a tuberculina.

3.3. ETAPAS DEL ESTUDIO

3.3.1. Etapas de acostumbramiento

La etapa de acostumbramiento constó de dos fases. La primera considera la llegada de los animales al campo experimental donde ingresaron a pasturas, permaneciendo allí una semana para minimizar el estrés generado por el viaje desde el lugar de origen y por el agrupamiento junto a animales que provienen de distintas cabañas.

En la segunda fase, los animales pasaron por una etapa de 15 días de acostumbramiento a la dieta, en la cual aprendieron a utilizar comederos tradicionales. Posteriormente, para su adaptación al uso de los comederos automáticos los animales estuvieron 15 días en los mismos corrales donde se realizaron las pruebas. La asignación de toros y novillos nacidos en primavera (los que se dividen en dos corrales durante las pruebas) fue determinada de manera de minimizar el efecto corral, tratando de balancear los pesos promedio así como la cantidad de animales astados en cada corral. Dichos animales fueron asignados a un mismo corral cuando provenían de una misma cabaña. Durante esta fase se evaluó cómo evolucionó la adaptación para cada animal mediante el análisis de datos objetivos de consumo y se pesaron los animales en forma regular cada dos semanas.

3.3.2. Etapas de prueba

Para los registros de información se utilizaron los comederos automáticos GrowSafeTM. Las pruebas tuvieron una duración mínima de 70 días, durante los cuales se midió el consumo diario de alimento, la evolución de pesos y las ganancias de todos

los animales. El peso se midió al inicio y al final de las pruebas y a períodos regulares de dos semanas, permitiendo seguir la evolución de peso vivo y las tasas de ganancias específicas. También se realizaron mediciones de ultrasonido de AOB y EGD al inicio, mitad y fin de la prueba, de forma de evaluar la evolución de composición del crecimiento en término de músculo y grasa.

Tanto novillos como toros fueron alimentados *ad libitum* 2 veces al día (8:00 y 15:30 horas) con una dieta altamente fibrosa de relativamente baja concentración de energía para la fase de recría (2,5 Mcal/kg MS; 13-14% PC) para ganancias diarias esperadas de 0,9 a 1,1 kg durante todo el período de prueba (Cuadro 12). Mediante el monitoreo de la cantidad de alimento y el decrecimiento del mismo a lo largo del tiempo, se certificó que los niveles mínimos no llegaran a cero para asegurar que ningún animal tuviera restricción alimenticia. Se realizaron análisis de valor nutricional y MS de todos los componentes de la dieta 3 veces durante la prueba, y análisis de MS todas las semanas para monitorear la cantidad y calidad de la dieta suministrada y para el ajuste diario de consumo de MS.

En todo momento se contó con la supervisión de especialistas en nutrición y salud animal.

Cuadro 12. Componentes de la dieta (% base fresca) según categoría.

Categoría	Componentes	%*
Toros de parición de otoño	Silo de cebada planta entera	75
	Grano de maíz molido	19
	Núcleo proteico	6
Toros de parición de primavera	Silo de sorgo planta entera	68
	Grano de maíz molido	27
	Núcleo proteico	5
Novillos	Silo de sorgo planta entera	27
	Silo de cebada planta entera	46
	Grano de maíz molido	21
	Núcleo proteico	6

*Valores aproximados que variaron levemente entre pruebas dependiendo de los porcentajes de MS de los insumos involucrados.

3.4. SISTEMA GROWSAFE™

3.4.1. Componentes y funcionamiento

El equipo utilizado para el registro de los consumos fue el sistema de monitoreo electrónico GrowSafe™ de origen canadiense que emplea tecnología de radio frecuencia. El mismo cuenta con comederos equipados con una antena que detecta la presencia del

animal mediante la lectura de la caravana de trazabilidad, una balanza que registra permanentemente el peso del contenido del comedero y rejas regulables que permiten la entrada de un solo animal por vez al comedero (Figura 1). La información de consumo (obtenida por diferencia de peso del comedero) y la identificación del animal (registrada por la antena) son interpretadas por el panel de lectura y enviadas a un software de soporte que las almacena. El panel de lectura es capaz de leer y diferenciar varias caravanas al mismo tiempo, permitiendo que todos los animales del corral sean detectados simultáneamente. En el Campo Experimental de Kiyú se utilizaron 2 corrales de 40 m de frente por 60 m de largo, equipados cada uno con 8 comederos y un panel de lectura.

Figura 1. Sistema Growsafe.



1) Panel de lectura 2) Balanza 3) Antena 4) Rejas regulables 5) Comedero.

3.4.2. Recolección de datos

El software permite registrar diariamente múltiples variables relevantes que van desde los kilos de alimento consumidos por animal por día (sumatoria de ingestas en el día), hasta número de veces que el animal come por día, horarios de las comidas, minutos por ingesta, entre otros. Estos datos permitieron analizar el comportamiento de consumo de los animales en cada corral durante las 24 horas del día.

3.5. CARACTERÍSTICAS DE COMPORTAMIENTO

Las variables de comportamiento analizadas fueron:

- Duración de comidas (Meal Duration, MD): calculada como la sumatoria de la duración de todos los eventos de comida que ocurren en un día (minutos/día). Un evento de comida comienza cuando la caravana de identificación es detectada por la antena del sistema de monitoreo electrónico por primera vez y finaliza cuando el tiempo transcurrido entre las dos últimas lecturas excede los 300 segundos.

- Frecuencia de comidas (Meal Frequency, MF): se calculó como el número de eventos de comida por día (comidas/día).

- Tiempo de cabeza gacha (Head Down Duration, HDD): se calculó como la sumatoria de todos los eventos de cabeza gacha que ocurrieron en un día (minutos/día). Un evento de cabeza gacha se inicia cuando el animal baja su cabeza en el comedero para la ingesta de comida y finaliza cuando la eleva.

- Tasa de consumo en función del tiempo de cabeza gacha (Head Down Rate, HDR): se calculó dividiendo el CMS diario por el de tiempo de cabeza gacha (gramos/minuto).

- Tamaño de comida (Average Meal Size, AMS): se calculó dividiendo el CMS diario por la frecuencia de comidas (g/ comida.d).

- Tiempo de cabeza gacha por comida (Head Down Duration per Meal, HDDM): calculado como la relación entre tiempo de cabeza gacha y la frecuencia de comidas (minutos/comida).

3.6. ESTIMACIÓN DE RFI

El parámetro propuesto para medir la eficiencia de conversión del alimento fue el consumo de alimento residual (RFI). Los animales evaluados contaban con su estimación de la DEP de Eficiencia de Conversión (DEP EfC), calculada conjuntamente con los datos de la Asociación Canadiense de Hereford (CHA) a través de la unión de las bases de datos productivos necesarios para el cálculo de la eficiencia de conversión y los registros genealógicos de ambos países. El país de origen, edad de la madre y edad inicial fueron incluidos en el modelo de estimación de la DEP. Si bien la misma considera el RFI transformado y expresado en base 100, para este estudio se consideró el valor de RFI original.

El RFI estimado en la evaluación fue calculado como la diferencia entre el consumo real observado para un animal (CMSr) respecto al consumo estimado (CMSe) para el mismo de acuerdo a su peso metabólico a mitad de prueba, ganancia diaria y composición corporal. Para predecir el consumo esperado (CMSe) se consideró el

siguiente modelo:

$$\text{CMSe} = \beta_0 + \beta_1 \text{GD} + \beta_2 \text{PMM} + \beta_3 \text{EGD} + \text{RFI}$$

Donde CMSe es el consumo de materia seca esperado, β_0 es el intercepto del modelo, β_1 , β_2 y β_3 son coeficientes de la regresión lineal de la ganancia diaria (GD), el peso metabólico a mitad de prueba (PMM) y el espesor de la grasa dorsal medida por ultrasonido (mm) al final de la prueba (EGD) respectivamente; RFI es el error residual.

3.7. ANÁLISIS ESTADÍSTICO

A partir de los registros almacenados en el software, se utilizó el paquete estadístico SAS (versión 9.4) para resumir la información, generando un valor promedio de cada variable (productivas, de comportamiento y de composición corporal) por animal por día. En el procesamiento se eliminaron datos de animales fuera de prueba y días particulares en donde se generaron problemas de registros. Partiendo de una base de más de 43.000 datos, que consideraba información de comportamiento de los 618 animales para cada uno de los 70 días de prueba, finalmente se obtuvo un único valor promedio (de toda la prueba) de cada una de las seis variables de comportamiento para cada uno de los 618 animales.

3.7.1. Descripción de variables productivas y de comportamiento

Utilizando el software estadístico InfoStat (versión Estudiantil), se realizó el análisis descriptivo de las variables productivas relevantes (CMS, PV, PMM, GD, EGD, AOB y RFI) y de las características de comportamiento definidas, obteniendo para cada una su media, desvío estándar, coeficiente de variación, mínimo, máximo y distribución.

3.7.2. Análisis de correlaciones

A través del software estadístico InfoStat (versión Estudiantil) se estimaron los coeficientes de correlación de Pearson entre las variables de comportamiento y entre éstas y las características productivas (RFI, GD, CMS diario, PMM y características de composición corporal: EGD y AOB medidas a final de prueba).

3.7.3. Evaluación de efectos fijos sobre el consumo y las características de comportamiento

Los efectos fijos evaluados sobre el CMS, el PV y las seis variables de comportamiento estudiadas para toros y novillos fueron: año, categoría, grupo de RFI e interacciones año por grupo de RFI y categoría por grupo de RFI. Para testear su significancia se realizó un análisis de varianza (considerando un nivel de significancia menor a 5%) utilizando el siguiente modelo completo (Modelo 1):

$$Y = \mu + \text{año} + \text{categoría} + \text{grupo de RFI} + \text{año*grupo de RFI} + \text{categoría*grupo de RFI} + \varepsilon$$

Donde Y se corresponde con cada una de las variables de comportamiento estudiadas (MD, MF, HDD, HDR, AMS, HDDM), el PV o el CMS corregidos por los efectos; μ , es la media de cada variable; año, se corresponde con cada año de evaluación (2014, 2015, 2016); categoría, se corresponde con las categorías utilizadas (toros, novillos); grupo de RFI, se corresponde con los grupos de eficiencia (bajo, medio, alto); año*grupo de RFI, es la interacción de los efectos año y grupo de eficiencia; categoría*grupo de RFI, es la interacción de los efectos categoría y grupo de eficiencia, y ε es el error residual.

Luego se calcularon las medias ajustadas por categoría de aquellas variables que no fueron afectadas por las interacciones consideradas en el modelo y se realizó una prueba de comparación de las mismas (Tukey) entre categorías. Las interacciones que fueron significativas se presentaron gráficamente.

Asimismo, se analizaron los efectos del año, la estación, el grupo de RFI y las interacciones año por estación y estación por grupo de RFI sobre el CMS, el PV y las variables de comportamiento de toros evaluados en 2014 y en 2015 mediante un análisis de varianza, considerando un nivel de significancia menor a 5%, utilizando el siguiente modelo completo (Modelo 2):

$$Y = \mu + \text{año} + \text{estación} + \text{grupo de RFI} + \text{año*estación} + \text{estación*grupo de RFI} + \varepsilon$$

Donde Y se corresponde con cada una de las variables de comportamiento estudiadas (MD, MF, HDD, HDR, AMS, HDDM), el CMS o el PV corregidos por los efectos; μ , es la media de cada variable; año, se corresponde con cada año de evaluación (2014, 2015); estación, se corresponde con las estaciones de evaluación (otoño, invierno); grupo de RFI, se corresponde con los grupos de eficiencia (bajo, medio, alto); año*estación, es la interacción de los efectos año y estación; estación*grupo de RFI, es la interacción de los efectos estación y grupo de eficiencia, y ε es el error residual.

Luego se calcularon y compararon por estación (a través de la prueba de comparación Tukey) las medias ajustadas de aquellas variables para las cuales las interacciones consideradas en el modelo no fueron significativas. Las interacciones que

fueron significativas se presentaron gráficamente.

Para caracterizar las estaciones otoño e invierno de los años 2014 y 2015 se resumieron los datos promedio de humedad relativa, temperaturas medias, máximas y mínimas obtenidas para la estación experimental INIA Las Brujas a través del banco de datos agroclimáticos de INIA Gras y se obtuvieron las precipitaciones acumuladas de la estación pluviométrica de INUMET más próxima al Campo Experimental de Kiyú.

Las variables tiempo de cabeza gacha/comida (HDDM), tasa de consumo (HDR) y tamaño de comida (AMS) se transformaron en logaritmos con el objetivo de que adquirieran una distribución normal al igual que las demás variables.

Para la evaluación de los efectos fijos testeados se consideraron cuatro niveles de significancia: para valores de $p < 0,001$, con una probabilidad de error menor al 0,1 %, el efecto del tratamiento es altamente significativo (***); para valores entre $p < 0,01$ y $0,001$ el efecto es significativo (**); valores de $p < 0,05$, con una probabilidad de error menor de 5%, se consideran levemente significativos (*), y valores de $p > 0,05$ no se consideran significativos (NS).

3.7.4. Comparación entre grupos de eficiencia contrastantes

La totalidad de los animales evaluados fueron clasificados en tres grupos de eficiencia en base a su RFI: bajo ($> 0,5$ desvío estándar por debajo de la media), medio ($\pm 0,5$ desvío estándar respecto a la media) o alto ($> 0,5$ desvío estándar por encima de la media).

A partir del mismo modelo propuesto para el análisis de los efectos fijos sobre el CMS, el PV y el comportamiento de toros y novillos (Modelo 1), se obtuvieron para cada grupo de RFI las medias ajustadas de las variables que no fueron afectadas por la interacción categoría por grupo de RFI y se realizó una prueba de comparación de las mismas (Tukey). Las interacciones que fueron significativas se presentaron gráficamente.

3.7.5. Predicción del consumo a partir de las variables de comportamiento

Para estimar la contribución de las características de comportamiento al porcentaje de la variación del CMS no explicada por GD, PMM y EGD, se observó el incremento del R^2 del siguiente modelo de regresión lineal respecto al modelo básico de predicción del CMS a través de InfoStat (versión Estudiantil).

$$Y = \beta_0 + \beta_1 \text{ GD} + \beta_2 \text{ PMM} + \beta_3 \text{ EGD} + \beta_4 X + \varepsilon$$

Donde Y es el CMS; β_0 , el intercepto del modelo; β_1 , β_2 , β_3 y β_4 , los coeficientes de la regresión lineal de la ganancia diaria (GD), el peso metabólico a mitad

de prueba (PMM), el espesor de grasa dorsal a final de prueba (EGD) y la característica de comportamiento evaluada (X) respectivamente; y ε , el error residual.

Las variables de comportamiento incorporadas al modelo fueron HDD, MD, HDDM y MF, cada una por separado o combinadas. El AMS y la HDR no fueron considerados por incluir al CMS en su cálculo.

Por último, se realizó un testeo estadístico para verificar cuál es el mejor modelo de predicción del consumo mediante el método de selección denominado “Stepwise”, considerando un nivel de significancia 0,15 para incluir y 0,15 para retener las variables regresoras.

4. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1. ANÁLISIS DESCRIPTIVO DE LAS VARIABLES PRODUCTIVAS Y DE COMPORTAMIENTO

4.1.1. Descripción de variables productivas

La descripción estadística de las variables productivas para los toros y novillos participantes de las pruebas se presenta en los Cuadros 13 y 14 respectivamente.

Cuadro 13. Estadística descriptiva de las variables productivas de toros.

Variable	No. de datos	Media	Desvío estándar	CV (%)	Mínimo	Máximo
CMS (kg/día)	385	9,01	1,19	13,17	4,47	12,61
CMS (% PV)	385	2,83	0,23	8,25	1,86	3,46
Edad inicial (días)	385	284,05	22,68	7,99	244,00	333,00
Edad final (días)	385	358,84	26,76	7,46	315,00	415,00
PV inicial (kg)	385	263,95	41,33	15,66	149,00	416,50
PV final (kg)	385	375,90	51,62	13,73	215,00	543,00
PMM (kg)	385	75,50	8,13	10,76	49,55	102,51
GD (kg/día)	385	1,54	0,23	14,73	0,91	2,26
EGDi (mm)	385	2,34	0,65	27,76	1,00	5,10
EGDm (mm)	385	3,27	0,92	28,02	1,60	6,00
EGDf (mm)	385	3,96	1,09	27,41	1,80	8,30
AOBi (cm ²)	385	41,28	7,18	17,40	24,50	63,60
AOBm (cm ²)	385	49,04	7,39	15,07	32,70	73,70
AOBf (cm ²)	385	54,85	7,47	13,63	35,00	75,80
RFI (kg MS/día)	385	0,00	0,59	-	-2,54	1,90

CV = Coeficiente de Variación; CMS = Consumo de Materia Seca; PV = Peso Vivo; PMM = Peso Metabólico a Mitad de prueba; GD = Ganancia Diaria; EGD_i = Espesor de Grasa Dorsal a inicio de prueba; EGD_m = Espesor de Grasa Dorsal a mitad de prueba; EGD_f = Espesor de Grasa Dorsal a final de prueba; AOB_i = Área de Ojo de Bife a inicio de prueba; AOB_m = Área de Ojo de Bife a mitad de prueba; AOB_f = Área de Ojo de Bife a final de prueba; RFI = Consumo residual del alimento.

Cuadro 14. Estadística descriptiva de las variables productivas de novillos.

Variable	No. de datos	Media	Desvío estándar	CV (%)	Mínimo	Máximo
CMS (kg/día)	233	9,55	1,17	12,27	5,23	13,13
CMS (% PV)	233	3,49	0,32	9,20	2,36	4,39
Edad inicial (días)	233	296,99	38,14	12,84	247,00	396,00
Edad final (días)	233	365,99	38,14	10,42	316,00	465,00
PV inicial (kg)	233	226,20	38,54	17,04	137,50	348,50
PV final (kg)	233	325,80	45,79	14,05	198,00	460,50
PMM (kg)	233	67,57	7,63	11,30	47,29	90,20
GD (kg/día)	233	1,42	0,22	15,48	0,66	2,12
EGDi (mm)	232	1,99	0,45	22,76	1,40	3,90
EGDm (mm)	233	2,80	0,87	30,91	1,40	6,30
EGDf (mm)	233	3,46	1,08	31,15	1,60	7,30
AOBi (cm ²)	232	35,67	5,74	16,09	21,00	57,60
AOBm (cm ²)	233	42,04	6,00	14,28	26,20	59,60
AOBf (cm ²)	233	46,14	6,07	13,16	29,10	62,90
RFI (kg MS/día)	233	0,00	0,66	-	-1,99	1,67

CV = Coeficiente de Variación; CMS = Consumo de Materia Seca; PV = Peso Vivo; PMM = Peso Metabólico a Mitad de prueba; GD = Ganancia Diaria; EGD_i = Espesor de Grasa Dorsal a inicio de prueba; EGD_m = Espesor de Grasa Dorsal a mitad de prueba; EGD_f = Espesor de Grasa Dorsal a final de prueba; AOB_i = Área de Ojo de Bife a inicio de prueba; AOB_m = Área de Ojo de Bife a mitad de prueba; AOB_f = Área de Ojo de Bife a final de prueba; RFI = Consumo residual del alimento.

Al inicio de la prueba el PV promedio ($\pm$ D.E) de los toros fue de 263,95 kg ($\pm$ 41,33) y de los novillos de 226,2 kg ($\pm$ 38,54), mientras que la edad promedio ($\pm$ D.E) de los toros fue de 9,45 meses ($\pm$ 0,76) y de los novillos de 9,9 meses ($\pm$ 1,27). Los toros tuvieron una GD ($\pm$ D.E) durante el período de prueba de 1,54 kg ($\pm$ 0,23) y los novillos de 1,42 kg ($\pm$ 0,22), logrando un PV ($\pm$ D.E) promedio final de 375,9 kg ($\pm$ 51,62) y de 325,8 kg ($\pm$ 45,79) respectivamente. El CMS diario promedio ($\pm$ D.E) fue de 9,01 kg ($\pm$ 1,19) (2,83% PV) para toros y de 9,55 kg ($\pm$ 1,37) (3,49% PV) para novillos. El RFI de los toros varió de -2,54 a 1,9 kg MS/día y el de los novillos de -1,99 a 1,67 kg MS/día. En cuanto a las características de carcasa medidas por ultrasonido a final de prueba, el espesor de grasa dorsal (EGD) promedio ($\pm$ D.E) fue de 3,96 mm ($\pm$ 1,09) en toros y de 3,45 mm ($\pm$ 1,08) en novillos, y el área de ojo de bife (AOB) promedio ($\pm$ D.E) de 54,85 cm² ($\pm$ 7,47) en toros y de 46,14 cm² ($\pm$ 6,07) en novillos.

La variabilidad de PV inicial tanto de toros (CV= 15,66%) como de novillos (CV= 17,04%) se podría deber a que no se considera como requisito para la participación en las pruebas, sino que principalmente se tiene en cuenta un rango de edad, el cual puede ser más flexible para los novillos, y de ganancias pre destete.

En toros Angus en fase de recría alimentados con una dieta de 2,6 Mcal EM/kg MS y 11,7% PC se logró una GD un tanto mayor (1,66 kg/día, Lancaster et al., 2009) que la de los toros de este trabajo, mientras que en novillos cruza de edad inicial (252 ± 42 días) y dieta de concentración energético-proteica semejantes (2,9 Mcal EM/kg MS y 12,5% de PC) Nkrumah et al. (2007) reportaron GD similares (1,46 kg/día) a pesar de que su PV inicial fue mayor (353 ± 61 kg) que el de los novillos de este estudio.

El valor promedio de CMS de los toros se aproxima al de toros Angus (8,45 kg, Lancaster et al., 2009), y el de los novillos a los reportados para vaquillonas Brangus (9,49 kg o 3,1% PV, Bingham et al., 2009) y vaquillonas de raza desconocida (9,66 kg o 2,7% PV, Damiran et al., 2015) en condiciones de estudio similares (confinados y alimentados *ad libitum*).

Al considerar estudios bajo condiciones de pastoreo al sur de Brasil, se observa que novillos Hereford presentan menor CMS diario sobre campo natural (5,26 kg o 2,01% PV) y campo natural mejorado por fertilización e introducción de especies invernales (6,02 kg o 2,0 % PV, Moscat, 2015). Esta diferencia en el CMS es esperable, ya que en condiciones de pastoreo la facilidad de acceso al alimento y la disponibilidad del mismo es menor que la esperada en condiciones de confinamiento con acceso *ad libitum* al alimento; el CMS en animales en pastoreo dependerá en gran medida de la disponibilidad de forraje y por ende la probabilidad de que presenten restricción alimentaria sería alta, pudiendo repercutir esto en un menor consumo de materia seca diario.

4.1.2. Descripción de las características de comportamiento

La descripción estadística de las características de comportamiento para los 385 toros y los 233 novillos participantes se presenta en los Cuadros 15 y 16 respectivamente.

Cuadro 15. Estadística descriptiva de las variables de comportamiento de toros.

Variable	No. de datos	Media	Desvío estándar	CV (%)	Mínimo	Máximo
MD (min/día)	385	196,48	29,39	14,96	134,83	317,38
HDD (min/día)	385	78,09	29,40	37,65	19,06	184,78
HDDM (min/comida)	385	8,89	4,19	47,09	1,61	23,45
MF (comidas/día)	385	10,30	2,57	25,01	5,33	18,47
AMS (g/comida)	385	1030,00	320,00	30,72	360,00	2000,00
HDR (g/min)	385	142,20	61,20	42,85	49,20	530,40

CV = Coeficiente de Variación; MD = Duración de comidas; HDD = Tiempo de cabeza gacha; HDDM = Tiempo de cabeza gacha por comida; MF = Frecuencia de comidas; AMS = Tamaño de comida; HDR = Tasa de consumo.

Cuadro 16. Estadística descriptiva de las variables de comportamiento de novillos.

Variable	No. de datos	Media	Desvío estándar	CV (%)	Mínimo	Máximo
MD (min/día)	233	224,40	35,50	15,82	136,88	362,95
HDD (min/día)	233	62,04	20,40	32,88	19,98	135,57
HDDM (min/comida)	233	5,34	2,36	44,19	1,50	15,92
MF (comidas/día)	233	13,36	2,83	21,20	7,60	21,70
AMS (g/comida)	233	820,00	240,00	29,31	380,00	1930,00
HDR (g/min)	233	183,60	60,00	32,58	41,40	504,00

CV = Coeficiente de Variación; MD = Duración de comidas; HDD = Tiempo de cabeza gacha; HDDM = Tiempo de cabeza gacha por comida; MF = Frecuencia de comidas; AMS = Tamaño de comida; HDR = Tasa de consumo.

En promedio, los toros y novillos destinan respectivamente 196,48 y 224,4 minutos por día (MD) a los eventos de comida, permaneciendo 78,09 y 62,04 minutos con la cabeza gacha por día (HDD). Estos valores de la duración de comidas (MD) se aproximan al encontrado por Bingham et al. (2009) en vaquillonas Brangus (219,9 min/día) considerando un mismo criterio de comida (5 minutos). Sin embargo, los valores de MD encontrados son superiores a los de otros trabajos cuyos promedios variaron entre 87,9 a 131,1 min/día (Schwartzkopf- Genswein et al. 2002, Basarab et al. 2003, Lancaster et al. 2009). Parte de esta diferencia se podría justificar por el uso de una dieta con mayor proporción de voluminoso en este estudio, ya que se ha demostrado que el aumento de la fibra efectiva en la dieta incrementa el tiempo que los animales destinan al consumo y a otras actividades relacionadas, como la masticación y la selectividad (Yang y Beauchemin 2006, Durunna et al. 2011). Además, Nkrumah et al. (2006) sostienen que el tiempo de alimentación se relaciona negativamente con la capacidad de digerir la MS.

El tiempo de cabeza gacha (HDD) de los toros es superior al reportado en animales Angus (45,45 min/día, Lancaster et al., 2009) y Hereford (38 min/día, Kayser y Hill, 2013) de la misma categoría. Asimismo, el HDD de los novillos de este estudio es mayor al encontrado en novillos cruza (36,1 min/día, Basarab et al., 2003; 36,57 min/día, Nkrumah et al., 2007; 31,7 min/día, Durunna et al., 2011). Tanto el valor de los toros como el de los novillos son inferiores a los reportados en vaquillonas (123,5 a 151,7 min/día, Bingham et al., 2009; 108 a 142,3 min/día, Damiran et al., 2015). Los valores más elevados se encontraron en los trabajos que evaluaron hembras y/o utilizaron dietas con mayor relación voluminoso-concentrado, reflejando la existencia de los efectos del género encontrado por Basarab et al. (2007) y de dieta por Durunna et al. (2011).

Las formas de suministro de la dieta (Moya et al., 2011), los niveles de oferta de alimento (Schwartzkopf- Genswein et al., 2002), las condiciones climáticas (Laínez y

Hsia 2004, Uzal y Ugurlu 2010, Tripon et al. 2014), las condiciones de encierro y la competencia entre animales en el comedero por espacio (Bingham et al. 2009, Proudfoot et al. 2009) también podrían estar explicando las diferencias entre trabajos en los valores de tiempo empleado por los animales en lo que a actividades de consumo respecta.

En comparación con animales en condiciones de pastoreo, cuyo tiempo de alimentación generalmente varía entre 4 y 14 horas por día (Galli et al. 1996, Da Trindade 2011, Gutiérrez 2011, Scarlato 2011, Carvalho et al. 2013), los animales utilizados en este estudio dedicaron menos tiempo a la alimentación. Teniendo en cuenta que se trabajó en condiciones de confinamiento con acceso *ad libitum* a la comida, los resultados coinciden con lo esperado, puesto que, en dichas condiciones, los animales no deberían dedicar tiempo a la búsqueda y selección de alimento, contrariamente a lo que sucede en pastoreo. Es así que se podría afirmar que en este último caso la duración de las comidas depende en parte del tiempo total de pastoreo y del tiempo dedicado a la búsqueda y selección de alimento, el cual aumentaría ante una baja disponibilidad de forraje (acceso a la comida, Carvalho et al., 2013), traduciéndose esto en un aumento en la duración de comidas.

La frecuencia de comidas promedio (MF) de los toros ($10,30 \pm 2,57$ eventos/día) se encuentra dentro del rango de valores reportados para esta categoría en raza Hereford (12,71 comidas/día, Kayser y Hill, 2013) y Angus (7,68 comidas/día, Lancaster et al., 2009; 12,37 comidas/día, Kayser y Hill, 2013). La MF de los novillos (13,36 eventos/día) es mayor que la de novillos cruza (8,6 comidas/día, Basarab et al., 2003) alimentados con dietas de 70-80% de concentrado, posiblemente porque el uso de dietas más voluminosas aumenta la MF respecto a dietas más concentradas (Baile y McLaughlin 1987, Lancaster et al. 2009, Durunna et al. 2011). A su vez, el valor de MF de los novillos de este estudio es menor que el reportado para los de raza Charolais (15,4 comidas/día, Schwartzkopf-Genswein et al., 2002). Del mismo modo, Nkrumah et al. (2007) encontraron mayor MF en animales de origen continental que en los de origen británico. Los valores de MF encontrados en vaquillonas Brangus (14,75 a 15,06 comidas/día, Bingham et al., 2009) y Charolais (17,7 comidas/día, Schwartzkopf-Genswein et al., 2002) superan los de los animales de estudio. Esta variación entre machos y hembras fue demostrada previamente por Schwartzkopf-Genswein et al. (2002).

Al considerar la MF de algunos trabajos en condiciones de libre pastoreo, donde los bovinos realizan entre seis y ocho comidas diarias (Carvalho et al., 2013), se encontró que los resultados del presente estudio muestran valores mayores de MF, coincidiendo con lo reportado por Elizalde (1995), quien sostiene que animales que consumen dietas a base de ensilaje tienen un mayor número de pequeñas comidas durante el día que aquellos que consumen pasto fresco.

Debido a la variabilidad encontrada entre investigaciones en los indicadores HDD y MF, es esperable que los resultados de HDDM (calculado como la relación entre ambos) también sean variables. En este sentido, el valor encontrado por Kayser y Hill

(2013) en toros Hereford (3,22 min/comida) es inferior al obtenido en el presente trabajo tanto en toros (8,89 min/comida) como en novillos (5,34 min/comida), debido principalmente a un menor HDD. Adicionalmente, entre las características de comportamiento analizadas en el presente estudio, el HDDM fue la que presentó la mayor variación (47% en toros y 44% en novillos).

Los AMS promedio de los toros ($1,03 \pm 0,32$ kg/día) y los novillos ($0,82 \pm 0,24$ kg/día) se asemejan a los encontrados en animales manejados con similar régimen de alimentación (*ad libitum*) y proporción de voluminoso en la dieta (1,0 kg/día, Montanholi et al., 2009; 0,94 kg/día, Kayser y Hill, 2013). Así, según Baile y Della-Fera (1981), la cantidad de alimento consumida en una comida podría estar limitada por la capacidad del rumen e influenciada por la respuesta del intestino a características del alimento.

Los toros bajo estudio consumieron el alimento a una tasa promedio (HDR) de 142,2 g/min, mientras que los novillos lo hicieron a una tasa de 183,6 g/min. Estos valores son mayores al rango de 62,4 a 101,6 g/min reportado para vaquillonas Brangus (Bingham et al., 2009) y menores al valor de 306 g/min reportado para toros Hereford (Kayser y Hill, 2013). Esta variación se explicaría en mayor medida por diferencias en HDD y en menor medida por diferencias en el CMS. Bailey (2011) sostiene que la variación entre autores en tasa de consumo se podría explicar por las diferencias en raza y en los alimentos componentes de la dieta.

4.2. ANÁLISIS DE LAS CORRELACIONES FENOTÍPICAS

Las correlaciones fenotípicas encontradas entre las variables de comportamiento se presentan en el Cuadro 17.

Todas las variables estudiadas estuvieron relacionadas entre sí, pero con magnitud variable. El HDD se relacionó negativamente con la MF y la HDR, y positivamente con la MD, el HDDM y el AMS. La MD presentó una correlación positiva con la MF y negativa con el HDDM, el AMS y la HDR. Existió una asociación fuerte y negativa de la MF con el HDDM y el AMS y positiva entre la MF y la HDR. El HDDM estuvo fuertemente correlacionado con el AMS de forma positiva y con la HDR negativamente. El AMS y la HDR presentaron una relación negativa.

Cuadro 17. Correlaciones fenotípicas entre las variables de comportamiento.

	HDD	MD	MF	HDDM	AMS	HDR
HDD	1 ***	0,19 ***	-0,20 ***	0,84 ***	0,28 ***	-0,84 ***
MD		1 ***	0,50 ***	-0,10 *	-0,40 ***	-0,14 ***
MF			1 ***	-0,62 ***	-0,87 ***	0,15 ***
HDDM				1 ***	0,69 ***	-0,68 ***
AMS					1 ***	-0,14 ***
HDR						1 ***

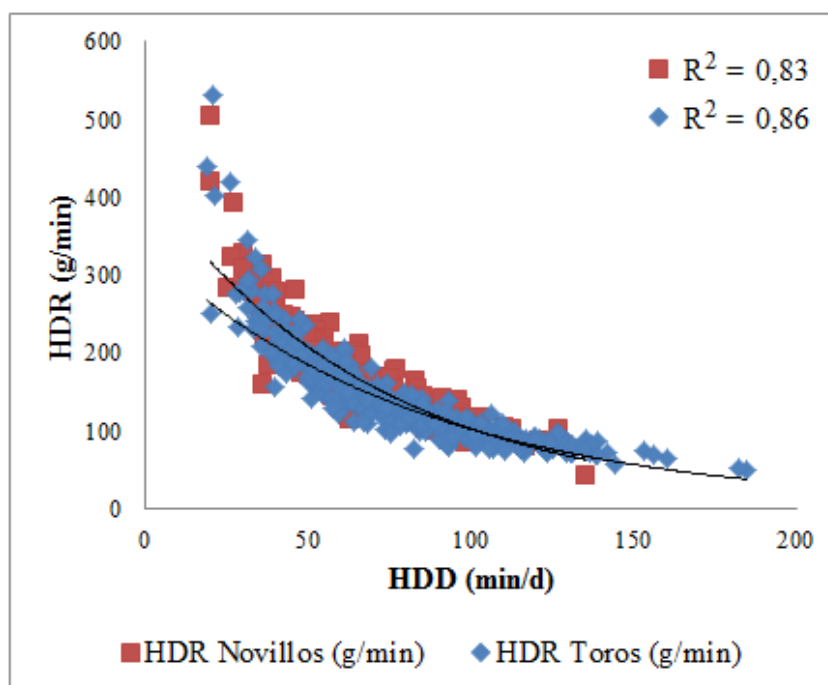
***P<0,001; *P<0,05; MD = Duración de comidas; HDD = Tiempo de cabeza gacha; HDDM = Tiempo de cabeza gacha por comida; MF = Frecuencia de comidas; AMS = Tamaño de comida; HDR = Tasa de consumo.

Pocos son los autores que analizan las relaciones entre las variables de comportamiento. Al igual que en el presente trabajo, Nkrumah et al. (2007), Durunna et al. (2011) encontraron correlaciones fenotípicas entre todas las variables de comportamiento estudiadas; sin embargo, utilizaron eventos de alimentación como base para su cálculo, dificultando la comparación entre resultados.

De todos modos, la correlación de 0,19 entre el HDD y la MD del presente trabajo es próxima a la de 0,25 entre el HDD y el FD obtenida en novillos cruza de razas carniceras (Nkrumah et al., 2007). Era esperable encontrar esta asociación dado que dichas variables buscan reflejar el tiempo destinado a la alimentación. El hecho de que la MD y el FD incluyan otras actividades relacionadas al consumo podría explicar por qué estas relaciones no son aún más fuertes.

La HDR presentó una relación negativa fuerte con el HDD (-0,84) y débil con la MD (-0,14), indicando que los animales que consumen más lentamente son aquellos que destinan más tiempo diario a actividades relacionadas al consumo. La gran magnitud de la correlación entre la HDR y el HDD podría deberse principalmente a que la primera se calcula en función de la segunda. En la Figura 2 es posible apreciar la relación cuadrática existente entre dichas variables. Similarmente, Durunna et al. (2011) reportaron que la FR se correlacionó negativamente con el HDD y el FD en novillos cruza tanto en la etapa de recría (-0,27 y -0,34 respectivamente) como en la de terminación (-0,28 y -0,21 respectivamente).

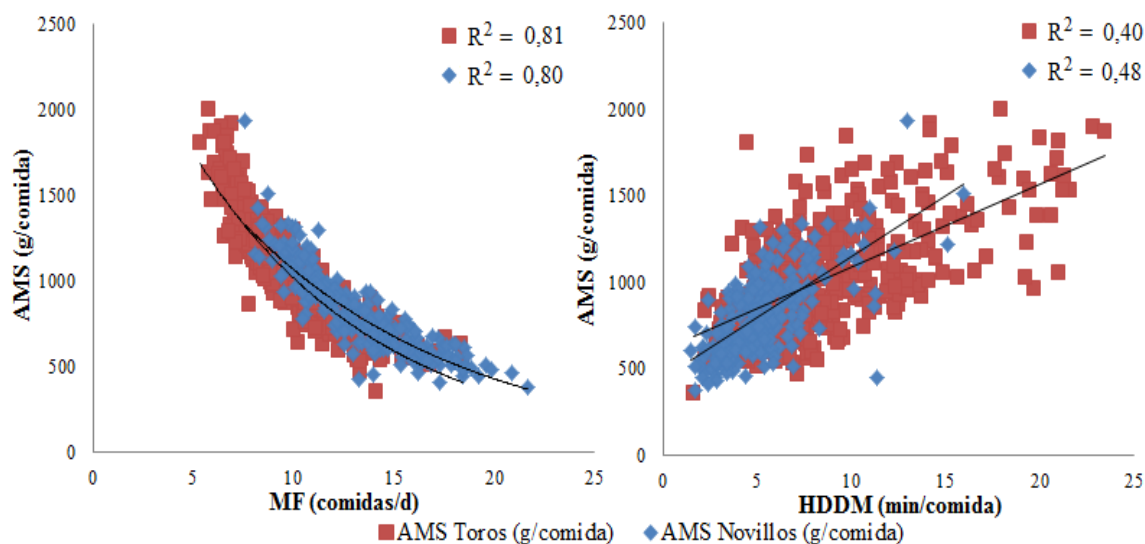
Figura 2. Relación entre el tiempo de cabeza gacha (HDD) y la tasa de consumo (HDR).



En el presente trabajo, el HDD y la MF se asociaron negativamente (-0,20), mientras la MD y la MF positivamente (0,50). Considerando que un evento de comida incluye no sólo el tiempo en que el animal se alimenta sino también cierto tiempo destinado a otras actividades como masticar, lamer, permanecer de pie o caminando próximo al comedero, y que un evento de cabeza gacha reflejaría en mayor medida el tiempo que el animal emplea en el consumo de alimento, estas relaciones indicarían que un mayor número diario de comidas por parte de los animales se asocia a un mayor empleo de tiempo en actividades diferentes del consumo de alimento.

La correlación positiva entre la HDR y la MF (0,15) del presente trabajo tiene la misma dirección que la asociación positiva entre la FR y la FF encontrada para novillos cruza (0,77, Durunna et al., 2011), pero de mucho menor magnitud. Además, el AMS se relacionó positivamente con el HDD (0,28) y el HDDM (0,69) y negativamente con la MD (-0,40), la MF (-0,87) y la HDR (-0,14). El HDDM estuvo positivamente asociado al HDD (0,84) y negativamente a la MD (-0,10), la MF (-0,62) y la HDR (-0,89). Los resultados sugieren que el número de comidas que el animal realiza por día y el tiempo que le dedica a cada una serían las variables que más determinan su tamaño promedio. En la Figura 3 se puede observar que el AMS guarda relación cuadrática con la MF y lineal con el HDDM.

Figura 3. Relación del tamaño promedio de comidas (AMS) con la frecuencia de comidas (MF) y tiempo de cabeza gacha por comida (HDDM).



En el Cuadro 18 se presentan las correlaciones fenotípicas entre las características de comportamiento y las productivas de interés. Solamente las correlaciones con la HDR se separaron para toros y novillos ya que fueron las únicas que variaron entre categorías.

La correlación fenotípica encontrada entre el HDD y el CMS (0,29) fue similar a la reportada para novillos en crecimiento (0,33, Nkrumah et al., 2007) y toros Angus (0,36, Lancaster et al., 2009; 0,37, Kayser y Hill, 2013). Esta consistente relación indicaría que los animales que permanecen más tiempo con su cabeza gacha estarían de hecho consumiendo más y no sólo visitando el comedero (McGee et al., 2014). El HDD estuvo correlacionado positivamente con la GD (0,32) más fuertemente que lo reportado para novillos (0,18, Nkrumah et al., 2007) y toros (0,21, Lancaster et al., 2009) alimentados con dietas con mayor proporción de concentrado. Del mismo modo, McGee et al. (2014) hallaron correlaciones más elevadas entre estas variables con dietas más voluminosas. Semejante a lo encontrado en toros Angus (0,37, Lancaster et al., 2009), el HDD presentó una correlación moderada y positiva con el RFI (0,36). Dicha relación podría ser consecuencia de la asociación negativa entre la capacidad de digerir la MS de los animales y el tiempo que destinan a la alimentación (Nkrumah et al., 2006), implicando diferencias en el gasto energético de alimentación.

La ausencia de correlación entre la MD y el CMS podría deberse a que, por su forma de medición, la MD incluye cierto período de tiempo en que los animales no están alimentándose. Así, Nkrumah et al. (2007) encontraron que sólo cerca del 55% del tiempo de comidas estaría realmente relacionado al consumo de alimento, mientras que el resto podría ser empleado en otras actividades. La asociación negativa entre la MD y

la GD (-0,13) no se dio en toros Angus (0,17, Lancaster et al., 2009). La correlación moderada y positiva entre la MD y el RFI (0,29), que se corresponde con la bibliografía (0,17, Lancaster et al., 2009), indicaría que los animales más eficientes dedicarían menos tiempo al consumo y a actividades como masticar, lamer, seleccionar y sociabilizar.

Cuadro 18. Correlaciones fenotípicas entre las características de comportamiento y características productivas.

	CMS	GD	RFI	EGDf	AOBf	PMM
HDD _T	0,29 ***	0,32 ***	0,36 ***	0,09 *	0,22 ***	0,31 ***
MD _T	0,05 NS	-0,13 ***	0,29 ***	-0,29 ***	-0,48 ***	-0,45 ***
MF _T	-0,12 **	-0,25 ***	-0,04 NS	-0,29 ***	-0,54 ***	-0,50 ***
HDDM _T	0,27 ***	0,34 ***	0,27 ***	0,22 ***	0,43 ***	0,47 ***
AMS _T	0,48 ***	0,43 ***	0,30 ***	0,43 ***	0,63 ***	0,67 ***
HDR t	-0,14 **	-0,05 NS	-0,31 ***	0,13 *	0,12 *	0,04 NS
HDR n	-0,07 NS	-0,05 NS	-0,12 NS	0,09 NS	0,08 NS	0,02 NS

***P<0,001; **P<0,01; *P<0,05; NS P>0,05; HDD = Tiempo de cabeza gacha; MD = Duración de comidas; MF = Frecuencia de comidas; HDDM = Tiempo de cabeza gacha por comida; AMS = Tamaño de comida; HDR = Tasa de consumo; CMS = Consumo de materia seca promedio diario; GD = Ganancia diaria promedio; RFI = Consumo residual del alimento; EGDf = Espesor de grasa dorsal a final de prueba; AOBf = Área de ojo de bife a final de prueba; PMM = Peso metabólico a mitad de prueba. T = Total de los animales; t = toros; n = novillos.

Las correlaciones negativas de la MF con el CMS (-0,12) y la GD (-0,25) no eran esperadas considerando que en toros Hereford y Angus no se ha encontrado una relación entre estas variables (Lancaster et al. 2009, Kayser y Hill 2013). El tipo de dieta, la raza y/o la fase de crecimiento pueden ser causantes de la variación entre autores (McGee et al., 2014). La falta de correlación entre la MF y el RFI es consistente con los resultados en toros Hereford y Angus alimentados con dietas de similar proporción de voluminoso (Kayser y Hill, 2013), no así con los de toros Angus alimentados con dietas más concentradas (0,19, Lancaster et al., 2009).

Las correlaciones positivas del AMS con el CMS (0,48), la GD (0,43) y el RFI (0,30) son comparables a las obtenidas anteriormente en toros Hereford (0,54, 0,17 y 0,36 respectivamente, Kayser y Hill, 2013). Contrariamente, en toros Wagyu no se

observaron correlaciones significativas entre dichas variables (McGee et al., 2014). Considerando que los estudios utilizan dietas de composición similar, las diferencias reportadas por los autores pueden sugerir un efecto raza. La relación negativa de AMS y la eficiencia de conversión podría deberse a que un mayor AMS implique un aumento en la cantidad de energía empleada en la digestión y, por lo tanto, en el gasto energético por el incremento calórico de alimentación.

La HDR es la variable que presentó las correlaciones más débiles con las características productivas tanto en toros como en novillos, siendo muchas de ellas no significativas. La excepción fue la correlación moderada con el RFI en toros (-0,31), la cual fue igual a la encontrada para toros Angus (-0,31, Kayser y Hill, 2013) y es posible que exista porque una mayor tasa de ingestión se traduce en un menor costo energético de alimentación (Adam et al., 1984). La ausencia de relación entre la HDR y la GD en ambas categorías coincide con lo reportado con anterioridad para toros Angus y Hereford (Kayser y Hill, 2013).

Considerando las relaciones encontradas, los animales con menor MD, HDD, HDDM y AMS presentarían fenotipos favorables para la eficiencia de conversión (RFI).

Las correlaciones de comportamiento de consumo y el RFI podrían estar involucrando otros procesos fisiológicos. Según Nkrumah et al. (2007), las características de comportamiento pueden estar asociadas a señales biológicas que controlan el hambre y la saciedad en el corto plazo, así como a la tasa de retención ruminal y a la digestibilidad de la dieta.

Las relaciones entre las características de comportamiento y el EGDf, el AOBf y el PMM son bastante distintas a las reportadas para novillos cruzados utilizando indicadores comparables (Nkrumah et al., 2007). En el presente estudio el HDD estuvo positivamente correlacionado con el EGD, el AOB y el PMM (0,09, 0,22 y 0,31 respectivamente), mientras que Nkrumah et al. (2007) sólo encontraron correlación entre HDD y EGD (0,14). La MD y la MF estuvieron negativamente asociadas al EGD, el AOB y el PMM; en cambio, Nkrumah et al. (2007) encontraron relaciones positivas de la FD con el EGD, el AOB y el PV final (0,37, 0,21 y 0,32) y de la FF con el AOB (0,17). Además, estos autores hallaron una correlación negativa entre la FF y el PV final (-0,19), pero no entre la FF y el EGD.

Pocos trabajos estudian las correlaciones entre las variables de comportamiento y el EGDf, el AOBf y el PMM, razón por la cual no se pudo comparar las relaciones con el HDDM, el AMS y la HDR. De dichos resultados surge la necesidad de establecer claramente estas relaciones para determinar qué factores son relevantes al definir los objetivos de producción de manera de asegurar la calidad de la canal y la eficiencia del sistema en su conjunto (Nkrumah et al., 2007).

Las correlaciones entre las características de comportamiento y algunas de las características productivas indican que las primeras también podrían ser utilizadas para la valoración del desempeño animal.

4.3. EVALUACIÓN DE EFECTOS FIJOS SOBRE EL CONSUMO DE MATERIA SECA Y LAS CARACTERÍSTICAS DE COMPORTAMIENTO

Con el fin de determinar si el año de evaluación, la categoría utilizada, el grupo de eficiencia de los animales y las interacciones año*grupoRFI y categoría*grupo RFI tienen efecto sobre el PV, el CMS y las características de comportamiento, se obtuvieron sus niveles de significancia y los coeficientes de determinación (R^2) del modelo propuesto para el análisis de novillos y toros que incluye a estos factores (Cuadro 19). Debe considerarse que este es un estudio exploratorio dado que la base de datos analizada no fue diseñada con el objetivo de investigar las diferencias en comportamiento entre estos factores y existen algunas limitantes en la estructura de los datos. En este sentido cabe destacar que la designación de las categorías y momentos de encierro no fue pensada para realizar un experimento para evaluar el efecto estación y/o categoría, sino para ajustar la edad de los toros en prueba a los requisitos del BIF (Beef Improvement Federation). Los períodos de pruebas de los toros (otoño e invierno) fueron determinados por la concentración de nacimientos de la población Hereford de pedigree en evaluación genética en dos estaciones del año (primavera y otoño). La prueba de novillos debió ajustarse en el período por fuera de las anteriores (primavera), implicando que los efectos estación y categoría puedan confundirse.

Cuadro 19. Coeficiente de determinación y significancia de los efectos del modelo propuesto para el análisis de novillos y toros (Modelo 1).

Variable	R^2	Año	Cat.	GrupoRFI	Año*GrupoRFI	Cat.*GrupoRFI
PV	0,28	***	***	***	NS	NS
CMS	0,49	***	***	***	NS	NS
MD	0,28	***	***	***	NS	NS
HDD	0,22	*	***	***	NS	**
HDDM	0,31	***	***	***	NS	NS
MF	0,27	***	***	NS	NS	NS
AMS	0,24	***	***	***	NS	NS
HDR	0,19	**	***	***	NS	*

*** $P < 0,001$; ** $P < 0,01$; * $P < 0,05$; NS $P > 0,05$; Cat. = Categoría; RFI = Consumo residual del alimento; PV = Peso vivo promedio (kg); CMS = Consumo de materia seca (kg/día); MD = Duración de comidas (min/día); HDD = Tiempo de cabeza gacha (min/día); HDDM = Tiempo de cabeza gacha por comida (min/comida); MF = Frecuencia de comidas (comidas/día); AMS = Tamaño de comida (g/comida); HDR = Tasa de consumo (g/min).

Se observa que el año de evaluación y la categoría utilizada afectaron significativamente el PV, el CMS y las características de comportamiento de consumo a corral de los animales. El grupo de RFI fue significativo para todas las variables, con excepción de MF, indicando diferencias en las variables de comportamiento entre grupos contrastantes. Además, al no presentar interacción con el año, su efecto se mantiene

independiente del año. La ausencia de significancia de la interacción grupo por categoría, indicaría que las diferencias de las variables de comportamiento entre los tres grupos de eficiencia se mantienen tanto para toros como novillos, excepto en HDD y HDR, para las cuales las diferencias entre grupos varían según de que categoría se trate, tal como se presenta más adelante. Para aquellas variables que no son afectadas por dicha interacción, se obtuvieron los promedios ajustados por categoría (Cuadro 20), permitiendo observar que, independientemente del grupo de RFI y del año de evaluación, los novillos pesaron en promedio 43,12 kg menos y consumieron por día 550 g más de MS que los toros, lo cual podría deberse a que, según Ingvarsen et al. (1992), a bajos PV (250 kg) animales de terminación más precoz (novillos y vaquillonas) tendrían una mayor capacidad de consumo que los de terminación más tardía (toros).

Además, los novillos emplearon 26 min/día más en el total de eventos de comida (MD) y permanecieron 3 minutos menos con la cabeza gacha en cada evento (HDDM) que los toros, por lo que se podría inferir que los primeros pasaron más tiempo realizando otras actividades incluidas en una comida y menos tiempo realmente alimentándose que los segundos. Al igual que en animales de raza Holando (Devant et al., 2012), la MF de los toros del presente trabajo fue menor que la de los novillos (presentando 3 comidas diarias menos), pero consumieron 185,7 g más en cada comida (AMS).

Cuadro 20. Medias ajustadas por categoría obtenidas a partir del Modelo 1.

Variable	Toros	Novillos
PV (kg)	319,97b	276,85a
CMS (kg/día)	9,05a	9,60b
MD (min/día)	198,54a	224,53b
HDDM (min/comida)	7,97b	4,93a
MF (comidas/día)	10,51a	13,33b
AMS (g/comida)	980,20b	794,53a

PV = Peso vivo promedio; CMS = Consumo de materia seca; MD = Duración de comidas; HDDM = Tiempo de cabeza gacha por comida; MF = Frecuencia de comidas; AMS = Tamaño de comida.

En todos los grupos de eficiencia los toros presentaron mayor HDD y menor HDR que los novillos. No obstante, existió efecto de la interacción categoría por grupo RFI sobre estas variables porque la magnitud de dichas diferencias varió según el grupo de eficiencia de los animales (Figuras 4 y 5), siendo mayores en el grupo de alto RFI tanto para HDD como para HDR. En promedio, la diferencia entre categorías en HDD fue de 15,75 min/día y la de HDR de 42,72 g/min. En vacunos Holando ante un aumento en las actividades de manejo, Devant et al. (2012) también observaron una menor tasa de consumo en toros respecto a novillos.

Figura 4. Interacción categoría*grupo RFI de la variable tiempo de cabeza gacha (HDD).

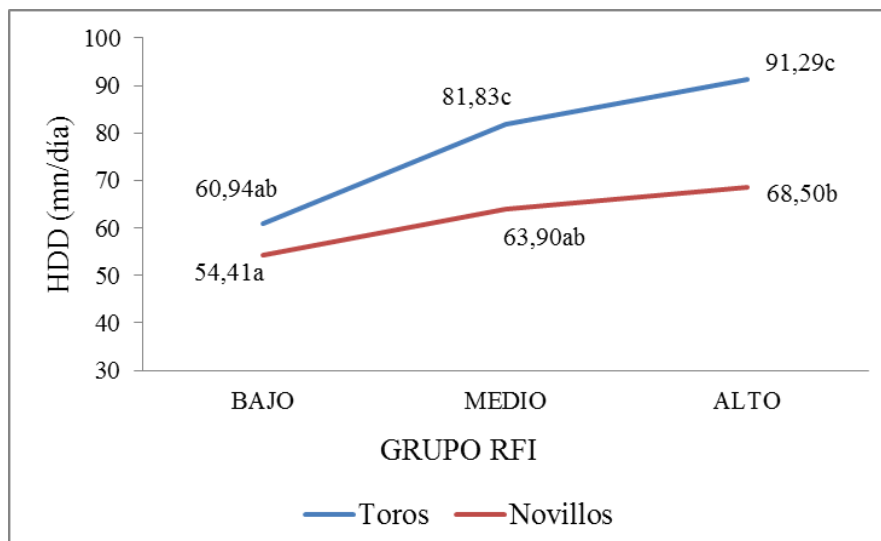
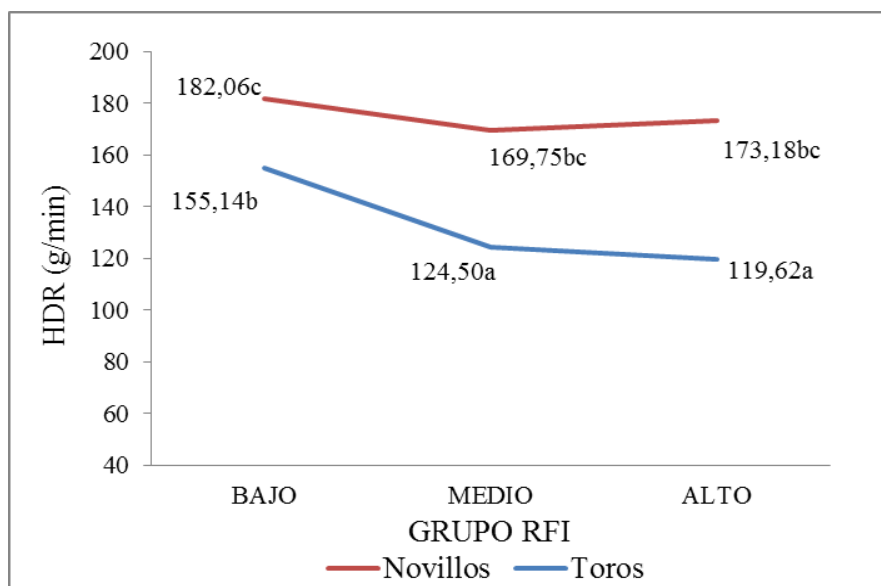


Figura 5. Interacción categoría*grupo RFI de la variable tasa de consumo (HDR).



Para lograr evaluar la significancia del efecto estación, se consideró únicamente información de los toros, comparando solamente otoño e invierno, ya que de incluirse la estación primavera quedaría confundida con el efecto categoría.

En el Cuadro 21 se observan los coeficientes de determinación del modelo propuesto para el análisis de los toros evaluados en 2014 y 2015 (Modelo 2), así como la significancia de los efectos y las interacciones consideradas.

Cuadro 21. Coeficiente de determinación y significancia de los efectos del modelo propuesto para el análisis de toros de 2014 y 2015.

Variable	R ²	Año	Est.	GrupoRFI	Año*Est.	Est.*GrupoRFI
PV	0,16	***	*	**	NS	NS
CMS	0,47	***	**	***	NS	*
MD	0,28	***	***	***	***	NS
HDD	0,21	NS	***	***	NS	NS
HDDM	0,16	NS	*	***	NS	NS
MF	0,33	NS	***	NS	**	NS
AMS	0,29	***	***	***	NS	NS
HDR	0,13	*	**	***	NS	NS

***P<0,001; **P<0,01; *P<0,05; NS P>0,05; Est. = Estación; RFI = Consumo residual del alimento; PV = Peso vivo promedio (kg); CMS = Consumo de materia seca (kg/día); MD = Duración de comidas (min/día); HDD = Tiempo de cabeza gacha (min/día); HDDM = Tiempo de cabeza gacha por comida (min/comida); MF = Frecuencia de comidas (comidas/día); AMS = Tamaño de comida (g/comida); HDR = Tasa de consumo (g/min).

Se observa que el año de evaluación afectó significativamente el PV, el CMS, la MD, el AMS y la HDR de los toros, mientras que la estación afectó a todas las variables evaluadas. La interacción año por estación fue significativa para MD y MF, lo cual indica que las diferencias en estas características entre otoño e invierno dependerán del año en que se evalúen (Figuras 6 y 7). El grupo de eficiencia afectó significativamente a todas las variables, excepto a la MF, mientras que la interacción estación por grupo de RFI fue significativa sólo para el CMS, implicando que las diferencias en consumo entre estaciones varían según el grupo de eficiencia que se considere.

En el Cuadro 22 se presentan las medias ajustadas por estación de aquellas variables para las cuales las interacciones consideradas en el modelo no son significativas.

Cuadro 22. Medias ajustadas por estación obtenidas a partir del Modelo 2.

Variable	Otoño	Invierno
PV (kg)	328,71b	317,97a
HDD (min/día)	202,49b	191,56a
HDDM (min/comida)	7,28a	8,21b
AMS (g/comida)	826,96a	1072,51b
HDR (g/min)	120,83a	148,38b

PV = Peso vivo promedio; HDD = Tiempo de cabeza gacha; HDDM = Tiempo de cabeza gacha por comida; AMS = Tamaño de comida; HDR = Tasa de consumo.

A partir de esta información es posible concluir que, independientemente del grupo de RFI y del año de evaluación, los toros de invierno pesaron en promedio 10,74

kg menos que los de otoño, lo cual podría atribuirse a una menor ganancia de peso (130 g/día menos) ya que iniciaron las pruebas con el mismo PV.

Asimismo, permanecieron 10,9 min menos con la cabeza gacha por día (HDD) pero 0,93 minutos más en cada comida (HDDM) y consumieron 245,6 g más en cada una (AMS), lo cual podría deberse a una estrategia de los animales de mantener el nivel de consumo en la estación en que reducen su MF. Los toros de otoño presentaron una HDR 27,6 g/min menor que los de invierno. Teniendo en cuenta que en las pruebas de otoño la carga animal por corral es menor que en invierno (aproximadamente 10 animales menos), el menor nivel de competencia podría estar influyendo sobre estos resultados, permitiendo a los animales consumir más lentamente (Proudfoot et al. 2009, McGee et al. 2014).

Figura 6. Interacción año*estación de la variable duración de comidas (MD).

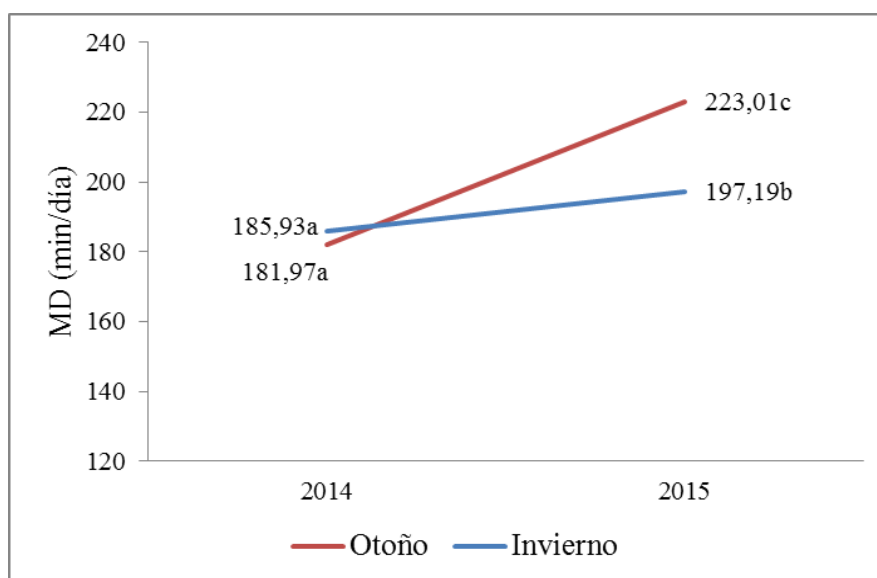
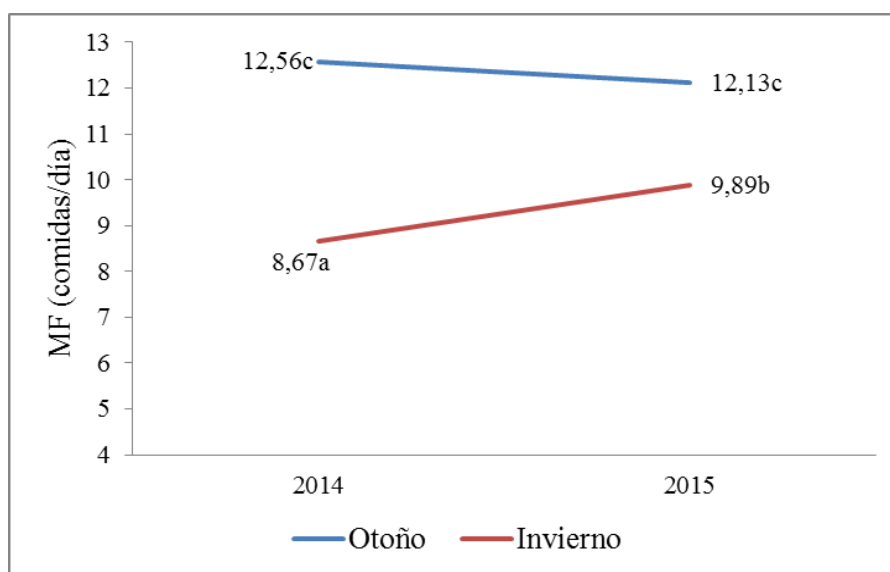


Figura 7. Interacción año*estación de la variable frecuencia de comidas (MF).



Existieron diferencias de MD entre estaciones solamente en el año 2015, lo cual podría atribuirse a una mayor diferencia de temperatura entre otoño e invierno de dicho año respecto al 2014 (6,3°C y 3,6°C respectivamente, Cuadro 23). Al igual que en el presente trabajo, Tripon et al. (2014) encontraron que la duración diaria de los períodos de alimentación de terneros fue menor en invierno que en estaciones cálidas.

Cuadro 23. Temperatura y humedad relativa promedio y precipitaciones acumuladas para otoño e invierno.

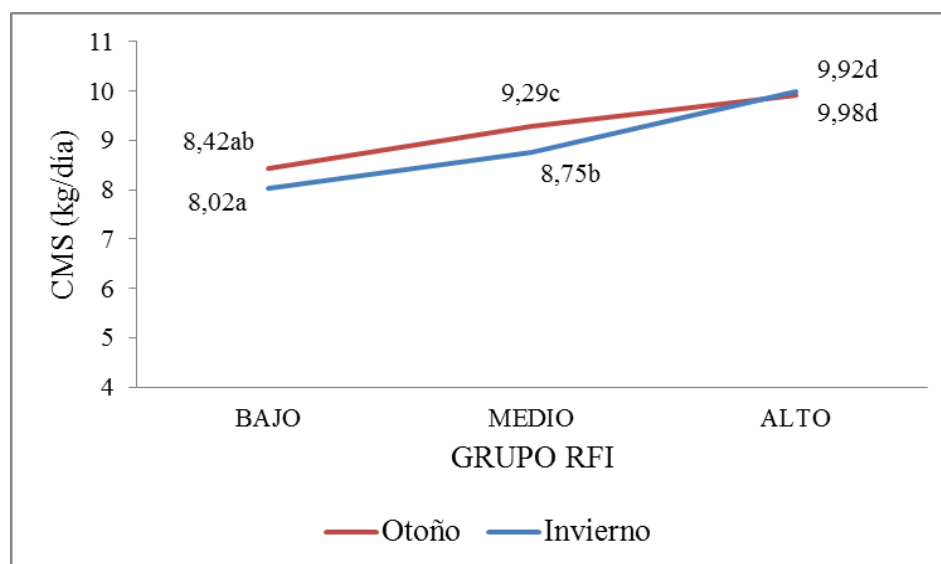
Estación	Año	pp. (mm)	T. media (°C)	T. máx. (°C)	T. mín. (°C)	HR (%)
Otoño	2014	214,00	16,50	22,67	13,13	74,84
	2015	92,00	20,20	26,80	17,40	68,06
Invierno	2014	297,00	12,86	17,00	5,80	77,22
	2015	278,00	13,88	16,75	9,00	76,89

pp. = Precipitación acumulada; T. = Temperatura; HR = Humedad Relativa.

La menor MF de invierno respecto a otoño en ambos años de evaluación (en promedio 3 comidas/día menos) podría atribuirse a un menor movimiento realizado por los animales para el consumo, lo cual coincide con la afirmación de Laínez y Hsia (2004) y de Uzal y Ugurlu (2010) de que los vacunos pasan más tiempo en movimiento durante estaciones más cálidas que durante las más frías. Este menor movimiento de los animales podría explicarse por una preferencia por permanecer de pie en el área de descanso frente a condiciones de bajas temperaturas y presencia de barro (Uzal y Ugurlu, 2010), las cuales posiblemente se vieron acentuadas en invierno del 2014 por combinar las mínimas temperaturas y las máximas precipitaciones y humedad relativa (Cuadro 23), redundando en el menor valor de MF.

Solamente los animales de eficiencia intermedia presentaron diferencias en CMS entre estaciones (Figura 8), consumiendo los de otoño 0,54 kg/día más que los de invierno. La ausencia de diferencias en CMS entre estaciones para los animales de los grupos de bajo y alto RFI coincide con los resultados de Demircan et al. (2007) en novillos de carne.

Figura 8. Interacción estación*grupo RFI de la variable consumo de materia seca (CMS).



En el presente trabajo se pudo comprobar que la mayoría de los factores considerados tienen efecto sobre el consumo y el comportamiento de los animales, sin embargo, para poder profundizar en el entendimiento de los efectos y lograr una clara interpretación sería importante implementar experimentos diseñados específicamente con este objetivo.

4.4. DIFERENCIAS EN COMPORTAMIENTO DE CONSUMO ENTRE ANIMALES DE GRUPOS DE EFICIENCIA CONTRASTANTES

En el Cuadro 24 se presentan las medias ajustadas por grupo de RFI obtenidas del modelo completo propuesto para el análisis de los efectos fijos sobre el CMS, el PV y el comportamiento de toros y novillos (Modelo 1). En todos los casos, la contrastación de las medias ajustadas es independiente de la categoría o año de evaluación por haberse obtenido a partir de este modelo.

Cuadro 24. Medias ajustadas por grupo de RFI obtenidas a partir del Modelo 1.

Variable	GRUPO DE RFI		
	BAJO	MEDIO	ALTO
RFI (kg MS/día)	-0,70a	0,02b	0,69c
CMS (kg/día)	8,34a	9,24b	10,23c
MD (min/día)	196,82a	209,08b	220,91c
HDDM (min/comida)	5,29a	6,79b	7,73c
MF (comidas/día)	11,64a	11,84a	11,44a
AMS (g/comida)	810,58a	886,92b	1010,05c

RFI = Consumo residual del alimento; CMS = Consumo de materia seca; MD = Duración de comidas; HDDM = Tiempo de cabeza gacha por comida; MF = Frecuencia de comidas; AMS = Tamaño de comida.

De esta manera, se puede decir que los animales más eficientes presentaron un consumo 18% menor que los menos eficientes independientemente de que categoría o año se trate. Si se tiene en cuenta la forma de cálculo de RFI, esta diferencia era esperable y coincide con la encontrada previamente en toros Hereford (14%, Kayser y Hill, 2013) y Angus (16%, Lancaster et al., 2009; 17%, Kayser y Hill, 2013) y en vaquillonas (18%, Bingham et al., 2009; 20%, Mendes, 2010).

Los animales de alto RFI presentaron 46% más HDDM y 12% más MD que los de bajo RFI. La variable HDD no se presenta en el cuadro porque tuvo interacción con la categoría. Tanto toros como novillos de alto RFI presentaron más HDD que los de bajo RFI (ver Figura 4), sin embargo, la diferencia entre grupos contrastantes de eficiencia fue mayor para toros que para novillos. En promedio, la superioridad en el HDD de los animales de alto RFI respecto a los de bajo RFI fue de 41%. Estos resultados sugieren que los animales más eficientes emplean menos tiempo en actividades relacionadas al consumo, lo cual puede asociarse a menores requerimientos energéticos en relación a los menos eficientes.. Del mismo modo, en la literatura se ha reportado que vaquillonas de baja eficiencia presentan 14% más MD que las de alta eficiencia (Mendes, 2010); novillos cruza de bajo RFI tienen un FD 24% menor y un HDD 29% menor que los de alto RFI (Nkrumah et al., 2007); y toros Angus y Hereford de bajo RFI destinan, respectivamente, 31 y 32% menos HDD y 33 y 32% menos HDDM que los de alto RFI (Kayser y Hill, 2013). Contrariamente, mediante video interpretación se observaron valores de HDD 23% mayores en vaquillonas de bajo RFI respecto a las de alto RFI (Bingham et al., 2009) pero parte de la diferencia podría deberse al sistema de monitoreo utilizado

Bajo las condiciones del presente estudio, no se encontró efecto del grupo de eficiencia sobre la variable MF, así como tampoco en otros estudios que utilizaron toros (Kayser y Hill, 2013) y vaquillonas (Bingham et al., 2009) que también consumieron dietas fibrosas. No obstante, cuando se utilizaron dietas más concentradas, toros Angus de alto RFI presentaron una MF 12% mayor (Lancaster et al., 2009), y novillos cruza de alto RFI mayor FF (Nkrumah et al. 2007, Durunna et al. 2011). Tanto la variación en la composición de las dietas, como la utilización de eventos de alimentación para

determinar la frecuencia (FF) podrían estar generando las diferencias entre resultados. Cabe aclarar que un evento de comida, como el que se considera en este estudio, puede incluir varios eventos de alimentación.

El mayor AMS de animales de alto RFI en relación a los de bajo RFI (25%) coincide con lo reportado en otras investigaciones entre grupos de vaquillonas (26%, Mendes, 2010), novillos cruza (15%, Montanholi et al., 2009), toros Angus (19%, Kayser y Hill, 2013) y toros Hereford (14%, Kayser y Hill, 2013).

La interacción categoría*grupoRFI sobre la HDR (ver Figura 5) se dio porque los novillos de diferente grupo de eficiencia no difirieron en esta característica, mientras que los toros de alto RFI presentaron una HDR 23% menor que los de bajo RFI. Diferencias similares fueron reportadas previamente para toros Angus y Hereford (20 y 30% menor respectivamente, Kayser y Hill, 2013). Asimismo, los resultados en novillos de Durunna et al. (2011) coinciden con los del presente trabajo. Por lo contrario, las vaquillonas Brangus de alto RFI evaluadas por Bingham et al. (2009) consumieron a una tasa 63% mayor que las de bajo RFI. Esta inconsistencia podría deberse a una alta sensibilidad de esta variable a la composición de la dieta, género, densidad de encierro, etc. (Kayser y Hill, 2013).

En Uruguay se ha reportado que terneras Angus de grupos con variantes alélicas favorables o desfavorables para RFI no presentaron diferencias en los patrones de comportamiento ingestivo bajo condiciones de confinamiento (Trujillo et al., 2010). Sin embargo, tanto las actividades consideradas para caracterizar el comportamiento (tiempo destinado a consumo de alimento, consumo de agua, rumia y descanso) como su forma de registro (por observación visual y sólo durante el día) fueron distintas a las del presente estudio.

4.5. CONTRIBUCIÓN DE LAS CARACTERÍSTICAS DE COMPORTAMIENTO A LA PREDICCIÓN DEL CONSUMO

La inclusión de cada una de las características de comportamiento (MD, MF, HDD y HDDM) al modelo básico de predicción del CMS (Cuadro 25) demostró que la MD seguida por la MF fueron las dos características que más aportaron a la variación no explicada por GD, PMM y EGD, aumentando el R^2 de 0,45 a 0,56 y 0,50 respectivamente (incremento del 24 y 11%, respectivamente). La mejor predicción del consumo obtenida al considerar estas variables sugiere que sería apropiado incluir comportamiento para lograr una mejor estimación del RFI. En este sentido, Lancaster et al. (2009) sostienen que MD y MF contribuyen a la variación en RFI porque implicarían diferencias en los costos energéticos relacionados a las actividades de alimentación.

El HDD y el HDDM explicaron una proporción muy pequeña de la variación del CMS (2%), siendo el aporte de este último no significativo. Lo mismo no concuerda con el aporte de 18% y 35% de HDD y de 17% y 26% de HDDM reportado por Kayser

y Hill (2013) en toros Angus y Hereford respectivamente.

En comparación con el presente estudio, Lancaster et al. (2009) encontraron en toros Angus una mayor contribución a la variación en CMS de las variables MD, HDD y MF cuando fueron incorporadas juntas al modelo de predicción (35%). El método de selección “Stepwise” indicó que el mejor modelo de predicción del consumo incluye a MD y MF como variables regresoras ($R^2 = 0,57$); sin embargo, en el presente trabajo la incorporación de estas variables a la vez no sería necesaria dado que no permitió incrementar en gran medida el R^2 respecto a MD como única variable (0,57 vs. 0,56). Es posible que esto se deba a que MD y MF se encuentran correlacionadas entre sí (0,50).

Cuadro 25. Variación del R^2 del modelo básico de predicción del consumo con la incorporación de las variables de comportamiento.

Regresores	R^2	Incremento en R^2
GD + EGD + PMM	0,45	-
GD + EGD + PMM + MD	0,56	24%
GD + EGD + PMM + HDD	0,46	2%
GD + EGD + PMM + MF	0,50	11%
GD + EGD + PMM + HDDM	0,46	2%
GD + EGD + PMM + MD + MF	0,57	27%
GD + EGD + PMM + MD + HDD	0,57	27%
GD + EGD + PMM + MD + MF + HDD	0,57	27%

GD = Ganancia diaria promedio; EGD = Espesor de grasa dorsal a final de prueba; PMM = Peso metabólico a mitad de prueba; MD = Duración de comidas; HDD = Tiempo de cabeza gacha; HDDM = Tiempo de cabeza gacha por comida; MF = Frecuencia de comidas.

Bajo condiciones similares a las del presente estudio, la incorporación de las variables de comportamiento lograría una mejor estimación de RFI sin implicar costos adicionales, ya que el mismo sistema de monitoreo electrónico utilizado para medir el CMS permite obtenerlas. Sin embargo, si a nivel de investigación se pretendiera evaluar la eficiencia sin restringirse a la utilización de estos equipos, sería necesario recurrir a tecnologías o metodologías alternativas para lograr la evaluación del comportamiento de todos los animales de un grupo en forma simultánea e individual, como por ejemplo el uso de podómetros, GPS, sensores de movimiento de mandíbula, apreciación visual y grabaciones audiovisuales.

5. CONCLUSIONES

1- Es posible caracterizar el comportamiento de consumo a corral de animales Hereford en la etapa de recría y los resultados determinaron que, en promedio, los toros y novillos destinan 199 y 225 min/día (MD) a un promedio de 10,5 y 13,3 comidas/día (MF) respectivamente; los toros y novillos permanecen, respectivamente, 78 y 62 minutos con su cabeza gacha por día (HDD) y 8 y 5 minutos por evento de comida (HDDM); la tasa de consumo (HDR) de toros es de 132 g/min y la de novillos de 175 g/min y el tamaño promedio de comida (AMS) es de 0,98 kg para toros y de 0,79 kg para novillos. Para las variables HDD y HDR hubo interacción categoría por grupo de eficiencia, existiendo mayores diferencias entre toros y novillos en el grupo de alto RFI.

2- Acorde a la primera hipótesis de trabajo, bajo las condiciones del presente estudio se encontraron asociaciones con magnitudes distintas entre todas las características de comportamiento estudiadas (MD, MF, HDD, HDDM, AMS y HDR), variando las correlaciones fenotípicas desde 0,10 a 0,87. Asimismo, a excepción de la MF para todos los animales y de la HDR para novillos, el resto de las características evaluadas presentaron correlaciones fenotípicas moderadas con el RFI. Las correlaciones con el CMS fueron bajas a moderadas para la MF, el HDD, el HDDM y el AMS, y no significativas para la MD y la HDR de novillos.

3- En general, los animales más eficientes emplean menos tiempo en su alimentación (MD, HDD y HDDM) y consumen menos kg de materia seca por comida (AMS), resultado esperado de acuerdo a lo planteado en la segunda hipótesis. Sin embargo, no hubo diferencias en la frecuencia de comidas (MF) entre niveles de eficiencia y su efecto sobre la tasa de consumo (HDR) dependió de la categoría.

4- Coincidiendo con la tercera hipótesis del presente trabajo, la inclusión de las variables de comportamiento al modelo básico de predicción del CMS demostró que la MD, la MF y el HDD incrementaron el ajuste del modelo 24, 11 y 2% respectivamente, alcanzándose con la MD un R^2 máximo de 0,56.

5- Los resultados obtenidos en el presente estudio sugieren que el comportamiento de consumo aún no podría ser utilizado como un criterio de selección independiente, pero proporciona cierta comprensión de la variación en la eficiencia de conversión del alimento que permitiría mejorar su estimación. El contar con sistemas de monitoreo basados en radio frecuencia para la determinación del CMS permite llevar a cabo estudios de comportamiento y, por tanto, mejorar la predicción de la eficiencia sin costo adicional.

5.1. IMPLICANCIAS

La inclusión de RFI en programas de selección permitirá avanzar hacia rodeos cuyos animales presentarán un menor consumo de alimento para igual desempeño, lo que implicaría una mejor utilización de los recursos y una disminución de los costos de producción.

Si se considera la creciente preocupación por la sustentabilidad ambiental que existe a nivel mundial, el beneficio que podría obtenerse a través de la selección por RFI en la reducción de las emisiones de gases de efecto invernadero por kg de carne producido cobra gran relevancia.

Sería importante continuar estudiando la utilidad del RFI evaluado en confinamiento como indicador de eficiencia para sistemas de pastoreo, predominantes en nuestro país. A su vez, a pesar de que se han encontrado a nivel internacional pocos antagonismos entre RFI y características de relevancia productiva, es necesario conocer el impacto de la selección por RFI bajo las condiciones de producción típicas en el país sobre características reproductivas, de composición corporal, calidad de carne, rendimiento y calidad de la canal, entre otras.

El presente trabajo proporciona información inédita para nuestro país sobre los patrones de comportamiento de consumo a corral de vacunos de carne y demuestra la necesidad de profundizar en este estudio como herramienta para la evaluación de RFI, puesto que podría permitir una mejor comprensión de los mecanismos involucrados en la variación de la eficiencia de utilización de los alimentos. Además, se plantea que podría ser beneficioso ampliar este estudio a condiciones de pastoreo, buscando formas alternativas de medir el comportamiento que no requieran el uso de sistemas de monitoreo sofisticados.

La infraestructura con la que se cuenta en el Campo Experimental de Kiyú, posibilita la ejecución de experimentos diseñados con el fin de evaluar los factores que influyen sobre el comportamiento de los animales. Por ejemplo, para lograr una clara interpretación del efecto de la estación y de la categoría, en todas las estaciones podrían evaluarse tanto toros como novillos.

Por otra parte, utilizando la base de datos y los registros genealógicos generados para los animales participantes de las pruebas, se podría complementar este trabajo con las estimaciones de las correlaciones genéticas entre las características de comportamiento y de éstas con el CMS y el RFI.

Por último, ante la gran variedad de metodologías para registrar y cuantificar los comportamientos, es recomendable implementar el uso de etogramas para este tipo de estudio, y así poder unificar criterios en las determinaciones conductuales para realizar comparaciones más fiables entre estudios.

6. RESUMEN

El consumo residual del alimento (RFI) tiene gran potencial para ser utilizado en los programas de selección debido a su independencia del peso vivo (PV) y la ganancia diaria (GD). El estudio del comportamiento de consumo de los bovinos aparece como una herramienta de gran importancia en la evaluación de RFI puesto que podría permitir una mejor comprensión de los mecanismos involucrados en su variación. Este trabajo tuvo por objetivo caracterizar el comportamiento de consumo a corral para la raza Hereford mediante la descripción estadística de las variables duración de comidas (MD), tiempo de cabeza gacha (HDD), tiempo de cabeza gacha por comida (HDDM), frecuencia de comidas (MF), tamaño de comida (AMS) y tasa de consumo (HDR) y el estudio de las relaciones entre éstas; así como también estudiar su relación con la eficiencia de conversión a través del análisis de las correlaciones fenotípicas, del efecto del grupo de eficiencia sobre las características de comportamiento y de la contribución las mismas a la variación del CMS no explicada por PV, GD y EGD. Para este fin, se utilizaron datos de 385 toros y 233 novillos Hereford evaluados en la etapa de recría en diferentes pruebas en el Campo Experimental de Kiyú durante los años 2014, 2015 y 2016. Cada prueba (7 en total) tuvo una duración mínima de 70 días durante los cuales se suministró *ad libitum* una dieta altamente fibrosa 2 veces al día y se obtuvo el consumo de alimento y comportamiento a través del sistema de monitoreo electrónico GrowSafe. También se registró la evolución de PV, ganancias y composición corporal medida por ultrasonido. En promedio, los toros presentaron un CMS de 9,05 kg/día, una MD de 199 min/día, un HDD de 78 min/día, un HDDM de 8 min/comida, una MF de 10,5 comidas/día, un AMS de 980 g/comida y una HDR de 132 g/min, mientras que los novillos presentaron un CMS de 9,60 kg/día, una MD de 225 min/día, un HDD de 62 min/día, un HDDM de 5 min/comida, una MF de 13,3 comidas/día, un AMS de 795 g/comida y una HDR de 175 g/min. Se encontraron asociaciones entre todas las variables de comportamiento estudiadas. HDD, HDDM, AMS y MF se correlacionaron con el CMS, mientras que la MD de todos los animales y la HDR de los novillos no lo hicieron. El RFI no se relacionó con la MF y la HDR de novillos, pero sí con el HDD, la MD, el HDDM, el AMS y la HDR de toros. Existieron diferencias entre animales de diferente grupo de RFI en todas las características de comportamiento estudiadas, excepto en la MF para toros y en la MF y HDR para novillos. Los toros más eficientes presentaron menor HDD, HDDM, AMS, MD y mayor HDR que los más eficientes. Los novillos más eficientes presentaron menor HDD, HDDM, AMS y MD que los menos eficientes. La inclusión de MD, MF y HDD al modelo básico de predicción del CMS en base a PV, GD y EGD logró incrementar el R^2 en un 24, 11 y 2% respectivamente. Los resultados sugieren que, a pesar de que las características de comportamiento aún no podrían ser incorporadas como criterios de selección independientes, proporcionan cierta comprensión de la variación de RFI que permitiría mejorar su estimación.

Palabras clave: Consumo residual del alimento; Comportamiento de consumo; Vacunos de carne.

7. SUMMARY

Residual feed intake (RFI) has great potential for use in selection programs due to the lack of association with body weight (BW) and average daily gain (ADG). The study of cattle feeding behavior seems to be an important tool in the evaluation of RFI since it could allow a better understanding of the mechanisms involved in its variation. The objective of this study was to characterize the feeding behavior for the Hereford breed through the statistical description of the variables meal duration (MD), head down duration (HDD), head down duration per meal (HDDM), meal frequency (MF), average meal size (AMS) and feeding rate (HDR) and to study the relationships between them, as well as its association with the feed efficiency through the analysis of the phenotypic correlations, the effect of the efficiency group on the behavior traits and their contribution to the variation of DMI not explained by BW, ADG and UBF. For this purpose, it was used data from 385 growing Hereford bulls and 233 growing Hereford steers evaluated in different trials conducted at the Kiyú Experimental Field (San José, Uruguay) during the years 2014, 2015 and 2016. During each 70-day trial (7 in total) animals were fed *ad libitum* a high roughage diet 2 times/day and feed intake and behavior were obtained using the GrowSafe electronic monitoring system. The evolution of weights, gains and ultrasound body composition were also recorded. The mean DMI for bulls was 9.05 kg/day and the mean feeding behavior variables were: MD 199 min/day, HDD 78 min/day, HDDM 8 min/meal, MF 10.5 meals/day, AMS 980 g/meal and HDR 132 g/min. The mean DMI for steers was 9.60 kg/day and the mean feeding behavior variables were: MD 225 min/day, HDD 62 min/day, HDDM 5 min/meal, MF 13.3 meals/day, AMS 795 g/meal and HDR 175 g/min. Associations between all the feeding behavior traits were found. HDD, HDDM, AMS and MF were correlated with DMI, whereas there was no relationship between MD and steer's HDR with the DMI. The RFI was correlated with HDD, MD, HDDM, AMS and bull's HDR, but not with MF and steer's HDR. There were differences between the RFI classes for all the feeding behavior traits, except for MF among bulls and MF and HDR among steers. The most efficient bulls presented lower HDD, HDDM, AMS, MD and higher HDR than the less efficient. The most efficient steers had lower HDD, HDDM, AMS and MD than the less efficient. The addition of MD, MF and HDD increased R^2 (24, 11 and 2% respectively) of the DMI base model containing BW, ADG and UBT. Our results suggest that, although feeding behavior traits could not be incorporated as independent selection criteria yet, they provide some understanding of the variation in RFI that would improve its estimation.

Key words: Residual feed intake; Feeding behavior; Beef cattle.

8. BIBLIOGRAFÍA

1. Adam, I.; Young, B. A.; Nicol, A. M.; Degen, A. A. 1984. Energy cost of eating in cattle given diets of different form. *Animal Production*. 38: 53-56.
2. Aguilar, I.; Ravagnolo, O.; Pravia, M. I.; Ciappesoni, G. 2005. Mejoramiento genético de ganado de carne. (en línea). *Revista ARU*. no. 68: 50-53. Consultado 15 ago. 2016. Disponible en http://www.inia.org.uy/publicaciones/documentos/lb/ara/2005/ara_68.pdf
3. Almeida, R. 2005. Consumo e eficiência alimentar de bovinos em crescimento. Tesis Doutor em Agronomia. Piracicaba, SP, Brasil. Universidade de São Paulo. Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”. 181 p.
4. Archer, J. A.; Richardson, E. C.; Herd, R. M.; Arthur, P. F. 1999. Potential for selection to improve efficiency of feed use in beef cattle; a review. *Australian Journal of Agricultural Research*. 50: 147-61.
5. _____.; Reverter, A.; Herd, R. M.; Johnston, D. J.; Arthur, P. F. 2002. Genetic variation in feed intake and efficiency of mature beef cows and relationships with postweaning measurements. *In*: World Congress on Genetics Applied to Livestock Production (7th., 2002, Montpellier, France). Proceedings. s.n.t. s.p.
6. _____.; Barwick, S. A.; Graser, H. U. 2004. Economic evaluation of beef cattle breeding schemes incorporating performance testing of young bulls for feed intake. *Australian Journal of Experimental Agriculture*. 44: 393-404.
7. Arthur, P. F.; Renand, G.; Krauss, D. 2001a. Genetic and phenotypic relationships among different measures of growth and feed efficiency in young Charolais bulls. *Livestock Production Science*. 68: 131–139.
8. _____.; Archer, J. A.; Johnston, D. J.; Herd, R. M.; Richardson, E. C.; Parnell, P. F. 2001b. Genetic and phenotypic variance and covariance components for feed intake, feed efficiency and other postweaning traits in Angus cattle. *Journal of Animal Science*. 79: 2805-2811.
9. _____.; _____.; Herd, R. M.; Melville, G. J. 2001c. Response to selection for net feed intake in beef cattle. *In*: Association for the Advancement of Animal Breeding and Genetics Conference (14th., 2001, Queenstown, New Zealand). Proceedings. s.n.t. pp. 135 – 138.

10. Baile, C. A.; Della-Fera, M. A. 1981. Nature of hunger and satiety control systems in ruminants. *Journal of Dairy Science*. 64: 1140-1152.
11. _____.; McLaughlin, C. L. 1987. Mechanisms controlling feed intake in ruminants; a review. *Journal of Animal Science*. 64: 915-922.
12. Bailey, J. C. 2011. Feed intake and feeding behavior associations with performance and feed efficiency of feedlot cattle fed a corn-based diet. Tesis MSc. Texas, USA. Texas A&M University. 98 p.
13. Baker, S. D.; Szasz, J. I.; Klein, T. A.; Kuber, P. S.; Hunt, C. W.; Glaze Jr., J. B.; Falk, D.; Richard, R.; Miller, J. C.; Battaglia, R. A.; Hill, R. A. 2006. Residual feed intake of purebred Angus steers; effects on meat quality and palatability. *Journal of Animal Science*. 84: 938–945.
14. Basarab, J. A.; Price, M. A.; Aalhus, J. L.; Okine, E. K.; Snelling, W. M.; Lyle, K. L. 2003. Residual feed intake and body composition in young growing cattle. *Canadian Journal of Animal Science*. 83: 189-204.
15. _____.; McCartney, D.; Okine, E. K.; Baron, V. S. 2007. Relationships between progeny residual feed intake and dam productivity traits. *Canadian Journal of Animal Science*. 87: 489-502.
16. _____.; Colazo, M. G.; Ambrose, D. J.; Novak, S.; McCartney, D.; Baron, V. S. 2011. Residual feed intake adjusted for backfat thickness and feed frequency is independent of fertility in beef heifers. *Canadian Journal of Animal Science*. 91: 573-584.
17. _____.; Beauchemin, K. A.; Baron, V. S.; Ominski, K. H.; Guan, L. L.; Miller, S. P.; Crowley, J. J. 2013. Reducing GHG emissions through genetic improvement for feed efficiency; effects on economically important traits and enteric methane production. *Animal*. 7: 303–315.
18. Berry, D. P.; Crowley, J. J. 2012. Residual intake and body weight gain; a new measure of efficiency in growing cattle. *Journal of Animal Science*. 90: 109–115.
19. _____.; Crowley, J. J. 2013. Cell biology symposium; genetics of feed efficiency in dairy and beef cattle. *Journal of Animal Science*. 91: 1594–1613.
20. _____.; Kennedy, E.; Crowley, J. J. 2015. The genetics of cattle. In: Garrick, D. J.; Ruvinsky, A. eds. *Genetics of feed intake and efficiency*. 2nd. ed. Oxford, UK, CAB International. pp. 502-506.

21. Bezerra, L.; Sarmiento, J. L. R.; Gonzaga Neto, S.; De Paula, N. R. O.; Oliveira, R. L.; Fontes do Rêgo, W. M. 2013. Residual feed intake; a nutritional tool for genetic improvement. *Tropical Animal Health and Production*. 45: 1649–1661.
22. Bingham, G. M.; Friend, T. H.; Lancaster, P. A.; Carstens, G. E. 2009. Relationship between feeding behavior and residual feed intake in growing Brangus heifers. *Journal of Animal Science*. 87: 2685-2689.
23. Bourdon, R. M. 2000. Understanding animal breeding. 2nd. ed. London, UK, Prentice-Hall International. pp. 144-288.
24. Cardellino, R.; Rovira, J. 1987. Mejoramiento genético animal. Montevideo, Hemisferio Sur. pp. 11-198.
25. Carvalho, P. C.; Da Trindade, J.; Bremm, C.; Mezzalira, J. C.; Fonseca, L. 2013. Comportamento ingestivo de animais em pastejo. In: Reis, R.; Bernardes, T.; Siqueira, G. eds. Forragicultura; ciência, tecnologia e gestão dos recursos forrageiros. Jaboticabal, SP, Maria de Lourdes Brandel. pp. 525-545.
26. Carstens, G. E.; Tedeschi, L. O. 2006. Defining feed efficiency in beef cattle. In: Beef Improvement Federation Annual Meeting (38th., 2006, Choctaw, Mississippi, USA). Proceedings. s.n.t. pp. 12- 21.
27. Chilbroste, P.; Soca, P.; Bentancur, O.; Mattiauda; D. A. 2010. Estudio de la conducta en pastoreo de vacas Holando de alta producción síntesis de 10 años de investigación sobre la relación planta animal suplemento en la Facultad de Agronomía – EEMAC. *Agrociencia* (Montevideo). 14(3): 101-106.
28. Damiran, D.; Penner, G.; Larson, K.; Lardner, H. A. 2015. Phenotypic relationships of residual feed intake with growth, feeding behaviour, and reproductive performance of beef heifers. In: American Society of Animal Science Western Section Meeting (66th., 2015, New Mexico, USA). Proceedings. s.n.t. pp. 286-290.
29. Da Trindade, J. 2011. Comportamento e consumo de forragem de bovinos de corte em pastagem natural complexa. Tesis Doctorado en Zootecnia. Porto Alegre (RS), Brasil. Universidade Federal do Rio Grande do Sul. Faculdade de Agronomia. 193 p.

30. Dekkers, J. C. M. 2004a. Commercial application of marker and gene assisted selection in livestock; strategies and lessons. *Journal of Animal Science*. 82: 313-328.
31. _____.; Gibson, J.; Bijma, P.; Van Arendok, J. 2004b. Design and optimisation of animal breeding programmes. Ames, Iowa, Iowa State University. pp. 1-16.
32. Demircan, V.; Koknaroglu, H.; Yilmaz, H. 2007. Effect of season on beef cattle performance and profitability. *Agricultura Tropica et Subtropica*. 40: 19-23.
33. Devant, M.; Marti, S.; Bach, A. 2012. Effects of castration on eating pattern and physical activity of Holstein bulls fed high-concentrate rations under commercial conditions. *Journal of Animal Science*. 90: 4505–4513.
34. Di Giacomo, K.; Marett, L. C.; Wales, W. J.; Hayes, B. J.; Dunshea, F. R.; Leury, B. J. 2014. Thermoregulatory differences in lactating dairy cattle classed as efficient or inefficient based on residual feed intake. *Animal Production Science*. 54: 1877-1881.
35. Di Marco, O. N. 2006. Eficiencia de utilización del alimento en vacunos. *Revista Visión Rural*. 13(61): 1-4.
36. Durunna, O. N.; Wang, Z.; Basarab, J. A.; Okine, E. K.; Moore, S. S. 2011. Phenotypic and genetic relationships among feeding behavior traits, feed intake, and residual feed intake in steers fed grower and finisher diets. *Journal of Animal Science*. 89: 3401-3409.
37. Elizalde, H. F. 1995. El valor nutritivo de los ensilajes. *Revista Argentina de Producción Animal*. 15(1): 103-121.
38. Galli, J. R.; Cangiano, C. A.; Fernández, H. H. 1996. Comportamiento ingestivo y consumo de bovinos en pastoreo. *Revista Argentina de Producción Animal*. 16(2): 119-142.
39. Goddard, M. E.; Hayes, B. J. 2007. Genomic selection. *Journal of Animal Breeding and Genetics*. 124: 323-330.
40. Gosey, J. 1993. Across breed expected progeny differences. In: *The Range Beef Cow Symposium (13th, 1993, Cheyenne, WY, USA)*. Proceedings. s.n.t. s.p.

41. Greeff, J.; Kinghorn, B. P.; Brown, D. 2010. Breeding and selection. In: Cottle, D. J. ed. International sheep and wool handbook. Nottingham, UK, Nottingham University. pp. 165-188.
42. Gutiérrez, F. B. 2011. Efecto de la condición de la pastura sobre el patrón de ingestión, fermentación ruminal y producción de leche de vacas holando pastoreando una pradera en base a festuca (*Festuca arundinacea* cv. Quantum) de tercer año. Tesis Master en Ciencias Agrarias. Montevideo, Uruguay. Facultad de Agronomía. 112 p.
43. Hall, S. J. G. 2002. Behavior of cattle. In: Jensen, P. ed. The ethology of domestic animals. Oxford, UK, CAB International. pp. 131-143.
44. Hendriks, J.; Scholtz, M. M.; Naser, F. W. C. 2013. Possible reasons for differences in residual feed intake; an overview. South African Journal of Animal Science. 43: 103-106.
45. Herd, R. M.; Bishop, S. C. 2000. Genetic variation in residual feed intake and its association with other production traits in British Hereford cattle. Livestock Production Science. 63: 111-119.
46. _____.; Archer, J. A.; Arthur, P. F. 2003. Reducing the cost of beef production through genetic improvement in residual feed intake; opportunity and challenges to application. Journal of Animal Science. 81: 9-17.
47. _____.; Dicker, R. W.; Lee, G. J.; Johnston, D. J.; Hammond, A. J.; Oddy, V. H. 2004. Steer growth and feed efficiency on pasture are favourably associated with genetic variation in sire net feed intake. Animal Production in Australia. 25: 93-96.
48. _____.; Arthur, P. F. 2009. Physiological basis for residual feed intake. Journal of Animal Science. 87: 64-71.
49. _____.; _____.; Bottema, C. D. K.; Egarr, A. R.; Geesink, G. H.; Lines, D. S.; Piper S.; Siddell, J. P.; Thompson, J. M.; Pitchford, W. S. 2014. Genetic divergence in residual feed intake affects growth, feed efficiency, carcass and meat quality characteristics of Angus steers in a large commercial feedlot. (en línea). Animal Production Science. 54: p. irr. Consultado 3 mar. 2017. Disponible en <http://www.publish.csiro.au/an/AN13065>
50. Ingvarsen, K. L. 1994. Models of voluntary food intake in cattle. Livestock Production Science. 39: 19-38.

51. Kanjanapruthipong, J.; Junlapho, W.; Karnjanasirm, K. 2015. Feeding and lying behavior of heat-stressed early lactation cows fed low fiber diets containing roughage and nonforage fiber sources. *Journal of Dairy Science*. 98: 1110–1118.
52. Kayser, W.; Hill, R. A. 2013. Relationship between feed intake, feeding behaviors, performance, and ultrasound carcass measurements in growing purebred Angus and Hereford bulls. *Journal of Animal Science*. 91: 5492-5499.
53. Koch, R. M.; Swiger, L. A.; Chambers, D.; Gregory, K. E. 1963. Efficiency of feed use in beef cattle. *Journal of Animal Science*. 22: 486 – 494.
54. Laínez, M. M.; Hsia, L. C. 2004. Effects of season, housing and physiological stage on drinking and other related behavior of dairy cows (*Bos taurus*). *Asian-Australasian Journal of Animal Sciences*. 17: 1417-1429.
55. Lancaster, P. A.; Carstens, G. E.; Crews Jr, D. H.; Woods, S. A. 2005. Evaluation of feed efficiency traits in growing bulls and relationships with feeding behaviour and ultrasound carcass estimates. *In*: American Society of Animal Science Western Section Meeting (56th., 2005, New Mexico, USA). Proceedings. s.n.t. pp. 461-464.
56. _____.; _____.; Ribeiro, F. R. B.; Tedeschi, L. O.; Crews Jr., D. H. 2009. Characterization of feed efficiency traits and relationships with feeding behavior and ultrasound carcass trait in growing bulls. *Journal of Animal Science*. 87: 1528-1539.
57. Lawrence, P.; Kenny, D. A.; Earley, B.; Crews Jr., D. H.; McGee, M. 2011. Grass silage intake, rumen and blood variables, ultrasonic and body measurements, feeding behavior, and activity in pregnant beef heifers differing in phenotypic residual feed intake. *Journal of Animal Science*. 89: 3248-3261.
58. McAllister, T. A., Gibb, D. J.; Kemp, R. A.; Huisma, C.; Olson, M. E.; Milligan, D.; Schwartzkopf-Genswein, K. S. 2000. Electronic identification; applications in beef production and research. *Canadian Journal of Animal Science*. 80: 381-392.
59. McGee, M.; Ramirez, J. A.; Carstens, G. E.; Price, W. J.; Hall, J. B.; Hill, R. A. 2014. Relationships of feeding behaviors with efficiency in RFI-divergent Japanese Black cattle. *Journal of Animal Science*. 92: 3580-3590.

60. Martin, P.; Bateson, P. 1993. Measuring behavior; an introductory guide. 2nd. ed. Cambridge, UK, University of Cambridge. 66 p.
61. Mendes, E. D. M. 2010. Characterization of feeding behavior traits and associations with performance and feed efficiency in finishing beef cattle. Tesis MSc. Texas, USA. Texas A&M University. 73 p.
62. Montanholi, Y. R.; Swanson, K. C.; Palme, R.; Schenkel, F. S.; McBride, B. W.; Lu, D.; Miller, S. P. 2009. Assessing feed efficiency in beef steers through feeding behavior, infrared thermography and glucocorticoids. *Animal*. 4(5): 692-701.
63. Moscat, B. 2015. Emissão de metano e comportamento ingestivo de bovinos de corte em pastagem natural com diferentes níveis de intensificação. Tesis Doctorado en Zootecnia. Porto Alegre, Brasil. Universidade Federal do Rio Grande do Sul. Faculdade de Agronomia. 138 p.
64. Moya, D.; Mazzenga, A.; Holtshausen, L.; Cozzi, G.; González, L. A.; Calsamiglia, S.; Gibb, D. G.; McAllister, T. A.; Beauchemin, K. A.; Schwartzkopf-Genswein, K. 2011. Feeding behavior and ruminal acidosis in beef cattle offered a total mixed ration or dietary components separately. *Journal of Animal Science*. 89: 520-530.
65. Navajas, E. A.; Pravia, M. I.; Lema, M.; Ravagnolo, O.; Aguilar, I.; Brito, G.; Clariget, J.; Dalla Rizza, M.; Montossi, F. 2014. Selección genómica en eficiencia de conversión y calidad de canal de la raza Hereford en Uruguay. *Anuario Hereford 2014*: 160-176.
66. Nkrumah, J. D.; Basarab, J. A.; Price, M. A.; Okine, E. K.; Ammoura, A.; Guercio, S.; Hansen, C.; Li, C.; Benkel, B.; Murdoch, B.; Moore, S. S. 2004. Different measures of energetic efficiency and their phenotypic relationships with growth, feed intake, and ultrasound and carcass merit in hybrid cattle. *Journal of Animal Science*. 82: 2451-2459.
67. _____.; Okine, E. K.; Mathison, G. W.; Schmid, K.; Li, C.; Basarab, J. A., Price, M. A.; Wang, Z.; Moore, S. S. 2006. Relationships of feedlot feed efficiency, performance, and feeding behavior with metabolic rate, methane production, and energy partitioning in beef cattle. *Journal of Animal Science*. 84: 145-153.

68. _____.; Crews Jr, D. H.; Basarab, J. A.; Price, M. A.; Okine, E. K.; Wang, Z.; Li, C.; Moore, S. S. 2007. Genetic and phenotypic relationships of feeding behavior and temperament with performance, feed efficiency, ultrasound, and carcass merit of beef cattle. *Journal of Animal Science*. 85: 2382-2390.
69. Okine, E. K.; Basarab, J. A.; Goonewardene, L. A.; Mir, P. 2004. Residual feed intake and feed efficiency; differences and implications. *In*: Florida Ruminant Nutrition Symposium (15th, 2004, Florida, USA). Proceedings. Edmont, University of Alberta. pp. 27-38.
70. Paddock, Z. D.; Carstens, G. E.; Lancaster, P. A.; McDonald, L. R.; Williams, S. 2008. Evaluation of feed efficiency and feeding behavior traits in Angus and Red Angus growing bulls. *Journal of Animal Science*. 86(2): s.p. Tomado de: ADSA-ASAS Joint Annual Meeting Abstracts. 8: 276. 2008.
71. Ponzoni, R. W. 1992. Genetic improvement of hair sheep in tropics. Rome, FAO. 179 p. (Animal Production and Health Paper no.101).
72. Pravia, M. I.; Navajas, E. A.; Lema, M.; Aguilar, I.; Ravagnolo, O.; Brito, G.; Clariget, J.; Peraza, P.; De los Santos, J.; Dalla Rizza, M.; Montossi, F. 2014. Mejoramiento genético en eficiencia de conversión de alimento y características de canal; oportunidades a través del uso de la genómica. *In*: Congreso de la Asociación Uruguaya de Producción Animal (5°, 2014, Montevideo, Uruguay). Trabajos presentados. Montevideo, s.e. s.p.
73. Proudfoot, K. L.; Veira, D. M.; Weary, D. M.; Von Keyserlingk, M. A. G. 2009. Competition at the feed bunk changes the feeding, standing, and social behavior of transition dairy cows. *Journal of Dairy Science*. 92: 3116–3123.
74. Pryce, J. E.; Arias, J.; Bowman, P. J.; Davis, S. R.; Macdonald, K. A.; Waghorn, G. C.; Wales, W. J.; Williams, Y. J.; Spelman, R. J.; Hayes, B. J. 2012. Accuracy of genomic predictions of residual feed intake and 250-day body weight in growing heifers using 625,000 single nucleotide polymorphism markers. *Journal of Dairy Science*. 95: 2108–2119.
75. Ravagnolo, O.; Lema, M.; Soares de Lima, J. M.; Pravia, M. I.; Montossi, F. 2012. Nuevas herramientas, nuevas decisiones de selección. *Revista INIA*. no. 30: 8-11.
76. _____.; Navajas, E.; Aguilar, I.; Lema, M. 2016. Primera publicación de EPD genómicos en Hereford de Uruguay. *Anuario Hereford* 2016: 200-205.

77. Reis, S.; Fausto, D.; Medeiros, S.; Paulino, P.; Valadares, S.; Torres, R. 2015. Eficiência alimentar e qualidade da carne de novilhas de corte cruzadas classificadas através do consumo alimentar residual. *Revista Brasileira Saúde e Produção Animal*. 16 (3): 632-642.
78. Retallick, K. M. 2012. Evaluation of feedlot feed efficiency relationships as well as genetic and phenotypic performance, carcass, and economic outcomes. Thesis Doctor of Philosophy in Animal Sciences. Champaign, USA. University of Illinois. 132 p.
79. Reuter, R.; Alkire, D.; Sunstrum, A.; Cook, B.; Blanton Jr., J. 2017. Feed efficiency and how it's measured. (en línea). *Brangus Journal*. 65: 30-34. Consultado 22 jun. 2016. Disponible en https://issuu.com/gobrangus/docs/brangus_journal_-_january_2017
80. Richardson, E. C.; Herd, R. M.; Arthur, P. F.; Wright, J.; Xu, G.; Dibley, K.; Oddy, V. H. 1996. Possible physiological indicators for net feed conversion efficiency in beef cattle. In: Australian Society of Animal Production Conference (21st., 1996, s.l.). Proceedings. Sidney, Pergamon. pp. 103-106.
81. _____.; Kilgour, R.; Archer, J.; Herd, R. 1999. Pedometers measure differences in activity in bulls selected for high or low net feed efficiency. In: The Australasian Society for the Study of Animal Behaviour Annual Conference (26th., 1999, Armidale, Australia). Proceedings. s.n.t. pp. 1-16.
82. _____.; Herd, R. M. 2004. Biological basis for variation in residual feed intake in beef cattle; synthesis of results following divergent selection. *Australian Journal of Experimental Agriculture*. 44: 431-440.
83. Santana, M. H.; Gomes, R.; Ferraz, J. B.; Rosi, P. J. 2014. Medidas de eficiência alimentar para avaliação de bovinos de corte. (en línea). *Revista Scientia Agraria Paranaensis*. 13(2): 95-107. Consultado 19 jul. 2016. Disponible en <http://e-revista.unioeste.br/index.php/scientiaagraria/article/view/7459/7391>
84. Scarlato, S. 2011. Conducta de vacas de cría en pastoreo de campo nativo: efecto de la oferta de forraje sobre la expresión del patrón temporal y espacial de pastoreo. Tesis Magister en Ciencias Agrarias. Montevideo, Uruguay. Facultad de Agronomía. 64 p.

85. Schwartzkopf- Genswein, K. S.; Atwood, S.; McAllister, T. A. 2002.
Relationships between bunk attendance, intake and performance of steers and heifers on varying feeding regimes. *Applied Animal Behaviour Science*. 76: 179-188.
86. Streeter, M. N.; Branine, M.; Whitley, E.; McCollum, F. T. B.; Sowell, F.; Quimby, W. F. 1999. Feeding behavior of feedlot cattle; does behavior change with health status, environmental conditions and performance level? In: Annual Minnesota Nutrition Conference (60th, 1999, Minnesota, USA). Proceedings. s.n.t. pp. 117- 130.
87. Trujillo, A. I.; Casal, A.; Espasandín, A.; Bentancour, O.; Marchelli, J.; Machado, D.; Abud, M.; Kaitazoff, A.; Lecueder, F.; Gómez de Freitas, S.; Gaudenti, C.; García, I.; Franco-Fraguas, M.; Ceriani, M.; Pereira, F.; Puig, V.; Aguirre, S.; Gamma, D.; Madruga, R. 2010. Comportamiento ingestivo en bovinos de carne en confinamiento que difieren en variantes alélicas asociadas a consumo residual de alimento. *Agrociencia* (Montevideo). 14(3): 194.
88. _____.; _____.; Peñagaricano, F.; Carriquiry, M.; Chilibraste, P. 2013. Association of SNP of neuropeptide Y, leptin, and IGF-1 genes with residual feed intake in confinement and under grazing condition in Angus cattle. *Journal of Animal Science*. 91: 4235–4244.
89. _____.; _____.; _____.; _____.; _____. 2015. Asociación de SNPs en genes que codifican para NPY, leptina e IGF-1 con consumo residual de alimento en condiciones de confinamiento en hembras crecimiento de raza Angus. *Revista INIA*. no. 59: 27- 39.
90. Tripon, I.; Csiszter, L. T.; Bura, M.; Sossidou, E. N. 2014. Effects of seasonal and climate variations on calves' thermal comfort and behaviour. *International Journal of Biometeorology*. 58: 1471–1478.
91. Uzal, S.; Ugurlu, N. 2010. The effects of seasons on the time budget and area usage of animals in open loose dairy cattle housing. *Journal of Animal and Veterinary Advances*. 9: 88-95.
92. Vaz-Ferreira, R. 1984. *Etología; el estudio biológico del comportamiento animal*. Washington, D. C., OEA. 150 p.
93. Weary, D. M.; Huzzey, J. M.; Von Keyserlingk, M. A. G. 2009. Board-invited review; using behavior to predict and identify ill health in animals. *Journal of Animal Science*. 87: 770–777.

94. Yang, W. Z.; Beauchemin, K. A. 2006. Physically effective fiber; method of determination and effects on chewing, ruminal acidosis, and digestion by dairy cows. *Journal of Dairy Science*. 89: 2618 -2633.